

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Архитектурно-строительный институт

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ**

ТРУДЫ II ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

**8–10 октября 2019 г.**

Новокузнецк  
2019 г.

УДК 69+624/628+66/67+72

А 437

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук., доцент Столбоушкин А.Ю.,  
канд. техн. наук., доцент Алешина Е.А.,  
доцент Матехина О.В.,  
канд. архитектуры, доцент Благиных Е.А.

А 437 Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России : труды научно-практической конференции / М-во науки и высш. образования Российской Федерации, Сиб. гос. индустр. ун-т, Архитектурно-строительный институт ; под общей редакцией А.Ю. Столбоушкина, Е.А. Алешиной, О.В. Матехиной, Е.А. Благиных, – Новокузнецк, Изд. Центр СибГИУ, 2019. – 352 с.

ISBN 978-5-7806-0530-0

Представлены материалы докладов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России», состоявшейся в Сибирском государственном индустриальном университете 8–10 октября 2019 г. Доклады отражают результаты работ по трем основным направлениям конференции: «Архитектура и градостроительство промышленных регионов России»; «Новые материалы, конструкции и инновационные технологии в строительстве»; «Новые концептуальные подходы в проектировании и реконструкции инженерных систем жизнеобеспечения».

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников в области архитектуры и строительства, а также для студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых.

УДК 69+624/628+66/67+72

ISBN 978-5-7806-0530-0

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2019

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник трудов опубликован по результатам II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России», которая состоялась в Сибирском государственном индустриальном университете 8 – 10 октября 2019 г.

Организатором конференции в первую очередь является кафедра инженерных конструкций, строительных технологий и материалов Архитектурно-строительного института СибГИУ при поддержке и содействии администрации университета. Конференция проводилась в рамках юбилейных мероприятий, посвященных предстоящим 90-летию Сибирского государственного индустриального университета и 60-летию Архитектурно-строительного института.

Работа Всероссийской научно-практической конференции «Строительство-2019» включала следующие основные направления:

- архитектура и градостроительство промышленных регионов России;
- новые материалы, конструкции и инновационные технологии в строительстве;
- новые концептуальные подходы в проектировании и реконструкции инженерных систем жизнеобеспечения.

В конференции приняли участие свыше 150 ученых и специалистов из различных образовательных и производственных предприятий Российской Федерации, Казахстана, Кыргызстана и Монголии, в их числе:

- Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия
- Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия;
- Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны РФ, г. Воронеж, Россия
- Дарханский филиал Монгольского технологического университета, г. Дархан, Монголия
- Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия;
- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г. Москва, Россия
- Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия
- Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия
- Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия;
- Кыргызский Государственный Университет Строительства, Транспорта и Архитектуры им. Н. Исанова, г. Бишкек, Кыргызстан
- Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, Россия
- Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
- Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия;

- Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск, Россия;
- ООО «Баскей Керамик» г. Челябинск, Россия;
- ООО «Сибирская Проектно-Строительная Компания», г. Новокузнецк, Россия
- ООО «Спецмонолитстрой», г. Ростов-на-Дону, Россия
- ООО «Углестринпроект», г. Новокузнецк, Россия
- Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия
- Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан;
- Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия;
- Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия;
- Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия;
- Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия
- Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия;
- Тувинский государственный университет, г. Кызыл, Россия
- Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия
- Южный Федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, Россия и др.

Также в работе конференции приняли участие ученые и специалисты из Брянска, Тюмени, Красноярска, Кемерово, Барнаула, Кызыла, Челябинска, Оренбурга, Ростова-на-Дону, Краснодара, Казани, Воронежа, Брянска и др.

Оргкомитет выражает благодарность всем участникам конференции и приглашает всех желающих принять участие в последующих конференциях, посвященных вопросам современного строительства промышленных регионов.

Оргкомитет конференции



Рабочие моменты конференции

## АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ СИБГИУ: СОХРАНЯЯ ТРАДИЦИИ, СТРОИМ БУДУЩЕЕ

Алешина Е.А., Матехина О.В.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В статье представлены основные этапы образования и направления развития Архитектурно-строительного института Сибирского государственного индустриального университета (АСИ СибГИУ). Используются фотоматериалы кафедры архитектуры АСИ СибГИУ.*

*Ключевые слова: Архитектурно-строительный институт, Сибирский государственный индустриальный университет.*

Подготовка строителей в Сибирском государственном индустриальном университете (СибГИУ), в то время – Сибирском металлургическом институте им. Серго Орджоникидзе (СМИ), началась с 50 студентов, принятых в 1957 году на технологический факультет по специальности «Промышленное и гражданское строительство» [1]. В сентябре 1960 года в Сибирском металлургическом институте был организован строительный факультет.

Тогда же началось строительство новых корпусов и общежитий СМИ. В строительстве принимали активное участие студенты и преподаватели института, прежде всего, строительного факультета. В числе первых преподавателей факультета были известные специалисты, имевшие богатый практический опыт, такие как Побожий Василий Алексеевич, Неймарк Марк Семенович, которые оказали неоценимую помощь в строительстве [1].

Первым деканом факультета стал Форманский Александр Карлович – преподаватель строительной механики, талантливый педагог и организатор. При нем состоялся первый выпуск инженеров-строителей (фото 1, а).

В июле 2012 года благодарные ученики установили новый гранитный памятник на могиле своего педагога (фото 1, б). Тогда же была высказана идея установить в университете мемориальную доску памяти Александра Карловича. В 2017 году благодаря спонсорской поддержке Ассоциации «СРО «Кузбасский проектно-научный центр» (СРО «КПНЦ») и активной поддержке со стороны администрации вуза, в первую очередь – директора АСИ (в настоящее время – проректора по учебной работе СибГИУ) Зоря Ирины Васильевны, эта идея была воплощена. Мемориальная доска была изготовлена в камнерезной мастерской СибГИУ руководителем мастерской – старшим преподавателем кафедры архитектуры Боляновым Алексеем Сергеевичем и установлена около дирекции АСИ (фото 1, в).

В 2011 году на базе архитектурно-строительного факультета был создан Архитектурно-строительный институт, который представлен сегодня тремя выпускающими кафедрами: «Инженерные конструкции, строительные технологии и материалы», «Теплогазоводоснабжение, водоотведение и вентиляция», «Архитектура».

Кафедра архитектуры СибГИУ – первая и единственная в Кузбассе готовит выпускников-архитекторов. В период с 2002 по 2016 годы на кафедре подготовлено более 160 инженеров-архитекторов по специальности «Проектирование зданий». В 2011 году открыт бакалавриат по направлению «Архитектура». На сегодняшний день подготовлено около 60 архитекторов-бакалавров. С 2015 года начата подготовка в магистратуре по направлению «Архитектура». В феврале 2019 года состоялся первый выпуск архитекторов-магистров.



а



б



в

а – 1-й выпуск инженеров-строителей СМи-СибГИУ, Форманский А.К. – в центре [1, стр.18];

б – новый памятник на могиле Форманского А.К.;

в – открытие мемориальной доски памяти Форманского А.К.

(слева – директор Ассоциации «СРО «КПНЦ», к.т.н., доцент Яковлев Сергей Кириллович, справа – ректор СибГИУ, д.т.н., профессор Протопопов Евгений Валентинович)

Фото 1 – Форманский Александр Карлович – первый декан строительного факультета:

Подготовкой кадров в институте занимаются более 40 человек профессорско-преподавательского состава, из них около 30 кандидатов и докторов наук.

В настоящее время обучение студентов в Архитектурно-строительном институте осуществляется по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений»; по направлениям подготовки бакалавриата «Архитектура» и «Строительство»; по направлениям подготовки магистратуры «Архитектура» и «Строительство». Кроме этого, на кафедре инженерных конструкций, строительных технологий и материалов осуществляется подготовка в аспирантуре по направлению «Техника и технологии строительства», по профилям «Строительные конструкции, здания и сооружения» и «Строительные материалы и изделия».

Архитектурно-строительный институт не стоит на месте. С учетом потребностей реального сектора экономики открываются новые направления подготовки.

В 2018 году на базе Университетского колледжа СибГИУ на кафедре теплогазоснабжения, водоотведения и вентиляции началась подготовка обучающихся среднего профессионального образования в рамках федерального проекта «Рабочие кадры для передовых технологий» (ТОП 50) по направлению подготовки «Техническое обслуживание и ремонт систем вентиляции и кондиционирования». Таким образом, в Архитектурно-строительном институте реализуется полный цикл всех уровней подготовки.

Для качественной подготовки выпускников, в тесном взаимодействии с работодателями, преподаватели института систематически повышают свою квалификацию.

Так, с 2012 года на базе СибГИУ кафедрой инженерных конструкций, строительных технологий и материалов совместно с Ассоциацией «СРО «КПНЦ» проводится цикл обучающих семинаров для проектировщиков, руководителей проектных и архитектурных организаций, преподавателей и студентов АСИ. Изначально планировались семинары на тему «Проектирование строительных конструкций по Еврокодам», но в процессе проведения они стали охватывать более широкий спектр проблем в архитектуре и строительстве, в том числе проектирование и строительство в условиях сейсмике, обследование и восстановление конструкций зданий и сооружений, учет актуализированных требований нормативной документации в области проектирования и т.д.

В соответствии с Поручением Президента РФ от 19 июля 2018 года Д.А. Медведеву и с учетом потребности работодателей, в настоящее время совместно с Институтом дополнительного образования проводится обучение ведущих преподавателей АСИ в области технологий информационного моделирования в строительстве (BIM-технологии) для возможности дальнейшей подготовки специалистов в сфере информационного моделирования зданий и сооружений.

На кафедрах института осуществляется научно-исследовательская работа по различным направлениям, в том числе: разработка технологии изготовления строительных материалов и изделий из местного сырья и промышленных отходов; исследование и решение региональных проблем жилищного и гражданского строительства; исследование и решение проблемы водоснабжения крупных промышленных центров и очистки сточных вод; исследование процессов тепло-массо-газообмена, вентиляции; охрана воздушного бассейна; исследование напряженно-деформированного состояния грунтов; решение проблемы реконструкции промышленных и гражданских объектов.

Результаты научных работ систематически представляются в публикациях, на научных конференциях, в том числе проводимых в институте.

Ежегодно в рамках Кузбасской ярмарки проводится конференция «Актуальные вопросы строительства». В апреле 2019 г. на Кузбасской ярмарке «Строительство, коттеджи, недвижимость» работы преподавателей АСИ были удостоены золотой и серебряной медалей и дипломов (фото 2).



Фото 2 – Награды преподавателей и студентов АСИ

В мае 2019 года состоялась научно-практическая конференция «ВМ-технологии в архитектуре и строительстве», организованная совместно с Ассоциацией «СРО «КПНЦ». В конференции приняли участие представители компаний – разработчиков программного обеспечения для информационного моделирования объектов строительства; представители проектных и архитектурных организаций; преподаватели и студенты Архитектурно-строительного института СибГИУ.

Практически во всех научных исследованиях принимают участие студенты, работы которых отмечаются дипломами и грамотами различных уровней. Ежегодно обучающиеся АСИ принимают участие во Всероссийской конференции «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения» с изданием сборника трудов и регистрацией в РИНЦ; систематически участвуют в олимпиадах по специальностям и конкурсах выпускных квалификационных работ.

В 2018-19 уч. году команда АСИ СибГИУ заняла 2-е место в региональном этапе Всероссийской студенческой олимпиады по направлению «Строительство», проходившем в Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете, г. Новосибирск.

В 2018-19 учебном году студенты АСИ приняли участие во 2-й Всероссийской олимпиаде «Я профессионал» по направлению «Строительство». Несколько человек стали участниками и призерами заключительного этапа олимпиады (фото 2).

Выпускниками института под руководством ведущих преподавателей выполнено большое количество проектов для города Новокузнецка. Силами студентов выполняются работы, облагораживающие облик нашего города, например благоустройство жилого двора (руководитель Болянов А.С.) (фото 3, а). Студенты принимают участие в благотворительных акциях:

- роспись помещений дома пожилых людей в пос. Березово;
- роспись коридора в доме ребенка (руководитель Болянов А.С.) (фото 3, б).

Силами студентов изготовлены скульптуры для спортивно-оздоровительного лагеря СибГИУ «Тарбаган» (руководитель Болянов А.С.) (фото 3, в).



а



б



в

а – благоустройство жилого двора; б – роспись помещений; в – изготовление скульптур для спортивно-оздоровительного лагеря СибГИУ

Фото 3 – Работы студентов Архитектурно-строительного института  
(руководитель Болянов А.С.):

Некоторые идеи преподавателей АСИ воплощены. Например, к 85-летию СибГИУ был создан студенческий сквер со скульптурами, выполненными по эскизам и моделям студентов (автор идеи – профессор кафедры архитектуры Журавков Юрий Михайлович). Сегодня сквер стал одним из украшений нашего города (фото 4).



К 400-летию Новокузнецка студенты-архитекторы выполнили макет Кузнецкой крепости, который был передан музею (руководитель – доцент кафедры архитектуры Ершова Дора Владимировна) (фото 5).



Фото 4 – Студенческий сквер  
(к 85-летию СибГИУ)  
(автор идеи – профессор Журавков Ю.М.)



Фото 5 – Макет Кузнецкой крепости  
(к 400-летию Новокузнецка)  
(руководитель – доцент Ершова Д.В.)

К приближающемуся 300-летию Кемеровской области (Кузбасса), 90-летию СибГИУ и 60-летию Архитектурно-строительного института преподаватели АСИ предложили несколько идей, которые позволят улучшить облик города и создать ещё несколько знаковых мест:

- проект входа в горно-технологический корпус СибГИУ с установкой скульптурной композиции (автор идеи – профессор Журавков Юрий Михайлович);
- аллея славы сотрудников СибГИУ (автор идеи – профессор Назаренко Иван Кириллович);
- памятный знак «90 лет СибГИУ» (автор идеи – профессор Назаренко Иван Кириллович).

Время показало, что Архитектурно-строительный институт с честью выполняет поставленную перед ним задачу. Со дня основания в его стенах подготовлено около 12 тысяч инженеров. Его выпускники работают как в России, так и за рубежом. Многие из них стали крупными административными и производственными руководителями.

И мы говорим: «Сохраняя традиции, строим будущее».

### **Библиографический список**

1. Кулагин А.А., Побожая М.В. Страницы истории архитектурно-строительного факультета Сибирского государственного индустриального университета: юбилейное издание / А.А. Кулагин, М.В. Побожая; Сиб. гос. индустр. унив-т. – Новокузнецк, 2010. – 119 с.

## Секция 1. АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

УДК 72.03 (571.17)

### АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ НАСЛЕДИЕ ЗЕМЛИ КУЗНЕЦКОЙ

Благиных Е.А., Чередниченко Ж.М.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Показано эволюционное развитие архитектурно-градостроительной культуры земли Кузнецкой на протяжении шести исторических периодов, выявлены характерные особенности и принципы формирования архитектурно-художественной среды города Кузнецка.*

*Ключевые слова: пространственная структура, архитектурно-градостроительное наследие, город Кузнецк.*

Сложение архитектурно-градостроительной культуры земли Кузнецкой с XVII в. до сер. XX вв. происходило на протяжении шести исторических периодов, связанных с развитием пространственной среды, каждый из которых обладает характерными особенностями, связанными с развитием инфраструктуры, социо-экономическими, политическими изменениями, отразившимися в его архитектурно-планировочной структуре, создав уникальное архитектурно-градостроительное наследие[1].

**Первый период (XVII – первая половина XVIII вв.)** – первоначального освоения региона. Характеризуется тесной корреляцией природного ландшафта с антропогенным, появлением специфических морфотипов застройки: зимовий, острогов (Кузнецкий), форпостов (Кузедеевский), монастырей (Христорождественский) и т.п., большая часть которых в последствии исчезает. Структура застройки была представлена исключительно деревянными сооружениями, как правило, клетского типа.

Документ, подтверждающий решение о строительстве укрепления в Кузнецкой земле был найден Г. Ф. Миллером в XVIII в.[2]. Весной 1618 г. был построен Кузнецкий острог – крепость, обнесенная высокой оградой, на правом берегу реки Томи у подножия высокой горы, получившей название Вознесенской [3]. Сильно выраженный рельеф этой местности в значительной мере подсказал архитектурно-планировочное решение поселения, определил трассировку улиц, расположение и приемы организации будущего города. На протяжении столетия Кузнецк оставался единственным городом на юге Западной Сибири. Его планировочная структура имела компактно-очаговый характер, как и многие ранние исторические города-остроги Сибири.

Следует отметить создаваемую в этот период систему расселения: центральная часть – острог и от него расходятся своеобразные «выплески» – «заимки». Так возникли близ города Кузнецка деревни: Атаманова, Безрукова, Сидорова и др. [4]. Назывались они, как правило, по фамилиям первых засельщиков. При проведении в 1721 году первой ревизии в городе Кузнецке, ставшем к этому времени главным торговым и административным центром, в Кузнецком уезде было переписано 2 875 крестьянских ревизских душ [5].

На этом этапе можно отметить тесную взаимосвязь планировочной структуры города Кузнецка с местным рельефом: осваивались надпойменные территории верхней и нижней террас, горы Вознесенской, пойменных участков реки Томи (закладывалась ярусная композиция архитектурно-пространственной структуры города).

На высоком береговом уступе в 1621 г. был возведен первый деревянный храм – Спасо-Преображенский, в северо-русских традициях с шатровым завершением. Храм хорошо учитывал ландшафтную специфику местности, став одной из направляющих доминант в градостроительном развитии поселения. В 1676 г. в городе была возведена еще одна церковь – Богородице-Одигитриевская. Здесь уже можно говорить об определенной эстетической привлекательности города, композиционная выразительность его была достигнута благодаря трем составляющим: ландшафту, доминантам, рядовой застройке. По мере разрастания города Кузнецка шло укрепление его внешних границ; сооружались вторые и третьи концен-

трические стены, на помощь которым, уже далеко за пределами строились передовые посты в виде монастырей, укреплявшихся на средства государства – в трех верстах от Кузнецка был основан Христорождественский монастырь [6]. Этот процесс с начала XVIII в. сопровождался постепенным отмиранием функции крепости-ostroга, который превращался в административно-политический и культовый центр города.

**Второй период (вторая половина XVIII в.)** – характеризуется появлением населенных пунктов разного типа: при аква-магистралях (Красный Яр), притрактных (Прокопьевское), торговых (Ильинское), промышленных (Староабашево), сельскохозяйственных (Осиновка) и др. Система застройки состояла преимущественно из деревянных домов усадебного типа. В градостроительных композициях поселений отмечается ансамблевость, включающая архитектурные доминанты церквей и рядовую фоновую застройку, в городе Кузнецке – слобода Кийская.

Восемнадцатый век ознаменовался усиленным изучением Земли Кузнецкой. Через Кузнецк проходят маршруты выдающихся экспедиций по изучению Сибири под руководством: Д. Г. Мессершмидта, В. Беринга, Г.Ф. Миллера и И.Г. Гмелина. В результате экспедиции была изучена флора Кузнецкого края, описана технология шорской металлургии, создана карта Томи с указанием всех населенных пунктов от Кузнецка до Томска.

В XVIII в. внешний облик города Кузнецка и его укреплений по сравнению с предшествующим веком существенно меняется. К 1717 г. на Вознесенской горе возводится прямоугольная «цитадель» (крепость) длиной 188 и шириной 38 саженей (400 и 81 м соответственно). Линия обороны от Кузнецка к Бийску проведена и занята линейными казаками около 1740 г. [6]. В 1746 г. город Кузнецк утверждается конечной штатной крепостью в укрепленной Колывано-Кузнецкой линии (для защиты построенных на Алтае заводов от набегов джунгар) и получает «регулярную» планировку. По распоряжению императора Павла I в 1798 г. на горе Вознесенской начались работы по строительству военной Кузнецкой крепости, уникального инженерного сооружения. При ее возведении были учтены все новейшие достижения военно-крепостного искусства Западной Европы XVIII столетия. Город получил еще один архитектурно-пространственный акцент выразительности застройки.

Усилившийся приток русского населения в Кузнецкий уезд вызвал появление большого числа русских селений, возникавших вблизи монастырей и существующих форпостов. Так, в 1782 г. их здесь насчитывалось уже более 240 [7].

Художественно-образная характеристика города Кузнецка наиболее полно и ярко отражалась в его силуэте, панораме, являющихся главными составляющими архитектурно-пространственной композиции, придавала ему неповторимость и запоминаемость. О силуэте, вертикальной композиции города Кузнецка можно судить по панорамам-гравюрам XVII - XVIII вв. К сожалению, многие из вертикальных доминант, формирующих панораму города в этот период, были впоследствии утрачены: Одигитриевский храм, Успенская церковь, Иверская часовня.

Во второй половине XVIII в. система застройки складывалась преимущественно из деревянных домов усадебного типа, отражающих социальный статус ее обладателей. Основными принципами формирования архитектурно-художественной среды города являлись:

- целостные градостроительные композиции, рационально объединяющие архитектурные доминанты и акценты с рядовой фоновой застройкой (Соборная площадь);
- ярусное построение архитектурных ансамблей в застройке (три яруса надпойменных террас – гора Вознесенская, Нагорье, Подгорье – Форштадт);
- развитие каменного строительства, обогатившего пластику застройки (торговые лавки и дома купцов).

Середина XVIII в. ознаменовалась в Сибири расцветом колоритного (местного варианта) барочного стиля, который принято называть «сибирским барокко» [8]. Так под влиянием Иркутской школы, в стиле «сибирского барокко» был возведен Богородице-Одигитриевский храм (второго поколения) в Кузнецке [9], объем храма был увенчан пятиглавием, фасады его завершались изящными трехлопастными или «пламенеющими» фронтонами.

Барочный стиль в Кузнецке, формировавшийся преимущественно в культовом зодчестве, нашел отражение и в гражданской архитектуре. Сохранившийся уникальный памятник

XVIII столетия на Советской (бывшей Базарной) площади города Новокузнецка – каменный дом купца Муратова, известный в истории города как Окружное Казначейство. В архитектуре дома гармонично сочетаются традиционные приемы северорусского деревянного зодчества (изба со вязью), древнерусского каменного зодчества и барочные приемы декоративно-пластического оформления фасадов.

### **Третий период (первая половина XIX вв.)**

Первая половина XIX в. внесла существенные коррективы в формирование градостроительной структуры Кузнецка и определила основные аспекты его последующего развития. Принцип строительного зонирования территории был заложен в генеральном плане города в начале XIX века. Наряду с линейно-рядной (с одно-двусторонней застройкой), появляются также новые типы планировки: периметральная, смешанная, усадебная. Нач. XIX в. – время, характерное появлением регулярной планировки и разработки планов городов с участием архитекторов-профессионалов. Так, «Город Кузнецк прожектирован по плану в 1821 году, составленному землемером Лонбертовичем, который утвержден Государем в 1846 году» [10].

С 1810 года Кузнецк стал центром уезда вновь образованной Томской губернии. К этому времени подходит к завершению строительство третьего каменного храма в Кузнецке – Успенского (1807 – 1837). При росте города, его территория увеличивалась за счет появления в его черте новых поселков, например – Подкаменная и Солдатская слободы. Основное население Кузнецка проживало на верхней террасе (нагорье). Вторая терраса – подгорье или Форштадт – являлась передней частью города. Форштадт доходил до речки Казачьей. Эти названия сохранились в городе по сей день. Сложилась ярусная архитектурно-пространственная структура застройки.

Именитые купцы, крупные чиновники, приноравливаясь к духу времени, строят лучшие каменные дома на центральных участках города. Примером подобных построек являются дома купцов: Муратова (1780 год), Баранова (1805 год), Ловыгина (1815 год) в Кузнецке. Доминирующее значение в застройке улицы Народной занимали: здание Уездного училища и дом купца Васильева. Каменный двухэтажный дом купца Васильева был построен в 1805 г. Архитектурно-художественный облик и декоративное убранство здания определяется приемами провинциального классицизма.

В стиле классицизма с элементами позднего «сибирского барокко» в 1835 г. был построен каменный Спасо-Преображенский собор в Кузнецке (заложен в 1792 г. на месте деревянной Преображенской церкви). Спасо-Преображенский собор – первый каменный собор в Кузнецке и на территории Кемеровской области, является образцом культовой архитектуры конца XVIII – начала XIX вв. Архитектура храма, строившегося двумя поколениями мастеров, во многом продолжает традиции барокко.

**Четвертый период (вторая половина XIX века)** характеризуется дальнейшей дифференциацией территории города на отдельные зоны: жилую, общественного центра, промышленную, культурно-просветительскую и др. В 1846г. Николай I утверждает проект регулярной застройки Кузнецка. Вверх от Базарной площади сформировалась улица Водопадная. Она застраивалась двухэтажными добротными купеческими домами. Один из домов известен по фамилии одного из владельцев – купца А.Е. Фонарева. Здание представляет собой образец типичного сибирского зажиточного городского дома XIX в., пример сочетания деревянного народного зодчества и «кирпичного стиля».

Территориальный рост и происшедшие изменения в развитии Кузнецка и поселений вокруг него во второй половине XIX в. предопределили качественно новый подход к их планировке, требовали учета целого комплекса функционально-планировочных и инженерных вопросов. Однако проектные работы проводились недостаточно активно, без должного понимания новых градостроительных требований и сводились в основном к приращению вновь осваиваемых территорий (территория Кузнецка увеличивается за счет полного освоения Подгорья, частично – Форштадта, в восточном направлении приблизилась к черте старинного кладбища).

Основными принципами формирования архитектурно-художественной среды города во второй половине XIX в. являлись:

- градостроительные требования исторической эпохи, направленные на регулирование и упорядочение застройки: формирование четкого каркаса города, расширение и выпрямление улиц, укрупнение кварталов, создание парков, садов, скверов и т.д.;
- функциональное зонирование территории по принципу: жилая, общественная, промышленная, культурно-просветительская и др.

В этот период город Кузнецк, расположенный у «золотых ворот» южного Кузбасса, служил базой снабжения золотых приисков продуктами питания и различными материалами. В этом районе, еще до прихода русских в XVII в. постоянно обитал один из многочисленных тюркоязычных родов – Карашор. Потомки этого рода в дальнейшем были названы шорцами. Лишь в 30-х годах XX в. после открытия месторождения железной руды в этих местах будет создан рудничный поселок, который в свою очередь положит начало городу Таштаголу.

В XIX в. через Кузнецкие земли проходили маршруты экспедиций Г.Е. Щуровского, В.В. Радлова и др. исследователей. Так, профессор Московского университета Г.Е. Щуровский писал в 1844 году: «Кузнецкая котловина представляет столько выгод для здешнего края, что в этом могут соперничать с нею только Англия, Бельгия и сама Россия своим Южно-Европейским, или Донецким бассейном».

Художественный облик общественных зданий города Кузнецка был весьма разнообразен: от пышной эклектики второй половины XIX в., «русского» стиля до модерна и неоклассики начала XX века. Наиболее популярным стал стилизаторский – «кирпичный» стиль. Такое смешение объясняется особенностями автономного развития архитектуры края. В отдельный тип можно выделить надвратные церкви. Например, Ильинская надвратная церковь Барнаульских ворот в Кузнецкой каменной крепости (1876г.). Архитектурный облик надвратной церкви характеризуется простотой, отсутствием пышного декора. С момента возведения надвратная однопрестольная церковь воспринималась как новый градообразующий акцент в силуэте Кузнецка.

**Пятый период (конец XIX – начало XX вв.)** характеризуется усилением функционального подхода в градостроительстве. Так, в городе Кузнецке существовали официально признанные строительные зоны: для каменных домов; для домов смешанного типа (1й этаж каменный, второй – деревянный); для деревянных домов; в отдельную зону выделялись кладбища (за чертой города, с подветренной стороны). Акцентами в структуре застройки (в основном малой и средней этажности) становятся общественные здания и элитные жилые дома. Дешевизна земли способствовала распространению такого специфического для Сибири варианта застройки, как сооружение, свободно стоящее в зелени участков. Примером подобной организации может служить усадьба золотопромышленника и купца Попова С.Е. На границе XIX и XX вв. в архитектуре появился новый стиль «модерн». «Деревянный модерн» нашел отражение в Народном доме (1905-1906 гг.) в Кузнецке. Планировочную структуру Кузнецка можно охарактеризовать как компактную однобережную, город имел непосредственную связь с рекой Томь, раскрывался на нее своей панорамой, значительную роль сыграли каменные храмы, повлиявшие на сложение силуэта города.

Судьбоносное открытие для Кузнецкого края сделал в 1842 году русский географ и геолог П. А. Чихачёв, он впервые назвал «...эту область Кузнецким бассейном, по имени города, расположенного в его южной части» [5]. На территории Кузбасса практические шаги на пути реализации этих перспектив связаны с деятельностью акционерного общества «Кузнецкие каменноугольные копи и металлургические заводы» (Копикуз). Оно было создано в конце 1912 года для привлечения иностранных инвесторов к экономическому развитию территории Сибири при поддержке Правительства России и лично Императора Николая II [5].

В 1915 году акционерное общество Копикуз приступило к проектированию в Кузбассе металлургического завода, который получил собственное название Тельбесский.

Копикуз изначально предполагал использовать для строительства завода Горбуновскую площадку вблизи уездного города Кузнецка. Начавшиеся инженерные изыскания на площадке строительства и работы над проектом завода сдерживались произошедшими вскоре в России революциями и были окончательно прерваны гражданской войной.

### **Шестой период (первая треть XX – начало XXI вв.)**

Коренное преобразование земли Кузнецкой в 1920-е годы было связано с форсированным развитием промышленности, опирающейся прежде всего на сырьевые ресурсы. Особая роль предназначалась строительству Кузнецкого металлургического завода (КМЗ), что было предусмотрено утверждённым планом индустриализации СССР.

В 1926 году, созданная правительственная комиссия, утвердила место для размещения и строительства металлургического завода, выбрав Горбуновскую площадку на левом берегу реки Томи чуть ниже города Кузнецка. Своё название площадка получила от деревни Горбуново, расположенной на выбранной территории.

Уездный город Кузнецк, в окрестностях которого была выбрана площадка строительства завода, территориально никак не влиял на планировку нового города. И даже после его административного подчинения городу Ново-Кузнецку (переименованному в Сталинск в 1932 году), он продолжал до 1940 годов оставаться самостоятельным поселением, не связанным с его планировочной структурой. Лишь в постсоветское время историческое прошлое Кузнецка было признано и историей города Новокузнецка.

Городу Новокузнецку с выбором территории для его размещения изначально не повезло. Площадку строительства выбирали не для города, а для завода с небольшим жилым посёлком для рабочих. В результате такого подхода к размещению и строительству города, Новокузнецк стал своего рода «заложником» Кузнецкого металлургического завода, а его градостроительное развитие пошло по очень сложному пути [11].

Комиссия не учла наличие в недрах полезных ископаемых (угли) и незащищённость территории от паводковых вод реки Томи. В результате этого территориальное развитие города вынужденно пошло в сторону расположенной рядом с заводом заболоченной и затапливаемой паводковыми водами поймы реки Томи. Но самая неблагоприятная неучтённая природная особенность заключалась в том, что влажная территория долины рек Кондома и Томь, окружённая со всех сторон горами, плохо проветривается. Это способствует накоплению в атмосфере выбросов промышленных производств и транспорта и приводит к загрязнению территории.

Город Новокузнецк во многом отличается от других городов и интересен в первую очередь своими градостроительными особенностями, как пример планировки крупного города, построенного в сложных природных, градостроительных и экономических условиях. Так к началу работ на строительной площадке Кузнецкстроя был подготовлен «Проект металлургического завода и жилого посёлка при нём».

Схема генерального плана позволяет понять композиционное решение и планировочную структуру поселения и оценить взаиморасположение промышленной и жилой территорий (верхней и нижней площадок) в конкретной природной среде и по отношению к железной дороге. На плане хорошо выявлены основные композиционные элементы планировки: река Аба, площадь перед заводом, Барнаульский тракт и шоссе в сторону железнодорожной станции Кузнецк. В структуре жилой зоны видно чередование многоэтажной и малоэтажной (усадебной) застройки с вкраплениями отдельных общественных зданий. Схема позволяет легко понять, что планировка временных посёлков Верхняя и Нижняя колонии была выполнена по настоящему проекту за счёт ликвидации санитарно-защитных зон завода.

Планировка предзаводской площади с веером расходящихся от неё улиц была реализована в соответствии с проектом Гипромеца и сохранилась до наших дней. Площадь расположена на пересечении старого Барнаульского тракта (улицы Хлебозаводская – Музейная – Рудокопровая) и дороги, соединяющей стройплощадку завода с вокзалом железнодорожной станции Кузнецк. Эти дороги стали главными композиционными осями площади. Первым зданием, построенным на предзаводской площади в 1929 году стало здание заводоуправления (архитектор А.Д. Крячков).

Несмотря на отсутствие утвержденного плана, началось строительство первых капитальных жилых домов. Меридиональное расположение домов обеспечило наиболее благоприятную и равноценную ориентацию окон всех жилых помещений на запад и восток. Есть все основания предполагать, что на планировку группы жилых домов, в частности на их расположение и ориентацию, мог повлиять проект жилого посёлка братьев Весниных, который также предусматривал меридиональное расположение всех жилых корпусов домов-коммун.

Архитектура и наружная отделка жилых домов, озеленение и благоустройство прилегающей к ним территории были выполнены самыми скромными средствами и сохранились без изменения до наших дней.

В конце 1930-х годов разработка проекта «социалистического города» была поручена группе Э. Мая и стала одной из первых работ известного немецкого архитектора в Советском Союзе. Он имел большой опыт проектирования и строительства крупных жилых районов для рабочих в городах Германии.

Планировка и застройка жилой территории Соцгорода была разработана Э. Маем с использованием широко применяемого им в Германии (г. Франкфурт-на-Майне) и популярного во всей Европе планировочного приёма, так называемой «строчной застройки». Она представляла собой протяжённые группы зданий (строчки), расположенных на одной линии и параллельных друг другу жилых домов, ориентированных торцами в сторону примыкающих жилых улиц. Позднее одна из улиц, застроенных по этому проекту, так и будет названа – Торцевая (улица Хитарова).

Проект планировки Соцгорода, разработанный под руководством Эрнста Мая, оставил заметный след на карте и в судьбе города Новокузнецка. Проект за короткое время позволил осуществить жилищное строительство на прилегающей к заводу территории, увязать их в единое целое и положил начало формированию планировочной структуры нового города.

**Заключение.** Становление архитектурно-пространственной структуры Кузнецка в XVII – середина XX вв. (хронологические рамки исследования) происходило на протяжении шести исторических периодов, каждый из которых обладает характерными особенностями, что позволяет говорить о ее уникальности. Одним из главных критериев формирования пространственной среды города в исследуемый период был ландшафтно-средовой, так как на формирование архитектурных ансамблей большое влияние оказывает ландшафтное окружение, таким образом, создавался городской ландшафт. Осуществлялась семантическая связь города с природой, которая постепенно была утрачена при его дальнейшем росте и при вхождении в планировочную структуру промышленного Новокузнецка к середине XX в.

### Библиографический список

1. Благиных Е.А. Архитектурно-градостроительная культура Кемеровской области (XVII – первая пол. XX вв.): Монография/ Е.А. Благиных; СибГИУ. – Новокузнецк, 2007. С.79, 128.
2. Миллер Г.Ф. Описание Кузнецкого уезда Тобольской Провинции в Сибири в нынешнем его состоянии, в сентябре 1734г.// Сибирь XVIII века в путевых описаниях Г.Ф. Миллера : История Сибири. Первоисточники. Вып. VI. Новосибирск: Сибирский хронограф, 1996, -С. 17-36
3. Миненко Н.А. «Описание» Томского и Кузнецкого уездов геодезиста Ивана Шишкова как историко-этнографический источник// Сибирское источниковедение и историография. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980.
4. УГАГ. Генплан г. Новокузнецка 1948г., Л4, Л5, Л8, Л12.
5. Колобков М.Н. Кузнецкий бассейн (очерки природы и хозяйства) / М.Н. Колобков. – Кемерово : Кемеровское кн. изд-во, 1957, -С.40 – 42, 53 – 65.
6. Конюхов И.С. Кузнецкая летопись. – Новокузнецк: Изд-во «Кузнецкая крепость», 1995. -С.18 – 20, 31 – 35, 58, 112.
7. Ширин Ю.В. Поселенческие и погребальные комплексы российских переселенцев XVII – XVIII вв. в Кузнецком крае// Русские старожилы. Материалы III-го Сибирского симпозиума «Культурное наследие народов Зап. Сибири». – Тобольск – Омск, 2000.
8. Симагин В.А. Некоторые вопросы генерации сельского жилища Зауралья // Изв. Вузов. Строительство. – Новосибирск, 2003, №12, -С.90
9. Тогулев В. В. Повествование о Земле Кузнецкой. – Кемерово, 1992. – С. 99.
10. Конюхов И.С. Городовая летопись Кузнецка. – Рукописный фонд научной библиотеки ТГУ, Л.24; Новокузнецкий краеведческий музей, научный фонд, Д.176/а, Л.15
11. Магель В.И. Новокузнецк. История создания генерального плана города : монография / В.И. Магель; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2017. – С. 31.

## СОЦИАЛИСТИЧЕСКИЙ ГОРОД. НАЧАЛО

Журавков Ю.М., Благиных Е.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация. Проектирование городов в Сибири в 1930-х годах представляет довольно сложный процесс, обусловленный общей хозяйственной ситуацией, системой расселения и развитием населенных мест. Из наиболее существенных факторов в развитии городов явилось возникновение мощных градообразующих импульсов на основе плана индустриализации, экономического и культурного освоения Сибири, и, как следствие, концентрация населения в этих районах.*

*Изложены факторы и причины появления такого феномена как социалистический город на примере Новокузнецка, представлены его генезис и становление до середины XX века.*

*Ключевые слова: социалистический город, город-сад, генплан, Новый Кузнецк.*

Начало прошлого века... Великая Октябрьская революция. Создается новое государство – некапиталистическое. Новое государственное устройство – социалистическое – мало кому знакомо и известно. Однако заявка на незнакомую раньше социальную справедливость сделана. Об этом мечтали философы – теоретики всего мира. Свободный человек, наделенный землей и равноправием, о чем можно еще мечтать – получил то, что хотел.

Но оказалось, что свобода в мире нигде не бывает неограниченной – нужен некий порядок государство. Вначале на Российской земле нужно было ликвидировать безграмотность, было введено всеобщее обязательное бесплатное образование. А перед этим нужно было покончить с врагами государства, с троцкистами и иными элементами. Затем нужна была экономика, приступили к индустриализации, а потом и к коллективизации.

Главные вопросы тех лет, какого типа должен быть социалистический город? Город каменных мешков или ... город-сад? Как строить город – вширь или ввысь – не сходили со страниц профессиональных изданий, были многочисленные конференции, диспуты в цехах, на стройках. Технология обсуждения была весьма демократична. Когда эти вопросы обсуждались на рабочих собраниях, где грамотных людей в то время было немного, а видение нового социального общества вообще отсутствовало, появились «прогрессивные силы», которые представляли свои соображения по новому образу жизни. Лозунг их «весь мир насилья мы разрушим, а затем – мы новый светлый мир построим...» и новый путь лежал через избавление человека от тягот быта, через «разумную» организацию досуга.

«Разумная» организация вслед за социологами, экономистами и инженерами - создателями системы научной организации труда (НОТ) все чаще произносили архитекторы и студенты архитектурных вузов. В 1928 году студент Сибирского технологического института И.С. Кузьмин, изучив жизнь рабочих Анжеро-Судженского каменноугольного района, смело предложил научную организацию быта рабочих шахтеров. Метод его сводился к жесткому расчленению жизни человека вне производства, на ряд потребностей, процессов и функций. На первом этапе их насчитывалось немного: отдых, сон; отдых, требующий тишины и изоляции; отдых, связанный с движением и шумом; индивидуальная работа (умственная, требующая тишины); коллективная работа; воспитание детей; питание; коммуникабельность – общение.

В 1927 – 1931 гг. во всех проектах домов – коммун ощущается канун эпохи индустриализации строительства. Все было подготовлено к ее наступлению, набор, монтаж, сборка стандартных элементов, непрерывность и даже бесконечность их пространственной композиции, новая тектоника фасадов, в соответствии с внутренней планировкой. Дома-коммуны – это идеальные архитектурно-социальные модели человеческого общежития в самом широком значении, должны были стать овеществлёнными утопиями театрализации новой жизни первых лет революции.



Новый Кузнецк в начале прошлого века должен впитать в свое градостроительство только новые веяния. Люди давно поняли, что от устройства города во многом зависят условия их жизни. Эти вопросы интересовали великого энциклопедиста Аристотеля, о счастливых городах будущего размышляли гениальный автор «Утопии» англичанин Томас Мор, итальянский монах Томмазо Кампанелла мечтал о Городе Солнце и изобретатель идеального «Фаланстера» человеческих страстей француз Шарль Фурье и русский революционер – демократ Николай Чернышевский.

«Города-Сады будущего» – так называлась книга, опубликованная английским социологом-утопистом в 1898 году Э. Говардом, в которой он сформировал свою концепцию идеального города. Одни мечтали об идеальных демократических условиях свободных горожан, другие рисовали идеальные города в виде города – круга с главным зданием – Домом Советов посередине в кольце садов и парков, дальше жилые кварталы, а на периферии – предприятия.

Понятно всем, что город должен создавать наилучшие условия, как для материального производства, так и для жизни человека. Он должен своим устройством помогать человеку в труде, отдыхе, в культурном росте, учебе, да и в развлечениях тоже. Способствовать развитию духовных способностей, а главное порождать чувство эстетического удовлетворения и патриотизма.

Революционные социалистические идеалы дали мощный импульс творчеству, а освобождение архитектуры от частной собственности на землю и крупную недвижимость, плановые основы социалистического хозяйства предоставили невиданные ранее возможности для градостроительного творчества, массового строительства и созданию новых типов зданий, разработки новых выразительных средств архитектуры.

Огромный интерес проявили и многие иностранные специалисты, которым хотелось внести свое имя в новое практическое решение градостроительного процесса, реализовать многие свои идеи, в том числе, в Сибири. Лишь к тридцатым годам остро встал вопрос о необходимости соединения новаторского эксперимента с историческим опытом. Наконец стала возобладать задача творческого созидания новой жизни и культуры с учетом достижений человечества в прошлые эпохи. Речь шла о развитии лучших прогрессивных традиций.

Старый Кузнецк к двадцатым годам XX века насчитывал около трех с половиной тысяч жителей. Второе рождение города неожиданным образом состоялось практически сразу после Октябрьской революции. Удивительные люди эти коммунисты! Уже в 1918 году В.И. Лениным в разруху, после гражданской войны, был поставлен вопрос о размещении промышленности и производительных сил, о расселении по всей России с учетом близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья вплоть до получения готового продукта.

Первый из намечаемых поселений – город-сад около металлургического завода в районе Шушталепы предполагал население в двадцать пять тысяч человек, то есть близко к Э. Говарду. Так же как у англичанина, город предполагался малоэтажным, зеленым со школой и церковью. Но он так и не появился даже на бумаге.

Вопрос о строительстве металлургического завода «в Кузнецках» встал давно. Предварительные изыскания шли под руководством видных сибирских ученых из Томска – и давали неплохие прогнозы углю, но довольно сдержанные по железорудным запасам. В комиссиях участвовали профессора Н.В. Гутовский, М.А. Усов, Д.А. Стрельников, инженеры Н.Д. Зуев, Н.А. Шульман и др. – надо отдать должное этим крупным самоотверженным и решительным специалистам, взявшие тогда на себя труд – увидеть будущее края через 100 лет.

Сохранилась копия «документа» о месте размещения металлургического завода, подписанная профессором Н.В. Гутовским. Было проведено исследование более 20 мест размещения завода. Из них 13 площадок скрупулезно просчитаны по многим критериям, в том числе и себестоимости производимого продукта. Из трех отобранных Горбуновская площадка недалеко от Кузнецка оказывалась более экономичной. В 1926 году комиссия Тельбесбюро (Сибирский филиал государственного института проектирования заводов в Томске) – подтвердила пригодность Горбуновской площадки под строительство металлургического завода.

Тотчас был создан «Тельбесстрой», на который возлагалось сооружение металлургического завода. Сразу он не смог приступить к работе по простой причине – Госплан не выделил средства. И только в октябре 1928 года Президиум ВСНХ СССР отдельным решением заставил выделить три миллиона рублей на подготовительные работы на 1928-29 гг. Совет труда и обороны вынес решение о постройке металлургического завода около Кузнецка на Горбуновской площадке. С этого момента завод получил название Кузнецкого.

Кузнецкий завод был включён в первый пятилетний план Советского Союза. Предусматривалось сооружение четырёх домен, сталеплавильного и прокатного цехов, несколько коксовых батарей, мощной электростанции. На Кузнецкстрой возлагалось руководство сооружением не только самого завода, но и рудников и железной дороги к ним. Намеченное поселение, как временный посёлок для строителей, общей ёмкостью до 19 тыс. человек практически сразу оказался неудачным, не «богоугодным».

Здесь нелишне вспомнить историю, которая могла бы быть иной. В Томске, где в 1878 г. было решено открыть университет, его открыли спустя десять лет, а строительство отдельных зданий и лабораторий продолжалось до 1914 г. Окончанием строительства руководил видный позже сибирский архитектор Андрей Дмитриевич Крячков.

Имя А.Д. Крячкова нам известно по первому сад-городу для рабочих железной дороги в 1914 г. и позже по строительству в Новокузнецке гостиницы на Верхней колонии, заводоуправления КМК. Личное знакомство И.П. Бардина со многими специалистами Томского университета было неизбежно. Статус назначенного правительством руководителя «Тельбесстроя» был высок. При проектировании, а, точнее, при перепроектировании завода он сыграл огромную роль, и только благодаря его уникальному характеру, знанию своего дела, высокому профессионализму в Новокузнецке вырос гигант индустрии – КМК – всего, как говорят историки, это произошло за тысячу дней. И об этом много и объективно написано в летописи.

Чего не скажешь о своевременности строительства города, который неизбежно должен возникнуть около такого гигантского градообразующего предприятия. Кузнецкстрой полностью замкнулся на строительстве, а позже и эксплуатации своего промышленного хозяйства, а нарастающие проблемы жизнеобеспечения рабочих и инженеров, остального населения оставались нерешёнными. Это явление было характерно не только для Кузбасса.

О строительстве металлургического завода в Кузнецке написано много и подробно. Есть высказывание о том, что завод и город строились одновременно. К сожалению, это можно отнести к легендам о КМК. В 1929 г. были начаты земляные работы по устройству заводской площадки. Рабочие, пребывающие на стройку, поначалу селились в пока ещё существующих деревнях Бессоново и Араличево, другого жилья не было. Начали форсировать жилищно-бытовое строительство. Для завода был предусмотрен рабочий посёлок исходя только из численности самого завода – около 7 тысячи человек. Поэтому, согласно подсчётам, посёлок планировался на 19-20 тысяч человек, в основном, для расселения инженерно-технического персонала и иностранцев, с которыми был заключён контракт. Для рабочих начали строить бараки на Нижней колонии, то есть расположенной в низменной местности.

В это время ещё продолжались дискуссии о городах-садах, стали проводиться конкурсы идей: в 1918 – 1921 гг. был объявлен конкурс на проект города-сада для Щегловска в Кузбассе. В южной части г. Омска в связи со строительством соцгорода разрабатывался город-сад в виде пятиконечной звезды. В эти же годы города-сады проектируются в Кузнецке и Барнауле.

В этот увлекательный процесс был вовлечён ряд творческих организаций – Ассоциация новых архитекторов (АСНОВА), общество современных архитекторов (ОСА), Всесоюзное объединение пролетарских архитекторов (ВОПРА) и др. Однако первые принципиально новые позиции в форме законодательных положений будут выработаны позже.

В 1932 г. было принято постановление ВЦИК и СНК СССР, о планировке социалистических городов, утверждены методические указания и правила по застройке городов, предусматривающие функциональное зонирование, очерёдность реализации генеральных планов и комплексную увязку всех вопросов производства, энергетики, транспорта, благоустройства, быта, гигиены и культуры. Для районов промышленного строительства была установлена необходи-

мость разработки схем районной планировки. В первую очередь разрабатываются генеральные планы для новых развивающихся индустриальных центров Сибири.

«Тельбесбюро» в Томске и Московское архитектурное общество проектируют жилые посёлки Кузметзавода вначале на 19-20 тыс., а затем на 35-40 тыс. жителей на основе соцгорода с обобществлённым бытом (арх. А и Л. Веснины). Планировочная структура жилого района А. и Л. Весниных – опытных зодчих, лидеров советской архитектуры, была компактна с необходимым арсеналом главных и второстепенных улиц, скверов и небольших парков, главной площадью, спортивной зоной и некрупных кварталов жилой застройки, скомпонованной из домов-коммун на 5-6 тыс. жителей, и выглядела достаточно привлекательно. Однако за время выполнения конкурсного проекта идеология жилища начала меняться в сторону отдельных квартир и домов, кварталов пешеходной доступности, т.е. небольших кварталов с детсадами-яслями и школами.

Несколько позже в 1929-31 гг. в проектное бюро Цекомбанка, приглашённый из Германии архитектор Э. Май разрабатывает со своей бригадой проект Новокузнецка с населением уже 83-100 тыс. жителей (рисунок 1). По существу, это был проект планировки жилого массива недалеко от КМК. В основе планировки – жилые дома в три этажа, составленные из двух-трёхкомнатных квартир, ранее разработанных «Госпроектом» и тиражированных в индустриальных городах. Дома, поставленные торцами к проезжей части улиц, строго располагались по ориентации север-юг.

Такая оригинальность и новизна обусловлена тем, что в 1928 г. двое французских учёных Рей и Бард исследовали положение жилого дома на участке и пришли к выводу, что для создания оптимальных условий проникновения воздуха и света в квартиру важным условием является не только расстояние между домами в зависимости от их высоты, но и инсоляция здания, т.е. облучение солнцем, когда солнечные лучи попадают непосредственно в комнаты. Было установлено, что существует одно положение на участке, когда обе стороны получают максимум солнечного света. Для этого здание должно быть расположено по гелиоцентрической оси независимо от направления улицы. Это север-юг, с отклонением до 19° для Парижа. Позже этот приём стал умело использоваться архитекторами многих стран, был разработан ряд проектов жилых домов, где дома должны располагаться по оси север-юг и никак иначе – это так называемые дома меридиональной ориентации, поэтому застройка 1930-х гг. выглядит с воздуха довольно однообразно. Позже в условиях индустриализации в конце 1960-х гг. такие дома, но уже в пятиэтажном исполнении стали применяться повсеместно, уже со смещением на полкорпуса один по отношению к другим, что в народе получило название «лесосплав».

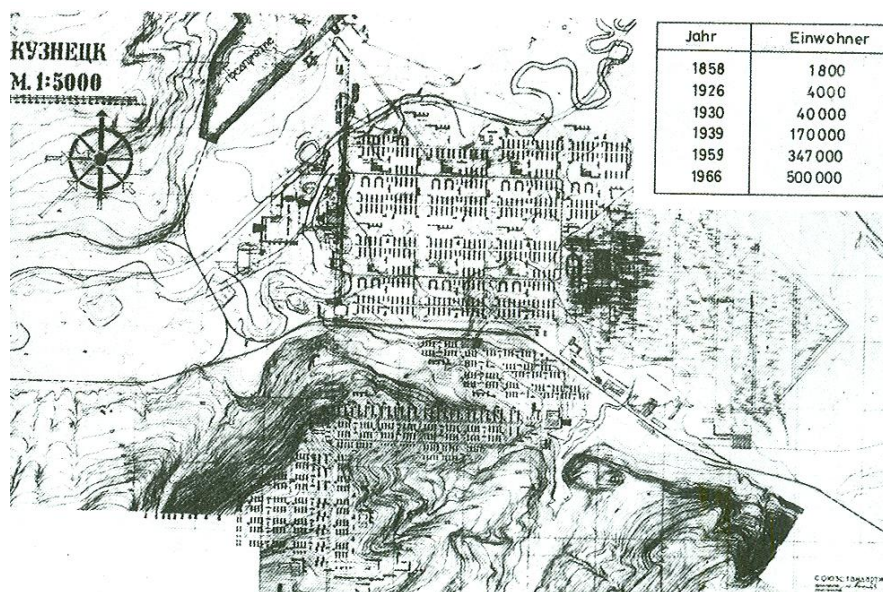


Рисунок 1 – Генеральный план социалистического города Новокузнецка. Э. Май 1931 г.

Планировка Э. Мая учитывала деление на квадратные кварталы жилой застройки. Общественные сооружения, в том числе школы сосредоточены в одной зоне – вдоль так называемой «школьной» улицы (рисунок 2).



Рисунок 2

Вскоре проект Э. Мая вызвал резкий протест советских архитекторов – он также не отвечал задачам социалистического города. Однако по его проекту планировки начала застраиваться первая очередь (ул. Энтузиастов, Хитарова, Школьная) – в общей сложности около шестидесяти домов, была сделана попытка ответить на новый социальный заказ и решить ряд вопросов по переустройству быта трудящихся путём комплексного размещения жилья, школ, детских учреждений, объектов обслуживания и отдыха.

В 1934 – 1936 гг. выполняется новый генплан Новокузнецка и «предварительная схема организации территории Кузнецкого промышленного района Западно-Сибирского края». Схемой районной планировки всего Кузнецкого промышленного района были охвачены левобережные территории в зоне Нового Кузнецка, а на правом берегу Антоновская площадка, Старокузнецк и район Феськи. Этот проект более чётко определил статус соцгорода как административного и культурного центра всех разбросанных поселений и промплощадок. Проект разрабатывался под руководством И.С. Гуревича. Это был по своей сути первый генеральный план с расчётной численностью до 250 тыс. человек на перспективу.

Проблема состояла в том, что почти одновременно стал вопрос развития на правом берегу р. Томи ряда крупных промышленных предприятий и угольных шахт, а позже в 1940 г. принято решение о строительстве второго КМК – Запсиба.

В этой непростой обстановке, в которой одновременно принимались и реализовывались решения, нужно было пойти по единственно верному направлению организации генерального плана всего Новокузнецка. В проектировании и застройке Новокузнецка можно усмотреть первые шаги, которые делались в направлении реализации идей социалистического города и которые явились определёнными вехами в развитии советского градостроительства.

## **ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСА УЧЕБНЫХ ЗДАНИЙ СибГИУ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ**

**Магель В.И.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В статье приведены материалы исследования истории создания, размещения и архитектуры комплекса учебных зданий Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ).*

*Ключевые слова: Комплекс учебных зданий, СИЧМ, СМИ, СибГИУ.*

История учебных заведений неразрывно связана с событиями их создания, с людьми, работавшими и учившимися в них и, конечно со зданиями, в которых их жизнь протекала и продолжается. А когда эта жизнь подходит к юбилейным датам, мы с волнением вспоминаем и события, и людей, и ... здания.

Статья посвящена основным этапам истории становления и развития комплекса учебных зданий СИЧМа – СМИ – СибГИУ.

Историческим событием для индустриального развития Кузбасса и будущего города Новокузнецка стало решение ЦИКа и Совнаркома СССР от 23 июня 1930 года о создании первого в Кузбассе высшего учебного заведения – Сибирского института чёрных металлов (СИЧМ). Это решение было связано со срочной потребностью Кузнецкого металлургического завода в квалифицированных специалистах, что и повлияло на размещение института на площадке Кузнецкстроя.

Институт был образован на основе отделения металлургии чёрных металлов и соответствующих кафедр Томского технологического института, выведенных из состава института. Осенью 1931 года первые студенты и преподаватели СИЧМа прибыли из города Томска на Кузнецкстрой и приступили к занятиям. Два первых года обучение студентов проходило в малоприспособленных помещениях бараков и зданий различного назначения.

Первый этап истории учебных зданий университета начинается со строительства здания СИЧМа. Для размещения собственного учебного здания института была выбрана площадка на территории завода, примыкающая к улице Рудокопровая. Выбор площадки для строительства здания СИЧМа был сделан заведующим кафедрой обработки металлов давлением, профессором Н.В.Гутовским.

Сегодня довольно трудно согласиться с выбранным местом для размещения здания образовательного учреждения. Чтобы хоть как-то понять этот выбор попытаемся вернуться в конкретные условия начала 1930 годов.

Вполне возможно на выбор места повлияла популярная в годы форсированной индустриализации СССР идея создания заводов-ВТУЗов (высших технических учебных заведений при крупных заводах). В основе этой идеи лежали задачи скорейшей подготовки кадров специалистов для строящихся производств с наименьшими затратами на создание новых учебных заведений и подготовку преподавателей для них. Она заключалась в широкой интеграции профессионального обучения в технологические процессы изучаемых производств и привлечении квалифицированных специалистов предприятий к обучению студентов.

Это приводило к расположению учебно-лабораторных комплексов учебных заведений рядом или непосредственно на территориях промышленных предприятий. А если учесть, что во дворе здания СИЧМа в учебных и научных целях была построена действующая мартеновская печь, то его размещение на территории завода становится уже единственно возможным.

Можно, также, предположить, что сделанному выбору участка для строительства комплекса учебного здания СИЧМа способствовал доработанный в 1932 году проект планировки Соцгорода и его общественного центра. По этому проекту общественный центр имен-

но в этом месте примыкал к территории завода, и комплекс учебных зданий института находился на границе территории промышленной зоны и общественного центра города, формально отвечая и тем и другим планировочным условиям.

Позднее проектом генерального плана города 1936 года в районе учебного здания СИЧМа предполагалось построить ВТУЗгородок – специализированный учебный центр города в составе ещё двух институтов и семи техникумов.

Но определяющими в выборе места размещения здания СИЧМа стали конкретные условия и возможности того времени – наличие свободного земельного участка, расположенного недалеко от главной проходной завода, возможность удобного подъезда к нему и подключения здания к заводским инженерным сетям с наименьшими временными, финансовыми и материальными затратами.

Эти планировочные и экономические обоснования уже давно потеряли жизненную и функциональную актуальность и перестали быть таковыми. Но именно они повлияли на выбор земельного участка и размещение здания бывшего СИЧМа, которое и сегодня примыкает к производственной территории, находится в санитарно-защитной зоне промышленного района и оторвано от общественного центра города. В связи с этими особенностями здание потеряло перспективы полноценного использования и участия в дальнейшей жизни учебного заведения.

Комплекс 4-5-этажного учебного здания построен в стиле «конструктивизм» и является единственным представителем этого стиля в Новокузнецке, сохранившемся без значительных переделок и реконструкций. Здание несёт на себе скупые, но очень характерные черты этого стиля, выраженные в конфигурации здания в плане, объёмно-пространственном решении, пропорциях, деталях, отделке фасадов и конструктивных решениях (рисунок 1). В ходе строительства здания конструктивизм, как ведущий стиль того времени быстро терял свои позиции, что можно видеть в нехарактерных для него элементах наружной отделки фасадов и главного входа, а к окончанию строительства в 1938 году и вовсе был осуждён и забыт (рисунок 2).



Рисунок 1 – Комплекс учебных зданий СИЧМа (СМИ). Снимок конца 1930-х годов. Фотография из архива музея СибГИУ.

На рисунке 1 справа, за деревьями виден северный корпус здания учебного комплекса, который был построен первым в 1933 году. Остальные корпуса были сданы в эксплуатацию в 1935 и 1938 годах. К этому времени территория учебного комплекса СИЧМа была уже хорошо обжита и благоустроена. На фотографии можно видеть спортивные площадки, озеленение, скамейки и скульптуры советских вождей. Асфальтированная дорожка от главного

входа ведёт к остановке первой линии городского трамвая, который обеспечивал надёжную транспортную связь с отдалёнными районами города.

Автор проекта здания института неизвестен.

Строительство комплекса учебного здания института началось в 1932 году. Можно предположить, что проект был разработан несколькими годами ранее для другой площадки и другого объекта, а для строительства здания СИЧМа был применён повторно.

Вероятнее всего для строительства воспользовались проектом, привезённым из проектных организаций Москвы или Ленинграда. В некоторых исследованиях и публикациях, касающихся истории СИЧМа однозначно указывается на то, что проект был разработан в Ленинграде, но без ссылки на источник этой информации.

Рисунок 2 – Главный вход учебного здания Сибирского металлургического института им. С. Орджоникидзе. (ул. Рудокопровая, 49) Фотография конца 1940-х годов.



Практика повторного применения проектов строительства очень характерна для рассматриваемого периода истории нашей страны. Она сложилась в условиях тотальной экономии времени и средств на строительство объектов различного назначения. В подобных случаях конкретная и полноценная проектная документация на строящийся объект, как правило, не выполнялась и отсутствовала. Часть проектной документации привозили из других городов, часть доделывали или переделывали под местные условия и потребности, что приводило к утрате информации об авторах проекта, да и самого понятия – автор проекта.

Возведение здания шло медленно. В связи с нехваткой рабочих, к строительству активно привлекались студенты института. Днём они работали на строительстве здания, а вечером учились. Для ускорения темпов строительства и его завершения пришлось обращаться за помощью к народному комиссару тяжёлой промышленности Г.К. Орджоникидзе во время его пребывания в Сталинске летом 1933-го года. После вмешательства наркома строительство здания института активизировалось, и 1 октября 1933 года первая очередь учебного комплекса СИЧМа (северное крыло) была принята в эксплуатацию.

Осенью 1933 года Сибирский институт чёрных металлов был переименован в Сибирский металлургический институт (СМИ). По ходатайству студентов и преподавателей в благодарность за помощь в строительстве учебного здания института он был назван именем наркома тяжёлой промышленности Г.К. Орджоникидзе.

В течение следующих пяти лет было закончено строительство и остальных корпусов здания института. Их скорейшему вводу в эксплуатацию способствовал перевод в 1937 году из Новосибирска в Сталинск научно-исследовательского института металлов, научные сотрудники которого пополнили коллектив преподавателей СМИ.

Более трёх десятилетий институт размещался в этом здании, став одним из ведущих технических ВУЗов страны и крупнейшим в городе Новокузнецке.

Следующий этап развития комплекса учебных зданий СМИ связан с дальнейшей индустриализацией страны, начавшейся после окончания Великой отечественной войны.

Строительство в стране современных металлургических заводов и возросшая потребность в специалистах и качестве их подготовки требовали совершенствования учебно-лабораторной базы института, улучшения условий обучения и проживания студентов.

В 1955 году по заданию министерства высшего образования СССР (МинВУЗ СССР) проектный институт «ГипроВУЗ» (г.Москва) подготовил «Проектное задание на строительство нового комплекса зданий Сибирского металлургического института (СМИ) в городе Сталинске». Авторы проекта архитекторы Е.Джагинова, Г.Циценко и инженер Р.Катаева.

Для размещения и строительства нового комплекса зданий СМИ в общественном центре города была выделена территория квартала, ограниченного проспектом Бардина, улицами Кирова и Спартака. Новый учебный комплекс СМИ состоял из отдельных зданий лабораторного и учебного корпусов на 5400 студентов, столовой, гаража, общежития студентов и стадиона.

Учебный корпус СМИ представлял сложное по форме плана четырёхэтажное здание, главным фасадом обращённое на проспект Бардина. Планировка учебного корпуса предполагала устройство двора в виде курдонёра, раскрытого на проспект. Размещение учебного корпуса института вдоль проспекта Бардина напротив построенного комплекса зданий 1-й городской клинической больницы объяснялось положением и ролью проспекта в композиции будущего общественного центра города.

Авторы проекта предлагали расположить учебный корпус СМИ напротив главного корпуса больницы с таким же курдонёром, что позволяло создать симметричную, относительно оси проспекта, градостроительную композицию (рисунок 3).



Рисунок 3 – Фрагмент проекта детальной планировки (ПДП) Центрального района города. Фото с макета. 1957-й год. Фотография из архива КГЗР г. Новокузнецка.

Этот планировочный приём позволял акцентировать размещение на проспекте Бардина крупных комплексов общественных зданий и дополнить тем самым пространственную композицию и визуальную перспективу нового общественного центра города и проспекта неформальной площадью-рекреацией.



В том же 1955 году по аналогичному заданию МинВУЗа СССР проектный институт «Горстройпроект» (г. Москва) подготовил «Проектное задание на строительство комплекса зданий инженерно-строительного института в городе Сталинске».

Комплекс зданий вновь создаваемого инженерно-строительного института размещался в том же квартале что и новый комплекс зданий СМИ. Он состоял из учебного корпуса на 2000 студентов, жилого дома для преподавателей и общежития для студентов. Учебный корпус инженерно-строительного института предлагалось разместить на земельном участке вдоль улицы Кирова в средней части квартала. Для строительства авторы проектного задания предложили повторно использовать проект здания горного института в городе Молотов (г. Пермь).

На фотографии можно увидеть взаиморасположение кварталов СМИ и городской больницы №1 между собой. ПДП позволяет оценить планировочные особенности и достоинства проектных заданий на строительство комплексов зданий СМИ и инженерно-строительного институтов.

Но на дальнейший ход реализации этих проектных предложений повлияли изменившиеся планы МинВУЗа СССР, который отказался от плана создания инженерно-строительного института в Сталинске. Вместо строительства в городе инженерно-строительного института в структуре СМИ в сентябре 1960 года был организован строительный факультет и СМИ превратился в политехнический ВУЗ.

Можно предположить, что на это решение МинВУЗа повлияли конкретные особенности строительной площадки вдоль проспекта Бардина. В первую очередь её территориальная оторванность на тот момент от существующей городской застройки, неподготовленность и высокая стоимость освоения площадки для строительства. В итоге место размещения и проект здание учебного корпуса инженерно-строительного института передали СМИ для строительства учебного комплекса.

Вероятно, такое решение МинВУЗа устраивало и руководство СМИ, поскольку оно ускоряло решение проблем строительства нового комплекса зданий и расширяло профессиональные перспективы института.

В результате Кузбасс и, в первую очередь, город Новокузнецк, лишились возможности создания ещё одного высшего учебного заведения. А перспективы для успешного развития инженерно-строительного института в городе были очень хорошие.

После корректировки проектных предложений строительство нового 5-этажного здания учебного корпуса СМИ было продолжено на улице Кирова. В 1965 году его строительство было завершено. Новое здание по всем параметрам стало главным учебным корпусом СМИ (рисунок 4), а первое здание СИЧМа на улице Рудокопровая, 49 продолжало использоваться в учебных целях.



Рисунок 4 – Главный учебный корпус Сибирского металлургического института на улице Кирова. 1965-й год. Современный вид здания.

Третий этап проектирования комплекса учебных зданий СМИ начался в 1968 году с разработки проектным институтом «Кемеровогражданпроект» (г. Новокузнецк) «Проектного задания дальнейшего развития комплекса СМИ им. Г.К.Орджоникидзе».

Авторы проекта архитекторы П.А. Шатохин, Б.А. Балеевский, М.Р. Липов.

Дальнейшее развитие комплекса зданий СМИ предполагало использование всей территории квартала, ранее отведённого для размещения двух ВУЗов (рисунок 5).

Предложенная в 1955 году Гипровузом гармоничная увязка планировочного решения размещения нового учебного корпуса СМИ с существующим главным корпусом горбольницы №1 в единую градостроительную композицию была забыта авторами настоящего проектного задания. Не способствовали этому и выработанные к тому времени в ходе борьбы с архитектурными излишествами новые градостроительные и архитектурно-планировочные принципы.

Архитектура нового учебного корпуса СМИ кардинально отличается от архитектуры ранее построенного главного корпуса института и существующих зданий городской больницы №1. В этой связи отрадно, что большой отступ корпусов больницы и института от красных линий и плотное озеленение вдоль проспекта смягчают художественно-эстетические различия и стилевые особенности их архитектуры.

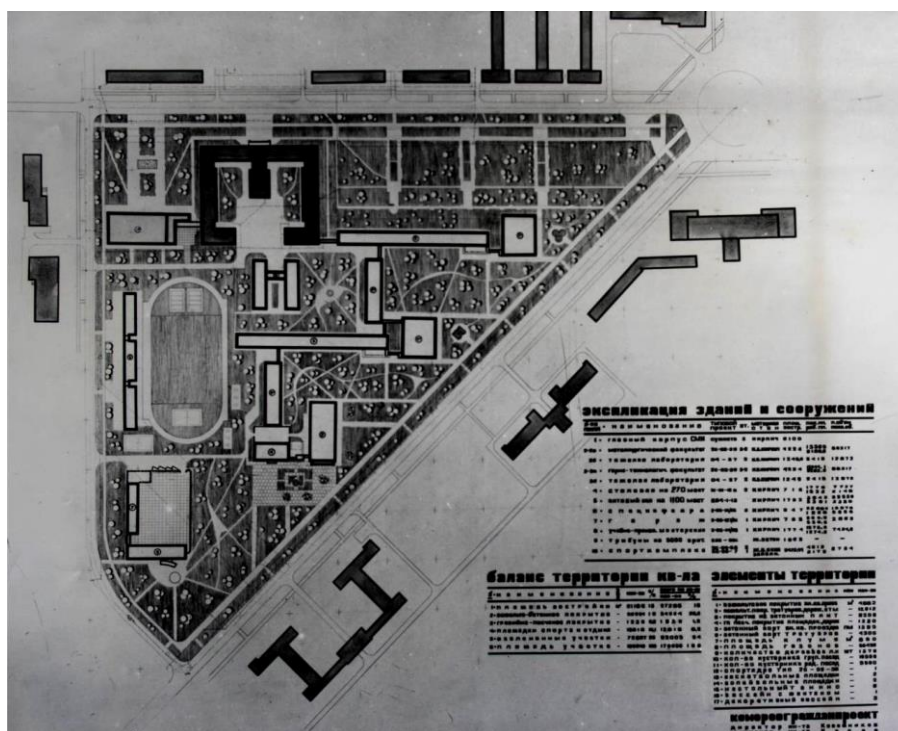


Рисунок 5 – Проектное задание (вариант) дальнейшего развития комплекса СМИ. Генеральный план. 1968-й год. Фотография из архива КГЗР г. Новокузнецка.

Представленная на рисунке планировка является одним из вариантов проектного задания. Он не был реализован, но представляет интерес, как пример композиционного решения учебного комплекса института, характерного для того времени.

Позднее, в ходе дальнейшего проектирования, архитектурное и планировочное решения учебного комплекса были откорректированы авторами, но стилевые принципы и особенности архитектуры были ими сохранены.

Строительство нового учебного корпуса с блоками лабораторий, спортивного комплекса, блока поточных аудиторий, столовой, двух общежитий для студентов, культурного центра было начато в 1971-м году и продолжалось до 1986-го года.

Новый учебный корпус института в связи с размещением в нём металлургического факультета получил соответствующее название – металлургический. Конструктивные и ар-

хитектурно-планировочные решения здания были приняты авторами под давлением совсем не архитектурных, а экономических доводов. Результатом этого является узкий и низкий коридор через всё здание, невзрачная архитектура дворового фасада и др.

6-этажное здание металлургического корпуса с активными горизонтальными членениями фасада вытянуто вдоль проспекта Бардина (рисунок 6). Выступающие из плоскости фасада вертикальные объёмы несколько уменьшают монотонность протяжённого фасада, однако разные расстояния между ними создают впечатление случайности их расположения.



Рисунок 6 – Строительство северо-восточной части нового корпуса по пр. Бардина. 1973-й год.

В ходе строительства здания авторам не удалось реализовать утверждённую в проекте наружную отделку панелей фасада чёрным полированным стеклом, которое заменили витринным с окраской в чёрный цвет. Через несколько лет краска облупилась, стекло запылилось, и отделку вынуждены были заменить.

Выполненную по проекту «подсечку» первого этажа по всей длине корпуса, в ходе эксплуатации здания ликвидировали, что ухудшило его индивидуальный архитектурный образ. Здания лабораторных корпусов, блока поточных аудиторий, культурного центра, столовой лишены какой-либо архитектурной выразительности.

Тем не менее, построенные за прошедшие десятилетия здания университета и благоустройство его территории создали полноценный учебный комплекс современного ВУЗа с интересной историей, учебными и научными достижениями, и хочется верить и надеяться достойным будущим.

После завершения строительства металлургического, лабораторных и других корпусов института старое здание СИЧМа на улице Рудокопровой за ненадобностью и невозможностью проведения учебных занятий было выведено из использования.

Здание СИЧМа является свидетелем и участником становления института, КМК и ЗСМК, города, индустриализации Кузбасса и всей страны. Оно, безусловно, является памятником истории и культуры, который необходимо сохранить. Для продления его жизни необходимо выполнить должную реставрацию здания и наполнить его новой функцией.

### Библиографический список

1. Магель В.И. Новокузнецк. История создания генерального плана города: монография / Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 386 с.
2. Светличный Б.Е. Сталинск / Б.Е. Светличный, П.И. Отурин. – Москва: Госстройиздат, 1958. – 30 с.: ил.
3. Сибирский Государственный Индустриальный Университет (1930-2005). Путь длиною в 75 лет / под ред. В.Я. Целлермаера. – Новокузнецк, 2005. – 95 с. : ил.
4. Кулагин А.А. Страницы истории архитектурно-строительного факультета сибирского государственного индустриального университета / А.А. Кулагин, М.В. Побожая. – Новокузнецк, 2010. – 119 с. : ил.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ГОРОДА ПРОКОПЬЕВСК С УЧЁТОМ ПРОГРАММЫ «ТЕРРИТОРИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ»

Нарыжная В.В., Григорьева Т.И.

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
г. Кемерово, Россия

*Аннотация.* В статье рассмотрены способы оптимизации использования земельных ресурсов городской муниципальной территории с учетом программы «Территория опережающего социально-экономического развития». Целью является выбор наиболее подходящего земельного участка под размещение промышленного предприятия, которое позволит создать благоприятные условия для социальной и трудовой адаптации молодежи, а также повысить социально-экономическую эффективность муниципального образования.

*Ключевые слова:* оптимизация территориального устройства; социально-экономическое развитие; проблемы моногородов.

В Российской Федерации около четверти населения проживает в моногородах – городах, в значительной степени зависящих от функционирования градообразующих предприятий [1]. К таким городам можно отнести и город Прокопьевск, градообразующей основой которого много лет являлась угледобывающая отрасль. В связи с данной спецификой, влияние государственного, муниципального управления, а также экономическое благополучие градообразующей отрасли на его развитие особенно сильно. Поэтому, порождённые глобализацией социально-экономические проблемы, носят особенно острый характер. Правительство РФ заинтересовано в развитии моногородов. Одной из самых важных проблем моногородов является высокий уровень трудовой миграции молодежи и впоследствии отток профессиональных кадров в другие города. В связи с этим, среди актуальных проблем развития моногорода Прокопьевск одно из самых важных мест занимает вопрос о создании и развитии условий для социальной адаптации молодёжи [2]. По данным Госкомстата на 01.01.2017 население города Прокопьевска составило 194084 человека, из них 17,6 % - молодежь трудоспособного возраста, 25,4 % – старше трудоспособного возраста и 57 % - трудоспособное население (рисунок 1).

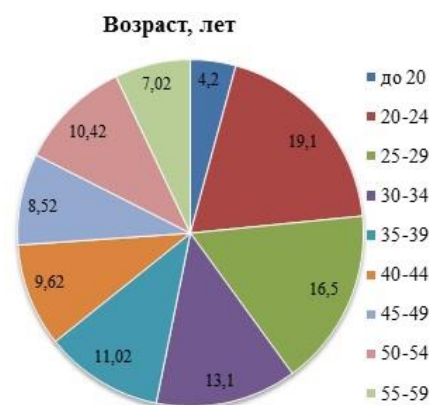


Рисунок 1 – Распределение численности населения города Прокопьевска по возрасту (в % ко всему населению)

В городе Прокопьевск проживает около 51,5 тыс. человек в возрасте от 18 до 35 лет, что составляет 26% от численности населения города Прокопьевска и 51 % от трудоспособного населения [3].

Количество безработных в этот же период времени 2400 человек, т.е. уровень безработицы на 01.01.2017 год к числу трудоспособного населения 2,1 %. На рисунке 2 представлена диаграмма распределения безработных города по возрастным группам. Основное количество безработных, по данным диаграммы – население от 20 – 35 лет, т.е. молодёжь.

Рисунок 2 – Распределение безработных города Прокопьевска по возрастным группам



Для Прокопьевска, как для моногорода, повышение качества и доступности социальных услуг – важное направление политики сохранения и развития человеческого капитала. Основные принципы, направления и механизмы оптимизации территориального устройства города Прокопьевск должны решать в первую очередь задачи по созданию условий для социальной адаптации молодёжи.

Таким образом, для выбора оптимальных решений территориального устройства города Прокопьевск требуется научно-обоснованный подход, учитывающий как социальные, так и экономические факторы.

Показатели социально-экономической эффективности инвестиционного проекта отражают его эффективность с точки зрения интересов молодого трудоспособного населения, повышения уровня благосостояния и качества жизни. Эти показатели отражают целесообразность расходования ресурсов на осуществление конкретно данного проекта и выделения земельного участка под него.

В соответствии с программой ТОСЭР (территория опережающего социально-экономического развития) критериями являются: срок реализации проекта, объем инвестиций, вложенных в проект; количество планируемых рабочих мест. В связи с этим, в качестве параметра оптимизации целесообразно назначить показатель удельной эффективности капиталовложений, который будет рассчитываться по формуле:

$$f = \frac{V_{\text{инвест.}}}{N_{\text{раб.мест}}},$$

где  $V_{\text{инвест.}}$  – объем инвестиций, вложенных в проект, руб.;

$N_{\text{раб.мест}}$  – количество планируемых рабочих мест, кол-во.

Факторами, ограничивающими размещение проектов на земельных участках являются: площадь участка; наличие существующих заводов; учет розы ветров; наличие коммуникаций на земельных участках (водо-, тепло-, газо-, и т.д.); транспортная доступность для рабочих и служащих; соответствие площади завода площади земельного участка.

В соответствии с программой ТОСЭР (территория опережающего социально-экономического развития) планируется реализация 15 проектов. Определены наиболее актуальные из них, учитывая срок реализации проекта и срок осуществления.

По каждому из оставшихся предприятий рассчитан коэффициент удельной эффективности капиталовложений (таблица 1)

Таблица 1

Наименование предприятия	$V_{\text{инвест.}}$ (млн. руб.)	$N_{\text{раб.мест}}$ (человек)	$f$
1. Строительство II очереди завода	1185,5	703	1,68
2. Производство резиновых мелкодисперсных композиционных эластомерных порошков	1125	60	18,75
3. Выпуск энергооборудования во взрывозащищенном исполнении в рамках долгосрочного сотрудничества с предприятиями Военно-промышленного комплекса и судостроительного комплекса	30	30	1
4. Цех крупнопанельного производства	300	145	2,07
5. Производство по восстановлению шин для крупногабаритного транспорта	262	25	10,48

Наименование предприятия	V инвест. (млн. руб.)	N раб.мест (человек)	£
6. Производство и ремонт шахтовых вентиляторов местного и главного проветривания	100	35	2,86
7. Цех по сортировке и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов	378	75	5,04
8. Производство отливок из черных и цветных металлов	70	90	0,78
9. Демонтаж железобетонных конструкций, производство строительного материала	55,8	25	2,2
10. Производство литья по газифицируемым моделям	25,9	20	1,3
11. Производство горно-шахтного оборудования	10,5	10	1,05
12. Производство модифицированного кирпича нового поколения «Лего»	12	45	0,27
13. Производство мягкой мебели	35	30	1,17

После расчетов остались предприятия, коэффициенты которых близки к 1, также учтено количество рабочих мест. В связи с тем, что предприятие № 1 предусматривает 703 рабочих места, оно выбрано для дальнейшей работы без учета коэффициента. Таким образом, остались предприятия под номерами 1, 8, 12, 13.

Из Реестра свободных ЗУ принимаем во внимание только участки, предназначенные под промышленные предприятия, либо под производственную деятельность. Не приняты во внимание участки, не имеющие ни адреса, ни кадастрового номера. После сортировки остались 7 земельных участков (таблица 2).

Таблица 2

№ п/п	Местоположение (адрес) з/у, кадастровый номер (при наличии)	Вид разрешенного использования	Площадь з/у, м <sup>2</sup>
1	Ул. Рождественская, 1 42:32:0103020:103	Под промышленные предприятия	167535
2	Ул. Мельничная, 10 42:32:0101010:22	Под промышленные предприятия	9400
3	Ул. Проектная, 108	Под производственную деятельность	Ориентировочно 35000
4	пр. Шахтеров, 1 корпус №1	Под промышленные предприятия	6 485
5	ул. Сафоновская, 28 здание столовой №7	Под производственную, административную деятельность	887,8
6	ул. Сафоновская, 28 производственные помещения	Под производственную деятельность	1 236
7	ул. Сафоновская, 28 здания цеха шахтной светотехники (уч. №20)	Под производственную деятельность	14 463,2

Учитывая то, что проект «Строительство II очереди завода» подразумевает «расширение» уже имеющегося предприятия, выбран земельный участок, максимально близко расположенный к земельному участку, на котором уже реализован завод по адресу ул. Рождественская, 2. Для вагоноремонтного предприятия на 703 рабочих места необходима площадь как минимум 120200 м<sup>2</sup>. В реестре свободных земельных участков указан адрес ул. Рождественская, 1 с площадью 167535 м<sup>2</sup>. К тому же, как видно из рисунка 3, рядом расположены железнодорожные пути.

Рисунок 3 – Фрагмент карты Рудничного района г. Прокопьевск



Следовательно, есть основания полагать, что для проекта №1 наиболее рационально расположение на участке №3. Для дальнейшего расположения остались предприятия № 8, 12, 13, а также земельные участки № 2 – 7 для размещения на них предприятий. Так как данных о площади проектов не имеется, проведена аналогия с уже существующими предприятиями. Принято во внимание количество рабочих мест и отрасль производства.

Итого: для производства мягкой мебели с 30 рабочими местами необходима площадь как минимум 4500 м<sup>2</sup>; для производства модифицированного кирпича нового поколения «Лего» с 45 рабочими местами необходима площадь как минимум 9200 м<sup>2</sup>; для производства отливок из черных и цветных металлов с 90 рабочими местами необходима площадь как минимум 12600 м<sup>2</sup>. Учитывая эти данные, земельные участки № 5 – 6 не подошли для дальнейшего рассмотрения. Остались ЗУ № 2 – 4, 7. По каждому из оставшихся участков определено наличие ограничивающих факторов (таблица 3).

Таблица 3

№ участка	Роза ветров	Наличие коммуникаций на земельных участках				Транспортная доступность для рабочих и служащих (без пересадок на другой транспорт «+», с пересадками «->»)
		водо-	тепло-	газо-	электро-	
2	+	+	+	-	+	-
3	+	+	+	-	+	-
4	+	+	+	-	+	+
7	-	+	+	-	+	+

Данные о транспортной доступности рабочих и служащих определены с помощью сети Интернет. Роза ветров определена в соответствии со схемой и генеральным планом города Прокопьевск. Для этого на ген. плане были обозначены рассматриваемые участки. Учитывая направление ветра, определено направление переноса примесей предприятия по отношению к расположению жилого массива.

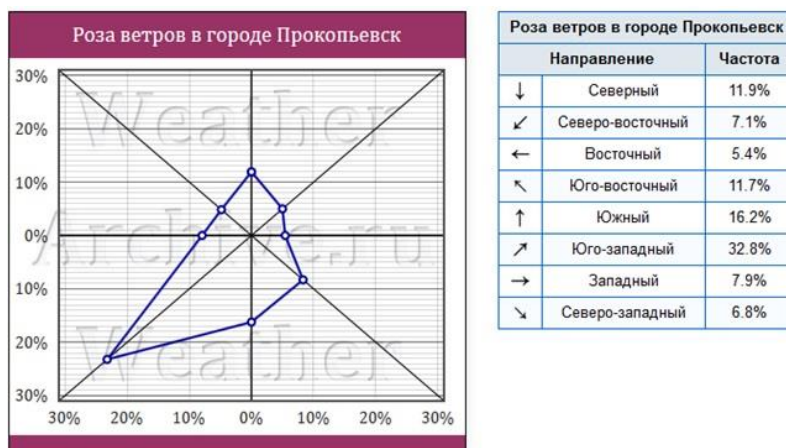


Рисунок 4 – Роза ветров в городе Прокопьевск, экспликация к ней

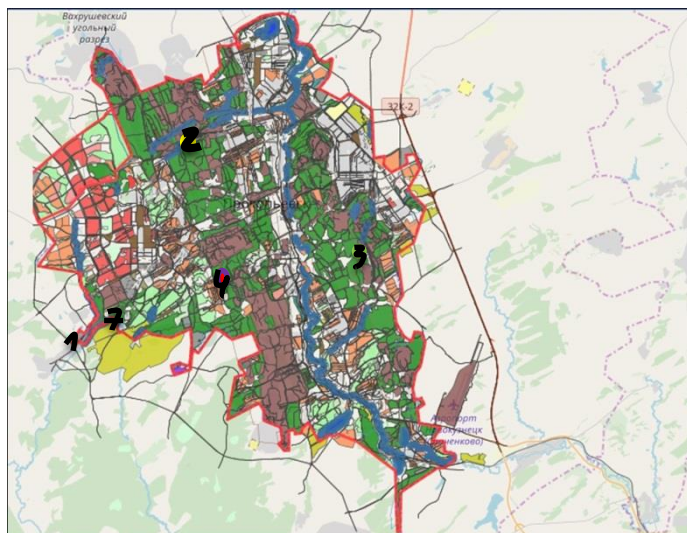


Рисунок 5 – Генеральный план города Прокопьевск

К сожалению, на рассматриваемых земельных участках не имеется центрального газоснабжения [4]. Но данный факт не помешал размещению предприятий на выбранных участках. В связи с тем, что данные о наличии коммуникаций на каждом из участков идентичны, этот ограничивающий фактор был исключен.

В итоге, участок № 4 полностью подходит под расположение предприятий. В соответствии с розой ветров на участке

№ 7 с экологической точки зрения расположение промышленного предприятия вредоносно для окружающей среды. Можно сказать, что предприятие № 15 с экологической точки зрения менее вредоносно для окружающей среды. В связи с этим, оно размещено на участке, где направление переноса примесей от промышленной зоны к жилому массиву минимально. Также учтена площадь земельного участка и предприятия.

В связи с этим, есть основания полагать, что наиболее благополучное расположение предприятий будет в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

№ предприятия	Площадь предприятия, м <sup>2</sup>	№ земельного участка	Площадь земельного участка, м <sup>2</sup>
1	120200	1	167535
10	12600	3	Ориентировочно 35000
14	9200	2	9400
15	4500	4	6485

В итоге проведения работы выбраны наиболее подходящие земельные участки под размещение промышленных предприятий, что позволит создать благоприятные условия для социальной и трудовой адаптации молодежи, а также повысить социально-экономическую эффективность муниципального образования. Тем самым внедрение данных предприятий принесет 868 рабочих мест.

### Библиографический список

1. Абрамова, Е.А., Печенина И.В. Социально-экономическое положение монопрофильных городов Ивановской области: анализ, перспективы развития [Электронный ресурс] / Е.А. Абрамова, И.В. Печенина Современные наукоемкие технологии. – 2009. - № 4. – С. 6-12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/sotsialno-ekonomicheskoe-polozhenie-monoprofilnyh-gorodov-ivanovskoy-oblasti-analiz-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 27.03.2018).

2. Комплексный инвестиционный план модернизации моногорода Прокопьевска [Электронный ресурс] / URL: <https://studfiles.net/preview/3397396/> (дата обращения: 11.03.2018).

3. Российский статистический ежегодник. 2017: Стат.сб. [Электронный ресурс]/Росстат. – Р76 М., 2017 – 686 с. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2017/year/year17.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/year/year17.pdf) (дата обращения: 28.03.2018).

4. Официальный сайт администрации города Прокопьевска [Электронный ресурс] / URL: <http://www.pearlkuz.ru/> (дата обращения: 2.06.2019).



## АРХИТЕКТУРНАЯ РЕНОВАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Благиных Е.А., Дрожжин Р.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация:* в работе приведены исследования по разработке концепции архитектурной реновации отработанных территорий разреза «Березовский» как площадки для реализации урбанистических проектов в рамках четырех основных блоков: «Транспорт и коммуникации», «Архитектура и среда», «Экология», «Культура и спорт».

*Ключевые слова:* архитектурная реновация, развитие инфраструктуры, экологизация, устойчивое развитие территорий.

**Введение.** Обеспечение устойчивого развития населенных мест – одна из наиболее актуальных задач современной государственной политики России. Развитие сферы экологической рекреации может стать одним из факторов устойчивого развития восстановленных территорий.

*Цель работы* – определение градостроительных условий реновации, предпосылок для создания зон территориального развития восстановленных земель угольного разреза.

*Задачи, направленные на достижение цели:*

1. Выявить градостроительные особенности реновируемой территории, определить основные направления архитектурной реновации.
2. Предложить зоны спортивной инфраструктуры и предприятий сопутствующих производств (общественного питания, индустрии развлечений, туризма) с экологизацией новых общественных пространств.
3. Разработать рекомендации по рекреационному освоению территорий на основе результатов анализа их природного, инфраструктурного и транспортного каркаса.

*Методика исследования* включает анализ современных схем территориального планирования Кемеровской области, нормативных и законодательных документов. В исследовании применялись графоаналитические методы и пространственное моделирование, были проанализированы особенности природного и инфраструктурного каркаса территории реновации.

*Научная новизна.* Научное обоснование концепции архитектурной реновации восстановленных земель разреза «Березовский» носит комплексный социально ориентированный характер, призвано задействовать наиболее приемлемые для данной территории методы и средства для эффективного развития потенциала нарушенного урбанизированного ландшафта.

**Предварительное градостроительное исследование.** Земли разреза «Березовский», подлежащие восстановлению, расположены на территории Прокопьевского муниципального района, который в свою очередь находится в юго-западной части Кемеровской области и граничит: на юге и юго-востоке с Новокузнецким районом, на севере с Беловским районом, на северо-западе с Гурьевским районом, на западе с Заринским районом Алтайского края.

На основании комплексного исследования территории проектирования выявлены следующие особенности:

- Удаленность от жилых районов с плотностью населения выше среднего (180 – 210 чел/Га)
- Удаленность от железной дороги около 6 км
- Удаленность от трасс областного значения около 7-9 км.
- Приближенность участка к Аэропорту
- К объекту ведут только технологические дороги
- На территорию накладываются обременения от санитарно-защитных зон промышленных предприятий
- Градостроительные регламенты не подразумевают преобразований на данной территории

- Необходимо внести изменения в градостроительные регламенты, влияющие на дальнейшее развитие данной территории
- Натурными исследованиями зафиксировано низкое качество архитектурно-художественного облика урбанизированной среды отработанной территории, в которой нарушено гармоничное взаимодействие с фоновым природным окружением.

**Концепция проектного предложения.** В рамках данной работы выполнено научно-концептуальное обоснование проведения мероприятий по реабилитации и реновации отработанных и нарушенных территорий (рис.).

Для проектирования и строительства объектов принята очередность освоения земель бывшего угольного разреза:

- 2019 год – 1 очередь, 83 Га;
- 2020 год – 2 очередь, 127 Га;
- 2021 год – 3 очередь, 270 Га.

Предложенное архитектурно-композиционное преобразование реновируемых земель поможет уйти от их изолированности, по-новому раскрыть роль этих территорий в составе инфраструктуры Прокопьевского района. В этой связи выполнен поиск возможных вариантов функционального зонирования с целью создания единой среды, объединяющей все основные функции, востребованные населением: работа, отдых, жилище, обслуживание, культура и спорт. Проанализировав накопленный опыт, предложены основные направления реновации:

- Рекультивация нарушенных земель
- Преобразование в зону зеленых насаждений
- Преобразование в зону рекреации и спорта
- Преобразование в производственную зону
- Преобразование в опытную научно-сельскохозяйственную зону.

При этом используются следующие принципы реновации территории:

- Экологическая стабилизация нарушенных территорий
- Инфраструктурное развитие рекультивируемой территории
- Формирование общественных эко-пространств
- Социализация новых пространств.

В рамках проектного предложения освоения 1 очереди (территории 83 Га) предполагается создать новый инфраструктурный комплекс, который представлен следующими объектами:

- *Питомник для выращивания саженцев деревьев, в том числе для высадки на нарушенных территориях*

Цель: Воссоздание природного ландшафта, высадка деревьев на нарушенных землях.

Факторы, влияющие на развитие:

- Время для воссоздания природного ландшафта.
- Необходима рекультивация земли, восстановление плодородного слоя.
- Скорость естественного роста деревьев.

- *Научно-сельскохозяйственный комплекс*

Основной целью развития сельскохозяйственного производства станет создание питомника для различных видов растений и тепличного хозяйства.

Функциональное разнообразие объектов может зависеть от частных потребностей инвестора (животноводство или земледелие).

Факторы, влияющие на развитие:

- Рекультивация земли с плодородным слоем.
- Подготовка нарушенных территорий с единым горизонтом.
- Опытные-проектные лаборатории с площадками для селекции, отбора и пр.

- *Гоночные трассы. Спортивный комплекс*

Проект предполагает начать с обустройства нескольких трас для авто и мото-кросса. Возможно со временем изменение функционального назначения этих трас, например на лыжные гонки, биатлон и др.

Цель: для круглогодичной работы и привлечения большого количества людей необходимо создать спортивный комплекс с повседневным пребыванием посетителей, с возможностью проведения соревнований местного, регионального и общероссийского уровней.

Факторы, влияющие на развитие проекта:

- Необходимо комплексное строительство инфраструктурных объектов: гоночные трассы, трибуны для зрителей, административные здания, пункты проката и пр.
- Приближенность к аэропорту.

- *Гостиничный комплекс. Туризм*

При развитии спортивной (гоночной) и сельскохозяйственной инфраструктуры важно создание гостиничного комплекса. Данный комплекс позволит разместить большее количество посетителей и проводить мероприятия продолжительностью в несколько дней.

Развитие сферы рекреации и туризма может стать одним из факторов устойчивого развития территорий.

Факторы, влияющие на развитие проекта:

- Строительство гостиничных домиков и мини-гостиниц для туристов.
- Создание искусственного ландшафта для эко-маршрутов.

Реновация бывшей территории открытой угольной добычи, участка первой очереди площадью 83 Га предполагает два этапа проектирования:

1 этап – создание трасс для ралли-кросса, автомобильных и мотоциклетных трасс; строительство теплиц; создание питомника зеленых насаждений.

2 этап – развитая гоночная инфраструктура с возможностью изменения назначения (лыжные, биатлон); гостиничный комплекс; тепличный комплекс; питомник зеленых насаждений.

Предлагается перспективное развитие территории второй очереди площадью 127 Га с проектированием:

1 этап – Школа олимпийского резерва для зимних видов спорта с реабилитационным центром для детей-инвалидов (по Всероссийской программе «Лыжи мечты»).

2 этап – Южно-Кузбасский административно-логистический центр и инновационное наукоемкое производство с небольшим классом вредности.

Перспективное развитие территории третьей очереди площадью 270 Га предполагает проектирование:

1 этап – Опытные селекционные поля для научно-сельскохозяйственного комплекса областного подчинения.

2 этап – Новый рекреационный зеленый пояс с заказником для маралов с возможностью посещения туристов.

3 этап – Привлечение малых народностей к реализации национальных анклавов и наполнения их культурной жизнью.

*Эффективность проекта:*

- развитие спорта, поощрение здорового образа жизни;
- создание рабочих мест, в том числе для представителей коренных малочисленных народов;
- развитие традиционных народных промыслов, частного предпринимательства;
- привлечение инвестиций;
- развитие сферы услуг, направленной на работу с туристами;
- организация детских туристических лагерей и походов-экспедиций.

*Реализация проекта будет способствовать:*

- восстановлению и развитию утраченного природного и культурного ландшафтов, проведению массовых спортивных мероприятий, в том числе детских;
- обеспечению занятости местного населения в различных видах хозяйственной деятельности;
- повышению уровня удовлетворения социальных и духовных потребностей народа;
- развитию физической культуры и национальных видов спорта;
- развитию туризма и его разновидностей.

Рисунок 1 –  
Последовательность  
развития территории  
(взрыв-схема этапов  
проекта)



**Выводы и результаты.** Планировочная организация рекультивируемой территории опирается на исторически сложившуюся систему расселения, традиционную планировку и архитектуру сибирских поселений с учетом культурно-исторического наследия. При этом строительство объектов спортивной и туристической инфраструктуры, предлагаемые в проекте, не будут нарушать облик исторически сложившегося культурного ландшафта. Для недопущения деградации культурного ландшафта необходимо введение традиционного природопользования.

Основным ядром реновируемой территории станет питомник для выращивания саженцев, он послужит отправной точкой в дальнейшем развитии культурных ландшафтов, где будут расположены другие планировочные центры (гоночные трассы, спортивные сооружения, гостиничные домики, тепличное хозяйство и др.), соединенные между собой ландшафтно-маршрутными коридорами.

Реализация проектного предложения по архитектурной реновации нарушенных земель будет способствовать улучшению экологической обстановки в данной местности, увеличению количества рабочих мест, обеспечит создание условий для ведения малого и среднего бизнеса, будет способствовать популяризации здорового образа жизни, развитию физкультуры и спорта в регионе, организации культурного досуга населения, в будущем реабилитации детей-инвалидов. Проект является окупаемым.

### Библиографический список

1. ФЗ № 131 от 06.10.2003 «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (ред. от 03.07.2016).
2. Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области до 2025 года (Презентация, Санкт-Петербург – Кемерово, 2007-2008).
3. Схема территориального планирования Кемеровской области (утвержденная Постановлением Коллегии Администрации Кемеровской области № 458 от 19.11.2009 г).

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАРОГО ЖИЛОГО ФОНДА

**Матехина О.В.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В работе рассматриваются вопросы получения жилья, удовлетворяющего современным требованиям комфорта, в результате реконструкции старого жилого фонда. Перепланировка позволяет привести площади помещений в соответствие не только с существующими нормативами социального жилья, но и получить жилые и вспомогательные помещения повышенной комфортности.*

*Ключевые слова: реконструкция, перепланировка, комфортное жилье.*

«Квартирный вопрос», как известно, возник в стране в начале XX-го века, и остается актуальным по сей день. Новое строительство комфортного жилья осуществляется по всей стране, но, к сожалению, большая часть населения не в состоянии приобрести его по современным расценкам, да и значительные площади квартир (двух комнатные квартиры могут иметь площадь порядка 100 м<sup>2</sup>, трехкомнатные, соответственно, 120 – 130 м<sup>2</sup> и т.д.) экономически оправданы только с точки зрения производителей.

Существующий жилой фонд, более половины которого составляют жилые дома первых массовых серий 30 – 40-х, а затем 50 – 60-х годов, с одной стороны, достаточно жизнеспособен, если брать в расчет техническое состояние зданий, с другой – не соответствует современным понятиям комфорта, так как площади отдельных помещений и квартир в целом абсолютно неудовлетворительны. Большинство этих домов было построено из кирпича, но в шестидесятые годы начали применять крупноблочное, а после и крупнопанельное домостроение. Количество таких зданий по стране огромно, и число людей, проживающих в них, тоже. А потому и вопрос о реконструкции этого жилья актуален повсеместно.

Градостроительная значимость территорий, занятых средне-этажной жилой застройкой достаточно высока благодаря относительной близости к общегородским центрам, наличию сложившейся сети обслуживания, развитой системе зелёных насаждений. Однако уровень комфорта проживания в пятиэтажках крайне низок и архитектурно-художественный облик застройки убог и невыразителен. На прилегающей территории отсутствуют гаражи и места для автостоянок, рекреационные зоны с примитивным набором элементов благоустройства используются неэффективно. Однако в данной работе градостроительные вопросы мы рассматривать не будем, а обратим внимание на возможность перепланировки жилых зданий, построенных в нашей стране в первой половине и середине XX века.

В современных экономических условиях с наличием рынка жилья, а также инвесторов, готовых вложить средства в реконструкцию привлекательных в коммерческом отношении участков города, появились реальные экономические возможности для решения проблем реконструкции жилых домов первых массовых серий. Модернизация жилого фонда, состоящего из средне-этажных домов первых массовых серий, должна рассматриваться как элемент комплексной реконструкции кварталов и микрорайонов с учетом увеличения парка автомобилей, возрастания потребностей в нежилых помещениях. Так, первые этажи, неудобные для проживания, могут использоваться для офисов, предприятий торговли и обслуживания.

Одним из вариантов повышения уровня комфортности проживания является перепланировка квартир. Здания, имеющие в своей основе несущие кирпичные или крупноблочные стены, позволяют осуществить перепланировку внутренних помещений без ущерба несущему остову здания. Перемещение или снос перегородок вполне допустим.

Рассмотрим примеры перепланировки секций жилых домов постройки 30-х годов, расположенные в Центральном районе г. Новокузнецка. Эти здания занимают значительную площадь, располагаются в самом центре города, построены по проекту группы архитекторов под руководством Эрнста Мая.

Застройка строчная. Здания высотой 3 – 4 этажа. Инженерное благоустройство включает холодное и горячее водоснабжение, водоотведение, центральное отопление. Корпус узкий – расстояния между продольными несущими стенами всего 4 метра. Практически все здания имеют одинаковую планировку (рисунок 1): на каждом этаже секции располагаются по две трехкомнатные квартиры общей площадью около 50 м<sup>2</sup>.

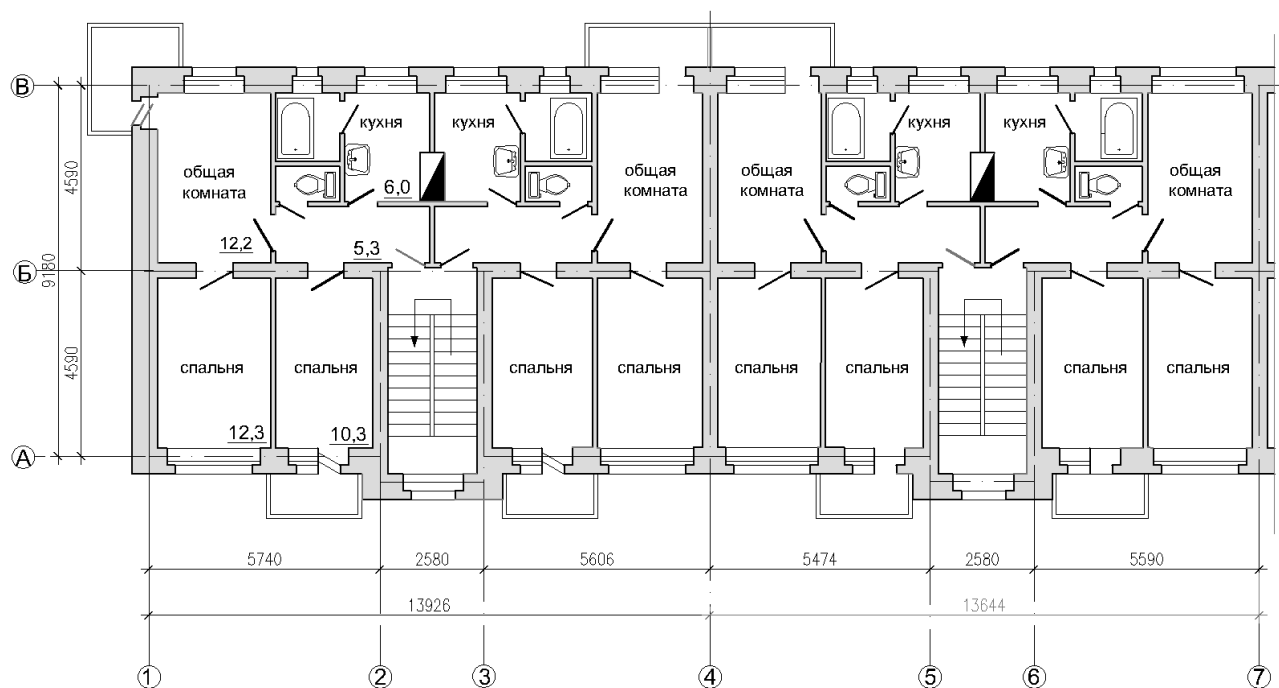


Рисунок 1 – Существующая планировка

Помещения квартир не отвечают современным нормативным требованиям практически по всем показателям: если площади спален еще вписываются в социальные нормативы – от 8 до 14 м<sup>2</sup> – то общая комната в полтора раза меньше требуемой, к тому же она еще и проходная. Кухни меньше минимума в 7 м<sup>2</sup> даже после ликвидации печей, которые изначально существовали во всех рассматриваемых домах. Санитарный узел, хотя и отдельный, но ванная комната размером 1,5 x 1,5 метров допускает установку только сидячей ванны, для умывальника уже места нет, не говоря уже о стиральной машине и каком-либо другом современном оборудовании. Вход в ванную осуществляется через кухню, что практически исключает возможность нормальной мебелировки последней. Из положительных качеств данной планировки можно отметить нормальную ширину прихожей – 1,4 м, соответствующую современным требованиям. И еще один плюс этих квартир – высота этажа в 3,3 м, благодаря чему высота помещений составляет 3 м, и общий объем помещений относительно достаточен. Большинство зданий имеют 4, 5 или 6 секций.

На кафедре архитектуры Архитектурно-строительного института СибГИУ автором, совместно с обучающимися, выполнявшими выпускные квалификационные работы, были разработаны варианты перепланировки, позволяющие не только привести площади отдельных помещений квартиры к нормативным требованиям, но и получить достаточно комфортные жилые помещения для разного состава семьи – от одного-двух человек – до четырех-восьми проживающих.

Обучающимися были разработаны несколько вариантов перепланировки, как в пределах одной квартиры, в результате чего получалась комфортабельная однокомнатная квартира, так и с объединением квартир и даже секций. Перепланировка, объединяющая обе квартиры, расположенные на одном этаже секции, позволяла получить четырехкомнатную квар-

тиру с изолированными спальнями и кухней-столовой. Местоположение оконных проемов сохраняется, часть из них ликвидируется. Существующие перегородки в основном демонтируются. Дверные проемы в капитальных стенах, по-возможности, оставлены на прежних местах, часть заложена, некоторые дверные проемы должны быть выполнены на новом месте, что допустимо при условии расчетного обоснования.

Достаточно маленькие площади квартир и секций в рассматриваемых жилых домах натолкнули на идею более экономичного использования этих площадей за счет объединения двух секций в одну и использования дополнительных площадей, возникших в результате демонтажа одной лестницы и устройства в этой зоне перекрытий. Учитывая, что реконструируемые здания имеют достаточно узкий корпус (9 м), в результате перепланировки получали трех- и пятикомнатные квартиры, минусом последней было наличие довольно длинного коридора, но в данном случае избежать этого невозможно.

Как уже было отмечено, все дома такого типа имеют небольшую этажность – 3 – 4 этажа. В ходе дипломного проектирования были проведены расчеты прочности несущего остова здания – фундаментов, кирпичных стен, которые показали, что даже с учетом небольшого физического износа эти конструкции легко выдержат дополнительную надстройку в 2 – 3 этажа. При условии, что этажность зданий будет увеличена до пяти этажей, конструктивного переустройства несущих конструкций не потребуется, дополнительного монтажа лифтов также не требуется. Полученные за счет надстройки квартиры могут полностью или в большей мере компенсировать уменьшение количества проживающих в реконструируемых домах жителей (преобразование трехкомнатных квартир в одно-двух комнатные приводит к сокращению проживающих в одной квартире с 3 – 4 человек до 1 – 3 человек). Увеличение этажности зданий до 6 этажей возможно, но при этом необходимо предусмотреть установку пассажирских лифтов. В одном случае, при сохранении двух квартир на одной лестничной площадке, удается получить две достаточно комфортные однокомнатные квартиры. Во втором – одну четырехкомнатную квартиру.

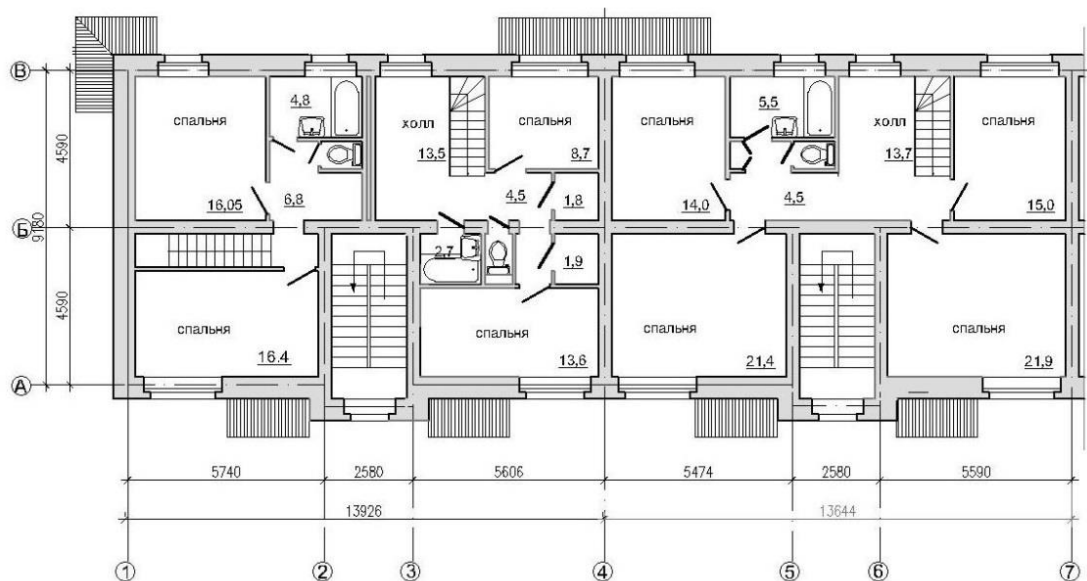
Устройство лифта значительно удорожает и строительство нового жилья, и реконструкцию существующего. Другим способом увеличения общей и жилой площади дома является устройство мансарды над верхним этажом.

Планировка мансардного этажа может быть практически такой же, как и у нижерасположенных. В этом случае в мансарде располагаются дополнительные квартиры, в которые можно попасть с лестничной клетки. Если мансарда возводится над четвертым этажом, устройства лифта не требуется.

При желании получить еще большее увеличения полезной площади дома, есть возможность устройства на пятом (надстраиваемом) этаже двухуровневых квартир. Первый уровень, с которого осуществляется вход в квартиру, располагается на пятом этаже, при этом устройства лифта также не требуется. На первом этаже квартиры располагаются обычно помещения дневного пользования – общая комната, кухня, санитарные узлы – рисунок 2. Второй уровень квартиры – помещения личного пользования – спальни, кабинеты, библиотека и т.п.

Подобный подход к перепланировке допускают и типовые пятиэтажные жилые дома массовой застройки 50 – 60-х годов XX века, при условии, что они построены из кирпича или крупных блоков. В этом случае в зданиях так же могут быть демонтированы перегородки и выполнена перепланировка с сохранением в неприкосновенности несущего остова здания. Можно ожидать даже лучшего эффекта, по сравнению с приведенными примерами, так как корпуса типовых пятиэтажек имеют большую ширину (5,7 – 6,3 м), что позволяет сделать квартиры с более просторными помещениями без объединения секций.

### План мансарды



### План верхнего этажа

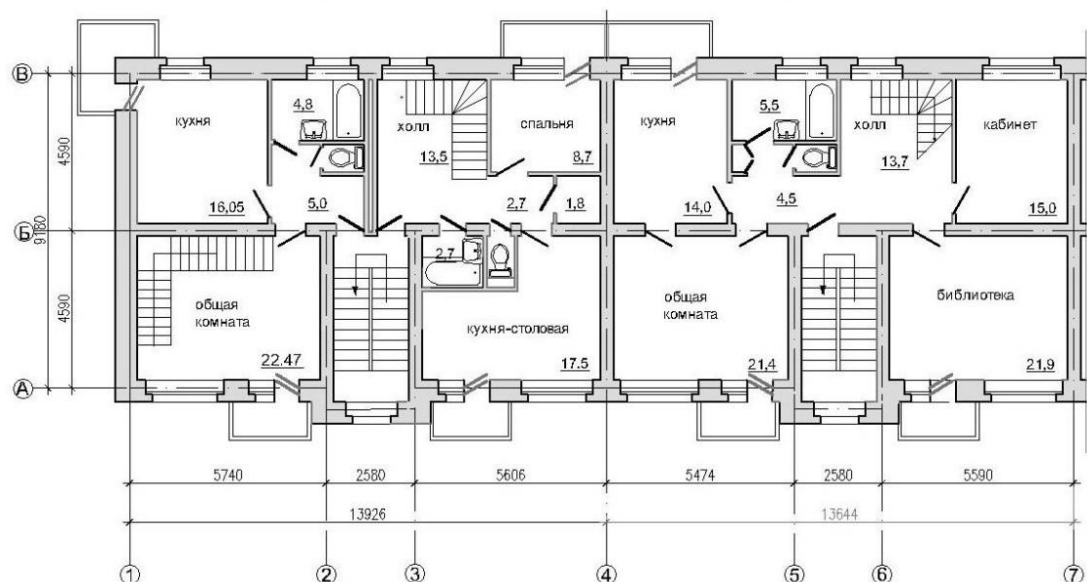
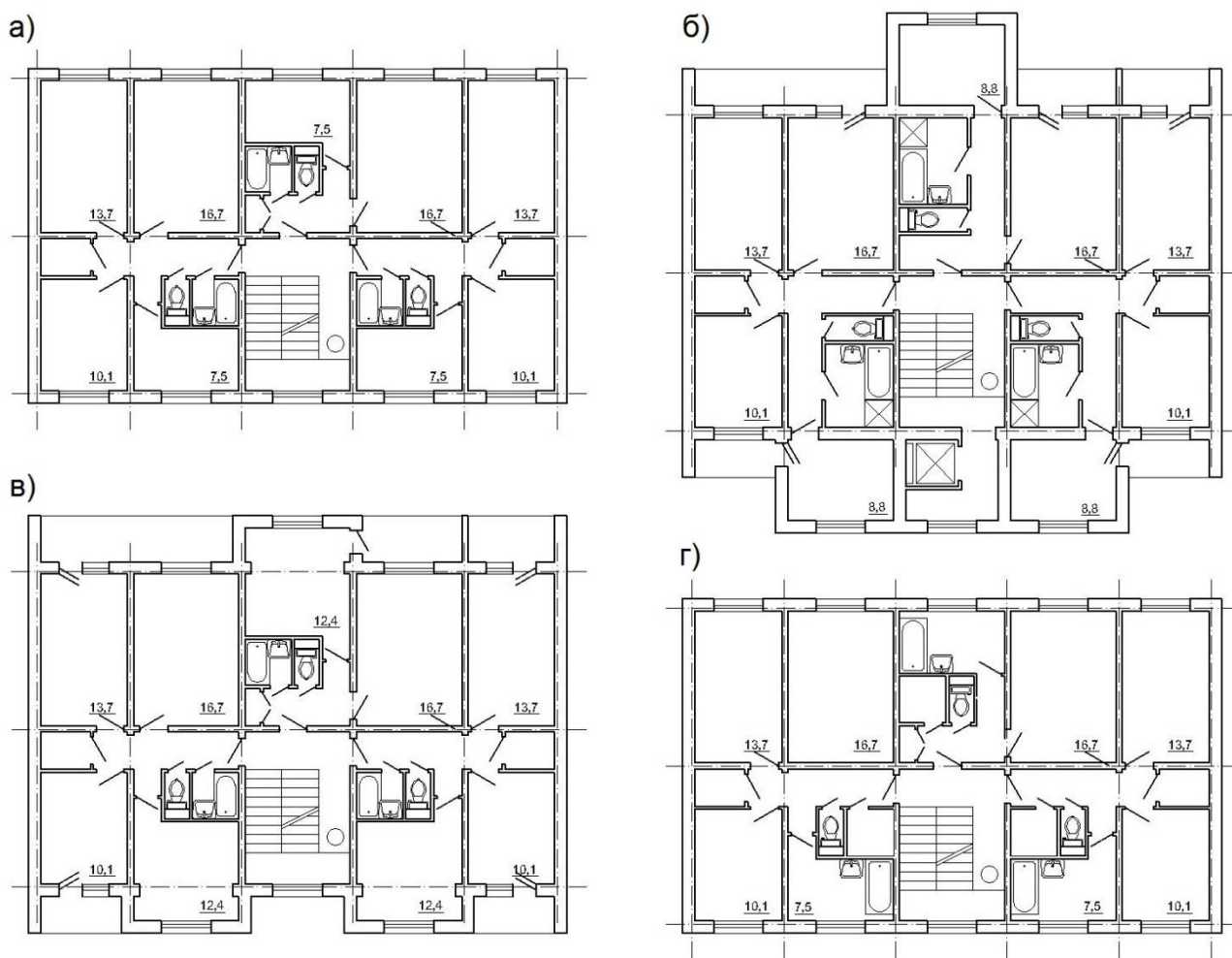


Рисунок 2 – Планировки двухуровневых квартир

Крупнопанельные здания аналогичных планировок, построенные в конце 60-х – начале 70-х годов отличаются по конструктивному решению. Перепланировка с изменением размеров комнат там почти невозможна – в панельных зданиях используется перекрестно-стеновая конструктивная система, то есть все стены являются несущими. В этой ситуации некоторое улучшение планировочных параметров квартир достигается другими методами. Если размеры жилых комнат в подобных зданиях практически вписываются в нормативные стандарты, то вспомогательные помещения имеют размеры совершенно неудовлетворяющие понятию «комфортное жилище». Между тем, площади кухонь, прихожих, санитарных узлов, кладовых в сумме могут достигать половины площади квартиры, позволяя добиться максимального удобства проживания [2]. На рисунке 3 показаны варианты перепланировок зданий с увеличением площади кухонь и санузлов либо за счет пристройки дополнительных объемов, либо за счет переноса кухонь в помещение комнат, что, естественно приводит к уменьшению количества комнат в квартире, но улучшению качества этой квартиры.





- а – существующая планировка типового этажа;  
 б – модернизация с увеличением кухни за счет эркера;  
 в – то же с кухней, целиком вынесенной в эркер;  
 г – без пристроек и с размещением кухни в бывших жилых помещениях.

Рисунок 3 – Варианты перепланировки крупнопанельных зданий

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что «радикальное» решение о полном сносе и строительстве нового жилья на месте застройки зданиями 30 – 60 гг. строительства не лучший выход, прежде всего с экономической точки зрения. Получение жилья высокого качества из старого жилого фонда возможно за счет перепланировки существующих зданий с одновременным решением вопросов технического усовершенствования корпуса (утепление фасадов, замена окон, усиление – при необходимости – конструкций и т.п.).

### Библиографический список

1. Матехина О.В. Современное состояние жилого фонда и вопросы его реконструкции / Вестник Сибирского государственного индустриального университета / СибГИУ. – Новокузнецк, 2017. – № 2 (20). – С. 21 – 24.
2. Матехина О.В. Вспомогательные помещения квартир / Новые строительные технологии 2010: сборник научных трудов, посвященный 50-летию архитектурно-строительного факультета СибГИУ / СибГИУ – Новокузнецк, 2010 – с. 40 – 44.
3. Шепелев Н.П., Шумилов М.С. Реконструкция городской застройки – М. : Высшая школа, 2000. – 271 с.

## ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ИНТЕРЬЕРОВ ПОТОЧНОЙ АУДИТОРИИ СИБГИУ – АРХИТЕКТУРНАЯ АКУСТИКА И СТИЛЬ

Ершова Д.В.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация:* рассмотрены проблемы, и опыт реконструкции интерьеров поточной аудитории СибГИУ, функциональные, архитектурно-художественные и технические задачи реконструкции связанные с формированием эстетически качественной рабочей среды для учебной деятельности. Представлены результаты дизайн-проектирования аудитории от эскизов до реализации, расчеты естественной акустики помещения с рекомендациями по созданию диффузного звукового поля.

*Ключевые слова:* реконструкция интерьера, дизайн интерьера, учебная аудитория, акустический расчет, диффузное звуковое поле, время реверберации, вторичные отражения, архитектурная акустика, архитектура.

В настоящее время часто возникает необходимость реконструкции или переоборудования крупных поточных аудиторий вузов с целью обновления не столько отделки, сколько улучшения условий рабочей среды и расширения функциональных возможностей аудитории. Формы проведения занятий за последнее десятилетие во многом изменились. Преподаватель часто использует интерактивные способы подачи материала, наглядные средства и пособия. Разнообразие современных форм ведения занятий позволяет удерживать интерес студенческой аудитории значительное время, своевременно восстанавливать внимание, акцентируя его на узловых моментах учебного материала. Поэтому в проектировании и реконструкции академ-пространств необходимо учитывать возможность перемещения преподавателя по аудитории во время лекционных занятий, обеспечивать качественную подачу учебного материала из различных точек аудитории.

Кроме того, вместительные поточные аудитории вуза зачастую используют не только для проведения занятий, но и как зрительные или конференц-залы.

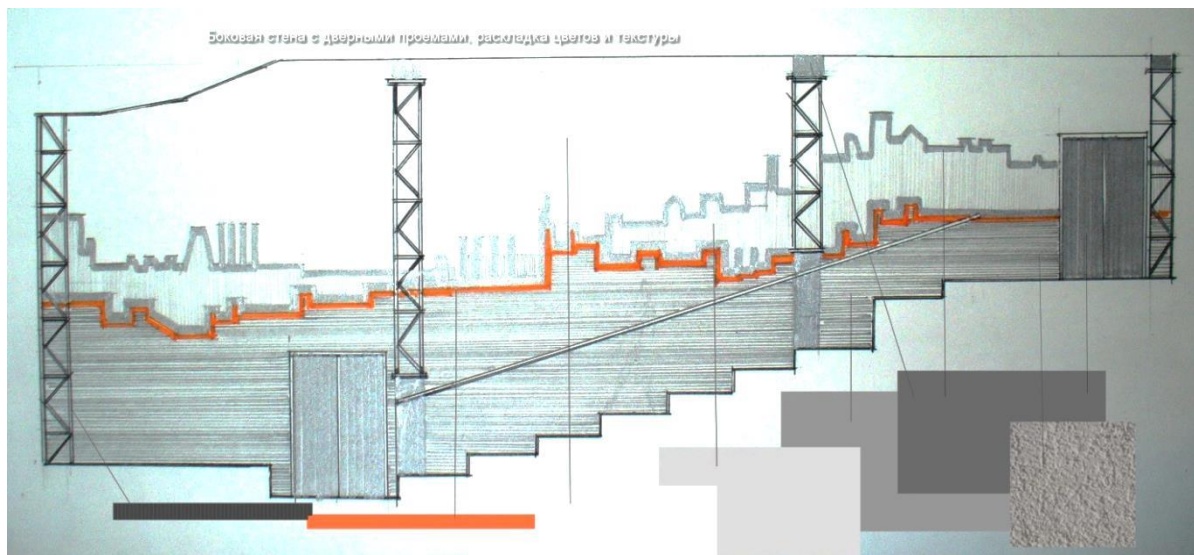


Рисунок 1 – Эскизные проработки концепции дизайна интерьера аудитории в цветах бренд-бука компании ЕВРАЗ. Разработка автора

В осуществлении реконструкции интерьеров поточных и других учебных помещений вуз часто использует спонсорскую помощь и финансирование. Поэтому элементы декоративной отделки и колористика оформления таких интерьеров, как правило, выполняются с использованием художественной концепции фирменных стилей и бренд-буков спонсора (рисунок 1).

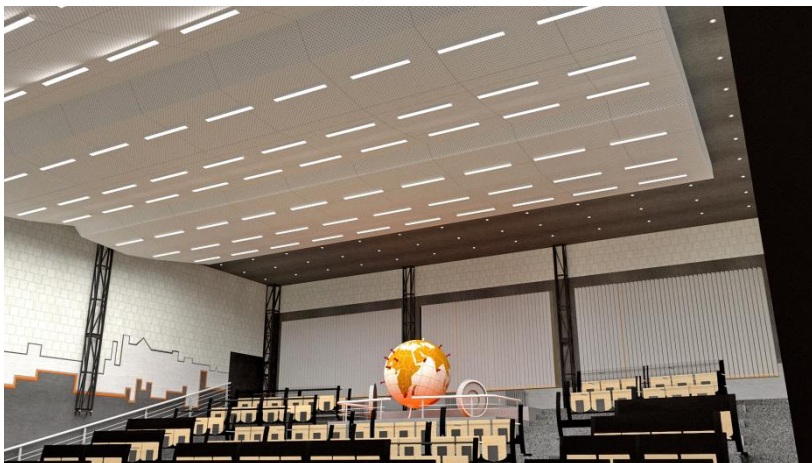
Так, например, в создании проекта реконструкции интерьеров поточной аудитории № 4 СибГИУ общую концепцию дизайна определил заказчик, позиционируя помещение как аудиторию для занятий у студентов по направлению обучения металлургии. Поэтому образная часть дизайн-концепции основана на теме заводских цехов и промышленных пейзажей (рисунок 2). Для экспозиции наглядных пособий, демонстрации фрагментов технологических устройств и выставочных экспонатов спонсора предусмотрен подиум в верхней части помещения аудитории.

*Вид А*



Рисунок 2 – Итоговые решения проекта интерьеров поточной аудитории с элементами декора и акустическим потолком.  
Разработка автора.  
Визуализации Купче Д.И.

*Вид Б*



*Вид А* – на стену с доской и экраном  
*Вид Б* – на верхнюю торцевую стену и экспозиционную часть аудитории.

При выполнении реконструкции интерьеров крупных поточных аудиторий стоят не только задачи функционального, эстетического, но и технического плана: обеспечение комфортности зрительских мест, видимости, освещенности рабочих поверхностей, а так же, создание качественной звуковой среды в помещении.

В связи с необходимостью решения задач по созданию комфортного пространства в поточных аудиториях типовой постройки 70-80-х годов прошлого века, зачастую приходится сталкиваться со сложностями в обеспечении условий хорошей слышимости. Архитектурные особенности таких помещений не позволяют выстроить качественную звуковую среду без значительной потери площадей. Моделирование равномерного диффузного поля требует иных пропорций помещения, разворота поверхностей стен, формирование акустического потолка специфической формы и т.д.

Одно только размещение звукопоглощающих поверхностей на боковых стенах не обеспечивает необходимых комфортных условий слышимости. Для достижения нормированного времени вторичных отражений в вертикальной плоскости необходимо устройство акустического потолка сложной формы. Однако, использование только этого технического приема не позволяет правильно моделировать пространство звукового поля в целом.

Так, при разработке проекта реконструкции интерьеров поточной аудитории №4 СибГИУ был выполнен расчет естественной акустики с учетом выбранных материалов, для выполнения речевых и музыкальных звуковых программ. Заданием на проектирование предусматривалось использование аудитории не только как лекционной, но и как конференц-зала с возможностью представления концертных номеров.

Известно, что при проектировании залов с естественной акустикой необходимо выполнение следующих требований: обеспечение всех зрителей в зале достаточной звуковой энергией и создание диффузного звукового поля; недопущение акустических дефектов «порхающего» эха, фокусировки звука, поздних отражений; недопущения гулкости или заглушенности, что обеспечивается правильным выбором отделочных материалов [1]. Картина распространения звука в зале называется *лучевым эскизом*, для его построения используется метод мнимых источников. Построение лучевого эскиза выполняется по плану помещения и его разрезу с целью определения запаздывания ранних звуковых отражений, первых однократных отражений от поверхностей зала на пути звука от источника до слушателей.

Поздние отражения возникает в том случае, если прямой и отраженный звуки попадают в ухо слушателя через интервал времени, превышающий 0,02 секунды. Если запаздывание достигает 0,05 секунды, то отраженный звук воспринимается отдельно как эхо.

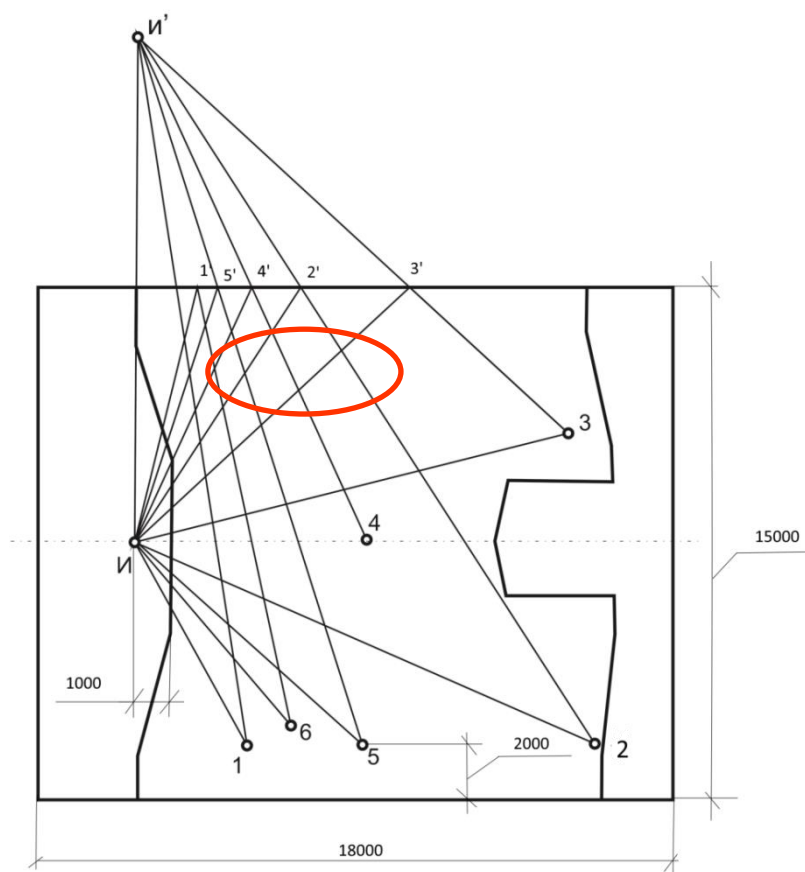


Рисунок 3 – Лучевой эскиз плана аудитории с расположением расчетных точек:

- И- источник звука,
- И' – мнимый источник для построения точек отражения;
- 1, 2, 3, 4, 5, 6 – расчетные точки;
- И1, И2, И3, И4, И5, И6 – прямой ход;
- И1', И2', И3', И4', И5', И6' – падающий ход;
- И1'', И2'', И3'', И4'', И5'', И6'' – отраженный ход

Так, для выполнения условия разборчивости речи в лекционных залах запаздывание отраженного звука не должно превышать 0,03 секунды. При скорости звука в воздухе 340 м/с, допустимому запаздыванию соответствует разность хода (РХ) отраженного (ОтрХ) и прямого (ПрХ) звуков в 7–10 метров. Разность хода РХ звуковых лучей определяем по формуле:

$$РХ = (ИдХ + ОтрХ) - ПрХ.$$

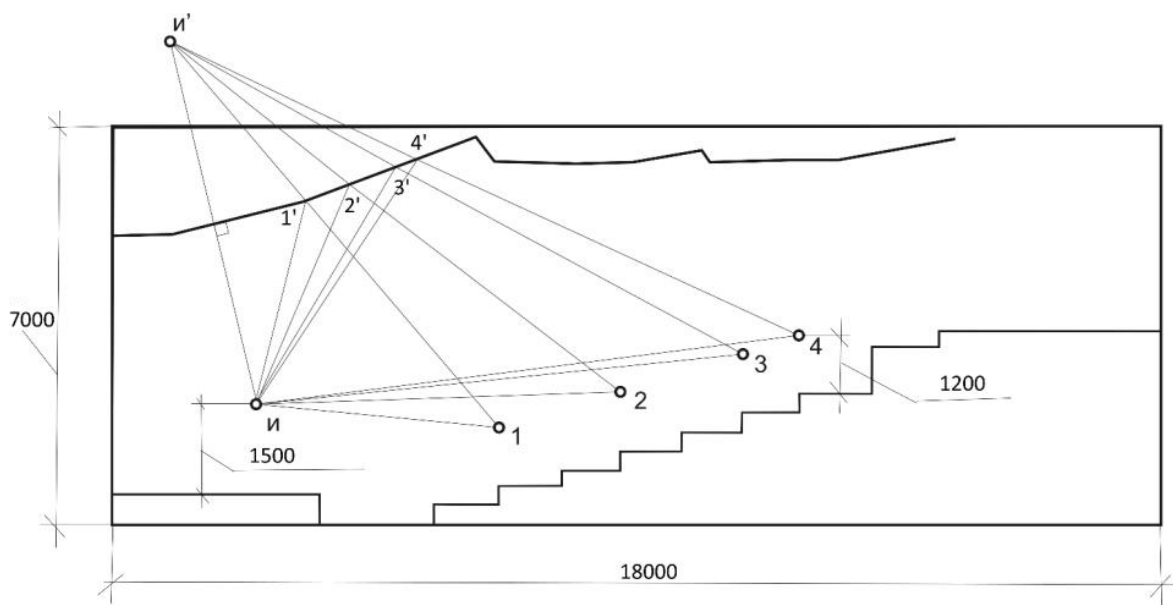


Рисунок 4 – Лучевой эскиз осевого разреза аудитории с расположением расчетных точек: И - источник звука, И' – мнимый источник для построения точек отражения; 1, 2, 3, 4 – расчетные точки; И1, И2, И3, И4 – прямой ход; И1, И2', И3', И4' – падающий ход; И1', И2', И3', И4' – отраженный ход

Геометрический анализ первых отражений в поточной аудитории № 4по характерным точкам в плане и разрезе помещения представлен в таблице 1.

Таблица 1

№ точки	Прямой ход (ПрХ)	Падающий ход (ПдХ)	Отраженный ход (ОтрХ)	Разность ходов (РХ)	Запаздывание, с	Соответствие требованиям
На плане						
1	7,7	7,5	13,5	13,3	0,039	нет
2	14,1	8,6	15,5	10	0,029	да
3	12,6	10,6	6	4	0,012	да
4	6,5	8,1	8	9,6	0,028	да
5	8,6	7,7	13,8	12,9	0,038	нет
6	7	7,7	13	13,7	0,040	нет
В разрезе						
1	4,1	3,5	4,9	4,3	0,012	да
2	6,1	4	5,6	3,5	0,010	да
3	8,1	4,6	6,4	2,9	0,008	да
4	9	4,9	7,8	3,7	0,011	да

Таким образом, результаты расчета показали:

1) При сопоставлении фактических значений разности ходов звуковых лучей и их допустимых значений установлено, что на лучевом эскизе плана:

- а. в расчетных точках 2, 3, 4 (рисунок 3) – разность прямого и отраженного хода звуковых лучей не превышает допустимую норму в 0,03с, что соответствует высокому уровню разборчивости речи в аудитории;
- б. в расчетных точках 1, 5, 6 (рисунок 3, выделены красным) – разность прямого и отраженного хода звуковых лучей превышает допустимую норму более чем на 35%, что может привести к затрудненному восприятию речи. Запаздывание в 0,04с не позволит слушателям на боковых местах в радиусе 10 метров от сцены отчетливо слышать лек-

тора. Поскольку время запаздывания в 0,05с уже позволяет слышать четкое эхо, то показатель в 0,04с является критичным.

2) При сопоставлении фактических значений разности ходов звуковых лучей и их допустимых значений установлено, что на лучевом эскизе осевого разреза (рисунок 4) для всех точек разность прямого и отраженного звука не превышает нормы и удовлетворяет высокому качеству разборчивости речи. Таким образом, выбранный профиль отражающих поверхностей потолка удовлетворяет требованиям естественной акустики лекционной аудитории.

Учитывая полученные результаты, с целью обеспечения удовлетворительных условий слышимости на местах разработаны следующие рекомендации по коррекции прихода первых отражений.

Наиболее эффективным решением для исключения нежелательных запаздываний звуковых отражений является отказ от параллельности продольных стен помещения. Например, изменение угла наклона стены к оси не менее чем на 5 градусов. Однако, в данной ситуации подобное решение невозможно, поскольку требует значительного уменьшения площади помещения.

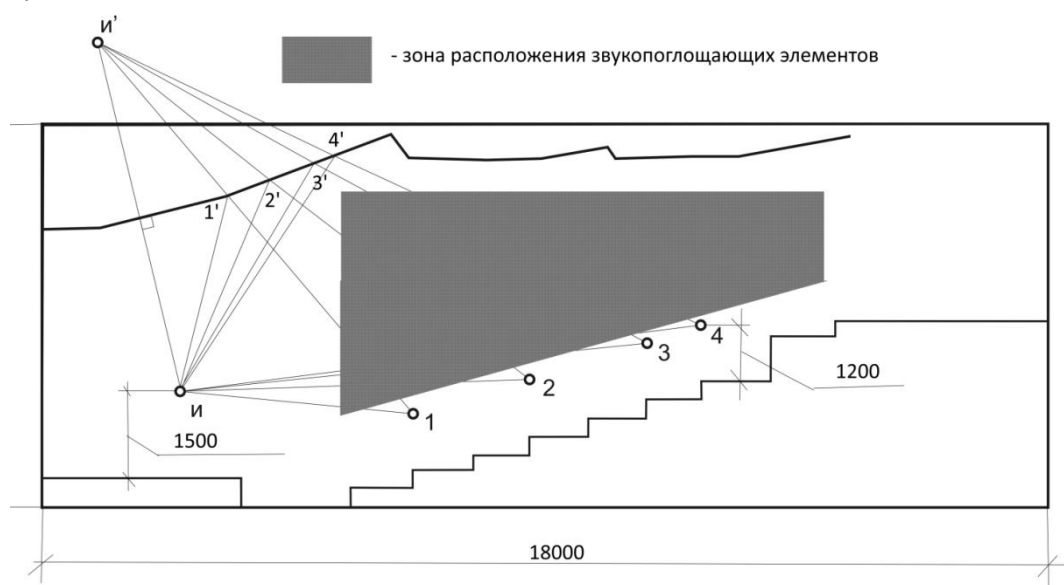


Рисунок 5 – Схема продольного разреза помещения аудитории с зоной расположения звукопоглощающих элементов

При невозможности изменения формы помещения, размещение звукопоглотителей на стене в зоне первых отражений от источника звука позволит исключить эффект эха на крайних местах рядов, а объемность и усиление звучания и обеспечат отражающие поверхности потолка (рисунок 5). Кроме указанных средств естественной акустики, возможно использование приборов искусственной акустики для усиления звука и улучшения качества разборчивости речи.

В закрытых помещениях возникает, так называемая, реверберация, когда многократные отражения звуковых волн от ограждающих поверхностей могут продлевать слышимость звука на несколько секунд после выключения источника. Для оценки акустического качества помещений используют величину, называемую временем стандартной реверберации - это время, в течение которого уровень звукового давления в помещении после выключения источника уменьшается на 60 дБ. Полученные значения времени реверберации сравнивают с оптимальным значением времени реверберации, при котором акустические качества помещения оказываются наилучшими [2, 3].

Для обеспечения нормируемого уровня реверберации в аудитории №4 был выполнен расчет для звуковых программ на частотах 125, 500 и 2000 Гц. Результаты расчетов показали, что:

– выбранные облицовочные материалы аудитории обеспечивают удовлетворительное качество затухания звука. В данном расчетном решении в качестве звукопоглощающих материалов использованы плиты «Кнауф» акустика 12/25, на каркасе, 200 мм минвата в конструкции потолка, плиты из гипсокартона на расстоянии 50 мм от поверхности для конструкции стен;

– расчетное время реверберации на частотах 125 и 500 Гц полностью удовлетворяют оптимальному времени и не выходят за рамки рекомендуемого отклонения;

– расчетное время на частоте 2000 Гц имеет незначительные отклонения от нормы. Тем не менее, учитывая, что данная аудитория планируется для эпизодического использования как концертный и как зал многоцелевого назначения, то отклонение в 5% от допустимого отклонения улучшит акустические качества пространства помещения при расширении его функции (музыка, вокал, речь).

В результате исполнения технического проекта помещения аудитории смоделированный акустический потолок выполнить не представилось возможным (рисунок 6). Таким образом, в помещении возможно использовать системы искусственной акустики залов для обеспечения слышимости на всех местах и достижения достаточного уровня звука. Тем не менее, проблема искусственной акустики в аудиториях не всегда позволяет преподавателю свободно перемещаться по аудитории или вдоль кафедры и доски. В особенности, когда речь идет о выполнении чертежей и, к примеру, выведении математических формул. В таких случаях наиболее эффективно иметь качественную естественную звуковую среду. В случае с искусственной акустикой – необходимо использовать специальные мобильные звуковые устройства.



Рисунок 6 – Фото аудитории №4 после реализации проекта реконструкции

### Библиографический список

1. Иванов Б.В. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник/ Б.В. Иванов. – М.: Логос, 2008. – 422 с.
2. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. – М.: Минрегион России, 2010. – 46 с.
3. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2004. – 34 с.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНО-РЕКЛАМНОГО КОМПЛЕКСА В СОСТАВЕ КАМПУСА СИБГИУ

Назаренко И.К., Шевченко В.В., Матехина О.В.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Предложен эскизный проект потенциально возможной инновации одного из компонентов кампуса СибГИУ – надземного крытого перехода из главного корпуса в металлургический, с помощью размещения в нем целевой фотогалереи и памятного скульптурного знака в честь 90-летнего юбилея.*

*Ключевые слова: витражи, фото-стенды, информативные, институтские, атриум, скульптурная композиция, в честь 90-летия университета.*

По форме проект является предложением для комитета по организации празднования юбилея, разработанным с целью привлечения к праздничным мероприятиям муниципальных и региональной администраций Кемеровской области, благотворительных подразделений производственных предприятий, общественных организаций, частных лиц и предпринимателей.

Структурно проект представлен совокупностью художественно оформленных унифицированных фото-стендов, отображающих специфику современного функционального и социально-политического наполнения деятельности институтов университета.

Исторический юбилейный аспект проекта представлен скульптурной композицией профессора-глашатая, размещенной в центре атриумного пространства перехода.

### Фото-галерея «Институты СибГИУ»

В переходе из главного в металлургический корпус, в межколонных витражах формируется фото-галерея – «Институты СибГИУ». На каждый институт по 2 картонных планшета с унифицированными размерами и адекватным форматом представления фото-материалов (логотип университета, название института, фото-портрет директора, направления образовательной деятельности, 3 – 4 крупных цветных фотографии, отображающих специфику института; цвет картона – светлосерый) – рисунок 1.



Рисунок 1 – Фото-галерея в переходе между корпусами СибГИУ



Тематика фотоматериалов (рисунок 2):

- оснащение предметных помещений;
- реальные дипломные (курсовые) проекты;
- НИР и ОКР;
- спортивные достижения;
- отдых и др.



Рисунок 2 – Вариант заполнения стендов фотоматериалами

### Памятный знак «90 лет СибГИУ»

Памятный знак, в виде скульптуры безымянного профессора на постаменте (рисунок 3), размещается в центре атриумной площадки перехода из главного корпуса университета в металлургический корпус. Памятный знак должен быть легковесным (папьемаше) для обеспечения допустимой точечной нагрузки на перекрытие.

Афиши мероприятий, в которых задействуется атриумная отгороженная площадка, могут размещаться на отражателе клеристория.



Рисунок 3 – Скульптура безымянного профессора

## РЕНОВАЦИЯ ВОСТОЧНОГО СКВЕРА В СОСТАВЕ КАМПУСА СИБГИУ

Назаренко И.К., Матехина О.В., Шевченко В.В.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* Предложен двухчастный эскизный проект потенциально возможных градостроительно-архитектурных и строительных мероприятий по социально-экономическому и культурологическому дополнению кампуса университета, в связи с грядущим празднованием его 90-летнего юбилея.

*Ключевые слова:* существующие компоненты, реконструкция, реновация, аллея славы.

Структурно проект представлен мероприятиями, объединёнными в две части: реконструкция и реновация.

### Часть 1. Реконструкция сквера

Реконструируются все основные компоненты сквера (рисунок 1):

- производится санитарная рубка дендрологического наполнения сквера (ликвидация и подстрижка деревьев) березы, лиственницы, рябины, клёна.
- заменяются асфальтовые покрытия и поребрики внутренних транзитных пешеходных дорожек.
- заменяются асфальтовые покрытия и поребрики в 2-ух курдонёрах сквера.
- в покрытии каждого курдонёра предусматриваются 4 ниши для парковых скамеек.

В западном курдонёре устанавливается специально изготовленный памятный знак, в виде небольшого металлического обелиска, в знак памяти о благотворительной деятельности производителя реконструкции (рисунок 2).

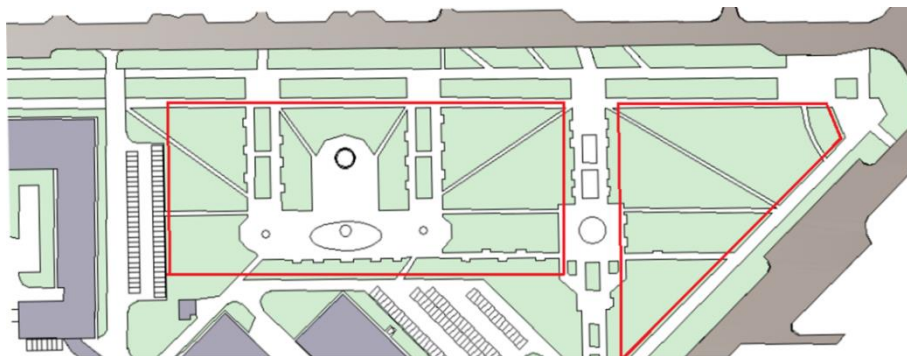


Рисунок 1 – Реконструируемая часть сквера



Рисунок 2 – Оформление западного курдонёра

## Часть 2. Реновация. Аллея славы сотрудников СибГИУ

Аллея – это совокупность сгруппированных стел, выполненных в виде металлических пластин, увенчанных в нижних своих частях стилизованными венками. Стелы окрашиваются светло-серой водостойкой краской и на их поверхностях наносятся фамилии и инициалы прославленных сотрудников СибГИУ. Сопожки' стел высотой 70 см окрашиваются тёмно-серой краской. В зимний период времени «венки» стелл будут находиться выше снежного покрова (рисунок 3).

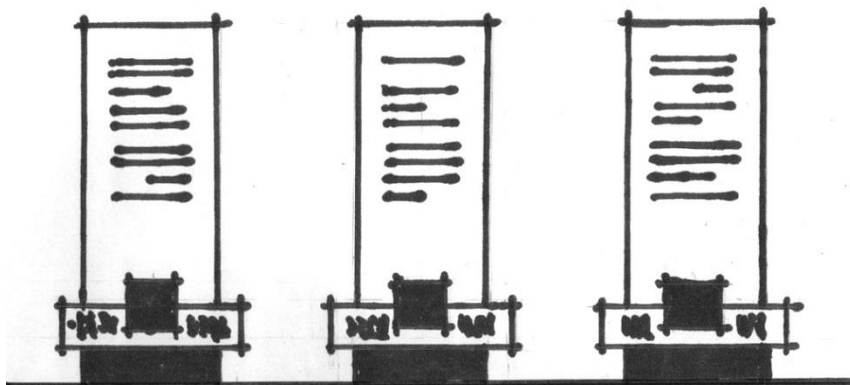


Рисунок 3 – Эскиз исполнения памятных стел

Группы стел расположены в строчном порядке вдоль южной ветви двухчастной транзитной пешеходной магистрали на улице районного статуса – ул. Кирова.

Функциональные «работающие» поверхности стел обращены на север, т.е. на проходящих пешеходов.

На головной стеле (считая в направлении от главного корпуса университета) – название архитектурно-градостроительного узла – «Аллея славы сотрудников Сибирского государственного индустриального университета с 1930 года по настоящее время» (рисунок 4).

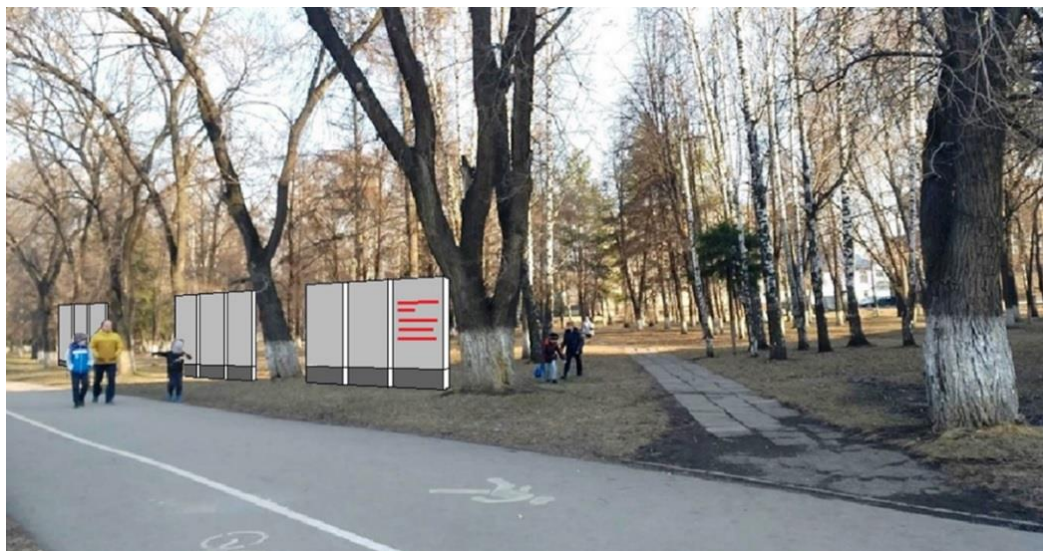


Рисунок 4 – «Аллея славы»

По форме проект является предложением для комитета по организации празднования юбилея, разработанным с целью привлечения к праздничным мероприятиям муниципальных и региональной администраций кемеровской области, благотворительных подразделений производственных предприятий, общественных организаций, частных лиц и предпринимателей.

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Варлакова Е.С.

Научный руководитель – канд. арх, доцент Е.А. Благиних

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация: рассматривается возможность реконструкции состоявшихся микрорайонов как важнейший положительный фактор качественного градостроительного преобразования Томска.*

*Ключевые слова: многофункциональный жилой комплекс, элементы городской среды.*

**Введение.** В отечественной практике, до недавнего времени, ключевым структурным элементом застройки селитебных территорий в городской среде были микрорайоны и жилые районы, в основание которых был вложен принцип многоступенчатого районирования и стандартизированной системы общественного обслуживания. Данный принцип привел к искусственной раздельности общегородской планировочной системы на две различные функциональные зоны - деловой центр и жилые образования, так называемые спальные районы. Каждая из этих зон имела при этом свои недостатки: деловой центр, как насыщенная многофункциональная система, страдал деградацией развития, микрорайоны – социальной дистрофией.

Грандиозные социально-экономические изменения, происходящие за последние 10 лет в России, связанные с развитием рыночных отношений, привели к перестройке принципов организации жилой застройки [1]. Развитие градостроительных принципов привело к необходимости повышения степени урбанизации, плотности застройки, расширению функциональных связей между общественными и жилыми элементами городской среды, к формированию многофункциональных жилых комплексов.

**Актуальность.** В условиях современных городов, в настоящее время, существует актуальность возведения многоквартирных и многофункциональных домов. Создание комфортной жилой среды напрямую связано с градостроительной ситуацией города в целом, наличием инфраструктуры и объектов социально-культурного и бытового назначения в микрорайоне размещения жилья.

Большая площадь свободных от застройки территорий в границах действующей городской черты и возможность реконструкции уже устоявшихся микрорайонов рассматриваются как важнейший положительный фактор для качественного градостроительного преобразования Томска.

С точки зрения рынка недвижимости создание многофункциональных комплексов обусловлено следующими его преимуществами перед другими постройками:

- эффективное использование земельного участка и экономия ресурсов;
- сокращение удельных затрат на создание объекта за счет его масштабности;
- возможность гибкого перепрофилирования при конкуренции на рынке;

Итак, многоэтажный жилой комплекс [2], имеющий способность совмещения в себе несколько различных функций, более перспективная пространственная форма организации потребности современного человека в разнообразном и многозначном городском окружении, удовлетворяющем его в жилье, работе, общении и в отдыхе.

**Обоснование выбора участка.** Территорией проектирования был выбран микрорайон вблизи пересечения ул. Беринга и ул. Ивана Черных (рисунок 1).

В настоящее время данный микрорайон имеет устоявшуюся градостроительную ситуацию с существующими жилыми домами, объектами образовательной, культурно-социальной и бытовой деятельности, медицинскими учреждениями. Имеется проект для развития и улучшения магистральной дорожно-уличной сети района, находящийся в разработке. Количество жителей составляет около 4200 человек на общую территорию 11,8 га.

Плотность населения 350 чел/га – такой показатель является средним для комфортного условия проживания в городе Томске.



Не смотря на то, что микрорайон имеет довольно плотную существующую застройку, имеются предпосылки для дальнейшего развития и усовершенствования уровня жизни людей. Принципы, заложенные в основу проектного решения, значительно отличаются от нынешнего состояния жилых домов микрорайона. Среди них: оригинальное благоустройство дворов с детскими и спортивными площадками, большая площадь озеленения, пешеходно-транспортная сеть, дворы без автомобилей, подземный паркинг, а так же зоны отдыха.

Рисунок 1 – Ситуационная схема

**Решение генерального плана и функционально-планировочной схемы.** Генеральный план объекта (рисунок 2) разработан с учетом СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Основной объект – жилая застройка – размещена на территории согласно требованиям инсоляции.

Главный проезд расположен перпендикулярно ул. Беринга, дополнительный и связующий с прилегающей жилой застройкой перпендикулярно ул. Ивана Черных, что позволяет создать высокую обеспеченность транспортной и пешеходной доступностью всех жителей микрорайона. Подъезд оснащен стоянкой для временного хранения автомобилей для гостей, подземным паркингом для жителей самого комплекса, а так же отдельная стоянка для работников общественной зоны (офисный блок). Здание обеспечено возможностью кругового объезда пожарных машин с двух смежных улиц – ул. Беринга и ул. Ивана Черных.

В зависимости от режима пользования участок застройки можно поделить на две части:

1. Территория, работающая на сам жилой комплекс – эксплуатируемая кровля, расположенная на северо-запад с видом на городскую среду, имеющая автономный вход непосредственно со стороны ул. Беринга и из самого комплекса, а так же обустроенный внутренний двор и парковка;

2. Территория, работающая на жителей микрорайона – общественная зона с офисными помещениями, конференц-залами, отдельная парковка, обустроенные входные группы.

Функционально территория разделена на несколько основных зон:

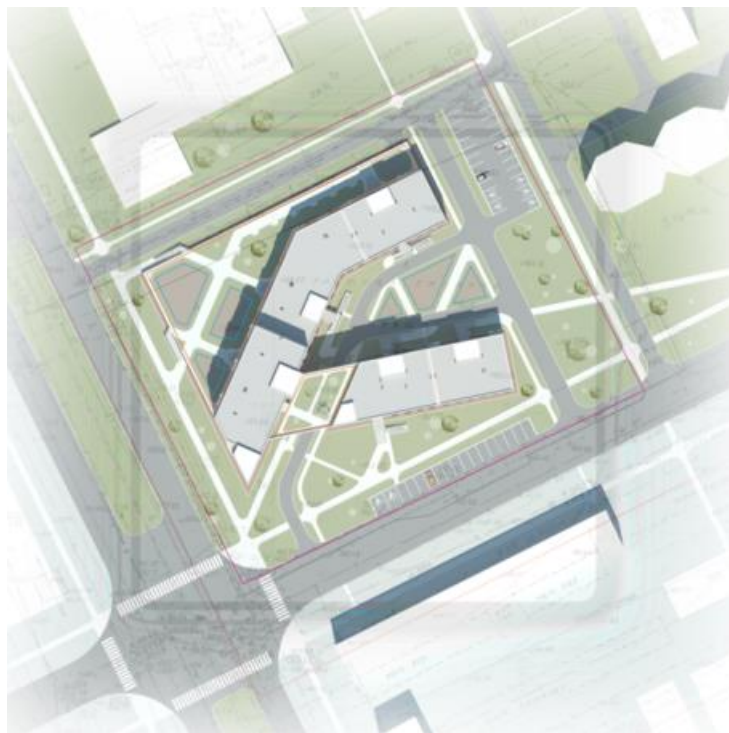
1. Входные узлы жилой зоны, оснащенные подъездом для автомобиля и парковкой, пандусом для малогабаритной группы населения;

2. Входные узлы общественной зоны – территория вблизи перекрестка, оснащенная парковкой, пандусом для малогабаритной группы населения;

3. Детская игровая зона – располагается внутри жилого комплекса, а так же на эксплуатируемой кровле, оснащенная местами для сидения и малыми архитектурными формами.

**Объемно – планировочное решение.** Центральная идея проекта заключалась в том, чтобы оптимизировать качества жилья наилучшим образом. Для достижения этой цели комплекс разделен на два переплетенных объема, и его различные функции были стратегически размещены на основе того, где они необходимы больше всего: офисная часть добавляет активность на улицу города, создавая место для социальных взаимодействий и встреч. Большое дворовое пространство выходит на прилегающую жилую застройку, добавляя жизнь и движение в район и предоставляя большие возможности для семей с детьми по соседству.

Рисунок 2 – Генеральный план



Газоны, «зеленая кровля», и новые инженерные системы повышают качество жизни и сокращают вредное влияние автотранспорта на окружающую среду в комплексе.

В соответствии с принятым архитектурным замыслом, комплекс включает в себя блокированные дома разной этажности, что позволяет организовывать террасы на ближайших секциях. Жилая часть связана с общественным пространством навесными этажами, в которых располагаются конференц-залы и офисные помещения. Часть территории выделена под парковую досуговую зону, связанную с городской средой и создающая направляющую ось через навесные этажи, от перекрестка улиц Беринга и Ивана Черных вглубь самого жилого комплекса. Так же под парковой территорией располагается подземная парковка. Места хранения личного автотранспорта жильцов изолированы и имеют доступ к входным группам домов. На располагаемых, в пределах территории жилого комплекса, открытых стоянках автомобилей выделены места для личных автотранспортных средств инвалидов.

**Технико-экономические показатели.**

Площадь территории = 1,16 га

Площадь застройки = 8 098 кв.м

Строительный объем = 102 034,8 куб.м

Общая площадь = 12 918,5 кв.м

Общее количество квартир = 110 кв.

Вместимость = 405 чел.

Площадь дорог, проездов, пешеходных дорожек на территории = 0,9 га

Площадь озеленения на территории = 1,8 га

Количество мест в подземной парковке = 118 м/м.

Количество мест на стоянке открытого типа = 42 м/м.

**Объемно-планировочное решение проектируемого объекта.** Жилой комплекс – целостное архитектурно-пространственное образование, представляющее собой органичную совокупность жилых ячеек с объектами повседневного и периодического общественного обслуживания людей и благоустроенных жилых территорий (рисунок 3).

Основные функции жилого комплекса:

- обеспечение жилыми помещениями;
- организация досуга;
- организованная подземная парковка для жителей дома и наземная парковка для гостей.

Многоэтажный жилой комплекс представляет собой группу блоков:

1. Жилой блок – 5 блокированных домов, с 1,2,3,4,5 комнатными квартирами. Характерной чертой этого здания является не только его разная высотность, но и особенность архитектурного решения – выносные лоджии со смещением, отделка стеклом.



Рисунок 3 – Общий вид многофункционального жилого комплекса

2. Общественный блок с отдельными входными узлами – общественная пластина, служит связующим элементом всей композиции.

3. Технический этаж с инженерными коммуникациями.

4. Подземный паркинг

**Обоснование и выбор конструктивной системы.** Конструктивная схема здания – ствольно-каркасная (квадратные колонны сечением 400\*400 мм). В объеме здания использована каркасная схема с железобетонным каркасом и железобетонными перекрытиями 220 мм. Среди ствольных наибольшее распространение получила ствольно-каркасная комбинированная конструктивная схема. Ствол располагают преимущественно в центральной части здания и используют для размещения лестнично-лифтовых узлов и инженерных коммуникаций.

Несущие ограждающие стены здания выполнены из кирпича с использованием технологии вентилируемого фасада (3х слойная конструкция). Система вентилируемого фасада позволяет более качественно и эффективно удерживать тепло в здании, этот метод утепления здания позволяет системе самостоятельно удалять излишнюю влажность из конструкции.

В проекте применен столбчатый фундамент с подколонником стаканного типа. Данный фундамент характерен для каркасных зданий. Это точечное не сплошное основание, которое забирает на себя часть нагрузки, создаваемой постройкой, и распределяет ее в отдельных местах, где давление будет наибольшим.

В качестве междуэтажного перекрытия используются плиты перекрытия с круглыми пустотами толщиной 220 мм. В покрытии применена система эксплуатируемой крыши с кровельным ковром из полимерной мембраны и комбинированным утеплением. Данная система отличается высокой теплостойкостью, надежно защищает от осадков, обладает абсолютной влагонепроницаемостью, долговечна. Для обеспечения отвода воды с поверхности кровли предусмотрен уклон плит перекрытия 1.5 – 3.0% в соответствии с таблицей 1 СП 17.13330.2011 с внутренним водоотведением.

В комплексе зданий предусмотрена установка 5 пассажирских лифтов и 5 грузовых. Размеры и прочие параметры грузовых лифтов в жилых домах регулируются стандартами ГОСТ 5746-2015. Грузоподъемность 630 кг.

#### Библиографический список

1. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.

2. Молчанов В.М., Трухачева Г.А, Солодилова Л.А.. Многофункциональный жилой комплекс / Л.А. Солодилова, Г.А. Трухачева - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009. – 147 с.

## К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ КРЕПЛЕНИЯ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ

Абраменков Д.Э., Ксендзова Л.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС),  
г. Новосибирск, Россия

*Аннотация.* На теплозащитные свойства фасадов с вентилируемым воздушным зазором оказывает влияние теплопроводность материала и размеры кронштейнов системы крепления. Показано, что максимальные теплозащитные свойства конструкции фасада достигаются при наименьшем количестве кронштейнов и выполнении их из стали.

*Ключевые слова:* навесные фасады, теплоизоляция, теплопотери, теплозащита, теплопроводность, кронштейн.

Трендом современного строительного рынка является повышение требований по энергосбережению на этапе эксплуатации зданий и сооружений. Значительная продолжительность периодов со средней отрицательной температурой воздуха в большинстве регионов Российской Федерации определила необходимость экономии энергоресурсов, затрачиваемых на теплоснабжение и вентиляцию. В частности, расход энергии на обогрев зданий в России (80 – 100 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год) практически вдвое превышающий аналогичный показатель для Европейских стран (40 – 50 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год), обусловил внесение изменений в строительные нормы и правила, ужесточающих требования к тепловой защите зданий. Согласно обновленной нормативной базе значения нормируемых сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций зданий и сооружений возросли в 2,5 – 3 раза. С учетом новых требований, большинство существовавших решений ограждающих конструкций перестали удовлетворять требованиям действующей нормативной документации.

Одним из направлений решения проблемы энергосбережения на этапе эксплуатации является отделка ограждающих конструкций с помощью многослойных фасадных систем как в новом строительстве, так и при реконструкции объектов, многослойных фасадных систем (вентилируемых и невентилируемых), включающих слои утеплителя и экрана. Однако в процессе эксплуатации вентилируемых фасадов, происходит снижение со временем качества и надежности фасадных систем. Это проявляется как в ухудшении теплотехнических свойств наружных стен, так и в снижении прочности конструкции каркаса под воздействием пульсирующей ветровой нагрузки, что напрямую связано с безопасностью.

Главная задача крепления надежно закрепить различные элементы фасадных конструкций на несущем основании, т. е. воспринять все постоянно присутствующие или периодически возникающие нагрузки и передать их в несущее основание. Основными нагрузками, которым подвергаются фасадные системы, являются: собственный вес конструкции, ветровая нагрузка на отрыв (отсос) и гидротермические воздействия (температурные и влажностные). В этой связи надежную эксплуатацию всех соединений ограждающей конструкции, а также безопасность людей во многом обеспечивает правильный выбор крепежных изделий. При этом огромное значение имеют условия, в которых будет работать крепление, и, в частности, в какой фасадной системе (вентилируемый фасад, с утеплением под штукатурку, и т.п.) он будет выполнять свои функции.



Проблемой выбора крепежного соединения занимаются на стадии проектирования, но, к сожалению, не всегда принятый вариант эффективен. Сегодня проектировщики назначают прочность и долговечность узлов крепления навесных фасадов, не имея полных исходных данных. Новая редакция СНиП «Нагрузки и воздействия» СП 20.13330.2011 разносторонне описывает действие ветровой нагрузки, но до сих пор нет четкой нормативной базы для определения влияния конструкции и материала крепежных кронштейнов на эффективность теплозащиты навесных ограждающих конструкций. Эффект «мостиков холода», обусловленный кронштейнами свойственен для любых систем навесных фасадов. Проявление этого эффекта на внутренней поверхности наружных стен выражается в понижении ее температуры. Чем интенсивнее работает «мостик холода», тем ниже температура на внутренней поверхности стены с противоположной стороны крепления кронштейна к ней. Аналитическое обоснование исследований коэффициента теплотехнической однородности "г" проведено проф. Гагариным В. Г. и к. т. н. Козловым В. В. [1]. Диапазон значений коэффициента "г" приводится в нормах теплотехнического проектирования [2]. В этой связи представляет интерес рассмотреть возможность повышения теплотехнической однородности за счет выбора материала кронштейна.

Основной характеристикой теплозащиты навесных ограждающих конструкций является приведенное сопротивление теплопередаче,  $R_0^{пр}$ . На стадии проектирования эта характеристика является расчетной и определяется по методике, рекомендуемой СНиП II-3-79\* [3]. Однако фасады с облицовкой на отnose имеют более сложную картину теплопередачи, чем та, которая описана в вышеуказанном СНиПе. Имеется как минимум два участка с различной природой теплопереноса, которые приходится рассчитывать отдельно. Поэтому представляется целесообразным рассматривать при расчете характеристик теплозащиты двухкомпонентность переноса теплоты.

В этом случае базовое уравнение для расчета приведенного сопротивления теплопередаче будет иметь вид:

$$R_0^{пр} = \frac{(t_v - t_n)}{q} = R_{СНиП}^{пр} + R_{зазора}^{эф} = R_0^{усл} \cdot r + R_{зазора}^{эф} \quad (1)$$

Первое слагаемое в правой части формулы (1) описывает теплопередачу через стену с утеплителем, второе слагаемое — через воздушный зазор и облицовку. В случае отсутствия облицовки на отnose и воздушного зазора второе слагаемое исчезает и остается привычная для специалистов формула  $R_0^{пр} = R_0^{усл} \cdot r$ . Сопротивление теплопередаче по глади конструкции,  $R_0^{усл}$ , определяется как сумма термических сопротивлений слоев конструкции и сопротивлений теплоотдачи внутренней (равное  $1/a_v$ ) и наружной (равное  $1/a_n$ ) поверхностей.

Рассмотрим в качестве примера использования такого подхода следующую конструкцию. Стена из монолитного железобетона толщиной 20 см утепляется снаружи минераловатными плитами толщиной 15 см, с коэффициентом теплопроводности 0,045 Вт/(м °С). Подконструкция выполнена из алюминия. Кронштейны из алюминия расположены в среднем по 2,5 шт на м<sup>2</sup>. Площадь поперечного сечения кронштейнов 2,4 см<sup>2</sup>. Воздушный зазор имеет непрерывные вертикальные участки высотой 10 м и толщину 10 см. Сопротивление теплопередаче по глади такой конструкции составляет 3,59 м<sup>2</sup>·°С/Вт. Согласно расчету с использованием уравнения (1) коэффициент теплотехнической однородности рассматриваемой конструкции составляет 0,59, приведенное сопротивление теплопередаче с учетом влияния кронштейнов  $R_{снп}^{пр} = K^{усл} \cdot r = 2,12$  м<sup>2</sup>·°С/Вт. Термическое сопротивление воздушного зазора для средней температуры отопительного периода в г. Новосибирске составляет 0,13

$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . Приведенное сопротивление передаче всей конструкции  $R_{\text{ср}}^{\text{пр}} = R^{\text{усл}}_0 \cdot r + R^3 \cdot \text{зазора} = 2,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . Для климатических условий г. Новосибирска плотность потока теплоты через стену с фасадом при температуре наиболее холодной пятидневки составит  $21,3 \text{ Вт} / \text{м}^2$ , при средней температуре отопительного периода —  $10,3 \text{ Вт} / \text{м}^2$ . Потери теплоты за отопительный период составят  $52,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2 \cdot \text{год}$ .

Рассмотрим возможность повышения теплотехнической однородности и приведенного сопротивления теплопередаче стены за счет замены алюминиевых кронштейнов на кронштейны из коррозионностойкой стали с той же частотой и несколько меньшей площадью поперечного сечения —  $1,8 \text{ см}^2$ . В этом случае при одинаковых прочностных характеристиках кронштейнов рассчитанный коэффициент теплотехнической однородности такой конструкции составит уже  $0,83$ , а приведенное сопротивление с учетом влияния размера и материала кронштейнов —  $2,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . Термическое сопротивление воздушного зазора для средней температуры отопительного периода для г. Новосибирска составит  $0,135 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . Приведенное сопротивление теплопередаче всей конструкции равно  $3,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . Для климатических условий г. Новосибирска плотность потока теплоты через стену с фасадом при температуре наиболее холодной пятидневки составит  $15,4 \text{ Вт} / \text{м}^2$ , при средней температуре отопительного периода —  $7,4 \text{ Вт} / \text{м}^2$ . Потери теплоты за отопительный период составят  $37,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2 \cdot \text{год}$ .

Выигрыш от замены кронштейнов очевиден — потери теплоты снизились на  $28 \%$ . Однако поскольку цена подконструкции вероятно должна увеличиться, то окупаемость такого решения должна оцениваться соответствующим расчетом.

Рассмотренный пример иллюстрирует возможности и эффективность повышения теплозащитных свойств проектируемых фасадов с вентилируемым воздушным зазором за счет выбора оптимальной конструкции системы крепления и материала кронштейнов.

### **Заключение.**

1. Установлено, что существенное влияние на теплозащитные свойства фасадов с вентилируемым воздушным зазором оказывает количество и расположение кронштейнов, а также теплопроводность материала, из которого они выполнены.

2. Максимальные теплозащитные свойства конструкции фасада достигаются при наименьшем количестве кронштейнов, выполнении их из стали, при наименьшей площади их поперечного сечения и при минимально возможной (по условиям удаления влаги или по другим соображениям) величине воздушного зазора.

3. При проектировании фасадов необходимо проводить достаточно полные расчеты теплозащитных характеристик конструкций для объективной оценки используемых систем. Это будет способствовать техническому совершенствованию систем фасадов с вентилируемым воздушным зазором и удовлетворению требуемых норм теплозащиты.

### **Библиографический список**

1. Гагарин В.Г. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором. / В. Г. Гагарин В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский // АВОК, 2004, №3, — с. 20 – 26.
2. Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для нового строительства и реконструкции зданий. М.: Москомархитектура, 2002.
3. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника. М.: ГУП ЦПП, 1998.

## ПРОЕКТ ЖИЛОГО ВЫСОТНОГО ДОМА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ

Незавитина Е.И.; Панов С.А.; Панова В.Ф.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация: Даны результаты по разработке проекта жилого высотного дома с учетом строительства в сейсмическом районе. Показаны способы и организация строительства для проектируемого объекта, дан план типового этажа. Описана характеристика района размещения объекта. Даны результаты исследования по выбору именно металлического каркаса и теплотехническому расчету наружных стен. Выбрана наиболее эффективная конструкция для обеспечения требуемой теплозащиты в Сибирских условиях – это сборная железобетонная панель с вентилируемым фасадом.*

*Ключевые слова: проектирование, многоэтажные здания, сейсмичность, строительство, металлический каркас, железобетонные плиты, стеновая конструкция, расчет.*

Основными требованиями, предъявляемыми к зданиям, являются функциональная целесообразность, прочность и устойчивость; необходимы также долговечность, огнестойкость, экономичность и архитектурная выразительность.

Цель работы: разработка проекта жилого высотного дома с повышенной сейсмостойкостью и теплозащитностью стеновых конструкций в сибирских условиях.

Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи: обосновать способ возведения и применение металлического каркаса для жилого высотного дома, выбрать стеновые конструкции с учетом их теплофизических характеристик. Для этого выполнить теплотехнический расчет для двух видов наружной стеновой конструкции. Выбрать способ и метод организации строительства.

Современное развитие стройиндустрии, наличие мощной и разнообразной строительной техники, а также современных технологий возведения различных зданий и сооружений, успешно решают проблемы высотного строительства. Наличие на строительном рынке большого количества отделочных строительных материалов позволяют выполнять архитектурное оформление фасадов зданий с учётом современных требований. Свободная планировка квартир и отделка внутренних интерьеров квартир решают проблему удовлетворения требований будущих жильцов.

Высотные жилые здания с металлическим каркасом себя оправдывают для строительства в городской черте с плотной застройкой, создавая современный архитектурный облик проспектов и улиц городов.

В ходе исследования была рассмотрена классификация каркасов по материалам.

Материалы для каркасного дома выбираются с учетом большого количества факторов таких как, особенности климата на участке, архитектурные черты и доступность инвентаря для проведения работ.

В проектируемом объекте принят металлический каркас. Основным показателем целесообразности использования этого каркаса является меньший расход металла на  $1\text{м}^2$  жилой площади по сравнению с железобетонным каркасом. Минимальных показателей можно достичь при оптимальном выборе сетке колонн, назначения сечений колонн с максимально возможными геометрическими характеристиками при минимальной площади сечения. Например, при сетке колонн  $3,3 \times 3,3\text{м}$ , как в проектируемом объекте, сокращается не только расход металла, но и можно обеспечить более «подвижную и комфортную» планировку, по сравнению с более частым шагом.

Строительство проектируемого объекта планируется провести в сибирских условиях, а именно в г. Новокузнецке, Заводском районе.

Установлено, что сейсмическая интенсивность площадки размещения проектируемого дома составляет 7 баллов [1]. Расчётная температура наружного воздуха по наиболее холод-

ной пятидневке  $-39^{\circ}\text{C}$ ; относительная влажность внутреннего воздуха  $-75\%$ ; продолжительность отопительного сезона 228 суток; глубина сезонного промерзания 2,2 м.

Проектируемый объект представляет собой жилое 16-ти этажное здание, включающее в себя 15 жилых этажей, офисный этаж, технический подвальный этаж и технический чердачный этаж. Размеры в плане 26,0x25,6 м в крайних осях. Размеры по цифровым осям 3,3м - 3,6м - 3,3м - 5,2м - 3,3м - 3,6м - 3,3м. Размеры по буквенным осям 2,1м - 4,4м - 3,6м - 3,6м - 3,0м - 3,6м - 2,1м (рисунок 1). Высота офисного этажа 3,3 м, высота этажа жилой части 3,0 м, подвала – 2,8 м, чердачных помещений – 2,7 м [2,3].

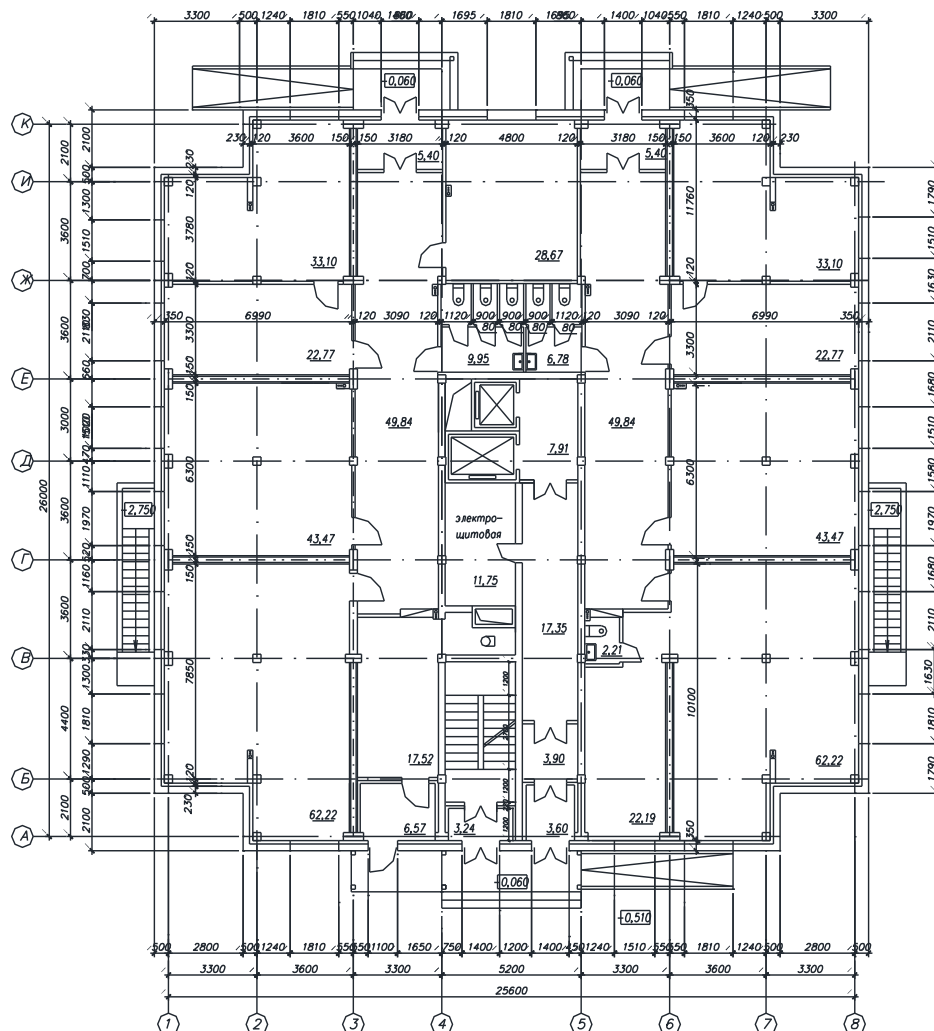


Рисунок 1 – План этажа

Для исследования выбора материала стеновой конструкции, предлагается рассмотреть 2 вида стеновых конструкций: однослойная керамзитобетонная и сборная железобетонная панель, облицованная навесным фасадом фирмы «Краспан». По результатам теплотехнического расчета термическое сопротивление для однослойной керамзитобетонной конструкции составляет  $R_0 < 3,6$ , что не удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». А для второго типа конструкции –  $R_0 = 3,673$ , что соответствует требованиям для Сибирского региона, поэтому сборная железобетонная панель, облицованная навесным фасадом фирмы «Краспан», подходит для крупнопанельного строительства и выбрана для проектируемого здания. [4]

В ходе исследования были рассмотрены способы строительства: подрядный, хозяйственный, смешанный. При *подрядном* способе строительства ведут постоянно действующие строительные организации, которые своими кадрами и материально-техническими ресурсами на основе договора (подряда) сооружают и сдают заказчику законченные строительные объекты, согласно условиям договора или контракта.

*Хозяйственный* – это способ, который предполагает совмещение в пределах одного хозяйственного органа строительной организации и организации заказчика. Данный способ имеет свои недостатки: необходимо создавать коллективы строителей и материально техническую базу, которые по окончании строительства расформируются и ликвидируются; строительство не является для предприятия основной деятельностью, поэтому не совершенствуется организация и технология работ; широко применяется неквалифицированный труд; велика доля ручного труда. В результате при хозяйственном способе строительства низки технико-экономические показатели. Хозяйственный способ применяется при техническом перевооружении действующих промышленных предприятий, а также при строительстве несложных объектов на предприятиях с сезонным производством.

При *смешанном* способе строительства часть работ выполняют по договору подряда организации, а часть работ ведут собственными силами.

В связи с выше изложенным в проекте *выбран подрядный способ строительства*, так как он наиболее эффективный.

Были рассмотрены способы организации строительства: последовательный, параллельный и поточный. Установлено, что при *последовательном* способе увеличивается срок строительства.

При *параллельном* методе ведения работ, например, возведение стен зданий производится одновременно с устройством междуэтажных перекрытий, монтажом инженерных сетей, отделочными работами. Этот передовой метод, он позволяет значительно сокращать сроки строительства.

*Поточный* метод является наиболее рациональным в большинстве случаев, поскольку сочетает в себе достоинства последовательного и параллельного методов и исключает их недостатки, поэтому для проектируемого объекта выбран поточный способ.

Итак, в ходе исследований обоснован выбор металлического каркаса для жилого 16-этажного дома, так как он позволяет снизить расход металла на 1м<sup>2</sup> жилых помещений и значительно снизить нагрузки на фундаменты. Для металлургического Новокузнецка затраты на перевоз конструкций будут минимальными, так как в городе есть свой завод металлоконструкций.

Учитывая, что строительство объекта идет в сейсмической зоне (7 баллов), предусмотрен фундамент в виде монолитной железобетонной плиты на свайном основании под всю площадь здания. Крепление баз металлических колонн к фундаменту имеет также некоторые особенности, а именно, для восприятия горизонтальных сейсмических усилий в колоннах со связями устанавливаются вертикальные “ерши”, к которым приваривается плита базы колонны. Как правило, “ерши” выполняются из швеллера, глубина заделки и номер которого зависит от горизонтальных усилий.

Для стеновых конструкций из двух вариантов стеновой конструкции выбрана сборная железобетонная плита с навесным фасадом фирмы «Краспан», она оказалась более эффективной для сибирских условий, по сравнению с однослойной керамзитобетонной панелью. Сравнение осуществлялось по теплотехническим характеристикам.

Из трех способов и методов организации строительства в проекте приняты – подрядный способ ведения строительства и поточный способ организации строительства объекта, как наиболее эффективные.

### **Библиографический список**

1 Свод правил СП14.13330.2014 «СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 18 февраля 2014 г. №782)

2 Шерешевский И.А. «Конструирование гражданских зданий» - Л.: Стройиздат, 1981г. – 176с.

3 Орловский Б.Я., Орловский Я.Б. Архитектура гражданских и промышленных зданий. – М.: Высшаяшко-ла, 1991. – 304с.

4 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций зданий и сооружений: Метод. указ. Изд. 2-е, доп./Сост.: О.В. Матехина, Ю.К. Осипов; СибГИУ. – Новокузнецк, 2010 – 62с.

## КОНЦЕПЦИЯ ГЛОБАЛИЗМА И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТВОРЧЕСТВА В ПРАКТИКЕ СОВРЕМЕННОГО АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Ершова Д.В.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация: рассмотрены проблемы глобализма и национальной идентификации архитектуры в практике работы над выпускными квалификационными работами по направлению обучения «архитектура», бакалавриат. Факторы психологического, интеллектуального характера и их влияние на архитектурное творчество во время обучения. Особенности развития творческих навыков во время работы над выпускным проектом.*

*Ключевые слова: глобализм в архитектуре, национальная идентификация в архитектуре, психология творчества, подготовка архитектурных кадров, выпускная квалификационная работа архитектора, бакалавриат.*

Концепция глобализма в архитектуре предполагает универсальный образный язык, понимаемый в любой точке мира. В этой связи современная архитектура регионов постоянно сталкивается с противоречием: с культурным феноменом космополитизма с одной стороны и потребностью сохранить национальные черты в архитектуре – с другой.

Неоднократно о необходимости сохранения национальной самобытности в архитектуре говорилось многими экспертами в области архитектуры и культуры в целом [1]. Однако, кроме декларативности, в таких трудах относительно мало конкретных предложений для внедрения в практику проектирования. Так, например, поиск и восстановление национальных культурных традиций в современной отечественной архитектуре мало и неэффективно используется. Безусловно, для этого существует целый ряд причин экономического и культурного характера. В связи с этим возникает вопрос, каким образом следует соотносить проблему сохранения национального характера архитектуры с условиями развития современного мира и его глобальными тенденциями? В особенности, когда речь идет о профессиональном архитектурном образовании.

Современная архитектура основана на создании новой художественной образности на базе использования технических возможностей стройиндустрии, инновационных и научных достижений. Поэтому, современные реалии проектирования ориентируют стремление выпускников-архитекторов на использование актуальных способов создания эффективных образов в духе параметризма.

Работая с крупными общественными зданиями в качестве темы проектов для выпускной работы (ВКР), на бакалавриате, обучающийся стремится выразить не только свои эстетические предпочтения, сформированные в течение обучения, но и приобрести навыки использования последних тенденций в современной архитектуре, как правило, в стилистике глобализма. Поскольку ВКР бакалавра носит квалификационный характер, то студент чаще всего, выбирает наиболее привлекательную для себя тему, которая дает ему возможность продемонстрировать свои художественно-практические навыки как архитектора. В этой связи основу образности крупных общественных зданий, составляют интернациональные мотивы. Свободная пластика, бионические объемно-пространственные структуры таких зданий позволяют студенту использовать современные конструктивные системы с широким спектром формообразования. Возможности параметрической архитектуры и BIM позволяют создавать уникальные концептуальные образы, приближая общественные здания по степени эмоционального воздействия к арт-объектам. Таким образом, реализуется программа «устремленности в будущее» нового поколения архитектурных кадров.

Национальная идентичность в архитектуре чаще всего предусматривает более сдержанные по формообразованию и масштабам здания, но богатые по выразительности. Работа

в этом направлении более сложна для студента и выпускника архитектурного института, т. к. она предполагает глубокое знание исторических корней формирования и развития национальной архитектуры. Но, самое главное, требует наличия навыков использования ее элементов в создании новых объектов архитектуры с национальной идентичностью, где поддерживается преемственность старого и нового. Такая задача оказывается чрезвычайно сложной в качестве основы для дипломного проектирования, поскольку должна осуществляться в непосредственном сотрудничестве с профессионалом. Однако такое сотрудничество не вписывается в рамки руководства ВКР бакалавра, как недостаточное по времени и рамкам учебной нагрузки. Поэтому архитектурные проекты ВКР в большей степени определены стилистикой глобальных архитектурных концепций.



Рисунок 1 – Культурно-развлекательный центр на набережной, г. Новокузнецк. Фрагмент ВКР, бакалавр Бгавиной А.С., руководитель к.т.н., доц. Ершова Д.В.

Архитектурное образование в своей основе направлено, прежде всего, на формирование и развитие творческих способностей обучающегося. Качество выпускной работы студента во многом зависит от ряда факторов психологического и интеллектуального характера. Как известно, последовательность творческого процесса в архитектуре на проектной стадии делят на несколько этапов: психология выбора источника художественного образа и его трансформации в ходе проектирования; создание архитектурной концепции на основе сопоставления вариантов; использование метафор и гиперболизации. [2]

За 12 летний срок наблюдений за формированием креативных навыков выпускников архитектурного направления обучения СибГИУ, в процессе выполнения ВКР, можно выделить следующие характерные особенности:

- студент выбирает руководителя ВКР в зависимости от психологических предпочтений, желания получить новый опыт работы с непривычными для него подходами к проектированию, либо, напротив, родственными взглядами;
- на выбор темы ВКР студента оказывает влияние собственная точка зрения, предпочтения и влияние (точка зрения), руководителя;
- уровень креативности студента выпускного курса во многом совпадает с уровнем креативности руководителя ВКР, что обеспечивает взаимопонимание на всех этапах выполнения проекта;
- высокий интеллектуальный уровень выпускника, обеспечивает выполнение сложных и многоуровневых проектов, включающих разработку не только концептуального, планировочного решения зданий, но и обширного участка градостроительной ситуации и генплана территории здания (рисунок 1);
- основу образности подавляющего количества объектов проектирования ВКР составляет параметризм глобальных мировых архитектурных концепций.

### Библиографический список

1. Красильников В.Д. Глобализация культуры и выживание нашей архитектуры / В.Д. Красильников // Academia. Архитектура и строительство. – 2012. – № 4. – С. 5 – 7.
2. Ткачев В.И. Психология творческого процесса в архитектуре и дизайне / Проблемы образования в высшей строительной школе. – ISSN 1997-0935. Вестник МГСУ, 2013. – №5. – С. 239 – 246.

## РЕФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ. ПРОБЛЕМЫ И РЕАЛЬНОСТЬ

Осипов Ю.К.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация: Показано, что любое реформирование в сфере образования, особенно высшего, весьма болезненный процесс. Как результат, он приводит к резкому снижению у молодежи интереса к высшему образованию по широкому спектру специальностей.*

*Ключевые слова: образование, архитектура, реформа.*

Как известно архитектура – результат органичного сочетания различных дисциплин и ситуаций, ставший в настоящем более неполным и непостоянным, нежели в прошлом. Фрагментарность современной архитектуры становится всё более ощутимой, равно как и все больший распад форм.

Познавательная деятельность студента связана с изучением общих и специальных дисциплин. Полученные знания преобразуются в конструктивно-творческую деятельность в ходе архитектурного проектирования. При этом происходит объединение теории и практики, осуществляется связь между теоретическими и проектными дисциплинами. Архитектурное проектирование объединяет изолированные дисциплины и распространяет свое влияние на все учебные области.

В недавнюю эпоху модернизма отношения между искусством, технологией и строительной сферой были четко определены. И само понятие архитектуры было ясным и понятным, сформировавшимся за многие столетия. Теперь же это понятие требует коррективов. Художественный взгляд в наши дни вступает в противоречие с информационными технологиями и техническими достижениями.

Ле Корбюзье, французский архитектор швейцарского происхождения, теоретик новой архитектуры, живописец и дизайнер, был одним из основателей «всемирного стиля» в архитектуре. В одном из своих известных высказываний – «дом – это машина для жилья» – он выразил идею целесообразности архитектуры. Архитектор настаивал на том, чтобы проектирование здания осуществлялась также продумано, как конструирование техники. Многие исследователи разделяли его взгляды, и это привело к тому, что архитектура стала более механической и технологичной. Всё это стало прошлым, так как происходило в начале прошлого столетия. Но, тем не менее, это мировое наследие, от которого нельзя отмахнуться. Но следует извлекать уроки.

Прошлое оставило нам и свои прототипы, в числе которых есть и материалы, и форма, и стратегии, и даже идеалы, имеющиеся у каждого исторического периода. Яркие примеры воплощения характерных черт архитектуры, присущих определенному периоду в истории.

Достижения нашей эпохи позволяют реализовать и претворять в жизнь идеи, которые еще совсем недавно казались утопией. Движение к прозрачности, скорость и смещение линий – это те идеи, которые олицетворяют в наших глазах будущее, и которые воплощаются в новых зданиях. Пространство – это то, что окружает всех нас, его можно видоизменять, и именно это делают архитекторы.

Постановка архитектурного образования в нашей стране и задачи высшей архитектурной школы определяются спецификой профессии архитектора и его творческой деятельностью. Социальная значимость профессии архитектора возрастает, когда проблемы архитектуры связываются с решением задачи организации материальной и архитектурно-пространственной жизненной среды человека. И это очевидно, так как архитектура настоящая та, для которой человек в центре внимания.

Архитектура, отражая жизнь эпохи, требует от архитектора глубокого знания социальных, технических, научных и художественных проблем. Этим определяется основная задача архитектурного образования – обучить и воспитать архитектора, способного охватить жизнь во всём ее многообразии. Высшее архитектурное образование призвано обеспечить подготовку архитектора, обладающего высоким уровнем культуры и сформировать его, как личность.



На современном этапе резко меняются подходы к подготовке специалистов. Архитектурный замысел и дальнейшее воплощение проекта в жизнь, как правило, продиктованы региональными, социально-экономическими факторами, национальными и историческими особенностями, экологической ситуацией. Реальность в архитектуре основана на стандартах и нормах. На практике проект проходит ряд инстанций для согласования, экспертиз – то, с чем студенты в период обучения не сталкиваются и могут предлагать самые различные решения. Но уже сегодня в учебном процессе при подготовке специалистов возникают вопросы и противоречия: нужна ли специализация в архитектурном образовании; чему отдать предпочтение – компьютерному или традиционному (ручному) выполнению курсовых и дипломных проектов; что важнее – экономика проектных решений или выразительный образ и т.д.

Однозначных ответов нет, но очевидно каждая архитектурная школа, в первую очередь региональная, должна самостоятельно решать вопросы на уровне формирования учебных планов, авторских программ, что не всегда удается.

В архитектурном образовании возник целый ряд противоречий, имеющих системный характер. И для их решения необходимо провести комплекс действий по устранению создавшихся проблем. Существующие проблемы в архитектурном образовании можно условно разделить на два уровня. Первый уровень – это формирование нормативной документации по разработке образовательных программ. Второй уровень – непосредственная реализация образовательных программ на уровне вуза.

Первый уровень предполагает реформирование высшей архитектурной школы «сверху», что значительно превышает инициативу «снизу» и приводит к дезорганизации в процессе поиска новых способов выхода из сложившейся ситуации. При этом идея модернизации создает проблемную ситуацию, открывающую актуальность и допускающую процесс осознания новых возможностей, и прежде всего, совместного творчества работодателей, высшей школы и студентов по моделированию результатов образования и образовательного процесса. Усугубляет ситуацию положения архитектурного направления в одной группе направлений и специальностей со строительными направлениями.

На уровне вуза пересмотра норм времени при расчете нагрузки приводит к тому, что уменьшается фактическое аудиторное время на одного студента.

При этом остро встает вопрос передачи знаний и опыта посредством новых подходов, методов и технологий обучения. Это заставляет преподавателей обращаться к педагогическим технологиям и пересматривать свои же подходы к подаче материала. Особенно это актуально для всеобъемлющей дисциплины «Архитектурное проектирование», в которой передача опыта и обучение по типу «мастер – ученик» не имеет альтернативы.

Существующие нормативные документы позволяют вузу самостоятельно формировать учебные планы и их содержательное наполнение. Однако возможность формировать свободный учебный план, ограниченный только количеством зачетных единиц и соотношением в них аудиторных и самостоятельных часов, создает проблему мобильности студентов, возможности освоения дисциплин в разных вузах из-за существенной разницы в учебных планах.

Тенденция к увеличению доли самостоятельной работы студента косвенно указывает на перенос ответственности за свое образование на студента.

На наш взгляд существует еще одна проблема, на которую следует обратить внимание. Это активное распространение цифровых технологий и методов компьютерного моделирования в учебном проектировании, что привело к вытеснению ручной графики. Компьютер используется довольно широко практически всеми студентами. При этом решаемые проектные задачи можно свести к нескольким позициям: разработка объемно-пространственных и планировочных решений; онлайн редактирование совместно с преподавателем; определение видовых точек перспектив и так далее.

По существу компьютер используется студентами дискретно. При этом прослеживается явное несовершенство виртуальных средств с точки зрения обеспечения конечных целей учебного проектирования: разрыв между техникой и творчеством.

Экран компьютера не способен охватить весь проект с должной степенью детализации. Фрагментарность обзора затрудняет целостное восприятие проектируемого объекта. Это психологически перегружает студента необходимостью постоянно проверять вносимые изменения и держать в голове массу непрерывно меняющихся деталей.

Ручная техника позволяет автору свободно следовать за своей формирующейся профессиональной интуицией, сосредотачиваясь на вопросах архитектуры, актуальных лишь для человека. В этом диалоге студента с архитектурным пространством, компьютер часто становится «третьим лишним». Он, как правило, требует головоломных ответов с узкоспециализированным инструментарием: «как это сделать на компьютере?». В итоге, вместо разработки архитектурно-пространственного решения, время и силы тратятся на второстепенную задачу разработки средств его отображения на компьютере, что не всегда оправданно. И дело скорее в том, что человек и компьютер видят и отображают архитектуру по-разному. Полученные на компьютере ортогональные проекции всё равно нуждаются в ручной доводке. В виртуальном пространстве можно моделировать «всё что угодно».

Компьютер бессмысленно использовать при разработке архитектурной формы, которая затем оказывается невыполнимой при изготовлении бумажного макета. В то же время ручной (бумажный) макет позволяет проверить рациональность формы с точки зрения технологичности конструктивных узлов. Компьютерные программы на порядок увеличивают трудоемкость работы, затраты времени и финансовых средств, одновременно ослабляя связь между автором (студентом) и произведением, понижают мотивацию к творчеству. Практически весь учебный процесс компьютеризирован, соответственно резко возрастает психологическая и физиологическая нагрузка на студентов. По этой причине студенты обосновывают отказ от полного выполнения проекта на компьютере именно этим. В этом случае ручная графика становится отдыхом от компьютера и позволяет восстановить рабочей силы студента.

Любое реформирование, особенно в сфере образования, сродни хирургической операции. Если бы болонская система каким-то образом была адаптирована к местным российским реалиям, то последствия такой операции были бы менее болезненны. Болонская система разделила студентов на бакалавров и магистров. При этом объем подготовки бакалавров по сравнению со специалистами сократился на целый год, в результате чего произошло значительное сокращение, в том числе, профессиональной подготовки. Таким образом, выпускник-бакалавр не вполне годен к практической работе. Магистратура же не дает более глубокой профессиональной подготовки, а направлена на научно-исследовательскую деятельность.

Что нужно сделать в системе подготовки архитекторов? Прежде всего, необходимо в цепочке подготовки создать что-то вроде интернатуры – практического обучения в архитектурных мастерских после завершения академического образования с целью подготовки к квалификационному экзамену для получения профессиональной квалификации. Другими словами, бакалавр-архитектор должен доказать свое право считаться профессиональным архитектором. Другой вариант – последипломная практика в течение двух-трех лет в архитектурных мастерских и проектных организациях с последующей сдачей квалификационного экзамена.

Вывод: образование архитектора – пожизненный процесс, предполагающий регулярное освоение нового в науке и искусстве, а также совершенствование способности обеспечивать комфорт, безопасность и красоту окружающей нас искусственной среды.

Еще одна проблема, которая давно зрела на фоне реформирования образования, и которая в последние годы становится актуальной – это уровень образования, и архитектурное образование не является исключением. По разным источникам только 32 – 34 % юношей и девушек считают качественное высшее образование важнейшим фактором при устройстве на работу.

С 2015 г. был запущен механизм, в котором изучаются приоритеты молодых людей в возрасте от 15 до 30 лет при устройстве на работу. Результат оказался не очень ожидаемым: высшее образование перестает быть конкурентным преимуществом на рынке труда, и это впервые за 20 с лишним лет. Работодателей перестали интересовать дипломы соискателей. Главным стал опыт работы, и молодежь быстро решила, что долго учиться не нужно.

Начиная с 2015 г. интерес работодателей к новоиспеченным выпускникам вузов снижается. По данным НИУ ВШЭ «Российская молодежь: образование и наука» (2018 г.), доля предприятий, нанимающих на работу университетских выпускников, сократилась за последние 10 лет: в строительстве с 70 до 43 %, в промышленности – с 73 до 62 %. Выпускникам не хватает практических навыков – об этом говорит уже 91 % работодателей. Поэтому на рынке труда возник сегодня новый тренд: опыт работы важнее диплома. Молодежь чувствует эти изменения и по-своему на них реагирует. Опыт работы становится определенной альтернативой высшему образованию: человек приобретает нужные знания и навыки помимо вуза.

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
ПРАВОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ»**

**Иванова Л.М.**

**Научный руководитель – к.и.н., доцент Бельков А.В.**

*ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
г. Кемерово, Россия*

*Аннотация. В статье исследуется вопрос совершенствования правовой подготовки магистров по направлению «Землеустройство и кадастры». В целях оценки необходимости совершенствования планируется научный эксперимент с участием магистрантов КузГТУ по направлению «Землеустройство и кадастры». Форма эксперимента – тестирование магистрантов по 5 направлениям права.*

*Ключевые слова: землеустройство, кадастры, магистратура, КузГТУ, научный эксперимент, земельное право, градостроительное право, лесное право, недра, кадастровые работы.*

Одним из результатов кадастровой деятельности является установление характеристик объектов недвижимого имущества, в том числе земельных участков. Характеристики объекта недвижимого имущества, а так же особенности его правообладателя (субъекта земельных отношений), напрямую влияют на правовой режим использования такого объекта.

Это означает, что решения принятые в ходе кадастровой деятельности, имеют правовые последствия, которые могут различным образом отразиться на правообладателе объекта недвижимости. Характер таких последствий может быть как положительным, так и отрицательным, что зависит от полноты учета кадастровым инженером факторов, влияющих на объект и субъект кадастровой деятельности.

Факторы, влияющие на объект кадастровой деятельности и субъект земельных отношений, закреплены в широком спектре законов и подзаконных нормативных правовых и ненормативных актов, охватывающих разные сферы жизнедеятельности человека. Это обусловлено особым статусом земли и иного недвижимого имущества как основных средств обеспечения жизнедеятельности человека.

Полнота учета упомянутых факторов и предварительная оценка правовых последствий решений, принимаемых в ходе кадастровой деятельности являются одним из показателей качества работы кадастрового инженера.

Положительными последствиями качественного выполнения кадастровых работ могут служить:

– профилактика нарушений в сфере использования земельных участков и прочих объектов недвижимого имущества путем информирования заказчика о правовых последствиях нарушения режима использования земельных участков и прочих объектов недвижимого имущества;

– содействие росту экономической эффективности деятельности заказчика кадастровых работ, путем информирования о принципах расчета кадастровой стоимости объектов недвижимого имущества, в том числе земельных участков в зависимости от их характеристик; информирование о налоговых и прочих обязательных платежах, базой для которых служит кадастровая стоимость.

Индикатором необходимости выполнения приведенных показателей может служить судебная практика. Так, согласно отчету судебного департамента при Верховном суде РФ, в 2016 г. арбитражными судами субъектов РФ было рассмотрено 51 802 дел, связанных с применением законодательства о земле. Областными и равными им судами в 2016 г. было рассмотрено 12 409 дел об оспаривании результатов кадастровой стоимости.

Несомненно, анализ правовых последствий нарушения правовых норм и экономический эффект использования объектов недвижимости, в первую очередь являются задачами землепользователя и владельца иного недвижимого имущества. Однако, применение глубоких знаний кадастрового инженера на стадии кадастровых работ позволит лучшим образом решить ряд вопросов.

В результате исследования образовательных программ, осваиваемых магистрантами по направлению «Землеустройство и кадастры», выявлены 3 основные изучаемые отрасли права:

- земельное право;
- градостроительное право;
- специальные нормы (ФЗ «О регистрации недвижимости», ФЗ «О кадастровой деятельности», ФЗ «О землеустройстве»).

Однако, в связи с тем, что согласно официальным сведениям Росреестра, изложенным в Докладе о состоянии и использовании земель в Кемеровской области, площадь земель лесного фонда составляет 56,0% от всей площади Кемеровской области, целесообразно также исследовать уровень изученности магистрантами лесного законодательства.

Также, с учетом высокого развития угледобывающей отрасли на территории Кузбасса, и особенностей, устанавливаемых в отношении землепользования Федеральным законом «О недрах», а также иными нормативными актами, представляет интерес уровень изученности магистрантами таких актов.

В этой связи, в целях совершенствования правовой составляющей подготовки магистров по направлению «Землеустройство и кадастры» запланирован эксперимент, заключающийся в оценке изученности магистрантами следующих отраслей права:

1. Земельное право;
2. Градостроительное право;
3. Специальные нормы (ФЗ «О регистрации недвижимости», ФЗ «О кадастровой деятельности», ФЗ «О землеустройстве»);
4. Лесное право;
5. Специальные нормы о недропользовании, включая ФЗ «О недрах».

В целях проведения эксперимента планируется разработка специального теста из 108 заданий с тремя уровнями сложности вопросов по каждой из перечисленных отраслей. Количество участников эксперимента – 17 магистрантов, выпускников года магистратуры по направлению «Землеустройство и кадастры» КузГТУ 2017 года.

Правильная статистическая обработка результатов эксперимента позволит более полно оценить степень изученности магистрантами каждой отрасли права, и на основании этого предложить мероприятия по совершенствованию правовой составляющей подготовки магистров по направлению «Землеустройство и кадастры».

### **Библиографический список**

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ, статья 1 (ред. от 29.07.2017 с изм. и доп., вступ. в силу с 11.08.2017).
2. Ашиткова Т.В. Актуальные проблемы прокурорского надзора за исполнением законодательства о землепользовании // Российская юстиция. 2016. N 7. С. 60 - 63. // СПС «КонсультантПлюс».
3. Бигаева Г. Цена кадастровой стоимости // ЭЖ-Юрист. 2015. N 42. С. 1, 7. // СПС «КонсультантПлюс».

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА, ПРОВЕДЕННОГО В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРАВОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ»**

**Иванова Л.М.**

**Научный руководитель – к.и.н., доцент Бельков А.В.**

*ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева»,  
г. Кемерово, Россия*

*Аннотация. В статье исследуется вопрос совершенствования правовой подготовки магистров по направлению «Землеустройство и кадастры». В целях оценки необходимости совершенствования был проведен научный эксперимент с участием магистрантов КузГТУ по направлению «Землеустройство и кадастры». Форма эксперимента – тестирование магистрантов по 5 направлениям права. Приводится анализ результатов эксперимента.*

*Ключевые слова: землеустройство, кадастры, магистратура, КузГТУ, научный эксперимент, земельное право, градостроительное право, лесное право, недра, кадастровые работы.*

Анализ правовых последствий нарушения правовых норм и экономический эффект использования объектов недвижимости, в первую очередь являются задачами землепользователя и владельца иного недвижимого имущества. Однако, применение профессиональных компетенций кадастрового инженера на стадии кадастровых работ позволяет лучшим образом решить ряд вопросов.

В результате исследования образовательных программ, осваиваемых магистрантами по направлению «Землеустройство и кадастры», выявлены 3 основные изучаемые отрасли права:

- земельное право;
- градостроительное право;
- специальные нормы (ФЗ «О государственной регистрации недвижимости», ФЗ «О кадастровой деятельности», ФЗ «О землеустройстве»).

Однако, в связи с тем, что согласно официальным сведениям Росреестра, изложенным в Докладах о состоянии и использовании земель в Кемеровской области, площадь земель лесного фонда составляет 56,0% от всей площади Кемеровской области, целесообразно также исследовать уровень изученности магистрантами лесного законодательства.

Также, с учетом высокого развития угледобывающей отрасли на территории Кузбасса, и особенностей, устанавливаемых в отношении землепользования Федеральным законом «О недрах», а также иными нормативными актами, представляет интерес уровень изученности магистрантами таких актов.

В этой связи, в целях совершенствования правовой составляющей подготовки магистров по направлению «Землеустройство и кадастры» был запланирован эксперимент, заключающийся в оценке изученности магистрантами следующих отраслей права:

1. Земельное право;
2. Градостроительное право;
3. Специальные нормы (ФЗ «О регистрации недвижимости», ФЗ «О кадастровой деятельности», ФЗ «О землеустройстве»);
4. Лесное право;
5. Специальные нормы о недропользовании, включая ФЗ «О недрах».

В целях проведения эксперимента был разработан специальный тест из 108 заданий с тремя уровнями сложности вопросов по каждой из перечисленных отраслей. Количество участников эксперимента – 17 магистрантов, выпускников года магистратуры по направлению «Землеустройство и кадастры» КузГТУ 2017 года.

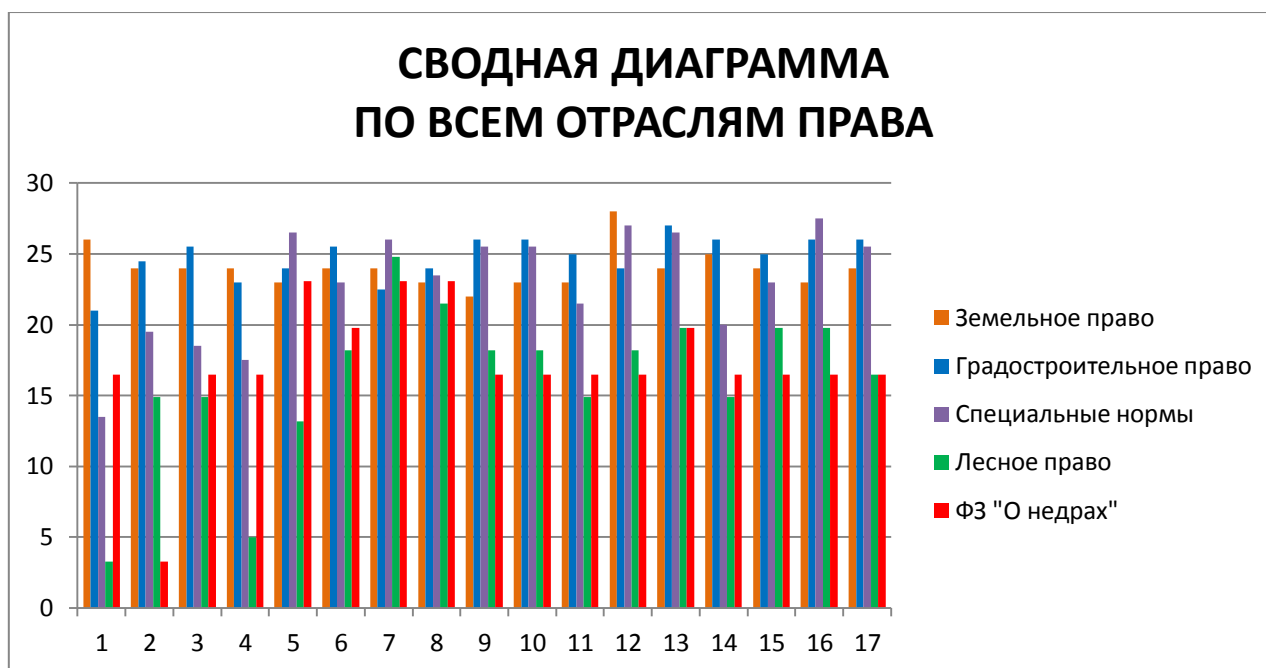
Задания теста содержали в себе теоретические вопросы, а также задачи практического характера. Также, различными были способы ответа – от выбора из 2-х вариантов (уровень сложности -1), до самостоятельного ответа, без предлагаемых вариантов (уровень сложности +1).

Результаты обработки теста позволяют сделать следующие выводы:

1. Уровень подготовки магистрантов КузГТУ по направлению «Землеустройство и кадастры» является высоким в отношении земельного и градостроительного права, а также в отношении специальных норм (ФЗ «О регистрации недвижимости», ФЗ «О кадастровой деятельности», ФЗ «О землеустройстве») – по перечисленным направлениям участники эксперимента набрали в среднем по 24, 25 и 23 соответственно (из 30 возможных баллов);

2. Уровень подготовки магистрантов КузГТУ по направлению «Землеустройство и кадастры» является средним в отношении лесного права и специальных норм о недропользовании, включая ФЗ «О недрах» – по данным направлениям участники эксперимента набрали в среднем по 16 и 17 баллов соответственно (из 30 возможных баллов).

Графически обобщенные результаты представлены на следующей диаграмме:



При этом, в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 21.04.02 «Землеустройство и кадастры» для программ магистратуры, выпускник, освоивший данную программу должен быть готов решать в числе прочих следующие профессиональные задачи:

- организационно-управленческая деятельность;
- поиск оптимальных решений при землеустройстве и кадастрах с учетом экономических, социальных, экологических и других условий.

Также, согласно указанному ФГОС ВО, объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу магистратуры, являются земельные ресурсы и другие виды природных ресурсов, категории земельного фонда, территории субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, населенных пунктов, территориальные зоны, зоны с особыми условиями использования территорий, зоны специального правового режима, зоны землепользований и земельные участки в зависимости от целевого назначения и разрешенного использования, земельные угодья, объекты недвижимости и кадастрового учета, информационные системы и технологии в землеустройстве и кадастрах, геодезическая и картографическая основы землеустройства и кадастров.

С учетом приведенных требований, а также с учетом обширного покрытия территории Кузбасса землями лесного фонда, и развитостью угледобывающей промышленности, являющейся крупным заказчиком кадастровых работ, в целях совершенствования правовой составляющей подготовки магистров КузГТУ по направлению «Землеустройство и кадастры», можно предложить включение в образовательные программы углубленное изучение норм лесного законодательства и Федерального закона «О недрах».

Это позволит выпускникам владеть более полной информацией о правовом режиме того или иного участка, к примеру о сроках и порядке получения прав на лесные участки после их кадастрового учета, ограничениях использования участка, расположенного в границах участка недр, и т.д., что в свою очередь позволит им совместно с заказчиками кадастровых работ принимать более качественные управленческие решения.

### **Библиографический список:**

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ, статья 1 (ред. от 29.07.2017 с изм. и доп., вступ. в силу с 11.08.2017).
2. Ашиткова Т.В. Актуальные проблемы прокурорского надзора за исполнением законодательства о землепользовании // Российская юстиция. 2016. N 7. С. 60 - 63. // СПС «КонсультантПлюс».
3. Бигаева Г. Цена кадастровой стоимости // ЭЖ-Юрист. 2015. N 42. С. 1, 7. // СПС «КонсультантПлюс».
4. Приказ Минобрнауки России от 30.03.2015 N 298 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры (уровень магистратуры)».

## Секция 2. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКЦИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 691.4(571.1/5)

### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ В КУЗБАССЕ

Столбоушкин А.Ю.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* Показана необходимость экологического развития Кузбасса, имеющего сотни миллионов тонн техногенных отходов, в свете приоритетных решений политического руководства России. На примере керамических строительных материалов приведены новые драйверы строительства и развития Кузбасса. Отмечена целесообразность перехода ресурсоемкого производства строительной керамики на новые виды техногенного сырья. Показана низкая эффективность традиционных технологических способов получения кирпича при использовании техногенного сырья и актуальность производства на его основе строительных керамических матричных композитов в Кузбассе. Приведены граничные условия создания керамических матричных композитов со структурами различных типов, включая ячеистозаполненную, ячеистую со стеклокристаллическим каркасом и объемноокрашенную структуры. Отмечена эффективность применения разработанных составов и технологий получения керамических стеновых материалов матричной структуры.

*Ключевые слова:* экологическая безопасность, техногенное алюмосиликатное сырье, керамический матричный композит, ячеистая керамика со стеклокристаллическим каркасом, объемноокрашенная керамика матричной структуры

На современном постиндустриальном этапе развития перед человеческим сообществом все острее встанут проблемы самосохранения, вызванные прежде всего нарушением естественной среды обитания. На заседании Государственного совета по вопросу об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений в декабре 2016 г. президент России обозначил наиболее острые экологические проблемы, требующие приоритетного решения [1]. Без кардинального снижения выбросов вредных веществ в окружающую среду проживание в промышленных регионах страны к середине столетия станет небезопасным. Как следствие наступят серьезные труднообратимые и даже необратимые изменения природы, которые сделают невозможным безопасное проживание людей на этих территориях.

Минувший в 2017 Год экологии [2] и последовавшие за ним реформа системы обращения с отходами, работа по снижению вредных выбросов в воздух и другие мероприятия показали необходимость системного и комплексного подхода в решении поставленных политическим руководством страны задач экологического развития России, рассчитанного не на одно десятилетие.

Показательным регионом в этом отношении является Кемеровская область. Кузбасс издревле был кузницей России, обладая запасами железной руды и многих других ценных ресурсов. В годы Великой Отечественной Войны именно здесь ковали Великую Победу труженики тыла. По праву Кузбасс был и остается главным поставщиком высококачественных углей как на внутренний рынок, так и за рубеж. Имея развитые горнодобывающую, угольную, металлургическую, энергетическую, химическую и другие отрасли промышленности, «черная жемчужина» нашей страны накопила огромное количество техногенных отходов, счет которых идет уже не на десятки, а на сотни миллионов тонн [3].

Например, по Югу Кузбасса годовой выход в отвалы только отходов обогащения железных руд Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики составляет более 1500 тыс. куб. м, Мундыбашской обогатительной фабрики порядка 700-800 тыс. куб. м. Пополнение отходов углеобогащения Мысковской ЦОФ ежегодно насчитывает около миллиона тонн, Абашевской ЦОФ более 400 тыс. т, Кузнецкой ЦОФ – 850 тыс. т. Выбросы золошламовой смеси Западно-Сибирской ТЭЦ насчитывают более 900 тыс. т, Томусинской ГРЭС около 800



тыс. т, Южно-Кузбасской ГРЭС порядка 400 тыс. т и др. [4].

Приведенные цифры являются наглядной иллюстрацией того, что для нашего региона задолго до экологического рубежного года назрела и жизненно необходима полномасштабная утилизация крупнотоннажных промышленных отходов. Одним из направлений в решении этой экологической проблемы может стать их использование в такой ресурсоемкой отрасли как производство строительных материалов и изделий. Причем имеется положительный опыт применения техногенного сырья в Кузбассе, например, при выпуске керамического кирпича из 100 % отходов углеобогащения [5] и др.

Для улучшения экологии в индустриальных регионах, «переформатирования» моногородов, «активизации жизненных процессов» и укрепления малозаселенных районов страны сегодня нужны новые драйверы развития. Создание эшелонированной многоуровневой инфраструктуры «будущего» в городах и населенных пунктах требует новых строительных технологий и материалов. В области строительной индустрии – приоритетами должны стать российские наукоемкие производства, оборудование, машины и комплектующие, сориентированные на местные и, прежде всего, техногенные сырьевые ресурсы.

В Кузбассе такими драйверами, опять же, на примере производства керамических строительных материалов могут стать следующие:

- вхождение целого ряда Кузбасских городов, включая полумиллионный Новокузнецк, в федеральную программу ТОСЭР в соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2014 года № 473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации» [6];

- комплексная разноуровневая застройка городской среды;
- стабильный спрос на мелкоштучные стеновые материалы, связанный с ростом сегмента нетипового и индивидуального строительства;

- замечательные физико-механические и эстетические свойства керамики, изготавливаемой человеком с древности;

- повсеместно распространенные, практически неограниченные сырьевые ресурсы природных и техногенных алюмосиликатов [7].

На фоне истощения промышленных запасов высококачественных глин [8, 9] в Кемеровской области сосредоточено больше половины твердых минеральных отходов нашей страны [10], имеющих преимущественную алюмосиликатную природу. Кроме того, такие отходы, уже извлеченные из недр и предварительно тонкоизмельченные в результате обогащения полезных ископаемых, являются экономически привлекательными, так как не требуют затрат на добычу, помол, а часто и транспортировку [11]. Таким образом, как уже отмечалось, переход ресурсоемкого производства строительной керамики на новые виды техногенного сырья может быть для Кузбасса весьма целесообразным не только с экологической, но и с экономической точек зрения.

Причинами медленного освоения отходов в производстве стеновой керамики являются нестабильность их состава и свойств, несоответствие требованиям сырьевого ГОСТа, недостаточная изученность физико-химических процессов, протекающих при обжиге, а также несовершенство правовых и законодательных норм в области накопления и переработки техногенных отходов.

Многолетние исследования, выполненные автором, показали, что традиционные технологические способы производства строительных керамических материалов из природного сырья малоэффективны при переработке техногенных отходов. Например, получение керамического кирпича из отходов угледобычи и углеобогащения сопряжено с необходимостью решения многих технологических проблем, и его качество не может сравниться с продукцией кирпичных заводов, работающих на природном сырье [12].

Поэтому сегодня актуально развитие теоретических основ строительных керамических матричных композитов из техногенного сырья [13], результатом которого станут новые технологии производства керамического кирпича в Кузбассе. Основная научная идея автора заключалась в агрегации техногенных отходов в ядра с последующим устройством вокруг них прочной оболочки из глины и формировании материала, имеющего матричную структуру.

ру. В результате при обжиге и спекании оболочки получается прочный керамический материал, связанный воедино матрицей.

Для реализации научной идеи были сформулированы граничные условия создания керамических матричных композитов на основе техногенного и природного сырья с учетом существующих технологий керамических строительных материалов:

- при выборе сырьевых материалов необходимо ориентироваться на повсеместно распространенное мало- и умереннопластичное природное глинистое сырье полиминерального состава и алюмосиликатные техногенные отходы, запасы которых в настоящее время являются практически неисчерпаемыми [14, 15];

- количество корректирующих добавок в составе шихты, обеспечивающих необходимые физико-механические свойства изделий матричной структуры на основе техногенных отходов, должно быть минимальным;

- значения технологических параметров формования, сушки и обжига керамических матричных композитов должны находиться в пределах, принятых на большинстве действующих керамических предприятий;

- новые технологии производства керамических матричных композитов, сориентированные на использование техногенного сырья, должны обеспечивать экологически безопасные и безвредные при эксплуатации строительные керамические материалы.

На сегодняшний день в архитектурно-строительном институте Сибирского государственного индустриального университета под руководством автора сформировано новое научное направление: «Строительные керамические материалы матричной структуры на основе техногенного и природного сырья» [16].

Разработанные теоретические основы получения строительных керамических матричных композитов позволили создать из промышленных отходов и природного алюмосиликатного сырья новые керамические материалы со структурами различных типов, включая ячеистозаполненную, ячеистую со стеклокристаллическим каркасом и объемноокрашенную с пространственным «цветным» каркасом.

Ячеистозаполненная структура керамического матричного композита обеспечивает требуемое содержание глинистой фракции в составе шихты не более 20-25 %. Прочность полученного керамического материала на основе техногенного сырья (шламистая часть отходов обогащения железных руд, отходы углеобогащения и др.) в пересчете на реальный кирпич составляет 15-20 МПа при средней плотности 1750-1900 кг/м<sup>3</sup>.

Ячеистая структура керамики со стеклокристаллическим каркасом получена путем нанесения на поверхность гранул из пеностекла природной алюмосиликатной связки. После прессования и обжига керамический материал состоит из макропор, имеющих по внутренней поверхности сплошную стеклокристаллическую оболочку. Средняя плотность керамического материала составляет 900-1200 кг/м<sup>3</sup>, при этом его водопоглощение не превышает 7-8 % за счет изоляции порового пространства внутри стеклокристаллического каркаса.

Матричная структура декоративной керамики обеспечивает выраженное структурное окрашивание керамических матричных композитов из гранулированных шихт при минимальном количестве красящего компонента на основе марганец- или ванадийсодержащих отходов. Их концентрация на поверхности агрегированных ядер из основообразующего сырьевого компонента в процессе обжига обеспечивает формирование окрашенной матрицы при пониженном содержании хромофоров в пигменте до 25-35 %.

Проведенные лабораторные и опытно-промышленные испытания в условиях действующих кирпичных заводов полусухого прессования показывают эффективность применения разработанных составов и технологий получения керамических стеновых материалов матричной структуры.

***Результаты исследования получены в рамках выполнения госзадания Минобрнауки РФ, шифр проекта № 7.7285.2017/8.9 «Фундаментальные исследования в области строительных керамических композиционных материалов с матричной структурой на основе техногенного и природного сырья».***

## Библиографический список

1. Заседание Государственного совета по вопросу об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений. 27 декабря 2016 года, 15:10, Москва, Кремль. [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/53602> (дата обращения: 17.09.2019).
2. О проведении в Российской Федерации Года экологии: Указ Президента Российской Федерации от 05 янв. 2016 г. № 7. [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40400> (дата обращения: 19.05.2019).
3. Ляшенко В.И. Охрана окружающей среды в регионах добычи и переработки руд / В.И. Ляшенко, В.З. Дятчин // Экология производства. – 2013. – № 3. – С. 56–59.
4. Столбоушкин А.Ю. Перспективы утилизации крупнотоннажных промышленных отходов юга Кузбасса в производстве керамического кирпича / А.Ю. Столбоушкин, А.И. Иванов, О.А. Столбоушкина // Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе: сборник докладов второй межд. конференции. Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – С. 60–66.
5. Шпирт М.Я. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей / М.Я. Шпирт М.Я., В.А. Рубан В.А., Ю.В. Иткин – М.: Недра, 1990. – 224 с.
6. Новости Кемеровской области. Новокузнецк получил статус TOP [Электронный ресурс] URL: <https://www.city-n.ru/view/408621.html> (дата обращения: 17.09.2019).
7. Солодкий Н.Ф. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности: справ. пособие / Н.Ф. Солодкий, А.С. Шамриков, В.М. Погребенков // под ред. проф. Г.Н. Масленниковой. – Томск: ТПУ, 2009. – 332 с.
8. Верещагин В.И. Использование природного и техногенного сырья Сибирского региона в производстве строительной керамики и теплоизоляционных материалов / В.И. Верещагин, В.М. Погребенков, Т.В. Вакалова // Строительные материалы. – 2004. – № 7. – С. 28–31.
9. Талпа Б.В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики / Б.В. Талпа, В.Д. Котляр // Строительные материалы. – 2015. – № 4. – С. 31–33.
10. Прошунин Ю.Е. Концепция технопарка о развитии отрасли управления отходами в Кузбассе / Ю.Е. Прошунин, Е.П. Волюнкина // Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе: сборник докладов второй межд. конференции. Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – С. 15–20.
11. Кройчук Л.А. Использование нетрадиционного сырья для производства кирпича и черепицы в Китае / Л.А. Кройчук // Строительные материалы. – 2003. – № 7. – С. 8–9.
12. Столбоушкин А.Ю. Неудачный опыт перепрофилирования уникального завода по производству кирпича из отходов углеобогащения и возможные пути его реконструкции / А.Ю. Столбоушкин, А.И. Иванов, Д.В. Акст и др. // Строительные материалы. – 2017. – № 4. – С. 20–24.
13. Столбоушкин А.Ю. Теоретические основы формирования керамических матричных композитов на основе техногенного и природного сырья / А.Ю. Столбоушкин // Строительные материалы. – 2011. – № 2. – С. 10–13.
14. Бурученко А.Е. Возможности использования вторичного сырья для получения строительной керамики и ситаллов / А.Е. Бурученко // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. – 2013. Вып. – № 3 (18). – С. 7–14.
15. Абдрахимов В.З. Экологические, теоретические и практические аспекты использования алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения без применения природного традиционного сырья / В.З. Абдрахимов, Г.Р. Хасаяев, Е.С. Абдрахимова и др. // Экология и промышленность России. – 2013. – № 5. – С. 28–32.
16. Столбоушкин А.Ю. Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья / А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Бердов, В.И. Верещагин, О.А. Фомина // Строительные материалы. – 2016. – № 8. – С. 19–23.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕНОСТЕКЛА НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ПОРОД ЮЖНОГО УРАЛА

Стороженко Г.И., Казанцева Л.К. Гритчин Г.С.

ООО «Баскей Керамик» г. Челябинск, Россия

*Аннотация:* Представлены результаты лабораторных исследований и промышленных испытаний по получению пеностекла на основе кремнеземистых пород Южного Урала. Показано, что гранулированное пеностекло из широко распространенного кремнеземистого сырья можно получать в промышленном масштабе с использованием отечественного оборудования.

*Ключевые слова:* кремнеземистое сырье, опока, трепел, пеностекло

Разработка и производство долговечных, экологически безопасных и эффективных теплоизоляционных материалов по-прежнему является актуальной задачей. Минеральные изделия на синтетических связующих, полистирол и другие искусственные органические материалы, как показывает практика, со временем теряют свои теплозащитные свойства [1]. По этой причине наука и производство обращаются к новым материалам, которые, как у нас принято, оказываются старыми и незаслуженно забытыми. К таким материалам можно отнести пеностекло, пеносиликаты и пеностеклокристаллические материалы, которые отличаются по виду исходного сырья и технологическим приемам их производства [2]. Легкий ( $\rho_{\text{нас.}}=140\div 650 \text{ кг/м}^3$ ), прочный ( $R_{\text{сж.}}=0,5\div 5 \text{ МПа}$ ), долговечный и негорючий материал с низкой теплопроводностью ( $0,045\div 0,1 \text{ Вт/м}\times\text{К}$ ) может выпускаться как в виде гранул, так в виде блоков и плит [3]. В настоящее время технология производства пеностекла, разработанная в нашей стране академиком Китайгородским И.И., предлагается в аппаратурном оформлении немецких фирм «Foamglas» и «Poraver».

Несмотря на высокое качество пеностекла из стеклобоя или специально сваренного стекла это производство пока не получило широкого развития. Основными причинами являются высокие энергетические затраты на варку стекла, ограниченность такого источника сырья, как бой стекла, который характеризуется широким разнообразием химического состава, и высокая стоимость немецкого оборудования.

В России существуют не только теоретические, но и реализованные частично в производстве разработки по получению пеноматериалов типа пеностекла с использованием кремнеземистых пород без их предварительной переплавки в стекло [2].

Кремнеземистые породы (трепел, диатомит, опока и др.) относятся к опал-кристобалитовым разновидностям с высоким содержанием химически активного аморфного кремнезема, что определяет основное направление технологического процесса изготовления из них пористых строительных материалов. В основе лежит взаимодействие аморфного кремнезема и раствора NaOH с образованием гидратированных полимерных силикатов натрия -  $\text{Na}_2\text{O}\cdot m\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Использование гидроксида натрия в процессе производства вспененных материалов из кремнистых пород решает две задачи – снижение температуры плавления и образование источника вспучивающего газа.

В работе представлены результаты лабораторно-технологической оптимизации составов и термических режимов получения гранулированного пеностекла (ГПС) с последующими промышленными испытаниями его производства из кремнеземистых пород Южного Урала (опока Шиповского месторождения – Республика Казахстан и трепельные глины Потанинского месторождения – Российская Федерация).

Комплексное исследование кремнеземистого сырья и ГПС проводилось в ИГМ СО РАН методами рентгено-флуоресцентным (VRA-20R), рентгеновской дифрактометрии (Thermo Scientific ARL-X'tra), термогравиметрии (Mettler TC-10A) и электронной микроскопии (Philips XL30-FEG) [4]. Химический состав трепела и опоки представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав кремнистых пород

Порода	Содержание оксидов в % на сухое вещество							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	R <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ппп
опока	<b>81,07</b>	7,63	3,87	1,08	0,69	1,89	0,08	3,59
трепел	<b>76,16</b>	7,52	4,10	0,75	1,05		1,23	7,5

Основной составляющей исследованных кремнеземистых пород является хемогенный опал, кристаллические фазы представлены кварцем и кристобалитом, в небольшом количестве присутствуют плагиоклаз и глинистые минералы. Породы являются пористыми конгломератами (пористость до 85%), что способствует образованию гидратированных полисиликатов натрия не только на поверхности частиц, но и в их объеме.

Физико-механические свойства опоки и трепела: истинная плотность 1400-1600 кг/м<sup>3</sup>; средняя плотность – 800-1000 кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность в состоянии карьерной влажности – 800 кг/м<sup>3</sup>; пористость – 70-80%; огнеупорность – 1380-1510°С.

**Результаты лабораторно-технологических исследований.** В лабораторных условиях были разработаны оптимальные составы и способы подготовки гранул для изготовления ГПС и блочного пеностекла из опокового сырья и трепельных глин при концентрации гидроксида натрия в составах (на сухую часть шихты) от 17 до 22 мас. %. При максимальной концентрации NaOH получены ГПС с насыпной плотностью соответственно 80 кг/м<sup>3</sup> и 140 кг/м<sup>3</sup> и блочное пеностекло с плотностью 120 кг/м<sup>3</sup> и 220 кг/м<sup>3</sup>. При одной и той же концентрации гидроксида натрия в шихте – 17 мас. % в зависимости от особенностей подготовки гранулята было получено ГПС типовых классов, выпускаемых фирмами «Foamglas» и «Poraver».

**Результаты опытно-промышленных испытаний.** Проверка полученных в лабораторных условиях результатов проводилась на отечественном оборудовании опытно-промышленного цеха по моделированию и отладке технологических режимов производства пеносиликатов из кремнеземистого сырья. Опытно-промышленные испытания проводились на представительных технологических пробах кремнеземистых пород Южного Урала – опоки Шиповского и трепельных глин Потанинского месторождений карьерной влажностью соответственно 32 – 35 и 38 – 40 % и класса -40+0 мм и -200+0 мм.

Сырье предварительно дробилось в глинорыхлителе и дезинтеграторе до максимального размера частиц 15-20 мм. Следующая технологическая операция – сухое обогащение – осуществлялась в измельчительно-сушильной установке УСП-С-04.55М производительностью 2 тн/час, где сырье одновременно подвергалось сушке, помолу и обогащению для получения порошка класса -100+0 мкм и влажностью 4 – 8 %. Полученный порошок гранулировали на промышленном турболопастном смесителе-грануляторе ТЛ-100 периодического действия производства «Дзержинсктехномаш». Были отработаны технологические параметры (концентрация раствора щелочи, его температура, время грануляции, влажность и фракционный состав гранулята), обеспечивающие протекание процессов силикатообразования и гранулирования.

Сушку сырцовых гранул до остаточной влажности 0,5 % осуществляли в промышленной барабанной сушилке Сухой гранулят перед обжигом в электрической печи смешивали с 5 – 10 мас. % каолинового порошка для предотвращения слипания гранул при вспучивании. Режимы сушки и обжига ГПС при проведении полупромышленных испытаний соответствовали лабораторной прописи.

Физико-механические свойства полученного пеностекла определялись в лаборатории ОАО «Западносибирский испытательный центр. Результаты испытаний ГПС на основе опоки Шиповского месторождения, выполненных по ГОСТ 9758-86, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики ГПС из опоки Шиповского месторождения

Наименование показателей	Един. изм-я	Результаты испытаний значение/марка		Требования по ТУ 5914-001-73893595-2005
Объемно-насыпная плотность фракции 2,5 - 5 мм	кг/м <sup>3</sup>	220	D250	201-250
Предел прочности на сжатие в цилиндре	МПа	1,54	П100	1,2-1,6
Устойчивость против силикатного распада	%	1,4	–	Не более 5
Морозостойкость 15 циклов	%	1,8	–	Не более 8
Водопоглощение по объему	%	4,2	–	2-20
Потери массы при кипячении	%	0,55		Не более 5

В зависимости от режима обработки трепела, можно получать пеностеклокристаллические гранулы различной насыпной плотности 180 до 480 кг/м<sup>3</sup>. Основные характеристики ГПС, которые определялись по ГОСТ 9758-86 и методикам известной компании Dennert Rogner, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики пеностеклокристаллических гранул на основе трепела Потанинского месторождения

Класс гранул, мм	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность гранул сдавливанием в цилиндре, МПа	Коэффициент конструктивного качества	Поглощение воды, % через:		Потери массы при кипячении, %
				1 сутки	3 суток	
0,1-0,2	460±20	7,17	17,92	7,57	12,73	0,5-0,93
0,2-0,3	410±20	5,77	14,44	6,72	15,77	
0,3-0,6	380±20	4,91	12,93	6,49	12,98	
0,6-1,25	360±20	0,89	2,34	5,43	11,76	
1,25-2,5	320±20	0,88	2,44	4,77	11,22	
2,5-5	220±20	0,54	2,10	4,72	11,61	
5-10	180±20	0,52	2,33	3,33	10,33	

Были отработаны технологии производства блоков, плит и панелей, в которых пеностеклокристаллические гранулы использовались в качестве наполнителя. Гранулы на основе трепела смешивались с различными вяжущими веществами в смесителях принудительного действия. После смешивания гранулы покрываются тонким слоем вяжущего, что позволяет способом вибропрессования получать различные виды строительных теплоизоляционных изделий, физико-механические свойства которых приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-механические характеристики блочного пеноматериала

Показатели	Вид вяжущего вещества		
	Цемент	Гипс	Полимерное связующее
Средняя плотность изделий $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	510	490	350
Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ , МПа	1,1-1,2	1,5-1,6	0,9-1,1
Относительная прочность при сжатии, $\sigma_{сж}/\rho_{от}$ , МПа	5,64	7,65	7,40
Предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$ , МПа	0,4-0,5	0,8-0,9	0,3-0,4
Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м·К	0,1–0,12	0,1–0,13	0,08–0,09

На рисунке 1 показана пористая структура гранулированного пеностеклокристаллического материала, которая характеризуется однородностью и удовлетворительной остеклованностью. В остеклованных стенках пор формируются более мелкие поры, которые свидетельствуют о равномерном образовании гидратированных полимерных силикатов натрия по всему объему гранулированного материала. На рисунке 2 показана макроструктура плит 2800×1000×80 мм, которые могут использоваться в качестве звуко- и теплоизоляционных перегородок, как в жилых, так и общественных зданиях.

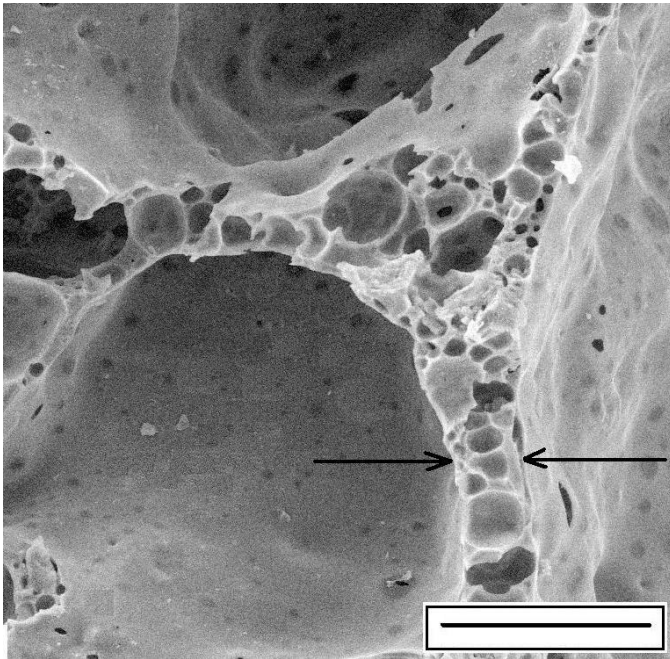


Рисунок 1 – Пористая микротекстура ГПС.  
Масштабная линейка  
соответствует 500 мкм.

Рисунок 2 – Блоки и плиты  
2800×1000×80 мм для звуко-  
и теплоизоляционных  
перегородок



Результаты лабораторных и опытно-промышленных изысканий показывают, что на основе широко распространенных на территории Южного Урала, Сибири и Дальнего Востока кремнистых пород, с использованием отечественного оборудования можно организовать в промышленных масштабах производство гранулированного пеностеклокристаллического материала, соответствующего всем нормативным показателям на пористые неорганические заполнители.

#### **Библиографический список**

1. Иванов К.С. Изоляционный материал для термостабилизации грунтов // Криосфера Земли. 2011. т. XV. № 4. С. 120–122.
2. Кетов А.А. Получение строительных материалов из гидратированных полисиликатов // Строит. материалы. 2012. №11. С. 22 – 24.
3. Горяйнов К.Э., Горяйнова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Стройиздат, 1982, 296 с.
4. Л.К. Казанцева, Д.В. Железнов, Ю.В. Сереткин, С.В. Рашенко. Формирование источника порообразующего газа при увлажнении природных алюмосиликатов раствором NaOH // Стекло и керамика. 2012. № 10. С.37 – 42.

## ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ С ДИСПЕРСНЫМИ И ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИМИ ДОБАВКАМИ

Пичугин А.П.<sup>1</sup>, Хританков В.Ф.<sup>1</sup>, Пичугин М.А.<sup>1</sup>, Матус Е.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»  
г. Новосибирск, Россия

*Аннотация.* Приведены результаты повышения сопротивляемости мелкозернистых бетонов воздействиям воды и отрицательных температур. С этой целью вначале были изучены показатели коэффициента линейного температурного расширения материала, после чего определены оптимальные рецептурные параметры с использованием отходов хризотилцементного производства (ОХЦП) и полимерных композиций. Такие добавки позволили использовать мелкозернистые бетоны при устройстве покрытий тротуаров и бордюрных камней. Отмечена хорошая сопротивляемость воздействиям воды и отрицательных температур.

*Ключевые слова:* мелкозернистые бетоны, дисперсные добавки, полимерсодержащие добавки.

Использование заполнителей способствует уменьшению усадочных деформаций бетонных и растворных смесей при твердении, так как создает эффект рассредоточения цементного камня. Наибольший эффект в цементнобетонных композиционных материалах проявляется в присутствии тяжелых заполнителей. При малых количествах заполнителя этот процесс выравнивается. В фиброцементных композициях с содержанием армирующих волокон в достаточно большом количестве наблюдается хаотичное армирование, что способствует снижению усадочных деформаций во всех направлениях. Для бетонов на мелком песчаном заполнителе основным связующим фрагментом является цементная матрица, поэтому требуется введение волокнистого микрозаполнителя в цементное тесто, способного оказать существенное влияние на величину ее усадки [1-3].

Проведенные исследования подтвердили данное предположение и показали, что на величину усадки влияет количество и геометрические размеры волокнистого заполнителя, содержание и вид вяжущего. В то же время, при использовании микрозаполнителя для дисперсного армирования необходимо учитывать возможность цементной композиции обладать достаточной адгезией к заполнителю, т.к. кремнесодержащий минеральный заполнитель постоянно покрыт гидратной пленкой, что не способствует полному взаимодействию цемента с заполнителем. Ранее нами был детально изучен этот вопрос, поэтому в данной работе мы приводим результаты дальнейших исследований по определению усадки и трещиностойкости цементной матрицы с добавкой в качестве микроармирующего компонента отходов хризотилцементного производства (ОХЦП).

Данные отходы представляют собой шлам с мелкодисперсной твердой фазой и насыпной плотностью в сухом состоянии до 600 – 700 кг/м<sup>3</sup>, состоящий из волокон хризотилового асбеста с содержанием гидратированного портландцемента до 60 – 70%. Экспериментально было показано, что для золошлакобетона введение отхода ОХЦП способствует улучшению микроструктуры и значительно снижает трещинообразование на всех этапах технологических переделов и в период эксплуатационных воздействий. Оптимальное содержание вводимого отхода АЦП в цементное вяжущее может составлять в пределах от 8 до 20%. Однако повышенное содержание отхода требует значительного дополнительного расхода воды, что приводит к снижению прочностных свойств затвердевшего цементного камня и увеличению его пористости. При малом количестве вводимого отхода АЦП пропадает эффект микроармирования.

Общеизвестно, что в результате усадки развиваются внутренние напряжения, что приводит к образованию трещин. Трещинообразование усугубляется еще и тем, что на практике цементное тесто неравномерно распределяется по поверхности заполнителя. На структуру бетона оказывает значительное влияние пористость цементного камня, зависящая

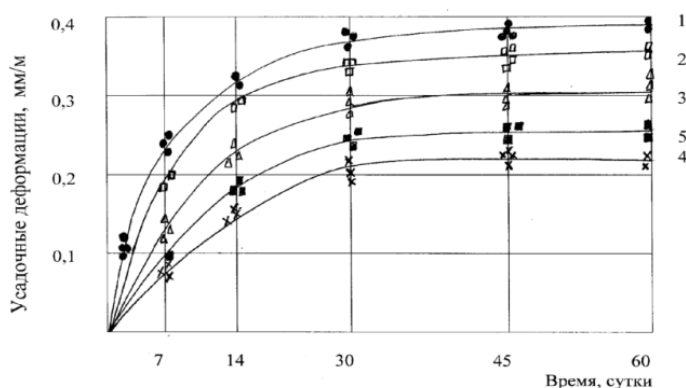


от начального содержания воды в бетонной смеси и количества воздуха, вовлеченного при ее приготовлении [2 – 4].

С этих позиций необходимо было уточнить рациональный расход отходов асбестоцементного производства с целью обеспечения минимальной усадки в течение длительного срока хранения и эксплуатации. На рис.1 представлены кривые зависимости усадки мелкозернистых бетонов на кварцевом песке от содержания отходов хризотилцементного производства. Как следует из приведенных графиков, добавка ОХЦП до 5% мало влияет на величину усадочных деформаций. При 10 – 15 % ОХЦП в составе смеси отмечается существенное снижение усадки мелкозернистого бетона (почти в два раза), что дополнительно сопровождается увеличением прочности при изгибе. Дальнейшее насыщение смеси отходами хризотилцемента не приводит к положительному эффекту ввиду агрегатизации и чрезвычайно развитой удельной поверхности хризотилового волокна, имеющего трубчатую микроструктуру. Поэтому при 20 %-ном содержании ОХЦП отмечено некоторое увеличение усадки (кривая 5, рисунок1) по сравнению с 15 %-ным содержанием ОАЦП.

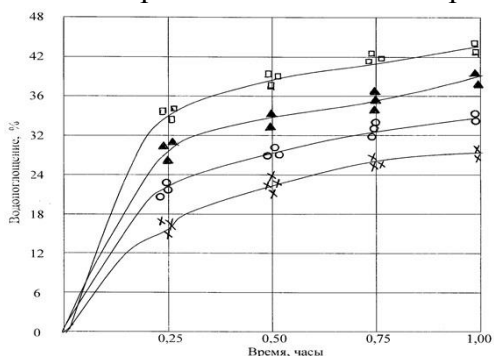
- 1 – бетон без добавок; 2 – добавка отходов ХЦП 5 %;
- 3 – то же, 10 %; 4 – то же, 15 %; 5 – то же, 20 %

Рисунок 1 – Влияние добавок отходов ХЦП на усадочные деформации строительного раствора на кварцевом песке



Кроме того, при данном расходе ОХЦП отмечается возможность получения строительного раствора максимальной плотности для различных расходов цемента, что может свидетельствовать о достижении оптимальной гранулометрии и возможности создания хорошо упакованного плотного конгломерата.

К одним из важнейших эксплуатационных свойств любых материалов, в т.ч. и затвердевших мелкозернистых бетонов, являются изменения характеристик при воздействии воды и водных сред. Так, влажность материала определяется содержанием в нем влаги, отнесенным к массе материала в сухом состоянии. По этому показателю мелкозернистые бетоны мало отличаются от обычных композиций, приготовленных по традиционным технологиям. Для выяснения особенностей затвердевшего мелкозернистого бетона на первом этапе было изучено его водопотребность. Установлено, что добавка отходов ХЦП способствует повышению водопотребности на 50 – 70 %, а введение полимерных добавок и дегидрола снижает эти показатели. Этот факт объясняется наличием волокнисто-трубчатой структуры хризотилового асбеста и высокими гидрофобными свойствами полимерных композиций, а также уплотнением пор цементного камня продуктами твердения дегидрола (рисунок 2) [5].

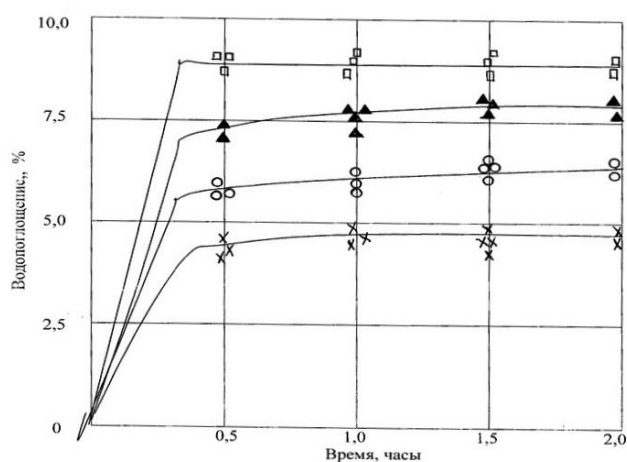


- 1 – с добавкой полимерной композиции (1%);
- 2 – с добавкой дегидрола (2%);
- 3 – без добавок;
- 4 – с добавкой ОХЦП (10%)

Рисунок 2 – Водопотребность компонентов мелкозернистого бетона с добавками

Учитывая тот факт, что свойства затвердевшего мелкозернистого бетона в большей степени зависят от его пористой структуры, которая в свою очередь может быть оценена по величине водопоглощения, были проведены комплексные исследования по определению водопоглощения и влиянию рецептурных факторов на эти показатели. На рис.3 представлены кривые зависимости водопоглощения от состава мелкозернистого бетона с различными минеральными и полимерной добавками. Показано, что минимальным водопоглощением обладают составы с введением полимерной добавки. Введение отходов хризотилцемента приводит к увеличению величины водопоглощения для затвердевшего мелкозернистого бетона от 20 до 50%.

Далее были проведены исследования по выяснению степени влияния отдельных видов добавок на свойства мелкозернистого бетона, результаты которых по всем видам испытаний физико-механических, физико-химических и эксплуатационных свойств полученного материала показали достаточно высокие качества и устойчивость к большинству нагрузок и воздействий; проведена оптимизация составов для целевого использования в качестве элементов благоустройства.



- 1 – с добавкой дегидрола 2%;
- 2 – с полимерной добавкой(1%);
- 3 – без добавок;
- 4 – с добавкой ОАЦП (10%)

Рисунок 3 – Водопоглощение мелкозернистого бетона с добавками

По показателям коэффициентов линейного температурного расширения определены оптимальные рецептурные параметры для мелкозернистых бетонов, предназначенных для использования при устройстве покрытий тротуаров и бордюрных камней. Отмечена хорошая сопротивляемость воздействиям воды и отрицательных температур.

Показаны пути увеличения эксплуатационной надежности мелкозернистого бетона за счет введения специальной проницаемой добавки дегидрол в совокупности с полимерными композициями, что обеспечивает прочность и высокую устойчивость затвердевших мелкозернистого бетона в условиях повышенного увлажнения и воздействия знакопеременных температур.

### Библиографический список

1. Соломатов В.И., Выровой В.Н. Физические особенности формирования структуры композиционных строительных материалов // Изв. высш. Учеб. завед. Строительство и архитектура, 1984, №8, с.48 – 52.
2. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат. – 1989. – 188 с.
3. Баженов Ю.М., Иванов Ф.М. Бетон с химическими добавлениями. – М.:Б.и., 1987. – 57 с.
4. Москвин В.М., Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы защиты. М.: Стройиздат, 1980. – 536с.
5. Пичугин А.П., Городецкий С.А., Бареев В.И. Коррозионностойкие материалы для защиты полов и инженерных систем сельскохозяйственных зданий и сооружений. (Монография). НГАУ-РАЕН. – Новосибирск, 2010. – 123 с. 5.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ НА ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДАХ СИБИРИ

Козлова В.К.<sup>1</sup>, Кудяков А.И.<sup>2</sup>, Карпова Ю.В.<sup>1</sup>, Кастюрин А.В.<sup>3</sup>

*ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»<sup>1</sup>  
г. Барнаул, Россия*

*ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»<sup>2</sup> г. Томск, Россия  
КГКУ «Алтайавтодор»<sup>3</sup>, г. Барнаул, Россия*

*Аннотация. В статье рассмотрены вопросы использования зол сухого отбора, образующихся при факельном сжигании Канско-Ачинских бурых углей в производстве композиционных портландцементов на цементных заводах Сибири. Выполненные исследования показали, что использование комбинированной золокарбонатной добавки, позволяет получить бездефектный цементный камень с пониженной карбонизационной усадкой и повышенной стойкостью против сульфатной и углекислотной коррозии.*

*Ключевые слова: портландцемент, композиционные портландцементы, высококальциевые золы, активные минеральные добавки, деструктивные явления.*

Устойчивое развитие строительной отрасли после стагнации предполагается с 2019 г. [1]. При этом большое внимание уделяется производству цемента, как основного строительного материала, и изготовлению из него бетонных и железобетонных конструкций. В 2018 г. общий объем производства цемента в России составил 53,8 млн. т [2]. Однако, предприятия по производству цемента территориально размещены крайне неравномерно. Так, в Дальневосточном ФО производится всего 2 % от общего объема изготавливаемого цемента, что вызывает определенные трудности в обеспечении цементом стабильного качества объектов строительства на удаленных территориях в Сибири и Дальнем Востоке, например, зданий и сооружений гражданского и оборонного значения Арктической зоны России [2]. Следует еще отметить, что из-за высокой энергоемкости портландцемента стоимость материалов на его основе существенно зависит от энергетических изменений на рынке. Так, стоимость цемента в 2018 г. по сравнению с 2016 г. увеличилась на 17,5 %, что, очевидно, повлияет на стоимость объектов строительства и жилья. Эффективным решением описанных проблем является использование в производстве цемента природных активных минеральных добавок, в том числе с доставкой портландцементного клинкера в удаленные районы строительства и изготовлении цемента совместным помолом клинкера с местными активными минеральными добавками, т.е. изготовления портландцементов с минеральными добавками или композиционных цементов по ГОСТ 31108-2003 [3,4]. По определению Х. Тейлора [5] композиционные портландцементы представляют собой гидравлическое вяжущее, состоящее из продуктов помола портландцементного клинкера, добавок, замедляющих схватывание, и одной или нескольких минеральных добавок. Оптимизировать параметры качества многокомпонентного цемента возможно с учетом индивидуальных особенностей отдельных компонентов. Это позволяет обеспечить изготовителю высокую степень гибкости в выборе исходных активных компонентов, а также параметров процесса их смешивания и помола цемента. В настоящее время в России в общем объеме производства доля портландцементов с минеральными добавками составляет более 30 %.

Проявляемая осторожность при освоении производства портландцементов с минеральными добавками и композиционных цементов (ГОСТ 31108-2003) объясняется не достаточной изученностью процесса совместного влияния одновременно вводимых минеральных добавок на свойства получаемого готового продукта. Особенно это относится к использованию карбонатных добавок, вопрос об их активном участии в химических процессах, протекающих при гидратации композиционных портландцементов, до настоящего времени остается дискуссионным. В работе [6] рассмотрены процессы гидратации цементной суспензии с тонкоизмельченным доломитовым порошком. Показано, что в цементной суспензии с доломитовой добавкой повышается степень гидратации цементных частиц и возникает большее количество новообразований. За рубежом имеется значительный опыт производства и применения композиционных портландцементов, содержащих карбонатные добавки. Так, во Франции более 30 % изготавливаемых портландцементов содержат 5 - 25 % карбонатной добавки, а в США при производстве композиционных портландцементов допускается введение до 50 % этой добавки [7].

Производство композиционных портландцементов с использованием минеральных добавок различного типа позволяет цементным заводам снизить расход дорогостоящего энергоемкого клинкера, уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу, а также получать особые виды портландцемента, обладающих рядом специальных свойств. В настоящее время в качестве активной минеральной добавки в производстве цемента используется, в основном, доменный гранулированный шлак, стоимость которого сравнима со стоимостью портландцементного клинкера.

Согласно ГОСТ 31108-2003 в состав композиционного портландцемента разрешается введение до трёх минеральных добавок различного состава и происхождения, в том числе до 20 % карбонатных пород. При использовании различных добавок открываются большие перспективы получения портландцементов с необходимыми специальными свойствами: тампонажные, безгипсовые, безусадочные, расширяющиеся, сульфатостойкие портландцементы, цементы для зимнего бетонирования, а также цементы для самоуплотняющихся бетонных смесей и другие). Производство таких портландцементов может осуществляться также путем введения побочных продуктов промышленности и энергетики.

Перспективными минеральными добавками при производстве композиционных портландцементов на цементных заводах Сибири являются золы, образующиеся при сжигании каменных и бурых углей тепловых электростанций. Низкокальциевые золы каменных углей целесообразно использовать в качестве сырьевого компонента при изготовлении портландцементного клинкера [7, 8]. Высококальциевые золы получаемые при сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна могут использоваться в качестве минеральных добавок при измельчении клинкера или перемешивании с цементом.

В настоящее время используется незначительная часть образующихся и улавливаемых зол сухого отбора, основная их часть скапливается на золоотвалах. Только на тепловых электростанциях г. Новосибирска и г. Барнаула выбрасывается в отвалы более 200 тыс. тонн золы в год. Основной причиной, препятствующей широкому использованию зол в строительстве, является неправильная позиция руководства тепловых электростанций, назначающей высокие цены на золу, а также отсутствие государственной политики обеспечения экологической безопасности путем сбора экологического налога с производителей энергии, по примеру стран Западной Европы, что вынуждает тепловые электростанции для утилизации зол выплачивать потребителям золошлаковых отходов определённую сумму.

На цементных заводах Сибири в настоящее время производится в основном бездобавочный портландцемент ЦЕМ I. Этот вид цемента пользуется наибольшим спросом у потребителей, так как часто при приготовлении бетонных и растворных смесей осуществляется «разбавление» цемента золами ТЭЦ. Согласно ГОСТ 31108-2003 при производстве цемента класса ЦЕМ II возможно использование зол в качестве минеральной добавки, но не уточняется вид зол, хотя золы, получаемые при сжигании различных углей, значительно отличаются по составу и свойствам.

Золы сухого отбора, образующиеся при сжигании Канско-Ачинских бурых углей, обладают вяжущими свойствами, но характеризуются неравномерным изменением объема при твердении, что может быть причиной деструктивных явлений при гидратации и твердении золосодержащих вяжущих веществ. Рассматриваемые золы характеризуется нестабильностью химического и минерального состава, зависящей от состава минеральной части топлива и режимов его сжигания. Содержание  $\text{CaO}_{\text{своб.}}$  в составе зол колеблется 3 до 9 %. Исследованиями кафедры строительных материалов АлтГТУ установлено, что при использовании высококальциевых зол в производстве различных строительных материалов, в том числе в производстве портландцемента, без предварительной их подготовки возможны деструктивные процессы на различных стадиях производства и эксплуатации изделий в зданиях [7].

По результатам исследований свойств зол ТЭЦ-3 г. Новосибирска, ТЭЦ-3 г. Барнаула, Абаканской ТЭЦ и других установлено, что золы сухого отбора, полученные при факельном сжигании Канско-Ачинских углей, не обеспечивают стабильность структурообразования и отсутствие внутренних дефектов.

Выбор способа предварительной обработки зол, снижающего деструктивные явления при структурообразовании золосодержащих строительных материалов, осуществляется по принципу ускорения гидратации свободного оксида кальция в золе путем: тонкого измельчения золы, предварительного гашения золы в условиях повышенного давления пара в автоклаве, быстрого нагрева отформованных изделий до температуры 200 – 250 °С и выдержкой в течение часа, обработки изделий углекислым газом. Перечисленные способы устранения деструктивных явлений

в золосодержащих материалах трудо- и энергоемки. Предложено решить эту задачу введением в состав золосодержащих вяжущих различных химических добавок: HCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, рапа соляных озер, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, шавелевая, лимонная, муравьиная кислоты, глицерин, сахар, фенол, меласса, и мочевины [7]. Рассмотренные виды химических добавок могут быть использованы при приготовлении бетонных смесей с использованием зол, в производстве композиционных портландцементов рассматриваемые золы могут быть использованы совместно с другими минеральными добавками.

Пригодными в качестве минеральных добавок в производстве портландцемента считаются высококальциевые золы, обеспечивающие расширение при гидратации не более 0,05 %. По результатам исследований установлено:

- образцы из золы Барнаульской ТЭЦ-3 (остаток на сите №008 – 7,8 %, содержание СаО<sub>своб.</sub>, 2,8 %) – разрушились;

- образцы из золы Новосибирской ТЭЦ-3 (остаток на сите №008 – 1,0 %, содержание СаО<sub>своб.</sub>, 4,3 %) – характеризовались расширением 0,057 % и прочностью при твердении в нормальных условиях 19,9 МПа;

- образцы из этой же золы с введением 30 % карбонатной добавки, характеризовались значительно меньшими деформациями - 0,0047 %.

Прочностные характеристики образцов, изготовленных из портландцемента ЦЕМ I 42,5 с различными добавками приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Прочность образцов из цемента ЦЕМ I 42,5 с различными добавками

№	Состав	Предел прочности при сжатии при различных условиях твердения, МПа		
		Стандартные условия	Пропаривание 60 °С (3-6-3)	Автоклавирование 1 МПа, (3-8-2)
1	ЦЕМ I 42,5 (контрольный)	62,3	56,6	69,4
2	80 % ЦЕМ I + 20 % зола	58,7	52,4	61,5
3	80 % ЦЕМ I + 20 % (золокарбонатная добавка состава 3:1)	68,6	55,7	72,3

Цементный камень из портландцемента с комбинированной золокарбонатной добавкой характеризуется пониженной карбонизационной усадкой и повышенной стойкостью против сульфатной и углекислотной коррозии.

В результате выполненных исследований разработаны рекомендации по изготовлению композиционных портландцементов на цементных заводах Сибири с использованием комбинированной минеральной добавки, состоящей из высококальциевых зол бурых углей Канско-Ачинского бассейна и карбонатной составляющей.

### Библиографический список

1. Семенов А.А. Строительство и промышленность строительных материалов в 2017 г. // Строительные материалы, 2018, №4 (758) – С. 4 – 8.
2. Производство цемента в Российской Федерации. Итоги в 2018 г. <https://beton.ru/news/detail.Php?ID=433372>.
3. Местников А.Е., Кудяков А.И., Рожин В.Н. Портландцемент с природными активными минеральными добавками. Вестник Томского архитектурно-строительного университета. 2019, т.21., №2, – С. 192 – 201.
4. Козлова В.К., Карпова Ю.В. Влияние добавок на процессы гидратации вяжущих веществ: Конспект лекций по разделу курса «Физическая химия силикатов». АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 1996. – 62 с.
5. Тейлор Х. Химия цемента. – М.: Мир, 1996. – 560 с.
6. Кудяков, А. И. К вопросу о влиянии доломитового заполнителя на гидратацию цемента / А. И. Кудяков // Строительные материалы из попутных продуктов промышленности : межвуз. темат. сб. тр. / ЛИСИ. – Л., 1981. – С. 72 – 83.
7. Козлова В.К. Использование зол тепловых электростанций в производстве строительных материалов / В.К. Козлова. – Барнаул: Алтайское книжное изд-во, 1975. – 144 с.
8. Куропятников Ю.Ю., Белов В.В. Влияние карбонатных модификаторов на физико-механические свойства газобетона: Сб. трудов «Интеграция, партнёрство и инновации в строительной науке и образовании». – М.: МГСУ, 2011.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕТОНОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Скрипникова Н. К., Семеновых М. А., Григоревская Д. К.

ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»,  
г. Томск, Россия

*Аннотация.* В работе представлены исследования возможности использования металлургических отходов в качестве заполнителей для бетонов. Исследованы их свойства и установлены оптимальные составы бетонных смесей для производства мелкозернистых и тяжелых бетонов.

*Ключевые слова:* бетон, металлургические отходы, сырье, прочность.

В современном строительстве имеются материалы и изделия, занимающие преобладающее место в использовании. Таким материалом является и бетон. Главными характеристиками бетона являются его эксплуатационные качества, такие как прочность, морозостойкость, сопротивление условиям окружающей среды. При обеспечении этих строительных качеств можно говорить о долговечности конструкции. На сегодняшний день существует множество работ, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик бетона и его экономическую целесообразность [1 – 5].

Использование бетонов и бетонных смесей в современном строительстве занимает до 40% объема всех работ, при этом наблюдается огромный расход компонентов для производства этих смесей [6].

В данной работе представлены исследования возможности использования промышленных отходов при производстве бетонов различного назначения: мелкозернистых и тяжелых, как для монолитных работ, так и для выпуска штучных изделий.

К использованию предлагается 5 видов отходов с различным химическим составом, представленным в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав металлургических отходов

Отход	C, %	SiO <sub>2</sub> , %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	FeO, %	CaO, %
П1	17	3	2	31	3
П2	3	75	3	11	2
П3	–	–	26	26	40
П4	7	67	12	4	7
П5	11	12	5	3	3

Исходя из данных химического анализа, приведенных в табл. 1, можно сделать вывод о том, что отходы могут быть использованы в качестве полной или частичной замены заполнителей в составе бетонной смеси.

Техногенные отходы П1, П2 и П5 визуально представляют собой массу, по гранулометрическому составу схожую с песком строительным и представлены на рисунке 1.



а) – П1

б) – П2

в) – П5

Рисунок 1 – Техногенные отходы мелкой фракции



а) – П3

б) – П4

Рисунок 2 – Техногенные отходы крупной фракции

При использовании данных отходов в составах эффект будет оцениваться не только эксплуатационными характеристиками, но и себестоимостью конечной продукции в сравнении традиционным способом производства бетонов. Поэтому, с целью уменьшения себестоимости, использование отходов П1, П2 и П5 целесообразно в качестве мелких заполнителей. Наиболее полную картину о результатах можно будет наблюдать, используя эти отходы при производстве мелкозернистого бетона. Отходы П3 и П4, в силу гранулометрических параметров целесообразно использовать в качестве крупного заполнителя в составах тяжелых бетонов.

Исходя из вышеописанного, были установлены составы бетонных смесей: мелкозернистый бетон будет изготавливаться с содержанием отходов П1, П2 и П5 в количестве 5-50% от массы мелкого заполнителя, тяжелый бетон – с полным замещением крупного заполнителя отходами П3 и П4, а также их совместным использованием в качестве заполнителя в соотношении 1:1.

Полученные изделия были исследованы на предмет физико-механических показателей, а именно: плотность, прочность при сжатии, водопоглощение и морозостойкость. Полученные в результате испытаний тяжелых бетонов данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики тяжелого бетона.

Образец	Содержание отхода, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Водопоглощение, %
П3	100	2659,3	27,64	3,42
П4	100	2482,3	15,36	3,67
П3/П4	50/50	2580,3	22,63	3,34
Контрольный	0	2450	25,5	3,52

Из таблицы можно заключить, что бетон, изготовленный с использованием отхода П3 и с совместным использованием П3, П4 позволяет получить материал, не уступающий по физико-механическим характеристикам контрольному образцу.

Испытания образцов мелкозернистого бетона указаны в таблице 3.

Исходя из данных физико-механических исследований мелкозернистого бетона, можно сказать о том, что изделия, полученные с использованием отходов имеют достаточно высокие показатели, схожие или превосходящие в сравнении с контрольным образцом.

С целью определения оптимального компонентного состава на рисунке 3 представлены графики динамического изменения прочности мелкозернистых бетонов от процентного содержания отходов в составе смеси.

Исходя из представленных данных, можно установить, что оптимальным содержанием отхода в мелкозернистом бетоне является 10 – 30 %.

Испытания на морозостойкость показали, что образцы мелкозернистого и тяжелого бетонов успешно выдерживают более 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

По результатам проведенных исследований установлена возможность целесообразного использования металлургических отходов в качестве сырья для производства бетонов различного назначения.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики мелкозернистого бетона.

Образец	Содержание отхода, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Водопоглощение, %
П1	50	2095,00	26,86	6,91
	30	2067,00	31,83	6,61
	10	2009,00	30,74	6,44
	5	2010,00	26,14	7,01
П2	50	2104,67	25,20	8,60
	30	2080,67	27,43	6,76
	10	2015,67	27,68	6,45
	5	2004,67	25,95	5,92
П5	50	2023,00	25,85	5,92
	30	1955,67	24,01	6,86
	10	1974,00	24,01	6,41
	5	2010,33	24,76	5,62
Контрольный	0	2092,33	28,23	7,18

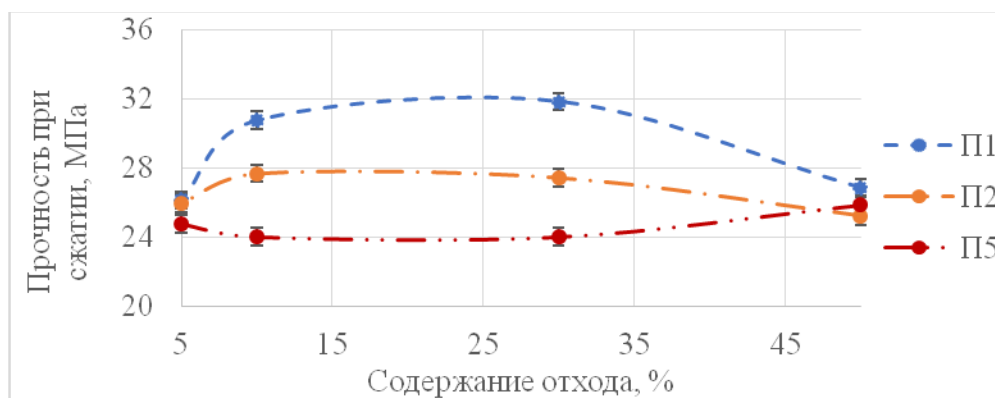


Рисунок 3 – Механические показатели образцов мелкозернистого бетона

### Библиографический список

1. Скрипникова Н.К. Мелкозернистый бетон с использованием отходов металлургии / Н.К. Скрипникова, В.В. Шеховцов, Д.К. Григорьевская, М.А. Семеновых, И.Ю. Юрьев // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 2. С. 185 – 191.
2. Скрипникова Н.К. Тяжелые бетоны с использованием конвертерного шлака / Н.К. Скрипникова, М.А. Семеновых, Д.К. Григорьевская // В сборнике: Полифункциональные химические материалы и технологии Материалы Международной научной конференции. Томск, 2019. С. 134 – 135.
3. Столбоушкин А.Ю. Получение ячеистых бетонов на основе зол отходов углеобогащения / А.Ю. Столбоушкин, А.И. Иванов, В.А. Сыромьясов // В сборнике: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией М.В. Темлянцева. 2015. С. 110 – 112.
4. Шляхова Е.А. Мелкодисперсные отходы камнедробления как микронаполнитель в бетон / Е.А. Шляхова, В.А. Галатюк // В сборнике: Строительство и архитектура – 2017. Инженерно-строительный факультет Материалы научно-практической конференции. 2017. С. 113 – 118.
5. Баженов Ю.М. Высококачественные самоуплотняющиеся бетоны с использованием отходов сжигания угля / Ю.М. Баженов, В.В. Воронин, Л.А. Алимов, и др. // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 12 (111). С. 1385 – 1391.
6. Graitis A.A.H. Analysis of technological, ecological and social aspects at the organizations processing for concrete and reinforced wastes / A.A.H. Graitis, N.B. Kolosova // European Science. 2018. № 3 (35). С. 61 – 65.



## ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Волокитин Г.Г., Алексеев А.А., Глотов С.А.

ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»  
г. Томск, Россия

В статье изложены исследования по реализации повышения эксплуатационной надежности асфальтобетонных и цементобетонных дисперсных систем, применяя электрофизические методы электризации поверхности как наполнителя, так и минеральных вяжущих. Представлены методы по активации наполнителя и цемента в поле высоковольтного коронного разряда. Приведены графики величины заряда поверхности минерального вяжущего в зависимости от электрического напряжения на электродах. Определены оптимальные параметры обработки.

Ключевые слова: коронный разряд, асфальтобетон, цементобетон, заряд поверхности, наполнитель, заполнитель.

Неорганические и органические вяжущие минеральные материалы обладают рядом уникальных свойств и широко применяются в строительстве, при этом в тоже время обладают рядом недостатков, которые влияют на срок эксплуатации материала в конструкциях. Например, влияние плохого адгезионного контакта между органическим вяжущим и минеральным заполнителем приводит к снижению водо – и морозоустойчивости материала. Неорганические материалы теряют свои прочностные свойства со временем хранения. Используя новые виды технологических приемов обработки (активации) поверхности минерального заполнителя [1] можно существенно повысить сроки эксплуатации неорганических и органических минеральных материалов, работающих в сложных климатических условиях (отрицательные температуры и повышенная влажность). К таким методам можно отнести электрофизические методы (см. рисунок 1) активации минеральных как наполнителя, так и заполнителей [2 – 9]. Отсутствие научных сведений об улучшении эксплуатационных качествах взаимодействия неорганических или органических вяжущих с электризованной минеральной поверхностью заполнителя с позиции физико–химической механики не позволяют в полной мере использовать электрофизические методы активации в технологическом процессе получения строительных материалов на современном технологическом уровне.



Рисунок 1

Известно, что основные физико-механические свойства вяжущих систем во многом формируются во время структурообразования. В процессе смешивания минеральных наполнителей (щебень, песок, минеральный порошок) с органическими вяжущими (битум) в горячем состоянии происходит объединение в единый искусственный конгломерат с образованием сложной структуры и новыми физико-механическими характеристиками органоминерального материала. Поэтому первоначальное энергетическое состояние поверхности контактирующих фаз и количественное соотношение их во многом определяют дальнейший срок эксплуатации органоминеральных композиций.

Статистический анализ сроков эксплуатации органоминеральных материалов показывает, что продолжительность эксплуатационного периода составляет 6...12 лет вместо нормативных 15...20 лет. В 80 % случаев разрушения материалов обусловлены природно-климатическими факторами (сезонные колебания температуры, увлажнения, солнечная радиация и т.д.).

Для промышленного, гражданского и дорожного строительства ежегодно производится около 100 млн. тонн органоминеральных материалов. Органоминеральные композиции получили наибольшее распространение в силу своих положительных качеств: а) – возможности строительства, ремонта и реконструкции конструктивных элементов сооружений независимо от времени года; б) – высокой скорости укладки и устройства конструктивных слоев; в) – возможности устройства любой их толщины; г) – восстанавливаемости при минимальном ограничении сроков ремонта; д) – использование местных сырьевых ресурсов; ж) – использование старых битумо-минеральных материалов; з) – вовлечение в технологию производства отходов промышленности, что приводит к существенному снижению расхода битума, энергетических и финансовых затрат.

Малоизученным и пока еще не получившим большого распространения в технологии приготовления органоминеральных материалов является процесс применения электроактивированных минеральных материалов [2, 3] путем создания на их поверхности дополнительного заряда, для регулирования сроков эксплуатации.

В управлении качеством органоминеральных материалов путем регулирования адгезии битума с минеральной поверхностью, возникают трудности в определении исходных структурно-технологических параметров приготовления с учетом их физико-химического взаимодействия на всех стадиях технологического процесса.

Активное вмешательство в структурообразование органоминеральных композиций может быть достигнуто в результате применения электроактивированных минеральных материалов, приводящих к изменению энергетического состояния поверхности минерального материала, приводящим к увеличению адгезионного взаимодействия материалов, т.е. «минеральный материал – битум».

Структурообразование в технологическом процессе формирования органоминеральных материалов (в том числе и асфальтобетона) начинается в момент перемешивания минеральных материалов в смесителе с органическим вяжущим и заканчивается в покрытии после остывания до температуры окружающей среды.

В связи с этим создается технология приготовления композиций органических и неорганических вяжущих на активированных минеральных наполнителях путем дополнительной подзарядки поверхности в среде ионизированного воздуха для обеспечения заданного уровня качества и минимального расхода вяжущих.

Искусственное изменение энергетического состояния поверхности минерального наполнителя, который активно взаимодействует с вяжущими, является мощным средством вмешательства в структуру и структурообразование композиционных материалов.

В последнее время получили развитие методы активации поверхности различными видами электрического разряда – тлеющего, барьерного, коронного и т. д. Особое распространение получили эти методы для активации поверхности в процессах подготовки материалов к склеиванию, печати. В процессе активации в результате воздействия активных частиц газового разряда на поверхности полимеров увеличивается поверхностная энергия, и образуются свободные радикалы. Показано, что в результате обработки в газовом разряде поверхности порошкообразного стекла и кварцевой муки образуются свободные радикалы. Обработка слюды и древесной муки улучшает механические, реологические и диэлектрические свойства материалов на их основе.

Основным фактором, определяющим процесс адгезионного и когезионного взаимодействия органического вяжущего с минеральными заполнителями, является их энергетическое состояние [4, 5]. При этом механические свойства органического вяжущего существенно зависят от структурирующего воздействия поверхности заполнителя [6, 7].

Под влиянием электризованной поверхности минерального материала, т. е. поверхности имеющей электростатический потенциал, ассоциаты наиболее парамагнитных молекул асфальтенов и слабых диамагнетиков масел и смол образуют граничные слои с упорядоченной структурой, отличной от свойств самого органического вяжущего. Необходимо учитывать перераспределение электрической составляющей адгезии вследствие поляризации молекул асфальтенов и возникновения двойного электрического слоя. Электрическая составляющая энергии адгезии в этом случае представим в виде:

$$W_e = -\frac{1}{2} \int_0^{\infty} (PE) dz \quad (1)$$

где  $W_e$  – энергия адгезии;  $P$  – вектор поляризации ассоциатов молекул органического вяжущего;  $E$  – напряженность поля поверхности минерального материала;  $R$  – радиус атомов минеральной поверхности;  $z$  – ось, направленная перпендикулярно к границе раздела фаз и направленная в область органического вяжущего.

При контакте минеральной поверхностью заполнителя с органическим вяжущим энергия Гиббса уменьшается на величину работы адгезии:

$$-\Delta G = W_e = \sigma_{ж,г} (1 + \cos \Theta) \quad (2)$$

где  $W_e$  – энергия адгезии;  $\cos \Theta$  – краевой угол смачивания минеральной поверхности органическим вяжущим;  $\sigma_{ж,г}$  – величина поверхностного натяжения «жидкость – газ».

Среди широкого спектра электрофизических методов активации разработаны технологии, в которых используются высоковольтные электрические разряды в средах различного агрегатного состояния. Применительно к строительным материалам, в том числе цемента и бетона, разработана технология высоковольтной активации коронным разрядом компонентов подобного класса материалов. Стимулирующими факторами на пути практического использования данной технологии в промышленном и гражданском строительстве, дорожной отрасли являются установленная авторами ранее достаточно широкая возможность регулирования и направленное осуществление межфазных взаимодействий в дисперсных структурах, а также рациональное использование активированного компонента в общей технологической схеме производства цементной смеси. Полученные закономерности прогнозируют успешное разрешение проблемы повышения эффективности применения отходов производства керамзита, которые образуются в виде пылевидной фракции, в качестве минерального порошка в асфальтобетонных смесях. Следует отметить, что применение подобного рода отходов в производстве асфальтобетонных смеси успешно реализуется и рекомендовано в районах, где отсутствуют залежи природных карбонатных пород и организовано производство керамзита.

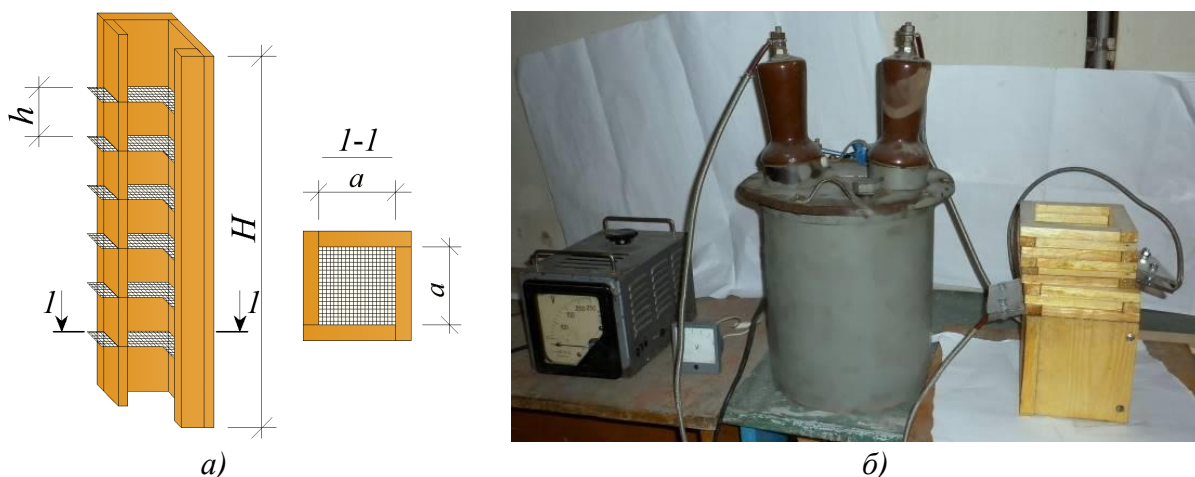
Ещё одним не мало важным фактором в выборе режимов испытаний является то, что полный поверхностный заряд частицы в высоковольтном магнитном поле происходит за 0,1 секунду. Поэтому активация сухого минерального вяжущего была выбрана в интервале от 0 до 60 секунд, этот интервал был выбран с учётом массы обрабатываемого вещества.

Выбор режимов напряжения также подбирался экспериментальным путём, для удобства проведения расчётов и применения на производстве мы выбрали шаг изменения от  $U=1,5$  кВ, до 10 кВ.

Также в ходе проводимых исследований изменялась и полярность контактирующего электрода, в следствии чего были выявлены определённые закономерности, и предпосылки для будущих исследований.

На кафедре прикладной механики и материаловедения механико-технологического факультета ФГБОУ ВО ТГАСУ проводятся подобные научно-исследовательские работы по установлению закономерностей влияния высоковольтного коронного разряда, как на сам цемент [8, 9], так и на цементную суспензию.

В ходе проведения экспериментов по электризации поверхности зерен, минеральное вяжущее пропускалось через поле высоковольтного разряда в экспериментальной установке, приведенной на рисунке 2. Частицы цемента приобретали дополнительный заряд, пролетая в зонах между электродами.



*a* – схема зарядной камеры;

*б* – регулятор напряжения, высоковольтный трансформатор-выпрямитель и зарядная камера.

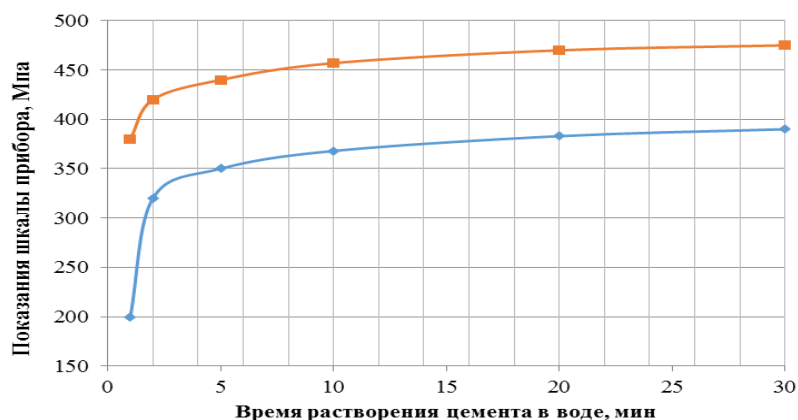
Рисунок 2

Влияние электризации поверхности минерального вяжущего на степень растворения частиц цемента водой определялось из выражения:

$$\frac{RT}{V_m} \ln \alpha = \frac{2\sigma}{r} - \frac{q^4}{8\pi\epsilon} \cdot \frac{1}{r^4}, \quad (3)$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура;  $V_m = M/\gamma$  – объем моля;  $M$  – молекулярный вес;  $\gamma$  – удельный вес растворяющейся фазы;  $\alpha = c/c^\infty$  – степень пересыщения;  $\sigma$  – удельная свободная поверхностная энергия;  $r$  – радиус равновесных частиц (предполагается, что частицы имеют форму шара);  $q$  – электрический заряд частицы с радиусом  $r$ ;  $\epsilon$  – диэлектрическая постоянная растворяющегося вещества.

Полученные результаты показывают влияние электризации поверхности минерального вяжущего на степень растворения частиц цемента водой (рисунок 3).



◆ – контрольная серия; ■ – высоковольтный коронный разряд

Рисунок 3 – Показание прибора ИАП-2 для режима обработки минерального вяжущего при напряжении 9 кВ

### Библиографический список

1. Олофинский, Н.Ф. Электрические методы обогащения / Н.Ф. Олофинский. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1977. – 519 с.
2. Алексеев, А.А. Влияние электризации поверхности минерального заполнителя в технологии асфальтобетонных смесей / А.А. Алексеев // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2001. – № 2. – С. 100 – 105.
3. Алексеев А.А. Активация портландцемента в поле высоковольтного барьерного разряда / А.А. Алексеев, А.М. Гусаков, Д.В. Хонин, А.Н. Кузугашев // Строительство-2009: Материалы юбилейной Международной научно-практической конференции. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т., 2009. – С. 152 – 153.
4. Алексеев А.А. Высоковольтная активация цементных дисперсных систем / А.А. Алексеев // В сборнике: Развитие науки и образования в современном мире Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 6 частях. ООО "АР-Консалт". –2015. – С. 31 – 34.
5. Алексеев, А.А. Высоковольтная активация битумных дисперсных систем / А.А. Алексеев // В сборнике: Современное общество, образование и наука сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. – 2015. – С. 14 – 17.
6. Алексеев, А.А. Формирование структуры и свойств цементного камня при воздействии высоковольтного барьерного разряда на минеральное вяжущее / А.А. Алексеев, А.А. Новостройный // В сборнике: Перспективные материалы в технике и строительстве (ПМТС-2013) Материалы Первой Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Томск. – 2013. – С. 350 – 352.
7. Alekseev, A. Influence of electrified surface of cementitious materials on structure formation of hardened cement paste [Влияние электризации поверхности цементных материалов на формирование структуры цементного камня] / A. Alekseev, A. Gusakov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – 71.
8. Алексеев, А.А. Асфальтобетон повышенной долговечности / А.А. Алексеев, Ю.В. Тарбеева, К.С. Гаусс, К.П. Кириллова, Д.И. Мокшин // В сборнике: Академическая наука - проблемы и достижения Материалы VII международной научно-практической конференции. North Charleston, SC, USA. – 2015. – С. 198 – 200.
9. Алексеев, А.А. Активация воды в дисперсных цементных системах в поле коронного барьерного разряда / А.А. Алексеев, Ю.В. Тарбеева, К.С. Гаусс, Д.И. Мокшин // Научный альманах. – 2015. – № 7(9). – С. 566 – 572.

## К ВОПРОСУ ОБ ИСПЫТАНИЯХ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ДОРОЖНОГО КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА

**Котляр А.В., Терёхина Ю.В., Котляр В.Д.**

*ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

*Аннотация. В статье рассмотрены вопросы, связанные с испытаниями дорожного клинкерного кирпича на морозостойкость. Показано, что метод испытаний, обозначенный в ГОСТ 32311-2012 «Кирпич керамический клинкерный для мощения. Технические условия» является не совсем объективным. Авторы дают обоснование, что для клинкерного кирпича, с учётом требований по морозостойкости и условий эксплуатации изделий, более объективным будут методы, обозначенные в ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» для дорожных бетонов.*

*Ключевые слова: клинкерный кирпич, морозостойкость, испытания, марка изделий, замораживание, оттаивание.*

В последние годы в России всё большую популярность приобретает дорожный клинкерный кирпич. В Европе это традиционное изделие для строительства пешеходных дорожек, площадей, городских дорог, а также ландшафтного дизайна. Это закономерно, учитывая свойства изделия – высокую прочность, долговечность, измеряемую столетиями, устойчивость к различным видам коррозии, широкую цветовую гамму изделий и др. [1 – 4]. Сравнение свойств клинкерного кирпича, выпускаемого по стандартам России и Европы, и плит бетонных тротуарных приведены в таблице 1. Как видно, требования к прочности и химической стойкости для клинкерного кирпича более высокие в сравнении с плитами бетонными тротуарными.

Таблица 1 – Сравнительные свойства клинкерного кирпича

Свойства	Дорожный клинкерный кирпич. ГОСТ 32311-2012 (Кирпич керамический клинкерный для мощения)	Клинкерный кирпич. EN 771-1-2009, ТБ1787-2007 «Кирпич керамический клинкерный. Технические условия»	Дорожный клинкерный кирпич. ТУ, открытые источники по клинкерному кирпичу	Плиты бетонные тротуарные. ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия»
Предел прочности при сжатии, МПа	–	30 – 70	60 – 250	Класс бетона: В22,5; В25; В30; В35.
Предел прочности при изгибе, МПа	> 7,5	3,9 – 7,0	12 – 32	Класс бетона: В <sub>ВtB</sub> 3,2 – В <sub>ВtB</sub> 4,4.
Водопоглощение, %	< 2,5	< 4	1 – 3	< 5 – 6
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	> 2100	> 2000	2100-2300	> 2200
Морозостойкость, марка	>F200	> F150	>F200	F100 – F300
Кислотостойкость, %	> 95	-	> 97,5	-
Истираемость, г/см <sup>2</sup>	< 1,5	< 0,7	0,2-0,4	< 0,7 – 0,9 (ГОСТ 13015-2012)

ГОСТ 32311-2012 «Кирпич керамический клинкерный для мощения» введен в России сравнительно недавно – в 2012 году. За прошедшее время в Россию стало гораздо больше ввозиться клинкерного кирпича, в основном европейского производства, а также появились собственные, пока ещё единичные производства. Приобретённый за это время опыт, основанный на многочисленных испытаниях и экспертизах, связанных с дорожным клинкерным кирпичом, позволил нам выявить некоторые недостатки существующей нормативно-технической документации.

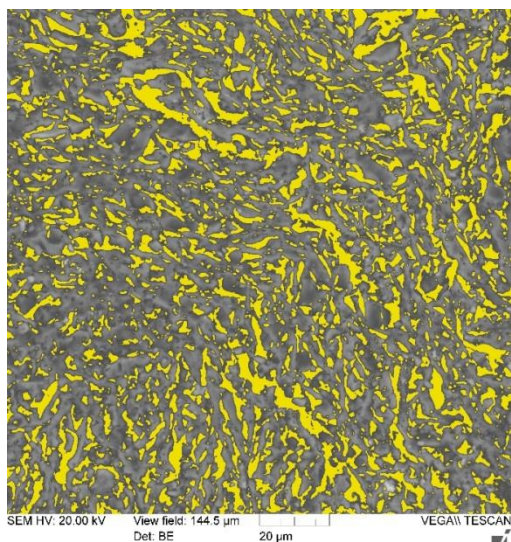
Во-первых, это отсутствие требований к изделиям по пределу прочности при сжатии. Здесь можно выделить два момента. Изделия могут «работать» в разных условиях и под разной нагрузкой, например, движение только пешеходов или движение автотранспортных и погрузочных средств, и требования к изделию по пределу прочности при изгибе более 7,5 МПа не учитывает специфику условий эксплуатации. Считаем, что для дорожного клинкерного кирпича необходимо ввести марки по прочности, с обязательными требованиями по пределу прочности при сжатии, или разделять его на классы. Можно привести много примеров, когда кирпич имеет предел прочности при сжатии 20 – 30 МПа, что недостаточно для дорожных материалов, и предел прочности при изгибе более 7,5 МПа.

Во-вторых, существенным моментом, на наш взгляд, является несовершенство методики оценки морозостойкости дорожного клинкерного кирпича. В ГОСТ 32311-2012 указывается, что морозостойкость кирпича определяют по ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения» методом объёмного замораживания. Согласно данному методу, образцы насыщают водой в течение 48 часов, затем помещают в морозильную камеру с температурой от минус 15 до минус 20 °С на время не менее 4 часов. После чего образцы кирпича полностью погружают в воду температурой (20±5) °С, поддерживаемой термостатом до конца оттаивания образцов. Продолжительность оттаивания образцов по времени должна быть не менее половины продолжительности замораживания. Одно замораживание и последующее оттаивание составляют один цикл, продолжительность которого не должна превышать 24 ч. Морозостойкость оценивают по видимым разрушениям, потери прочности и потере массы. Здесь можно также выделить два момента. Нами установлены неоднократные случаи, когда при испытаниях в лабораторных условиях дорожный клинкерный кирпич показывал необходимую морозостойкость более 200 циклов, а в процессе эксплуатации он разрушался. Важным является и то, что определение морозостойкости для марки F200 занимает по времени при 3-х циклах в сутки более 2-х месяцев. Это достаточно долго и неприемлемо для оперативной оценки качества изделий и принятия каких-либо технологических решений. Если вернуться к истокам, то можно отметить, что этот метод разрабатывался для стеновых изделий, а не для дорожных, а это разные условия эксплуатации. Дорожному клинкерному кирпичу часто приходится «работать» в сильно агрессивных средах – длительное время в воде, часто минерализованной, с частыми переходами через нулевой градус (рисунок 1).

Рисунок 1 – Реальные условия эксплуатации дорожного клинкерного кирпича



При этом изделия, несмотря на высокую плотность, обладают относительно высокой пористостью. В любом случае их нельзя назвать абсолютно спёкшимися изделиями. Обычно пористость дорожного клинкерного кирпича составляет 14 – 24 % при водопоглощении по массе 1 – 3 % (рисунок 2). Расчеты показывают, что при средней плотности клинкерного



кирпича  $2100 - 2200 \text{ кг/м}^3$  пористость изделий будет составлять около 20 %. При этом водопоглощение по объёму будет составлять 2,5 – 7,0 %, т.е. большая часть пор при испытаниях будет не заполнена водой. Анализ показал, что такие изделия выдерживают лабораторные испытания, однако, разрушаются в процессе эксплуатации.

Рисунок 2 – Скол дорожного клинкерного кирпича под электронным микроскопом. Жёлтым цветом выделена площадь поверхности пор, которая составляет около 22 %

Если вернуться к истокам теории долговечности стеновых материалов и проанализировав методы испытаний на морозостойкость, выстраивается следующий механизм разрушения дорожного клинкерного кирпича при эксплуатации [5, 6]. Согласно ГОСТ 7025-91 замораживание водонасыщенного кирпича происходит в воздушной среде. При этом часть воды из изделий в начале процесса замораживания испаряется или вымораживается. Это происходит в тот промежуток времени, когда ещё вода не замёрзла на поверхности изделий. Т.е. при данном способе испытаний изделие никогда полностью, с учётом размера и формы пор, не будет иметь полное водонасыщение. Для стеновых изделий, которые в процессе эксплуатации полностью не насыщаются водой, этот момент не принципиален и данный способ является достаточно объективным. Другое дело, дорожный клинкерный кирпич, который в эксплуатационных условиях в определённые промежутки времени – осенне-зимний период, часто полностью находится в воде. За счёт перехода температуры через нулевую отметку или просто при перепадах температуры при постоянном нахождении в воде за счёт своей структуры кирпич как-бы постепенно впитывает в себя воду. Водопоглощение изделий становится больше, чем при стандартных методах испытаний. Проведённые нами эксперименты с определением водопоглощения при кипячении изделий и с поэтапным водонасыщением при различных перепадах температур подтвердили это. В эксплуатационных условиях вода постепенно проникает в так называемые опасные поры и изделия начинают разрушаться. При этом, как нами было замечено, разрушение кирпича начинается с локальных участков, что говорит о неравномерной микроструктуре изделий. Безусловно, на процесс разрушения или долговечность изделий оказывает пористая структура материала, а именно размеры, форма и объём пор.

Многочисленные испытания, проведённые нами в аккредитованном испытательном центре «Академстройиспытания» по оценке качества различных видов клинкерного кирпича, а также применение тонких методов исследования и анализ полученных результатов, позволяют нам для обсуждения предложить использовать для определения морозостойкости дорожного клинкерного кирпича альтернативные методы испытаний, а именно методы, применяемые для определения морозостойкости бетонов дорожных и аэродромных покрытий. Согласно ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости», для дорожных бетонов используют 2 метода: базовый второй  $F_2$  и ускоренный третий.

Сущность базового второго метода заключается в насыщении образцов в 5%-ном водном растворе хлорида натрия, замораживание в воздушной среде при температуре  $18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  и оттаивание образцов также в 5%-ном водном растворе хлорида натрия. Для насыщения образцов раствором хлорида натрия их погружают на 1/3 высоты на 24 часа, затем уровень воды или раствора повышают до 2/3 высоты образцов и выдерживают в таком состоянии еще 24 ч, после чего образцы полностью погружают в воду или раствор на 48 часов так, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов не менее чем на 20 мм. Марку изделий



по морозостойкости принимают с учетом числа циклов, при которых уменьшение массы не превышает 2 % и на образцах отсутствуют трещины, сколы, шелушение ребер. Для бетона тротуарных плит, к поверхности которого предъявляют требования по декоративности, и для бетона покрытий автомобильных дорог и аэродромов не допускается шелушение поверхности образцов.

Сущность третьего ускоренного метода, который более интересен для клинкерного кирпича, заключается также в насыщении образцов в 5%-ном водном растворе хлорида натрия, а замораживание происходит в растворе хлорида натрия при температуре минус  $50 \pm 2$  °С при оттаивании образцов также в растворе хлорида натрия. Особенностью является то, что марку изделий по морозостойкости принимают при соотношении марки и числа проведённых циклов: F200 : 20; F300 : 37; F400 : 55; F500 : 80; F600 : 105; F800 : 155; F1000 : 205. Т.е. в реальных условиях морозостойкость изделий при минимально необходимой марке F200 можно определить за 7-10 суток. Кроме этого, имитируются возможные реальные условия эксплуатации, когда кирпич замерзает и оттаивает, находясь полностью в воде. Возможно, и нет необходимости насыщать кирпич раствором соли, достаточно будет только просто воды, однако замерзать он должен на наш взгляд находясь полностью в воде. Температура заморозания 5%-го раствора хлорида натрия составляет около  $-3$  °С, что не сильно отличается от обычной воды. Возможно, также и нет необходимости в температуре заморозания  $-50$  °С.

Следует также отметить, что согласно ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия» определение морозостойкости бетона в тротуарных плитах выполняют многократным замораживанием образцов в 5-процентном растворе хлорида натрия при температуре минус  $50 \pm 2$  °С и оттаиванием в том же растворе при температуре плюс 20 °С. Учитывая назначение изделий и одинаковые условия эксплуатации, нами сейчас проводятся эксперименты по оценке сопоставимости результатов испытаний клинкерного дорожного кирпича на морозостойкость разными методами: по ГОСТ 7025-91 – метод объемного замораживания и по ГОСТ 10060-2012 – базовый второй F2 и ускоренный третий методы.

Предлагаемые нами решения по оценке морозостойкости клинкерных изделий требуют широкого обсуждения и проведения параллельных экспериментальных исследований в независимых аккредитованных лабораториях для набора и обработки статистических данных, которые бы легли в основу для комплексной методики оценки морозостойкости, учитывающей, как условия эксплуатации, так и структурные особенности клинкерных материалов – кирпича и черепицы [7]. Авторы будут весьма признательны услышать мнение других исследователей по данной проблеме.

### Библиографический список

1. Езерский, В.А. Клинкер. Технология и свойства / В.А. Езерский // Строительные материалы. 2011. № 4. – С. 79 – 81.
2. Особенности применения дорожного клинкерного кирпича светлого цвета Котляр В.Д., Терёхина Ю.В., Котляр А.В., Яценко Р.А., Попов Ю.В. Строительные материалы. 2019. № 4. – С. 44 – 49.
3. Котляр А.В. История производства, дизайн и значение клинкерного кирпича в современном строительстве // В сборнике статей XX национальной научно-практической конференции по направлению «Технология художественной обработки материалов». Донской государственный технический университет. 2017. – С. 67 – 70.
4. Котляр В.Д., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Особенности свойств, применение и требования к клинкерному кирпичу // Строительные материалы. 2015. № 4. – С. 72 – 74.
5. Беркман А.С., Мельникова И.Г. Структура и морозостойкость стеновых материалов // М.: Госстройиздат. 1962. 167 с.
6. Вербецкий Г.П. Прочность и долговечность бетона в водной среде. М.: Стройиздат, 1976. – 128 с.
7. Котляр В.Д., Лапунова К.А., Лазарева Я.В., Усепян И.М. Основные тенденции и перспективные виды сырья при производстве керамической черепицы // Строительные материалы. 2015. № 12. – С. 28 – 31.

## НОВЫЕ ВИДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Панов С.А., Карпачева А.А., Панова В.Ф.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* Показаны результаты лабораторного эксперимента получения светопрозрачного бетона с применением светопроводящего волокна и заполнителя – горелой породы. Разработаны технологии получения стеновой конструкции по кассетной и 3D технологиям. Рассмотрен опыт применения 3D-технологии в строительстве. Приведены затраты на строительство объектов с применением 3D-технологии. Изготовлены лабораторные модели светящейся стены и кассеты для ее производства. Приведены примеры использования светопроводящего волокна для стеновой конструкции и малых архитектурных форм. Рекомендованы запатентованные составы смесей с применением местного сырья и техногенных отходов для изготовления конструкций и объектов.

*Ключевые слова:* эксперимент, заполнитель, стеновая конструкция, модель, светопроводящее волокно, технология кассетная, 3D-технология, смесь, горельник, исследование, цвет, светопрозрачные конструкции.

Человек всегда стремился строить объекты и разнообразить их как по форме, так и по назначению. Постоянно идет поиск способов улучшения выразительности, как отдельных изделий, конструкций, так и сооружений в целом. Лаборатория «Строительные материалы» СибГИУ, занимаясь исследованиями в этом направлении, накоплен определенный опыт. Ниже рассмотрено несколько способов получения декоративных стеновых изделий и конструкций.

*Отделка стеновых панелей декоративным заполнителем*, который втапливается в бетонную смесь, залитую в форму, отличающийся тем, что перед тем как залить бетонную смесь в форму на ее дно насыпают песок, в который втапливают декоративный заполнитель и опрыскивают водно-полимерной дисперсией с последующей посыпкой слоем мелкого песка, который создает шероховатую поверхность на заполнителе, обеспечивая сцепление со слоем бетонной смеси. После твердения и распалубки формы песок осыпается, оставляя обнаженную часть декоративного заполнителя. Для усиления выразительности допускается смывание поверхности конструкции струей воды. [1]

*Способ получения бетонных изделий с рельефным декоративным слоем*, включающий приготовление модели гипсовой рельефной поверхности и заливку ее бетонной смесью, отличающийся тем, что заливка осуществляется в два слоя: сначала на рельефную поверхность, укладывается декоративный слой с влажностью до 12 % толщиной 1...2 см, состоящий из белого или цветного цемента и декоративного наполнителя и уплотняется мягкой тромбовкой, например, мешочком с песком, а на него наносят основной бетонный слой из литой смеси (ОК 15...18 см). После твердения и распалубки фасадная поверхность обмывается струей воды для обнажения части декоративного наполнителя. Учитывая недостаток воды в фасадном слое, он имеет малую прочность и осыпается, оголяя поверхность декоративного наполнителя. Контактный слой между основным бетонным слоем и отделочным имеет повышенную прочность за счет хорошего сцепления и проникновения части воды из основной подвижной массы в жесткий декоративный слой раствора. [2]

Цель настоящей работы: описать разработанные способы получения декоративных светопроводящих конструкций с применением оптоволокон и декоративного наполнителя на основе горелой породы – отхода угледобычи.

Изобретатель прозрачного бетона – венгерский архитектор Арон Лосоньш (начало XXI века). Российский разработчик – Иван Тишмин (2015 г.) Прозрачный бетон изготавливается из высокопрочного цемента, мраморной или гранитной крошки и оптоволокон. Бетон применим как для строительства зданий, так и для отделочных работ. Однако в силу высокой цены продукта (3...4 тыс. евро за 1 м<sup>2</sup>) он не получил широкого распространения [3].

*Лабораторный эксперимент.* Заполнителем в смесь предложено использовать, так называемую, «горелую» породу (ГП) – перегоревшие отходы после обогащения угля. Породы имеют зернистый состав, цвет от розового до кирпичного. Насыпная плотность 1400 кг/м<sup>3</sup>, средняя плотность 1800 кг/м<sup>3</sup>, сопротивление сжатию 30 – 130 МПа. *Химический состав горелых пород*, %: SiO<sub>2</sub> – 48,09; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 17,29; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 6,46; FeO – 1,67; MnO – 0,21; CaO – 3,70;

MgO – 7,42; TiO<sub>2</sub> – 0,77; SO<sub>3</sub> – 1,13; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,06; K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O – 10,95; ППП – 2,25. Порода относится к группе «кислых» заполнителей [4, 5].

Таблица 1 – Гранулометрический состав горелых пород

Фракция, мм	Остаток на сите, %	Фракция, мм	Остаток на сите, %
5	36,3	10 – 40	24,2
5 – 10	13,5	40	26

*Результаты рентгенофазового анализа горелой породы:* 20..25 % рентгеноаморфной фазы, представленной смесью оксидов SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – продукт разложения каолинита при нагреве; преобладает кварц (SiO<sub>2</sub> – 23..25 %), полевые шпаты из аморфного ряда (AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> – 15..20%); присутствует гематит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 10..12 %; немного гидрослюды – 7..8 % и нерасшифрованной примеси – до 5%.

По содержанию радионуклидов «горелые породы» соответствуют первому классу (A<sub>эфф</sub>< 370 Бк/кг) по ГОСТ 30108-94 и могут использоваться без ограничения (фактическая A<sub>эфф</sub>=192,1 Бк/кг).

На первом этапе осуществлялась подготовка заполнителя из ГП путем измельчения, просева через сито № 5, дальнейшего взвешивания и перемешивания компонентов. Соотношение компонентов: Ц : ГП = 1 : 2, Ц/В = 0,7; В/Ц=1,4; ОК – 8 см.

Приготовленная смесь укладывалась в смазанную металлическую форму (10x10x10) см послойно через 7..10 мм. Светопроводящее волокно, предварительно вытянутое из бухты, разрезалось на отрезки длиной по 10 см и укладывалось на слой раствора перпендикулярно стенкам формы (рисунок 1).

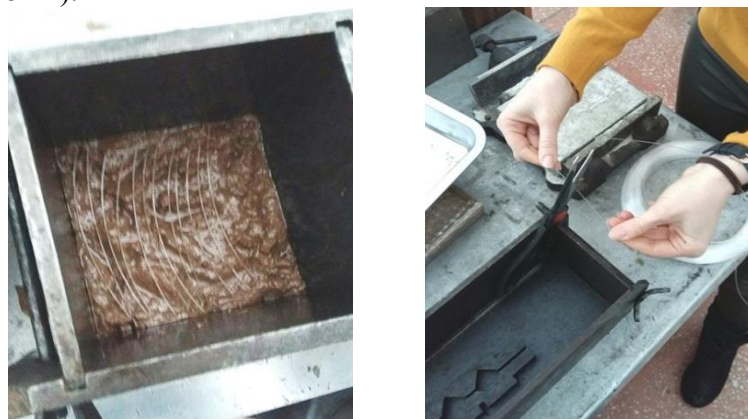


Рисунок 1 –Послойная укладка раствора и укладка светопроводного волокна

Образцы после 14 дней выдержки на воздухе при температуре 18...25<sup>0</sup>С расплубливались и распиливались на плашки толщиной 2см. Разрез осуществлялся перпендикулярно положению волокон. Прочность бетона определялась на контрольных образцах.

Лабораторная модель стены составлена из закрепленных 4-х плашек (20x20x2)см на подставке. Светящийся объект закреплялся за стенкой, при включении которого стенка начинает светиться (рисунок 2).

Предложено 2 способа формования светящихся конструкций в производственных условиях: по кассетной технологии и с применением 3d-печати.

*Кассетная технология производства светопроводящей конструкции.* Кассета, в отличие от традиционной, имеет передвижной П-образный вкладыш (рисунок 3). После подготовки, чистки, смазки, армирования сеткой, идет подача смеси [6]. Предложено смесь подавать послойно (5..10 см) в П-образную подвижную конструкцию кассеты, находящуюся в верхнем положении с последующим постепенным опусканием. На уложенный слой смеси раскладывается светопроводящее волокно длиной равной толщине изделия согласно программному рисунку. Далее конструкция опускается на 5..10 см и операция повторяется. Разработана модель кассеты для изготовления светящихся панелей (рисунок 3). Для обеспечения прочности изделие предварительно армируется сеткой, которая закладывается в подвижную часть кассеты и фиксируется.

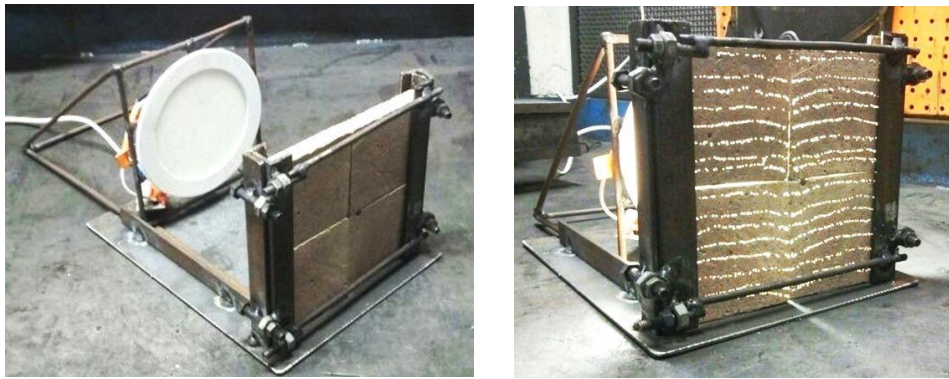
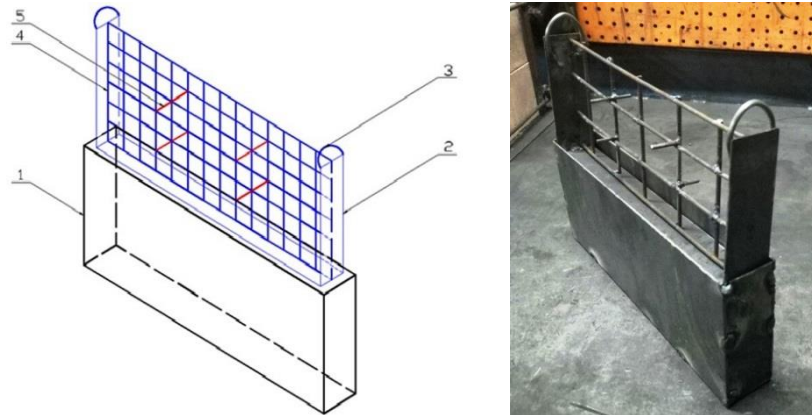


Рисунок 2 – Лабораторная конструкция светящейся стены



1 – форма (кассета); 2 – опускающаяся П-образная конструкция;  
3 – петли; 4 – арматурная сетка; 5 – фиксаторы.

Рисунок 3 – Лабораторная модель кассеты для изготовления светопроводящей панели:

*Технология 3D печати конструкций и объектов с использованием светопроводящих волокон.* Предложено подачу материала осуществлять с помощью 3D принтера путем послойной укладки разработанного состава смеси с чередованием раскладки светопроводящих волокон длиной равной ширине конструкции по заданному рисунку [7].

Особенность технологии является то, что в составе мелкозернистого бетона предложено использовать местное сырье, в том числе техногенные минеральные породы совместно с добавками, регулирующими свойства смеси [4, 8, 9]. Конструкция может быть армирована стекловолокном, металлической арматурой, целлюлозной, либо полимерной фиброй. Пластичная смесь непрерывным слоем выходит из сопла 3D-принтера по определенной траектории – контуру будущей стены, наращивая слой за слоем. По слоям раскладывается светопроводящее волокно по заданному рисунку (рисунок 4).



Рисунок 4 – Малые архитектурные формы, напечатанные на принтере

#### *Затраты на строительство дома на 3D принтере*

Подсчитано, что дом, построенный по технологии 3D печати, сданный под ключ, будет стоить вдвое меньше аналогичного строения из кирпича. При этом качество строительства получается на порядок выше. Данная технология позволяет получить идеальную гео-

метрию строения: проёмы ровные, нет отклонений ни в плоскости стен, ни по углам. Возведение зданий обходится примерно на 50% дешевле, чем при использовании классических методов строительства, экономия материала достигает 60%, экономия трудозатрат - 80%. Стоимость строительства отпечатанного дома «под ключ» составляет примерно 16...20 тысяч рублей за квадратный метр.

*Пример совместного проекта американской компании ApisCor и шести российских компаний печатания дома по 3D-технологии.*

В декабре 2016 года в Ступино Московской области был напечатан жилой дом. Российские компании взяли на себя его отделку и обустройство. Печать самонесущих стен, перегородок и ограждающих конструкций здания заняла 24 часа. После завершения печати принтер извлекли краном-манипулятором. Площадь здания составила 38 кв. м, оно напечатано с помощью аддитивной технологии, слой за слоем. В российской строительной практике дом впервые печатался как единое целое, а не собирался из отпечатанных панелей. Ниже приведены *технические характеристики* 3d-принтера с программным обеспечением CyBe ARTISAN, CyBe CHYSEL:

- Материал CyBe MORTAR;
- Диапазон – 2750 мм;
- Скорость печати – 200 мм/с;
- Расход бетона приблизительно – 1,5 кг/м / 40мм.;
- Количество осей – 6;
- Сеть – локальная сеть;
- Сертификаты – наличие сертификата CE;
- Сервис – полный сервис и образовательная поддержка. Удаленная помощь;
- Для контроля работы и подачи материала требуется 2 человека.

В комплект входит: Аппаратный манипулятор, система смесительных насосов, блок управления с интерфейсом.

Светящийся бетон применим как для стеновой конструкции, так и для малых архитектурных форм (рисунок 5).

Опыт работы авторов статьи с отходами металлургической, энергетической, угольной промышленности показал, что было бы более эффективно для светящихся конструкций использовать смесь в виде мелкозернистого бетона или раствора с применением вторичных минеральных ресурсов (ВМР) [4, 5, 10]. Учитывая, что в смеси применяется достаточно мелкий наполнитель – наполнитель (фракция менее 5 мм), для обеспечения необходимой удобоукладываемости требуется повышенный расход цемента. Однако это приводит к получению неоправданно высокой прочности раствора, которая не требуется для изготовления стеновых конструкций и малых архитектурных форм.

Имеется опыт применения, например, для кладочных растворов, цемента низких марок, получаемых путем совместного помола клинкера или цемента, природных пород и техногенных отходов [9]. Например, возможно получение цементов активностью от 150 до 300 кгс/см<sup>2</sup> на основе активированных техногенных пород: вяжущее из золы (патент № 2077516); способ получения зольного вяжущего (патент №2101245); шлаковый цемент (патент № 2232139); клинкер и цемент из горелых пород (патент №2521684).

Разработанные вяжущие содержат активированные ВМР путем тонкого помола –  $S_{уд}$  не менее 300 м<sup>2</sup>/г и добавок: щелочного активизатора – известкового компонента, например, пыли газоочистки известкового производства; сульфатного активизатора – сульфата натрия или аммония, например, отхода коксохимического производства. Для улучшения свойств смеси целесообразно введение активирующих и пластифицирующих добавок.

Итак, доказано, что для приготовления смеси для светящихся конструкций, возможно применение ВМР. Например, горелой породы – перегоревших отходов угольной промышленности. Она была применена в лабораторной эксперименте.

Получена модель светящейся стены розового цвета. Разработаны модели светопрозрачной стены и усовершенствованной конструкции кассеты, которая имеет перевернутый П-образный передвижной вкладыш. Описана технология послойной укладки смеси по 3D-технологии. Укладка светопроводящих волокон и смеси позволяет получить малые архитектурные формы, конструкции стены и объектов.

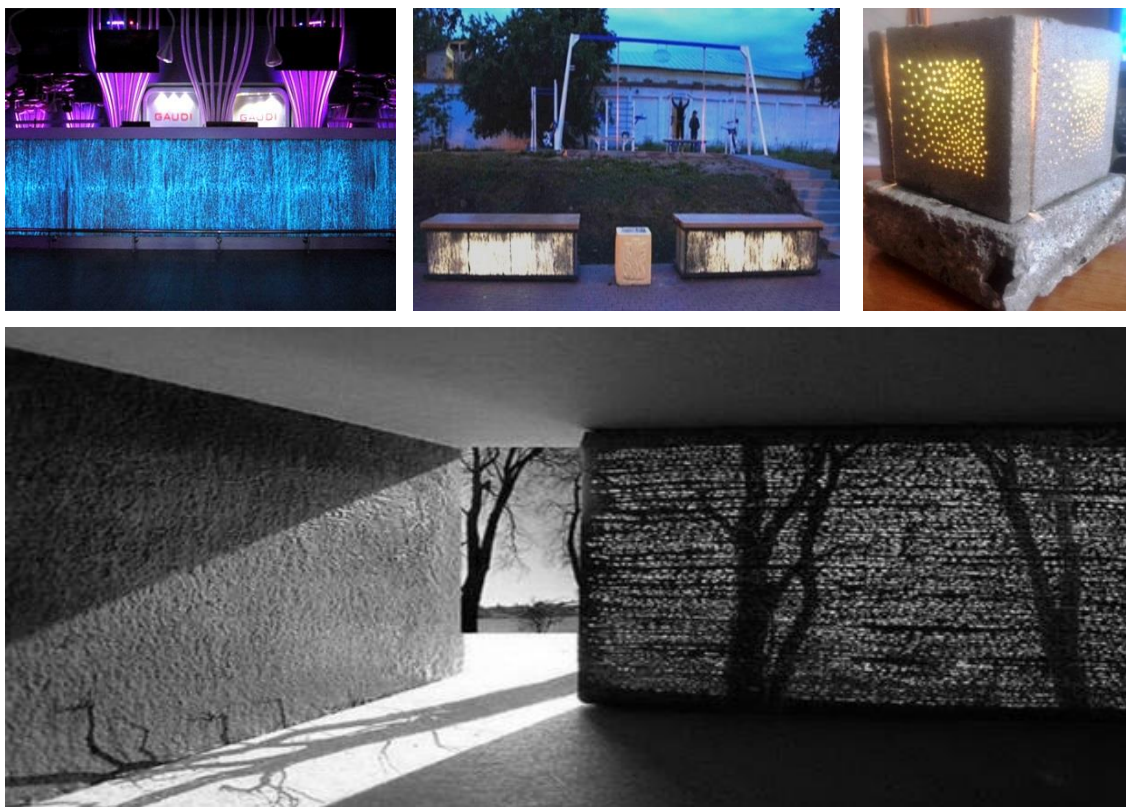


Рисунок 5 – Примеры применения светопроводящих бетонов (стойка бара, скамейка, светильник, стеновая конструкция)

Затраты и стоимость на строительство жилого дома по 3D-технологии почти в 2 раза меньше, чем для кирпичного дома. Предложено для смеси применить вяжущее, заполнители на основе ВМР, составы запатентованы.

#### Библиографический список

1. Патент РФ № 2453431 Способ получения бетонных изделий с отделкой декоративным заполнителем [Текст] / Болянов А.С., Панов С.А., Карпачева А.А.; Сибирский государственный индустриальный университет. Бюллетень №17, 2012.
2. Патент РФ № 2453430 Способ получения бетонных изделий с рельефным декоративным слоем [Текст] / Болянов А.С., Панова В.Ф., Карпачева А.А.; Сибирский государственный индустриальный университет. Бюллетень №17, 2012
3. История развития волоконной оптики <https://geektimes.ru/company/nag/blog/291279/>. (дата обращения: 25.04.2019)
4. Технология изготовления прозрачного бетона. Режим доступа: [www.illuminart.su](http://www.illuminart.su)
5. Пичугин А.П. Эффективные сухие строительные смеси для монтажных и кладочных работ. / А.П. Пичугин, В.Ф. Хританков, И.В. Белан, Х.В. Фишер // Международный сборник трудов «Ресурсы и ресурсосберегающие технологии в строительном материаловедении». – Новосибирск. – 2016. С. 189-194.
6. Сухие смеси в современном строительстве / В.А. Безбородов, В.И. Белан, П.И. Мешков и др.; Под ред. В.И. Белана. – Новосибирск, 1998. – 94 с.
7. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: Монография / СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – 289 с.
8. Панова В.Ф. Разработка технологических регламентов на производство материалов и изделий из вторичных минеральных ресурсов (ВМР) / В.Ф. Панова, С.А. Панов. Сиб.гос.индустр.ун-т. – Новокузнецк, 2015. – 201 с.
9. Пособие по тепловой обработке сборных железобетонных конструкций и изделий к СНиП 3.09.01-85 Режим доступа: [https://znaytovar.ru/gost/2/Posobie\\_k\\_SNiP\\_3090185\\_Posobie2.html](https://znaytovar.ru/gost/2/Posobie_k_SNiP_3090185_Posobie2.html)
10. Схемы и способы производства на заводах железобетонных изделий Режим доступа: [msd.com.ua](http://msd.com.ua)

## ГРУНТОБЕТОНЫ С ДИСПЕРСНЫМ И ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИМ АРМИРОВАНИЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Пичугин А.П.<sup>1</sup>, Языков И.К.<sup>1</sup>, Чесноков Р.А.<sup>1</sup>, Бобыльская В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет водного транспорта»  
г. Новосибирск, Россия

*Аннотация.* Предложен комплексный подход в создании укреплено-армированных грунтов. Рассмотрены эффективные методы укрепления грунтов портландцементом с добавками направленного действия. Отмечена недостаточная водостойкость и прочность грунтобетона на растяжение при изгибе. Изучены процессы взаимодействия в системах «грунт – портландцемент – золошлаковые смеси (ЗШС) – отходы хризотилцементного производства (ОХЦП)» в совокупности с обработанной наноразмерными составами арматуры, показавшие эффективность предлагаемых технических решений.

*Ключевые слова:* грунтобетон, золошлаковые смеси, полимерсодержащее армирование, наноразмерные составы.

Автомобильные дороги в сельских районах являются важнейшей составной частью общей инфраструктуры агропромышленного комплекса и их отсутствие или неудовлетворительное состояние приводят к значительным потерям сельскохозяйственной продукции. Кроме того, от состояния дорог в сельских районах зависит качество жизни на селе: в торговом, медицинском, коммунально-бытовом и культурном обслуживании. Конструкция дорожной одежды внутрихозяйственных дорог вследствие меньшей интенсивности движения подвержена меньшим воздействиям транспортных нагрузок и требования к физико-механическим свойствам, морозо- и износостойкости, усталостной прочности могут быть менее жесткими, чем для материалов дорог общего пользования. Разрушения дорожного полотна связаны с процессами, проходящими в грунтовом основании, сооруженном из местных грунтов. Влага, находящаяся в порах и пустотах при переменном замерзании и оттаивании снижает несущую способность грунта в основании дороги.

Создание материалов для стабилизации и упрочнения местных грунтов для возможности их использования при сооружении земляного полотна и основания дорожной одежды отнесено к разряду приоритетных. Увеличение ширины проезжей части или устройство укрепительных полос вдоль автомобильной дороги влечет за собой дополнительный расход материалов и в связи с этим особое значение приобретает использование различных производственных отходов.

Большая часть Западно-Сибирского региона не имеет природных каменных материалов, пригодных для использования в дорожном строительстве. Использование золошлаковых отходов в дорожном строительстве расширяет сырьевую базу региона и упрощает некоторые технологические процессы. Широкое применение отходов ТЭС в виде золы уноса или золошлаковой смеси позволяет решать две задачи:

использовать местные грунты в качестве дорожно-строительного материала, получаемого при воздействии на грунт добавок извести в сочетании с добавками золы уноса, что существенно удешевляет дорожное строительство;

высвободить огромные площади, занимаемые отвалами золы уноса, неиспользуемой рационально и тем самым повысить экономический эффект от применения бурых углей в качестве местного дешевого топлива ТЭС.

Перспективным является укрепление грунтов золошлаковой смесью ТЭС и полимерсодержащих добавок при проведении комплексного микро- и макроармирования [1,2].

Анализ научно-технической литературы и патентной информации по вопросам укреплению грунтов в дорожном строительстве и применения для этих целей золошлаковых отходов ТЭС показал, что данной проблеме посвящено большое количество работ Безрука В.М., Волженского А.В., Книгиной Г.И., Козловой В.К., Завадского В.Ф., Овчаренко Г.И., Гурячкова И.Л., Гончаровой Л.В., Гольдштейна Л.Я. и др.

Наиболее распространенным местным материалом являются грунты, поэтому весьма актуальна разработка методов укрепления грунтов. Основания из укрепленных грунтов отличаются низкой стоимостью, долговечностью, повышенной морозостойкостью. Наиболее эффективным и дешевым является метод укрепления различных грунтов портландцементом. Несмотря на очевидные преимущества, применение портландцемента в укреплении грунтов несколько ограничивается его дефицитностью и высокой стоимостью. Кроме того, укрепление грунтов только с помощью цемента не всегда эффективно. Весьма эффективно при этом использование золы ТЭС в сочетании с цементом или известью для укрепления несцементированных обломочных, песчаных и супесчаных грунтов. Наиболее пригодными для этих целей являются золы сухого улавливания и удаления.

При строительстве автомобильных дорог золы уноса сухого отбора используют в качестве активной гидравлической активной добавки совместно с цементом или известью, а также как самостоятельное медленно твердеющее вяжущее для устройства дорожных оснований и покрытий из укрепленных грунтов и отходов, получаемых при дроблении каменных материалов. Зола улучшает гранулометрический состав смеси и благодаря своим пуццолановым свойствам участвует в процессах схватывания и твердения цемента. В смесях с грунтами отвалы золы шлаковые материалы применяются при строительстве улучшенных грунтовых дорог. Эффективность применения отвалы золы шлаковых смесей можно существенно повысить, вводя в них цемент, известь и другие добавки.

Современные представления о работе сооружений из армированного грунта сводятся к схеме: слабый грунт армируется высокопрочными диафрагмами, послойно укладываемыми в горизонтальном направлении (Вестерград 1978). Видаль в 60-х годах разработал новый тип армирования грунта. Им создан композитный материал, образуемый плоскими армирующими полосами, которые укладываются горизонтально в грунт. Причём взаимодействие между грунтом и армирующими элементами обеспечиваются за счёт трения, вызванного гравитационными силами. Этому материалу он присвоил название «армированный грунт», термин, который стал общепризнанным во многих странах. Работы Видаль ускорили развитие конструкций из армированного грунта. Различные лаборатории США, Англии, Франции в 70-е годы двадцатого века провели фундаментальные исследования в этом направлении.

Ранее была установлена необходимость повышения прочностных свойств, водо- и морозостойкости укрепленных портландцементом грунтов для обеспечения их длительного срока службы в эксплуатационных условиях. Наиболее неудовлетворительными качественными показателями грунтобетонных являются их высокая усадка, низкая прочность на растяжение при изгибе и морозостойкость, поэтому при укреплении грунтов необходимо вводить комплексные добавки направленного действия. Для этой цели могут быть эффективно использована композиция, состоящая из золошлаковых смесей (ЗШС), отходов хризотилцементного производства (ОХЦП) и полимерсодержащей композиции (ПСК).

Определены свойства системы: суглинистый грунт – ЗШС – ОХЦП – ПСК при различной концентрации компонентов и выявлена роль каждой добавки, что позволило оптимизировать состав грунтобетона в соответствии с предъявляемыми требованиями. Разработаны рецептурно-технологические параметры формирования грунтобетонных с комплексными органоминеральными добавками направленного действия, обеспечивающими равномерно распределенную прочную структуру укрепляемого грунта при минимальном расходе цемента в пределах 4,0 – 6,0 % масс.

Установлено оптимальное количество золошлаковой смеси в укрепляемом суглинстом грунте для улучшения гранулометрического состава и упрочнения макроструктуры грунтобетона, составляющее 18 – 22 % масс. и отходов АЦП 8 – 12% масс, что обеспечивает создание прочного каркаса с минимальной усадкой после твердения в пределах  $(0,8 - 1,7) \times 10^{-3}$  мм/м, что в два – три раза ниже усадки цементогрунта без добавки.

Показано, что для получения грунтобетона с прочностью на растяжение при изгибе более 1,5 – 2,0 МПа необходимо введение в его состав не менее 8 – 12 % масс. отходов хри-



зотилцементного производства (ОХЦП), обеспечивающих дисперсное армирование и формирование равнопрочной структуры всего массива грунтового основания.

Установлено, что для предотвращения отрицательного действия воды и отрицательных температур на процесс гидратации цемента в грунте целесообразно введение полимерсодержащей композиции в количестве до 2,5 – 3,5 % от массы цемента, что обеспечивает повышение водостойкости в полтора – два раза и морозостойкости в два – три раза. Использование полимерсодержащей композиции позволяет снизить водоцементное отношение и обеспечить требуемые реологические характеристики при производстве работ. Введение в укрепляемую грунтобетонную массу отходов хризотилцементного производства приводит к выравниванию процесса насыщения грунта известью за счет высокого содержания её в составе ОАЦП и нормализации соотношения клинкерных минералов в системе. Применение отходов хризотилцементного производства обеспечивает дисперсное армирование структуры укрепленного грунта и повышение прочности цементного камня в зоне его контакта и всей многокомпонентной смеси, состоящей из цемента, золошлаковой смеси и отходов ХЦП.

При введении армирующих элементов в виде металлических и пластмассовых сеток отмечено низкое сцепление последних с укрепленным грунтом, варьируемое в пределах 0,1 – 0,7 МПа. Кроме того, установлено, что эти показатели имеют тенденцию к снижению при увлажнении образцов цементогрунта. Введение золошлаковой смеси и отходов хризотилцемента в укрепляемый суглинистый грунт, способствующие улучшению гранулометрического состава и упрочнению макроструктуры грунтобетона, увеличивают пористость композита и приводят к дополнительному насыщению влагой. В таких условиях прочность сцепления армирующих фрагментов снижается в несколько раз.

В целях обеспечения повышенной адгезии армирующих элементов были предложены различные варианты предварительной обработки пластмассовой арматуры: механическая активация поверхности, погружение в цементное тесто, распыление водных дисперсий наноразмерных растворов и композиций. Отмечено, что обработанные цементным тестом и наноразтворными композициями арматурные сетки имеют повышенную адгезию по сравнению с необработанными материалами.

Рассмотренные процессы химического взаимодействия в системах «грунт – портландцемент – ЗШС – ОХЦП» в совокупности с обработанной наноразмерными составами арматуры способствуют изменению характера структурных превращений в укрепляемом грунте и подтверждают высокие физико-химические свойства композиционного материала. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о положительном влиянии наноразмерных составов при твердении укреплено-армированного грунта с цементным вяжущим и минеральными добавками направленного действия из золошлаковой смеси и микроармирующего компонента. При этом наблюдаются различные положительные физико-химические процессы и эффекты, способствующие формированию упорядоченной и более прочной структуры вокруг обработанной арматуры, минеральных частиц золошлаковых смесей и отходов хризотилцемента. Это, в свою очередь, предопределяет получение более прочного и долговечного конгломератного материала в виде армогрунтобетона на цементной связке с минеральными добавками.

### **Библиографический список**

1. Пичугин А.П. Использование комплексных добавок для укрепления грунтов в сельском дорожном строительстве / А.П. Пичугин, В.А. Гришина, В.Ф. Хританков // Строительные материалы. – 2008. – № 10. – С. 36 – 38.
2. Пичугин А.П. Физико-химические процессы в укрепленных грунтах / А.П. Пичугин, В.А. Гришина, И.К. Языков // Строительные материалы. – 2009. – № 12. – С. 41 – 43.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА ИЗ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ КЫРГЫЗСТАНА

**Касымова М.Т., Дыйканбаева Н.А., Орузбаева Г.Т.**

*Кыргызско-Российский Славянский Университет,  
Кыргызский Государственный Университет Строительства, Транспорта и Архитектуры  
им. Н.Исанова  
Кыргызский Государственный Технический Университет им.И. Раззакова  
Бишкек, Кыргызстан*

*Представлены результаты исследований теплопроводности неавтоклавнога газобетона на основе природного и техногенного сырья Кыргызстана. Установлено влияние структуры бетона и коэффициента теплопроводности применяемых сырьевых материалов на теплопроводность газобетона.*

*Ключевые слова: неавтоклавный газобетон, коэффициент теплопроводности, наполнитель, зола, известняк-ракушечник, плотность, микроструктура.*

Одной из актуальных задач производства строительных материалов является применение отходов промышленных производств. Ежегодно в различных отраслях промышленности накапливается огромное количество отходов. На их удаление и хранение затрачивается 8-10% стоимости производимой продукции. Использование отходов экономически выгодно, так как сокращаются материальные и энергетические ресурсы. Кроме того, использование отходов производств является одним из эффективных способов экономии природных сырьевых материалов. При этом одновременно происходит утилизация побочных продуктов производств и вносится вклад в охрану окружающей среды [1].

В наших исследованиях для получения неавтоклавнога газобетона были применены отходы производств Кыргызстана. Для этого были использованы местные природные и техногенные сырьевые материалы в качестве наполнителей: зола Бишкекской ТЭЦ и порошкообразные отходы от производства облицовочных плит из известняка ракушечника. В качестве вяжущего применяли портландцемент Кантского цементного завода М400, который был испытан по ГОСТ 10178-85. Минералогический состав цементного клинкера представлен следующими минералами:  $C_3S$ -60%,  $C_2S$ -14%,  $C_3A$ -6,9%,  $C_4AF$ -11,9%.

Зола Бишкекской ТЭЦ по виду и качеству топлива является каменно- и буроугольной, так как она получается из 60% карагандинских каменных улей и 40% местных ташкумырских бурых углей. В зависимости от вида подготовки и условий сжигания топлива относится к золам пылевидного сжигания [1].

Химический состав золы Бишкекской ТЭЦ приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав золы-унос БТЭЦ

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Ппп	R <sub>2</sub> O	Σ
51,57	21,87	3,70	3,09	1,24	1,47	16,54	0,52	100

Используемый в качестве наполнителя в газобетоне известняк ракушечник имеет светло-коричневые, бежевые тона окраски, иногда с бледными желтыми пятнами. Структура раковинно-детритовая, пористая. Основным порообразующим минералом камня является кальцит, содержание которого составляет около 91%. На долю второстепенных минералов

приходится до 9% (окислы железа, марганца, кремнистые минералы). По минеральному составу, структурно–текстурным особенностям камень относится к кальцитовым известнякам.

В качестве добавок для поризации и пластификации использованы алюминиевая пудра ПАП-2, суперпластификатор и сода. Для дисперсного армирования неавтоклавного газобетона используем стекловолокно диаметром 73 мкм и асбестовое волокно.

Проведенные нами исследования по получению ячеистого бетона из местных сырьевых материалов Кыргызстана включают результаты подбора составов газобетона, изучение физико-механических показателей свойств и технологию его производства[2-5].

В результате экспериментальных исследований были получены составы неавтоклавного газобетона с наполнителями известняком-ракушечником и известняком-ракушечником-золой. В таблице 2 показаны составы и физико-механические свойства газобетона исследованных композиций.

Таблица 2 – Составы композиций неавтоклавного газобетона

№	Цемент	Зола	Ракушечник	Алюминий	сода	Глениум	Мелмент	Вода	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Ризг., МПа	Рсж, МПа
1	50	30	19,74	0,08	0,11	-	0,5	0,54	730	0,74	3,93
2	50	30	19,78	0,1	0,1	0,8	-	0,43	745	1,62	5,46
3	50	-	49,32	0,08	0,1	0,8	-	0,32	723	1,60	4,64

Теплопроводность является одной из основных характеристик газобетона. Благодаря малому весу и низкой теплопроводности газобетон применяется в теплоизолирующих конструкциях. Поэтому дальнейшей задачей исследовательской работы было изучение теплопроводности газобетона вышеуказанных составов.

Коэффициент теплопроводности измеряли на приборе ИТ-МГ4 «Зонд», на образцах кубах размерами 100 x 100 x 100 мм из подобранных оптимальных составов неавтоклавного газобетона. Принцип работы прибора с цилиндрическим зондом основан на создании нестационарного теплового режима и измерения скорости изменения температуры зонда, помещенного в образец.

Для проведения измерений в контролируемом образце высверливалось отверстие, соответствующее длине и диаметру зонда. Продолжительность измерений составляла не более 10 мин. В таблице 3 представлены результаты измерений коэффициента теплопроводности.

Таблица 3 – Коэффициенты теплопроводности

Состав газобетона	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/м. К 1 измерение	$\lambda$ , Вт/м. К 2 измерение	$\lambda$ , Вт/м. К 3 измерение
Зола+известняк-ракушечник+Melment	745	0,168	0,169	0,159
	731	0,155	0,158	0,157
	723	0,152	0,158	0,155
Зола+известняк-ракушечник+Glenium	708	0,148	0,149	0,149
	716	0,145	0,145	0,144
	724	0,142	0,148	0,145
Известняк-ракушечник+Glenium	798	0,173	0,177	0,180
	783	0,181	0,180	0,174
	792	0,180	0,175	0,181

В первом (с добавкой Melment) и во втором (с добавкой Glenium) составах с наполнителями из золы и известняка-ракушечника были получены газобетоны марки D 700, с пока-

зателями плотности в пределах 708-745 кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент теплопроводности этих образцов находится в пределах 0,142-0,169 Вт/м. С. Третий состав газобетона с известняк-ракушечником и добавкой Glenium марки D 800 с плотностью 783-798 кг/м<sup>3</sup> имеет коэффициенты теплопроводности в пределах 0,173-0,183 Вт/м. С, что соответствует требованиям ГОСТ 25485-89.

Согласно исследованиям Давидюк А.Н. [6] коэффициент теплопроводности материала зависит от его средней плотности и коэффициента теплопроводности скелета, который может изменяться до 70% в зависимости от природы материала. В связи с этим, подбирая соответствующий минеральный состав пористых заполнителей, можно влиять на величину коэффициента теплопроводности ячеистого бетона, не только регулируя среднюю плотность, но и изменяя коэффициент теплопроводности скелета материала. В таблице 4 представлены коэффициенты теплопроводности основных использованных сырьевых материалов, который составляет скелет газобетона.

Таблица 4 – Коэффициент теплопроводности сырьевых материалов

Показатель	Материал			
	Цемент (рас- твор)	Кирпич золь- ный	Известняк- ракушечник	Песок
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	-	1240	1000-1800	1500
$\lambda_0$ , Вт/м °С	0,47	0,16-0,24	0.27-0.63	0,97-1,33

Как видно из таблицы 4 использованные нами наполнители зола и известняк-ракушечник имеют низкие коэффициенты теплопроводности по сравнению с традиционным наполнителем, используемым для газобетона песком. В предложенных составах самый низкий коэффициент теплопроводности равный  $\lambda=0,142$  Вт/м °С имеет образец с плотностью 724кг/см<sup>3</sup>.

Из анализа структуры (рисунки 1 – 3) газобетон на основе известняка-ракушечника и добавки Glenium отличается отсутствием сообщающихся пор и их правильными сферическими формами. Несмотря на это, образцы газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Glenium показывают лучшие результаты коэффициента теплопроводности по сравнению с образцами газобетона на основе известняка-ракушечника и добавки Glenium. Это обусловлено присутствием в его составе золы, с более низким коэффициентом теплопроводности.



Рисунок 1 – Макроструктура образцов неавтоклавного газобетона (1 состав - зола+известняк-ракушечник + Melment)



Рисунок 2 – Макроструктура образцов неавтоклавного газобетона (состав 2- зола+известняк-ракушечник + Glenium)



Рисунок 3 – Макроструктура образцов неавтоклавного газобетона (состав 3- известняк-ракушечник + Glenium))

Образцы газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Glenium имеет низкие коэффициенты теплопроводности по сравнению с образцами газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Melment, несмотря на одинаковую марку D 700 и составные компоненты (зола, известняк-ракушечник). Этому способствует равномерно распределенная пористая структура, улучшающая физико-механические свойства газобетона.

Таким образом, исследования показали, что на теплопроводность газобетона оказывают влияние структура бетона и коэффициент теплопроводности применяемых сырьевых материалов. Нам удалось получить неавтоклавный газобетон из природного и техногенного сырья Кыргызстана с показателями коэффициента теплопроводности соответствующими требованиям ГОСТ 25485-89 для неавтоклавного ячеистого бетона и не превышающих значений 0,18 - 0,15 Вт/м °С для D700 и 0,21-0,18 Вт/м °С для D800.

### **Библиографический список**

1. Абдрахимов В. З., Денисов Д. Ю., Колпаков А. В. Исследование теплопроводности теплоизоляционных материалов из отходов топливно-энергетической промышленности без применения природных традиционных материалов. // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – Т. 3. – С. 1051–1055. – URL: <http://e-koncept.ru/2013/53213.htm>.

2. Дыйканбаева Н.А. Неавтоклавный газобетон из природного и техногенного сырья Кыргызстана [Текст] / Н.А. Дыйканбаева // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2017. - №1. - с.123-126.

3. Касымова М.Т. Наполнители для неавтоклавного газобетона [Текст] / М.Т. Касымова, Дыйканбаева Н.А. // Материалы МНПК «Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на Дальнем Востоке в XXI веке». - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. - С. 94-99.

4. Дыйканбаева Н.А. Эффективность дисперсного армирования неавтоклавного ячеистого бетона [Текст] / Н.А. Дыйканбаева // Материалы МНПК «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Научные чтения памяти профессора В.Б.Федосенко». - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. - С. 69-74.

5. Дыйканбаева Н.А. Влияние продолжительности тепловлажностной обработки на прочностные свойства ячеистого бетона из местного сырья Кыргызстана [Текст] / Н.А. Дыйканбаева // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2016.-№9. - с.101-103.

6. Давидюк А.Н. Конструкционно-теплоизоляционные легкие бетоны на стекловидных пористых заполнителях/ Дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. Ростов-на-Дону. - 2009. – 284 с.

## ЦЕМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**Станевич В.Т., Нуркина М.Н., Кудрышова Б.Ч., Вышарь О.В.**

*Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова,  
г. Павлодар, Республика Казахстан*

*Аннотация. Статья посвящена вопросам использования шлаков доменного производства АО «АрселорМитталТемиртау» в цементной промышленности. В работе рассмотрены вопросы формирования цементно-шлаковых систем и исследованы их качественные показатели.*

*Ключевые слова: металлургический шлак, цементные системы, клинкер.*

В настоящее время в Казахстане очевидна необходимость рационального ресурсопользования и экономия материальных ресурсов страны, разработка и освоение безотходных инновационных технологий. На близлежащих территориях к АО «АрселорМитталТемиртау» скопилось свыше 200 млн. тонн отходов, которые негативно влияют на экологическую обстановку не только непосредственно возле мест хранения в г. Темиртау, но и далеко за пределами Карагандинской области [1, с. 3]. Проводимые исследования показали, что отходы могут служить недорогим местным и ликвидным ресурсом для получения строительных материалов [2, с. 5].

Мировая практика показывает, что металлургия традиционно является одним из главных «поставщиков» техногенного сырья для строительной отрасли, а металлургические шлаки – это ценное сырье для изготовления строительных материалов и изделий, которые более дешевые и прочные, чем полученные из природного сырья [3 с. 66, 73, 84; 4, с. 73; 5, с. 96].

Наиболее перспективным сырьем для производства строительных материалов являются шлаки доменного и сталеплавильного производства, которые на данный момент в Карагандинской области практически не используются, хотя вся продукция шлакопереработки экономически выгодна. Например, использование 1 т гранулированного шлака в цементной промышленности увеличивает на 1 т выход цемента. Шлак в 9 раз менее затратный по удельным капиталовложениям чем клинкер [6, с. 31; 5, с. 99]. Химический состав шлаков доменного производства АО «АрселорМитталТемиртау» представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав доменного гранулированного шлака АО «АрселорМиттал-Темиртау» [7]

Доменный гранулирован- ный шлак	Содержание, % масс							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	Собщ	TiO <sub>2</sub>
	40,7	8,0	44,3	5,2	0,2	0,5	0,65	0,45

Исходный доменный гранулированный шлак (далее – шлак) размалывали в шаровой мельнице до удельной поверхности со значением 450-500 м<sup>2</sup>/кг. Содержание стекловидной формы в шлаке составило 73,4 %. Активность шлака определяли по стандартной методике ГОСТ 8269.0 с использованием малого прибора СоюзДОРНИИ. Активность полученных шлаковых цилиндров определяли после пропаривания их по стандартному режиму ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии» как для

цементных образцов-балочек. Активность шлака после пропаривания составила 9,4 МПа, а после 28 суток нормального твердения 14,9 МПа. Отношение пропаренной прочности к прочности нормального твердения составило 63%, что может характеризовать достаточно высокую активность шлака и в пропариваемых бетонах. Коэффициент качества шлака для определения его сорта высчитывали по формуле:

$$K = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + \%MgO}{\%SiO_2 + \%TiO_2}$$

Коэффициент качества составил 1,39, что соответствует 3 сорту по ГОСТ 3476-74 «Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цемента».

В качестве вяжущего применялся портландцемент нормированного состава с удельной поверхностью 320-340 м<sup>2</sup>/кг марки ПЦ 500 ДОН ГОСТ 10178 производства АО «Central Asia Cement» (г. Актау, Карагандинская обл.). Минералогический состав цемента представлен следующими основными минералами с содержанием в % по массе: C<sub>3</sub>S = 60,0 %, C<sub>2</sub>S = 18,2 %, C<sub>4</sub>AF = 11,69 %, C<sub>3</sub>A = 7,79 %. Цемент и шлак смешивались в заданных пропорциях 0-20% и дополнительно совместно домальвались в течение 5 минут в шаровой мельнице.

В качестве химического модификатора применяли добавки разного происхождения: на основе сульфонического полимера MasterRheobuild 1000K (далее - MR1000K), на основе поликарбоксилатного эфира Добавка Glenium® ACE 40 (далее – MG40ACE). Добавки вводились в количестве 1,2% от массы цемента для MR1000K и 0,8% от массы цемента для MGACE40. Выбранное количество химического модификатора назначено для заводской технологии производства железобетонных конструкций, в которой ключевую роль играет пропаривание бетона по заданному режиму.

Контрольные составы бетона изготовлены без шлака, но с введением химической добавки.

В качестве крупного заполнителя использовался плотный гранит-порфировый щебень смеси фракций 5-20 мм и маркой по дробимости 1000. В качестве мелкого заполнителя применялся природный кварцевый песок с модулем крупности 2,2.

Подбор состава бетона производили по методике НИИЖБ [8, с. 16] для марки бетона 300, что соответствует классу бетона по прочности на сжатие В25 при внутрисерийном коэффициенте варьирования прочности бетона 13,5%.

Смеси приготавливались в гравитационном лабораторном смесителе на 50л, в который последовательно загружали щебень, песок, цемент. Далее сухую смесь перемешивали в течение 1 минуты, затем вводили 80% воды затворения и перемешивали до однородного состояния в течение 1,5 минут, затем вводили оставшиеся 20% воды затворения с растворенным в ней химическим модификатором и перемешивали еще 1 минуту. Смесь выгружали в садовую тележку и затем отбирали пробы на определение осадки конуса (ОК), фактической плотности и содержания вовлеченного воздуха. ОК назначали фиксированным значением равным 10-11 см, что наиболее оптимально для заводской технологии изготовления ЖБИ. Из бетонных смесей виброуплотнением в течение 30 с на виброплощадке с амплитудой колебаний 0,5 мм и количеством встряхиваний 3000 об/мин формовали по 6 образцов-кубов размерами 150×150×150 мм для каждого кода состава. Прочность бетона на сжатие контролировалась после пропаривания по режиму 2+2+4+2 ч. Температуру изотермического прогрева варьировали в пределах 50-80°С. Составы бетонов класса В22,5 и показатели качества бетонной смеси приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Составы и свойства полученных бетонных смесей

Код состава	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> , кг				В/В *	ОК , см	Плот- ность, кг/м <sup>3</sup>	В.в., % по объе- му**	Сохраняе- мость по- движности, ч- мин
	Це- мент	Пе- сок	Ще- бень	Шлак					
MR1000K, 1,2 % от массы цемента									
MR1000K0	300	795	1190	0	0,40	10	2408	3,1	0-40
MR1000K15	285	796	1194	15	0,40	11	2412	2,8	0-50
MR1000K30	270	796	1194	30	0,40	10	2412	2,7	0-50
MR1000K45	255	791	1187	45	0,41	10	2403	2,7	0-55
MR1000K60	240	784	1175	60	0,43	10	2390	2,7	1-05
MG40ACE, 0,8 % от массы цемента									
MG40ACE0	300	800	1200	0	0,36	10	2406	3,9	1-10
MG40ACE15	285	799	1199	15	0,36	10	2408	3,7	1-20
MG40ACE30	270	800	1200	30	0,36	10	2410	3,5	1-20
MG40ACE45	255	796	1193	45	0,36	10	2402	3,5	1-30
MG40ACE60	240	794	1191	60	0,37	11	2400	3,5	1-35

\* «Водовязущее отношение». В состав цемента в графе «В/В» включен шлак, таким образом сумма компонентов вяжущего всегда равна 300 кг.  
 \*\*«В.в.» - расшифровывается как « содержание вовлеченного воздуха».

В результате испытаний установлено, что использование добавок на основе поликарбонксилатного эфира приводит к меньшему расходу воды, но к увеличенному содержанию вовлеченного воздуха. Использование добавки на основе нафталинсульфоокислот приводит к увеличению водосодержания смеси в среднем на 10 %, но к уменьшению содержанию вовлеченного воздуха на 10-12% по сравнению с добавками на основе поликарбонксилатного эфира. Кроме того установлен факт постоянства водопотребности бетонных смесей на используемых компонентах в имеющемся диапазоне варьирования расходов компонентов. Также немаловажным наблюдением стал факт более длительного сохранения подвижности бетонных смесей, модифицированных добавкой на основе поликарбонксилатэфира, что для заводской технологии изготовления приводит к снижению прочности при одинаковой продолжительности тепловлажностной обработки.

С целью определения прочностных показателей качества бетона на полученных смесях была исследована прочность на сжатие после пропаривания с температурой изотермической выдержки 50-70 °С с шагом в 10 °С. Результаты испытаний представлены на рисунках 1 и 2.

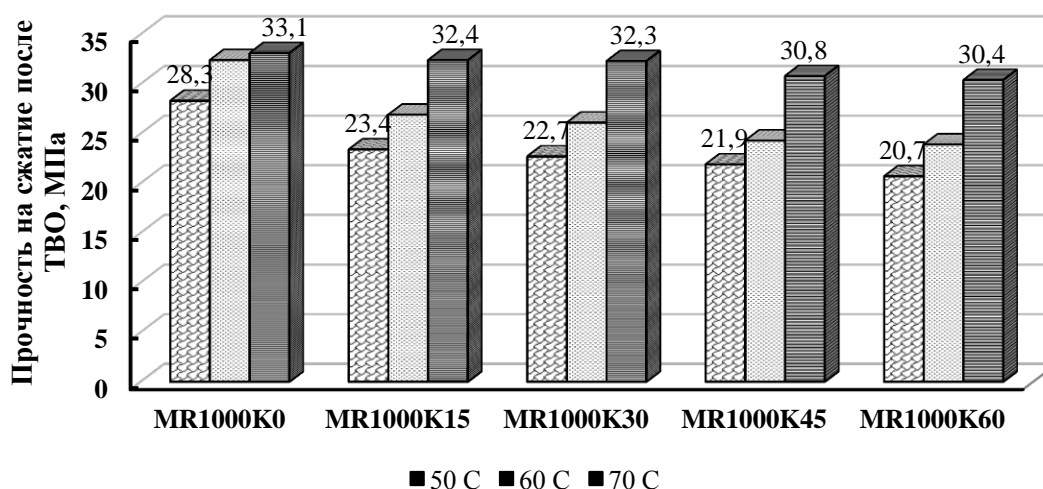


Рисунок 1 – Зависимость прочности на сжатие образцов модифицированных добавкой на основе сульфонического полимера от температуры изотермического прогрева



В результате анализа зависимостей (рисунок 1) установлено, что повышение температуры изотермического прогрева приводит к увеличению прочности на сжатие для всех выбранных составов с добавкой на сульфонической основе. Увеличение дозировки шлака в смеси с цементом приводит к снижению прочности на сжатие. Введение до 10% шлака от массы цемента практически не изменяет прочностных свойств исходного состава на 100% клинкерном цементе. Увеличение температуры изотермической выдержки с 60 оС до 70 оС приводит к незначительному повышению прочности на сжатие выбранных составов, что позволяет рекомендовать более мягкие режимы тепловлажностной обработки на заводах ЖБИ. Это не только не снизит качества готовых изделий, но и позволит предприятию экономить дорогостоящую тепло- и электроэнергию. По состоянию на июль 2019 года стоимость 1 гигакалории в Казахстане составляет 4024 тг. На прогрев 1 изделия объемом 0,6 м<sup>3</sup> в ямной пропарочной камере при температуре 70 °С уходит 0,44-0,46 Гкал или в среднем 1810 тг. При сокращении изотермической выдержки с 70 °С до 60 °С в расход на прогрев 1 такого изделия сократится на 0,14 Гкал и составит 0,3 Гкал или 1210 тг. Экономия составит 30%.

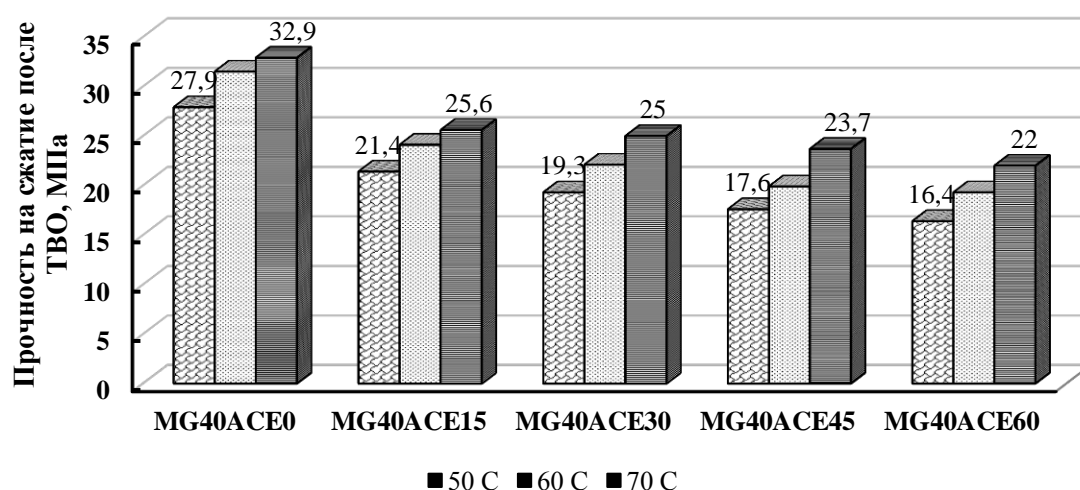


Рисунок 2 – Зависимость прочности на сжатие образцов модифицированных добавкой на основе поликарбоксилатного эфира от температуры изотермического прогрева

Несмотря на снижение количества воды затворения при использовании поликарбоксилатного (ПКЭ) модификатора (см. таблицу 2), прочность составов на этой добавке ниже, чем для нафталинсульфонатной MasterRheobuild1000K. По мнению авторов это может быть связано с отложенным структурообразованием бетонных составов с ПКЭ добавкой по сравнению с нафталинсульфонатной, что при одинаковой продолжительности ТВО приводит к снижению распалубочной прочности. Кроме того для образцов бетона без шлака такой разницы не обнаружено, что может свидетельствовать об избирательности адсорбции молекул добавки на частицах высокодисперсного шлака. Отмеченное в таблице 2 повышенное содержание вовлеченного воздуха в составах на поликарбоксилатной добавке отрицательно сказалось и на прочности на сжатие, что соответствует данным [9, с. 190].

#### Выводы:

1. Использование доменного гранулированного шлака для модификации клинкерных цементных систем не теряет своей актуальности и в условиях использования современных водоредуцирующих и пластифицирующих добавок.
2. Введение шлака в цемент нормированного состава в количестве до 10% практически не изменяет как реологических свойств бетонных смесей, так и прочностных показателей

затвердевшего искусственного камня. Это справедливо только лишь для бетонных смесей, модифицированных добавками на основе нафталинсульфокислот.

3. Использование в заводской технологии добавок на поликарбоксилатной основе приводит к снижению количества воды затворения, но с одновременным увеличением содержания вовлеченного воздуха, что должно положительно сказываться на морозостойкости цементных систем. При этом прочность составов на ПКЭ добавке ниже для цементно-шлаковых систем.

4. Увеличение температуры изотермического прогрева с 60 °С до 70 °С не приводит к значительному увеличению распалубочной прочности. Увеличение не превышает 10%, тогда как экономия от снижения температуры на 10 °С доходит до 30%.

### **Библиографический список**

1. Петрова Л. Специалисты рассказали о важнейших проектах, реализуемых на комбинате / Л. Петрова / Темиртауский МЕТАЛЛУРГ, 2017. № 4 (89). – С. 3.

2. Батраков В.Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы // Строительные материалы. – 2006. – № 10. – С. 4 – 7.

3. Валуев Д.В. Технологии переработки металлургических отходов / Д.В. Валуев, Р.А. Гизатулин. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 196 с.

4. Пугин К.Г., Юшков Б.С. Ресурсосберегающие технологии и снижение экологической нагрузки при производстве бетонных изделий с использованием доменных шлаков // Научные исследования и инновации / ГОУ ВПО «Пермский гос. техн. унив-тет. – 2010. – № 3. – С. 72 – 79.

5. Трофимов Б.Я., Крамар Л.Я., Шудяков К.В. Влияние количества шлака в цементе на морозостойкость тяжелого бетона // Строительные материалы: научно-технический и производственный журнал / ООО РИФ «Стройматериалы». – 2013. – № 9. – С. 96 – 100.

6. Перспективы использования отходов АО «АрселорМитталТемиртау» в строительстве // Вестник науки и образования / ООО «Олимп». – 2018. - № 5 (41). Том 1. – С. 31 – 33.

7. Паспорт доменного цеха. АО «Арселор Миттал Темиртау», 2011. – С. 5 – 9.

8. Руководство по подбору составов тяжелого бетона/ НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 103 с.

9. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. М.:Стройиздат. 1971. – 206 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ МОНГОЛИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Хадбаатар А.<sup>1</sup>, Машкин Н.А.<sup>2</sup>, Молчанов В.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Дарханский филиал Монгольского технологического университета,  
Дархан, Монголия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»  
(Сибстрин), г. Новосибирск, Россия

*Аннотация:* Представлены результаты исследования золошлаковых отходов Эрдэнэтской и Дарханской ТЭЦ Монголии как компонентов грунтозолобетонных для укрепления верхних слоев земляного полотна автомобильных дорог, устройства оснований дорожных одежд и обочин. Актуальность темы связана с растущей потребностью автодорожного строительства в местных материалах, с одновременной утилизацией золошлаковых отходов.

*Ключевые слова:* ТЭЦ Монголии, золошлаковые отходы, химический состав, вяжущие свойства, дорожные грунтозолобетоны.

Среди промышленных отходов Монголии первое место по объемам занимают золы и шлаки от сжигания угля на тепловых электрических станциях. Содержание золошлаковых отходов требует значительных затрат, в то же время в строительстве используется незначительная часть золошлаковых отходов.

В то же время золы и шлаки ТЭЦ являются материалами, прошедшими высокотемпературную обработку и получившими специфические свойства, предопределяющие возможность их эффективного использования в производстве различных строительных материалов, в том числе и для дорожного строительства [1 – 8] (рисунок 1). Например, в Новосибирской области Российской Федерации зола используется при производстве товарного бетона, бетонных блоков, тротуарной плитки, при монолитном строительстве и в качестве компонента в сухих строительных смесях.

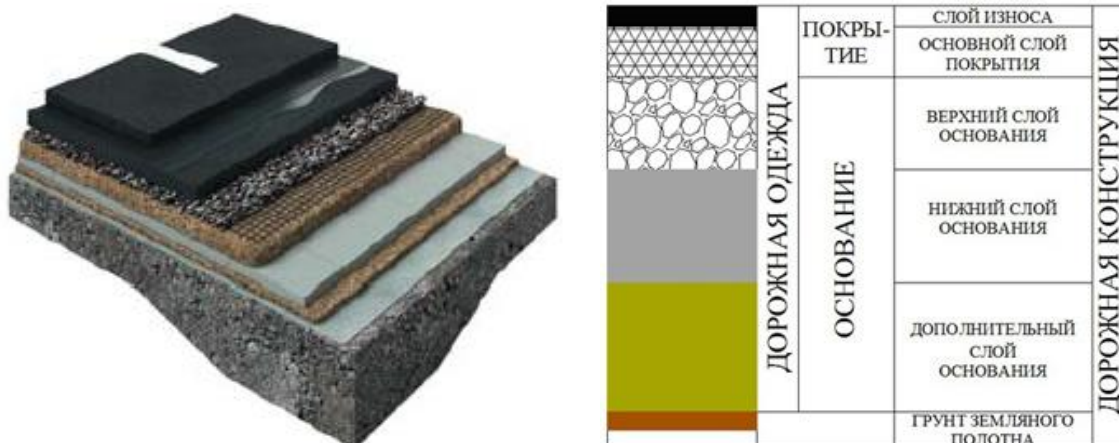


Рисунок 1 – Схема дорожной одежды

Использование ЗШО ТЭЦ в развитых странах мира составляет более 60 %. Широко распространена практика строительства заводов при ТЭЦ по полной переработке ЗШО в различные строительные материалы. Если в России объем перерабатываемых ЗШО составляет около 7 %, то в Монголии всего 3 % от их текущего выхода. Например, из 20 – 35 тыс. т ЗШО Дарханской и Эрдэнэтской ТЭЦ (Монголия) используется в строительстве не более 1 тыс. т в год.

Причина этого кроется в недостаточной изученности ЗШО Монголии, отсутствии проверенных регламентированных составов строительных смесей с использованием ЗШО и налаженного золоотбора, а также адаптированных для условий Монголии технологий комплексной переработки ЗШО в строительные материалы.

ЗШО Дарханской и Эрдэнэтской ТЭЦ Монголии были изучены методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с рентгеноспектральным микроанализом и рентгенофазового анализа. Использовались приборы: сканирующий электронный микроскоп и рентгеновский дифрактометр

ЗШО обеих ТЭЦ имеют очень близкий минерально-фазовый и химический состав. На рисунках представлены данные исследования ЗШО Дарханской ТЭЦ с помощью СЭМ (рисунок 2), рентгеноспектрального микроанализа (рисунок 3), а также рентгенограммы зол (рисунок 4). Соответствующий элементный состав образца ЗШО Дарханской ТЭЦ представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав образца ЗШО Дарханской ТЭЦ

Элемент	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Вес. %	22.60	49.80	0.29	0.56	7.49	12.36	0.69	1.41	0.52	4.31
Атом. %	31.95	52.87	0.21	0.39	4.71	7.47	0.30	9.60	0.18	1.31

Рисунок 2 – СЭМ-изображение ЗШО Дарханской ТЭЦ

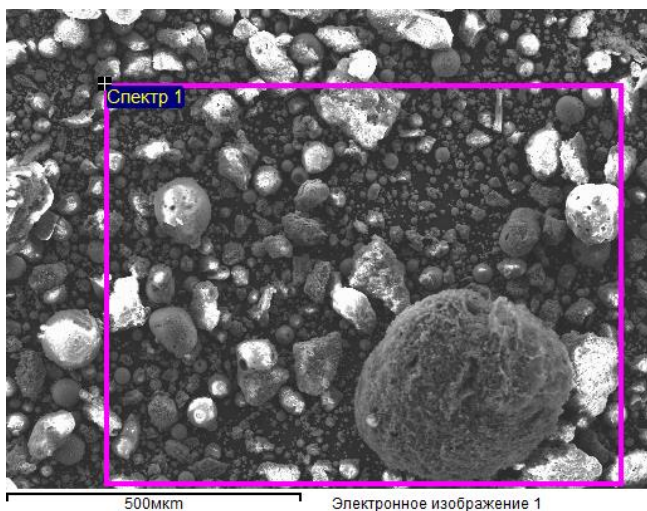
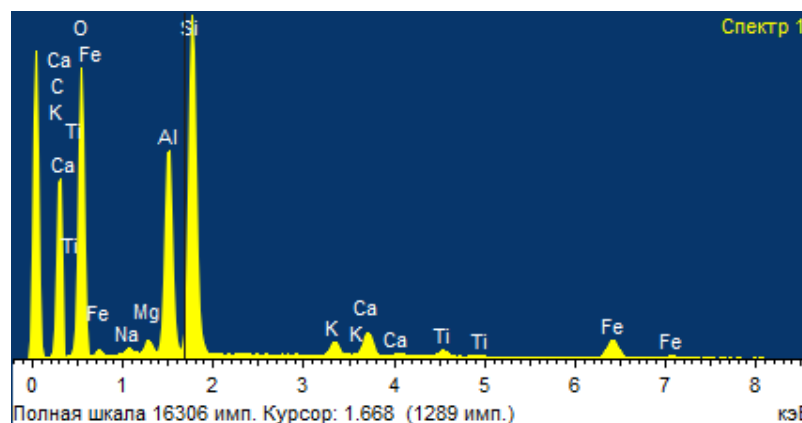


Рисунок 3 – Спектр рентгеноспектрального микроанализа ЗШО Дарханской ТЭЦ

По результатам рентгеноспектрального микроанализа ЗШО Дарханской и Эрдэнэтской ТЭЦ – высокоуглеродистые, малокальциевые. В Дарханской золе среднее содержание Ca – 0,95% (от 0,28% до 7,41%); в Эрдэнэтской – среднее содержание Ca – 1,41%). Частицы круглой формы на СЭМ-изображениях представляют собой глобулы сажи (чистый углерод). Остальные фазы – это, в основном, окислы Fe, Al, Si, Mg, часто в виде шпинели ( $FeAl_2O_4$  или  $MgAl_2O_4$ ). На СЭМ-изображениях хорошо видно распределение железа, оно имеет ярко-белый контраст.

Данные рентгенофазового анализа (рисунок 4) показывают близкое соответствие фазового состава ЗШО ТЭЦ Дархана и Эрденета. Это же следует из данных рентгеноспектрального микроанализа. Оба вида ЗШО имеют кислый (малокальциевый), высокоуглеродистый состав. Такие ЗШО, содержащие мало кальция, имеют низкие вяжущие свойства. Поэтому они будут иметь хорошее сцепление только с теми грунтами, в которых достаточно соединений кальция (высокоизвестковый грунт). В Монголии такие грунты встречаются чрезвычайно редко. Поэтому при применении исследованных ЗШО в грунтозолобетонах для устройства оснований автомобильных дорог придется использовать добавки цемента, извести или природного известняка [9 – 11].

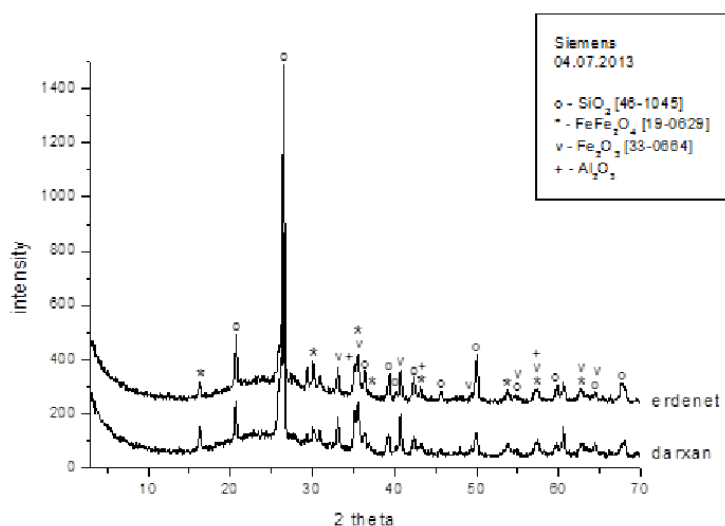


Рисунок 4 – Рентгенограммы ЗШО Дарханской и Эрдэнэтской ТЭС

Возможности использования цемента и извести в дорожном строительстве Монголии ограничены высокой стоимостью и малыми объемами их местного производства. Поэтому исследования были сосредоточены на применении известняка в качестве компонента дорожных грунтозолобетонов.

Химический состав известняков месторождений Монголии (г. Дархан), определенный методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа, представлен в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав Дарханских известняков (Монголия)

	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SrO
Компания «Эрэла»	0,36	1,23	0,38	0,53	-	0,09	0,09	53,48	-	0,13	0,31
Гора «Буурал»	0,16	19,48	1,49	3,44	0,09	0,37	0,06	29,61	0,08	0,62	-

В таблицах 3 и 4 приведены результаты испытаний образцов грунтозолобетона (7,07x7,07x7,07 см) на основе супеси (содержит 5,5 – 7 % глинистых частиц, Дархан) и ЗШО Дарханской ТЭС, твердевшего на пористом основании до 28 сут, с использованием цементного вяжущего ЦЕМ II/A-III 32,5Н (ПЦ400 Д20) без добавок (таблица 3) и с добавками известняка (таблица 4), по ГОСТ 5802-86 (2002) «Растворы строительные. Методы испытаний».

Таблица 3 – Результаты лабораторных испытаний грунтозолобетона с добавкой портландцемента

№ смеси	Состав % по массе			Вода, % (осадка конуса 8 см)	Прочность при сжатии, МПа (28 суток)
	Цемент (ПЦ 400)	Зола (Дархан)	Грунт (супесь)		
1	10	27	63	30	4,7
2	10	25	65	30	4,3
3	10	20	70	30	4,3
4	10	18	72	30	4,7
5	9	28	63	28	4,6
6	9	25	66	28	4,3
7	9	22	69	28	4,3
8	9	20	71	28	4,6
9	8	27	65	26	4,3
10	8	25	67	26	4,3
11	8	22	70	26	4,5
12	8	20	72	26	4,3
13	7	30	63	24	4,3
14	7	29	64	24	4,4
15	7	28	65	24	4,2
16	-	30	70	23	0,9

Таблица 4 – Результаты лабораторных испытаний грунтозолобетона с добавкой портландцемента и известняка

№ смеси	Состав % по массе				Вода, % (осадка ко- нуса 8 см)	Прочность при сжатии, МПа (28 суток)
	Цемент (ПЦ 400)	Известняк («Эрэла»)	Зола (Дархан)	Грунт (супесь)		
1	5	5	27	63	27	3,5
2	5	5	25	65	27	3,3
3	5	5	20	70	27	3,2
4	5	5	18	72	27	3,0
5	4	6	28	63	26	3,0
6	4	6	25	66	26	2,9
7	4	6	22	69	26	2,9
8	3	7	20	70	25	2,6
9	3	7	27	65	25	2,5
10	3	7	25	67	25	2,5

*Выводы.* Результаты испытаний образцов показали, что грунтозолобетон на основе ЗШО Дарханской ТЭЦ набирает прочность до 4,7 МПа при введении 20-30% золы и 7-10% цемента. Безцементный состав показывает прочность менее 1 МПа. В случае замены 50% цемента известняком грунтозолобетон набирает прочность до 3,5 МПа, что свидетельствует о перспективности применения грунтозолобетонных с добавками известняков при устройстве оснований дорожных одежд и обочин автомобильных дорог Монголии.

#### Библиографический список

1. Овчаренко Г.И., Исследование возможности применения низкокальциевых золошлаковых отходов в растворах и мелкозернистых бетонах / Г.И. Овчаренко, Н.А. Фок // В сборнике: современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. 2015. – С. 336 – 339.
2. Овчаренко Г.И., Новая технология переработки кислых золошлаковых отходов ТЭЦ в строительные материалы / Г.И. Овчаренко, Д.И. Гильмияров, А.В. Викторов, Н.А. Фок // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 10 (646). – С. 14 – 19.
3. Овчаренко Г.И., Влияние активации цементно-зольных композиций на прочность камня / Г.И. Овчаренко, Е.Ю. Хижинкова, К.С. Горн // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2010. № 6. – С. 9 – 13.
4. Hadbaatar A., Study of ash-slag wastes of electric power plants of Mongolia applied to their utilization in road construction. / A. Hadbaatar, N.A. Mashkin, N.G. Stenina //Procedia Engineering 2. Сер. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016" 2016. – С. 1558 – 1562.
5. Sirotiyuk V.V., Monitoring results of an experimental area of roadbed made of ash-and-slag mixture. / V.V. Sirotiyuk, Y.V. Ivanov, V.R. Shevtsov //В книге: Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование Материалы IV Международного научно-практического семинара. 2012. – С. 179 – 181.
6. Сиротюк В.В., Золошлаковая смесь для земляного полотна / В.В. Сиротюк, А.А. Лунев, Е.В. Иванов //Автомобильные дороги. 2016. № 6. – С. 72.
7. Лунёв А.А., Применение золошлаковых смесей для вертикальных планировок и строительства городских дорог / А.А. Лунёв, В.В. Сиротюк //Техника и технологии строительства. 2015. Т. 1. – С. 24 – 31.
8. Применение зол уноса и золошлаковых отходов при строительстве автомобильных дорог. Обзорная информация № 1331/ Е.И. Путилин, В.С. Цветков. М.: ФГУП «СоюздорНИИ», 2003. – 31 с.
9. Хадбаатар А. Исследование золошлаковых отходов ТЭЦ Монголии с целью применения в автодорожном строительстве / А. Хадбаатар, Н.Г. Стенина, Н.А. Машкин // 13<sup>th</sup> annual concrete conference. American Concrete Institute, Монгольский технологический университет. Улан-Батор: NEW PRESS, 2014. – С. 97 – 99.
10. Стенина Н.Г. Строительная индустрия в свете решения проблемы связывания воды в силикатном веществе. Монография // Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин). 2014. – 48 с.
11. Хадбаатар А. Использование золошлаковых отходов ТЭЦ Монголии в автодорожном строительстве / А. Хадбаатар, Н.А. Машкин, Н.Г. Стенина, В.С. Молчанов, И.И. Петров, Зибницкая Н.Е. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 10 (706). – С. 38 – 46.

## ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ФИБРОПЕНОБЕТОНА В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

Моргун Л.В.<sup>1</sup>, Богатина А.Ю.<sup>2</sup>, Моргун В.Н.<sup>3</sup>, Костыленко К.И.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Южный Федеральный университет»,

<sup>4</sup>ООО «Спецмонолитстрой»,

г. Ростов-на-Дону, Россия

*Аннотация.* Актуальность работы опирается на потребность социума в ресурсосберегающих материалах. Показано, что 17 лет практического производства теплоизоляционного и конструктивно-теплоизоляционного фибропенобетона позволили существенно расширить номенклатуру изделий из безавтоматического газонаполненного бетона. Строительный комплекс Ростова-на-Дону получил кроме стеновых блоков такие изделия как оконные галтели, вентиляционные блоки, перемычки гражданских зданий.

*Ключевые слова:* фибропенобетон, прочность на сжатие, прочность на растяжение при изгибе, утепление фасадов

По данным международного агентства недвижимости Savills все объекты недвижимости в мире стоят в 2,8 раза больше, чем мировой годовой валовой национальный продукт. Четыре года назад это соотношение составляло 2,7. Последние годы совокупная стоимость недвижимости росла примерно на 6% в год [1]. Отсюда следует, что потребность в развитии производства энерго- и ресурсосберегающих материалов и изделий, предназначенных для возведения зданий, продолжает оставаться актуальной.

17 лет назад с целью повышения качества материалов строительной индустрии и внедрения на рынок результатов научных исследований в Ростове-на-Дону было организовано серийное производство строительных изделий из нового энергоэффективного материала – фибропенобетона [2 – 4].

**Фибропенобетон** – высоко пористый бетон, дисперсно армированный синтетическими волокнами. В качестве сырья для изготовления фибропенобетона применяют: цемент, песок, пенообразователь и фибру. Свойства фибропенобетона в сравнении с традиционными материалами, используемыми для устройства теплоизоляции и стен зданий, приведены в таблице.

Из данных, представленных в технической литературе и таблице, известно, что прочность на растяжение при изгибе для каменных материалов, применяемых в строительстве, составляет 5...15% от прочности на сжатие [5]. Исключение составляет асбестоцемент, у которого прочность на растяжение при изгибе достигает 50...120% от прочности на сжатие [6]. Более 100 лет известно, что изделия из асбестоцемента отличаются высокой долговечностью и низкой материалоемкостью.

У фибропенобетона прочность на растяжение при изгибе составляет 50...80% от прочности на сжатие, поэтому строительные конструкции из него так же обладают улучшенными технико-экономическими свойствами и большей долговечностью, чем конструкции из газонаполненных материалов, не имеющих в своём составе волокон [7, 8, 9].

Опыт применения фибропенобетона строительными организациями Южного Федерального Округа показывает, что грамотное использование научных достижений на практике позволяет эффективно расходовать материальные ресурсы, снижать материало- и трудоёмкость строительного производства, достигать высоких технико-экономических и архитектурно-художественных результатов при использовании отечественных строительных материалов [10, 11].

Пионером применения изделий из фибропенобетона является ООО «Монолитное индустриальное строительство». Применение галтелей, погонных теплоизоляционных изделий из фибропенобетона плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>, позволило ООО "МИС" уменьшить трудозатраты при отделке фасада в микрорайоне "Миллениум" за счёт исключения теплоизоляцион-

ных и штукатурных из обязательного набора строительных работ (рисунок 1). В настоящее время галтели для улучшения теплоизоляционных свойств мест сопряжения оконных и дверных блоков применяют в строительстве частные застройщики и такие фирмы как "Дон-Спарк", "Вант", "Руслан", "Строитель", "Донэнергоремонт", "Вектор-Монолит", "Вектор-Элисхан", "Единство", "Плеяда", "Зодчий", "СтройМонолитСервис", "Южная строительная компания" и многие другие.

Таблица – Свойства фибропенобетона в сравнении с традиционными строительными материалами

Наименование материала	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа		Морозостойкость, циклы	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Расчетная толщина наружной стены для Ростова н/Д, м
		при сжатии	растяжение при изгибе			
<b>ФИБРОПЕНО-БЕТОН</b>	300	0.5...0.9	0.2...0.4	25	0.069	0.23
	400	0.7...1.5	0.3...0.75	50	0.078	0.25
	500	1.0...2.5	0.5...1.7	75	0.088	0.34
	600	1.5...3.5	0.7...2.0	75	0.113	0.43
	700	2.5...5.0	1.0...2.5	100	0.142	0.54
	800	3.5...7.5	1.5...3.5	100	0.171	0.62
	900	5.0...10.0	2.0...4.0	100...150	0.190	0.70
	1000	5.0...12.5	2.5...4.5	100...150	0.230	0,78
Кирпич керамический пустотелый	1240	10...20	0.9...1.8	35...50	0.58	1.50
Кирпич силикатный	1900	10...25	0.9...2.7	25...50	0.76	1.95
Стеновой пеноблок 610×106×400	600	1.5...3.0	0.5...0.6	35...50	0.2...0.24	0.5...0.6
Термоблок керамзитовый, 390×190×188	900	3.5...7.5	0.35...1.0	не более 25	0.43	1.11
Термоблок бетонный, 390×190×188	1200	12.5	1.0...1.5	не более 35	0.52	1.34

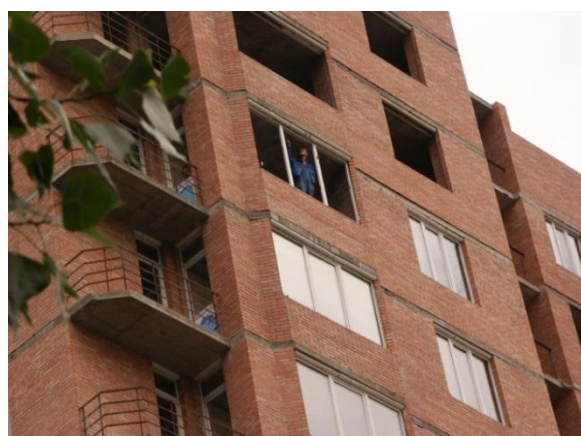


Рисунок 1



Рисунок 2

ООО "Вант" и ООО "Генстрой" для утепления стеновых конструкций домов использовали сплошные фибропенобетонные блоки плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> (рисунок 2). По их данным производительность труда только при выполнении кладочных работ, за счёт пазошпунной конструкции блоков, возросла в 1,2...1,5 раза. Кроме того, стены из фибропенобетонных изделий позволяют строителям сохранять традиционную технологию крепления труб и радиаторов отопления. В случае применения пенобетона или газосиликата, из-за их низкой прочности при растяжении, необходимо инженерные конструкции крепить к перекрытиям,



что ведет к дополнительным трудозатратам при устройстве полов.

Технология фибропенобетона позволяет потребителям изделий достигать следующих преимуществ:

- исчезают отходы при транспортировании и монтаже;
- снижаются материалоёмкость стеновых конструкций и зависимость строителей от "мокрых процессов" на объекте;
- улучшаются акустические и теплотехнические свойства ограждений;
- понижается уровень квалификационных требований к рабочим;
- повышается производительность труда.

Опыт возведения стен из фибропенобетонных блоков показал, что кладку целесообразно осуществлять на клеях из сухих смесей. Применение сухих смесей позволяет выполнять кладочные работы в диапазоне температур от  $+40^{\circ}\text{C}$  до  $-16^{\circ}\text{C}$ , то есть почти исключать понятие "сезонности". Кроме того, тонкие слои клеёв обеспечивают проектное сопротивление теплопередаче, которое невозможно сохранить при кладке блоков на цементно-песчаном растворе.

Современное строительство в массе своей является каркасным. Это позволяет реализовывать большее количество вариантов фасадных и планировочных решений, чем это было возможно для зданий с несущими стенами. Специалисты ведут активные поиски функциональной оптимизации облицовки зданий с целью обеспечения высокого уровня комфортности и энергосбережения. Одним из примеров эффективного решения этой проблемы является опыт, который приобретен в ходе строительства офисного здания "Купеческий двор", расположенного в историческом центре Ростова-на-Дону. Для этого здания была выпущена крупная партия фибропеножелезобетонных изделий плотностью  $600 \text{ кг/м}^3$  сложной геометрической формы, предназначенных для сборки карнизов (рисунок 3). 16 лет эксплуатации показали, что они прекрасно работают в условиях городской среды г. Ростова-на-Дону (рисунок 4).



Рисунок 3



Рисунок 4

Одной из сложнейших градостроительных проблем является необходимость реконструкции устаревшего жилого фонда. При этом важно с минимальными материальными затратами не только продлевать жизненный цикл существующих построек, но и повышать их теплозащиту, улучшать архитектурный облик кварталов массовой жилищной застройки 60-70-х годов прошлого столетия. Все виды санации зданий в первую очередь должны обеспечивать понижение уровня энергопотребления.

Применение фибропенобетона для изготовления изделий утепления фасадов способно существенно снизить стоимость фасадных систем при одновременном улучшении эксплуатационных и эстетических показателей. Прежде всего, потому, что фибропенобетон не слеживается в условиях эксплуатации и обладает паропроницаемостью весьма близкой к паропроницаемости фасадных штукатурок.

Утепление фасадов зданий фактурными фибропенобетонными плитными изделиями наиболее полно отвечает современным требованиям. Фибропенобетонные фасадные плиты:

- изготавливаются из недефицитного и экологически чистого сырья;
- при транспортировании и монтаже не получают дефектов;
- монтируются в любое время года в связи с отсутствием "мокрых процессов";

- сочетают в себе теплоизолирующие и отделочные функции;
- при монтаже не требуют усиления несущих конструкций существующих зданий, использования грузоподъемного и транспортного оборудования;
- многообразны по форме и цветовой гамме;
- имеют пожарные и санитарные сертификаты соответствия;
- обладают высокими: морозостойкостью, шумоизоляционными и теплоизоляционными свойствами;
- обеспечивают повышение индустриализации строительно-монтажных работ и снижение материалоёмкости при одновременном улучшении эксплуатационных характеристик строительных объектов.

Передовые наука и практика предлагают строителям любые по фактуре и цвету, морозостойкие, низко материалоёмкие, экологически и пожаробезопасные, легко монтируемые изделия для стен и фасадов зданий.

Применение изделий из фибропенобетона в строительной практике позволяет:

**повышать**

- сейсмо- и взрывоустойчивость зданий;
- тепло- и звукоизоляционные свойства ограждающих конструкций;
- морозостойкость и долговечность;

**понижать**

- квалификационные требования к персоналу, осуществляющему укладку строительных изделий в дело;
- трудоемкость возведения строительных конструкций;
- требования к температурно-влажностным параметрам эксплуатационной среды.

### **Библиографический список**

1. Горгорова В.В., Горгорова Ю.В., Друзь А.Н. Динамика рынка жилой недвижимости г. Ростова-на-Дону. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», №3, 2013. – С.1-7.
2. Моргун Л.В., Моргун В.Н., Богатина А.Ю., Смирнова П.В. Достижения и проблемы современного крупно-панельного домостроения//«Жилищное строительство», 2013, №3. – С.41...45
3. Моргун Л.В. Богатина А.Ю. Обоснование целесообразности дисперсного армирования пенобетонов конструкционного назначения// Сб. тр. "Строительство -2013" , «Строительные технологии, материалы и качество строительства», Ростов н/Д, РГСУ, 2013. – С. 13...15.
4. Пухаренко Ю.В., Голубев В.Ю. О вязкости разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. - 2008. - №3(16). - С. 80-83.
5. Несветаев Г.В., Халезин С.В. О прочности бетона с каркасной структурой// Интернет-журнал «Наукоеведение» ISSN 2223-5167 [http://naukovedenie.ru/Том 7, №3 \(2015\) http://naukovedenie.ru/index.php?p=vo17-3](http://naukovedenie.ru/Том 7, №3 (2015) http://naukovedenie.ru/index.php?p=vo17-3) URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf> DOI: 10.15862/92TVN315 (<http://dx.doi.org/10.15862/92TVN315>)
6. Берней И.И., Колбасов В.М. Технология асбестоцементных изделий. Стройиздат, М., 1985. – 393 с.
7. Plank J., Hirsch C. Impact of zeta potential of early cement hydration phases on superplasticizer adsorption // Cement and Concrete Research. 37. 2007. pp. 537–542. <http://www.bauchemie.ch.tum.de/master-framework/data/dynamic/Image/53.pdf>
8. Jennifer A. Grubb, Nemant S. Limaye Testing pH of Concrete. Concrete international. 2007, P 78-83.
9. Моргун Л.В., Моргун В.Н. Структура межпоровых перегородок в пенобетонных смесях//Строительные материалы, 2014, №4. – С.84...86.
10. Пухаренко Ю. В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов / Дисс. докт. техн. наук – Санкт-Петербург: С-ПГА-СУ – 2004. –315 с.
11. Справка об эффективности применения в строительстве изделий из фибропенобетона. Администрация Ростовской области. Министерство территориального развития, архитектуры и градостроительства Ростовской обл. Документ №004781.

## АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ ЯДРО–ОБОЛОЧКА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ПРИМЕРЕ УГЛЕОТХОДОВ

Фомина О.А.<sup>1,2</sup>, Столбоушкин А.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук,  
г. Москва, Россия

*Аннотация.* На примере отходов обогащения углистых аргиллитов и глинистого сырья приведены результаты апробации метода дифференцированного исследования фазового состава и физико-механических свойств граничного перехода между дисперсионной средой и дисперсной фазой керамических матричных композитов.

*Ключевые слова:* техногенное сырье, углеотходы, керамический матричный композит, агрегированный наполнитель, матрица.

Актуальность работы. Несмотря на повсеместное распространение осадочных алюмосиликатных пород, становится все меньше глинистых месторождений, пригодных для изготовления качественной керамики [1, 2]. Способствует этому множество разноплановых причин, рассмотрение которых может стать темой отдельной статьи. Вопросы расширения сырьевой базы для производства строительных, в том числе и керамических, материалов за счет использования техногенного сырья в последнее время приобретают особую актуальность [3 – 5].

Кемеровская область по праву считается главным угольным краем России, однако в результате добычи и обогащения каменного угля ежегодно обогатительные фабрики только по югу Кузбасса сбрасывают несколько миллионов тонн техногенных отходов. Проведенные исследования показали, что традиционные технологии пластического и полусухого прессования керамических изделий не обеспечивают достижения свойств материала по ГОСТ при использовании техногенного сырья. Для решения проблемы были разработаны принципы формирования рациональной структуры керамики посредством организации упорядоченного каркаса (матрицы) на стадии приготовления шихты. При этом керамические матричные композиты формируются, как правило, по второму типу [6] с образованием переходного слоя между дисперсионной средой (матрицей), образуемой из глины, и дисперсной фазой (агрегированными ядрами), формируемой из отходов [7].

Цель работы состояла в апробации метода исследования фазового состава и свойств переходного слоя ядро–оболочка в керамических материалах матричной структуры с ядрами из углеотходов.

Методы и объекты исследования. В работе использовались стандартные и прецизионные методы современного строительного материаловедения: методы физико-механических испытаний; методы рентгеновской порошковой дифрактометрии, инфракрасной спектроскопии поглощения, оптической поляризационной микроскопии, сканирующей электронной микроскопии, кварцевой дилатометрии и др.

Как уже было отмечено выше, для получения матричной структуры керамического материала после обжига ядро композита формируются из техногенного сырья (углеотходы), а оболочка – из легкоплавкого глинистого сырья.

В качестве объектов исследования использовались отходы сухого обогащения углистых аргиллитов (Коркинский бурогольный разрез, Челябинская обл.) и природное глинистое сырье, характерное для Западной Сибири.

Отходы обогащения углистых аргиллитов представляют собой не размокающий в воде камнеподобный глинистый материал, образовавшийся в результате уплотнения, гидратации и цементации глин, отложившихся в угольной толще и не обладающих в естественных

условиях пластичностью. Исследования их химического, гранулометрического, минерального составов и технологических свойств представлены в таблице.

Таблица – Состав и характеристика отходов обогащения углистых аргиллитов

Содержание оксидов в % на сухое вещество										
$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$	$P_2O_5$	$nnn^*$
40,87	0,84	16,74	16,47	0,23	2,51	2,12	0,20	1,71	0,25	17,81
Зольность в %, в зависимости от крупности кусков, мм										
0-1	1-3	3-6	6-13	13-25	25-50	>50				
72,9	77,1	82,3	86,2	80,3	78,8	85				
Содержание тонкодисперсных фракций в мм, %**										
>0,06	0,06-0,01		0,01-0,005		0,005-0,001		<0,001			
58,2	9,2		8,6		11,6		12,4			
Преобладающие минералы										
глинистые					непластичные компоненты					
каолинит, гидромусковит					кварц, сидерит, доломит, полевои шпат, кальцит					
Характеристика пластичности по ГОСТ 5180-84										
Граница текучести			Граница раскатывания			Число пластичности				
21-22			16-17			5-6				
Примечание. * – потери при прокаливании; ** – гранулометрический состав определен после двухстадийного измельчения в щековой дробилке и лабораторных бегунах										

По вещественному составу отходы обогащения углистых аргиллитов представлены в основном аргиллитами, алевролитами, углистыми аргиллитами и сланцами. Они состоят из смеси минеральных частиц с угольной дисперсной массой (содержание углистых частиц 12 – 15 мас. %). По химическому составу углеотходы относятся к группе полукислого сырья с высоким содержанием красящих оксидов; по гранулометрическому составу – относятся к грубодисперсному сырью с преобладанием песчаной фракции. Минеральный состав углеотходов представлен кварцем, каолинитом, сидеритом, гидромусковитом, присутствуют доломит и полевои шпат. Содержание свободного кварца составляет 50 – 53 %.

По керамико-технологическим свойствам измельченные отходы обогащения углистых аргиллитов – малопластичные; по сушильным свойствам – малочувствительные к сушке; по степени спекаемости – неспекающийся материал.

Суглинок имеет низкое содержание крупнозернистых частиц (зерен > 0,5 мм содержится менее 1 %). В соответствии с классификацией ГОСТ 9169–75 по содержанию тонкодисперсных фракций – материал низкодисперсный (количество частиц размером < 0,001 мм составляет 20 – 30 %, что согласуется с содержанием глинистых минералов в суглинистом сырье). Сырье высокочувствительное к сушке в связи с преобладанием монтмориллонита в полиминеральной глинистой составляющей, непластичная часть суглинка представлена кварцем, карбонатами, полевыми шпатами, хлоритом и амфиболами [7].

*Обсуждение результатов исследований.* В соответствии с предложенной концепцией изготовления многослойного образца, моделирующего переход между оболочкой и ядром керамического матричного композита [8], была разработана план-схема модельного образца на границе раздела фаз: оболочка из глинистого сырья; ядро – из отходов обогащения углистых аргиллитов (рисунок 1).

Как видно из рисунка, при формировании матрицы на поверхности гранул из углеотходов оба сырьевых материала в граничной зоне частично перемешиваются. Происходит интегральное перераспределение плотности обоих компонентов (рисунок 1). Дифференцируя интегральный переход от оболочки к ядру с фиксированным соотношением компонентов в

шихте, были сформированы несколько слоев модельного образца (рисунок 1, в): 1 – оболочка; 2 – переходная зона со стороны оболочки; 3 – центральная область переходной зоны; 4 – переходная зона со стороны ядра; 5 – ядро. Относительное содержание материала оболочки к материалу ядра меняется в интервале от единицы до нуля и согласно план-схемы составляло: 1; 0,75; 0,5; 0,25; 0.

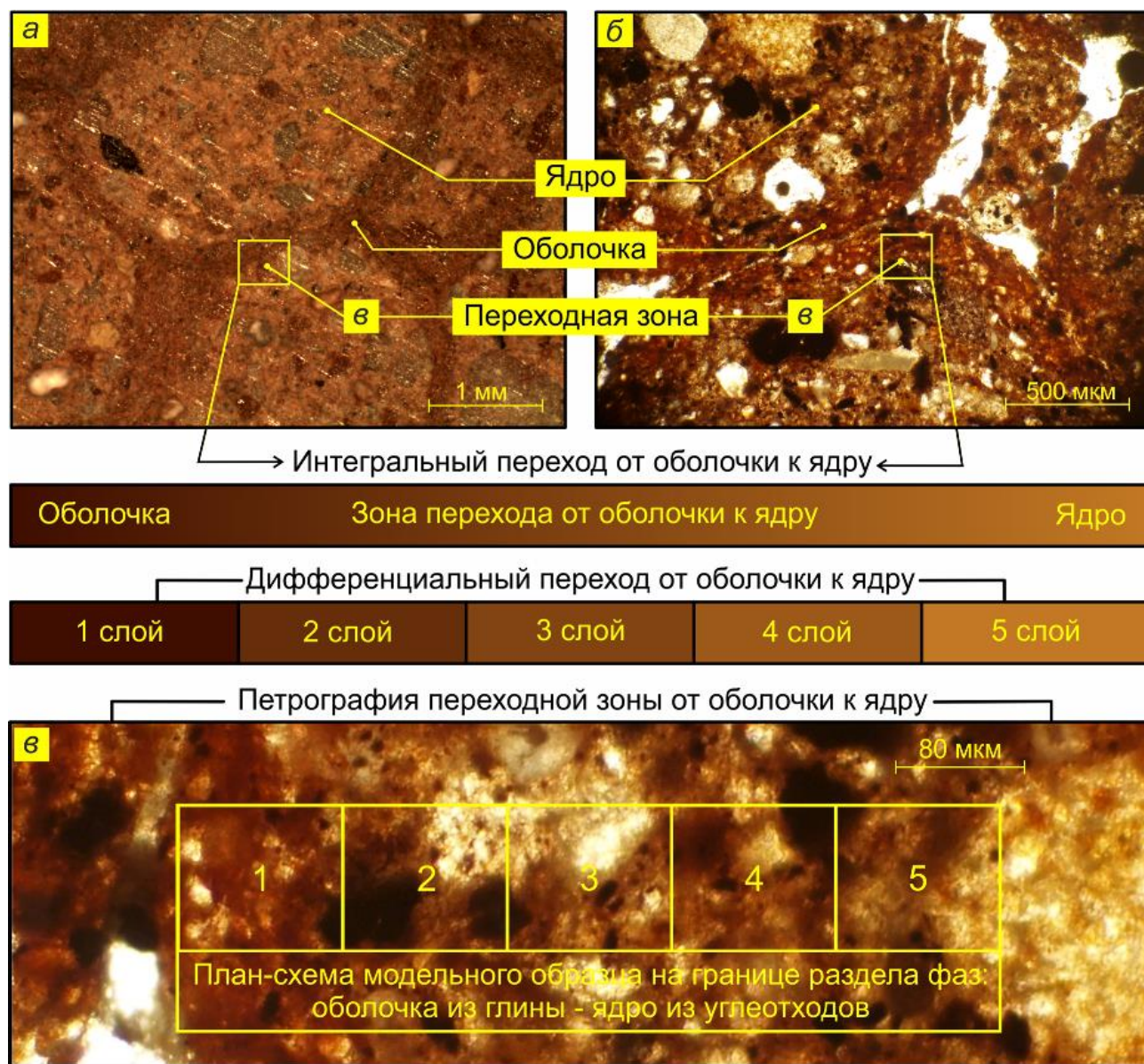


Рисунок 1 – План-схема изготовления многослойного образца, моделирующего переход между оболочкой и ядром керамического матричного композита: а – ячеистозаполненная макроструктура керамики на основе углеотходов и глины (аншлиф, отраженный свет); б – оптическая петрография границы раздела фаз; в – микроструктура переходной зоны (шлиф, проходящий свет, николи II): 1 – оболочка; 2 – переходная зона со стороны оболочки; 3 – центральная область переходной зоны; 4 – переходная зона со стороны ядра; 5 – ядро

По разработанной методике исследования фазового состава, свойств и взаимодействия между матрицей и ядром в переходном слое между ними [8] из двухкомпонентных шихт (глина + углеотходы) были отпрессованы три вида образцов: пятислойные модельные образцы; образцы-цилиндры; прямоугольные балочки.

Пустотелые керамические образцы-цилиндры диаметром 60 мм были изготовлены методом полусухого прессования. Разброс влажности керамических шихт для всех пяти слоев составлял не более 0,5 % по массе, давление прессования 15 МПа. Дополнительно прини-

мались меры по выравниванию влажности шихты. Для этого измельченные сырьевые компоненты смеси высушивались до постоянной массы. Рассчитывалось точное количество воды для приготовленных составов шихт. Для выравнивания влажности пресс-порошки одновременно выдерживались в эксикаторе в течение 6-8 часов. Обжиг проводился при максимальной температуре 850 °С с выдержкой в течение 1 часа.

Комплексные исследования переходного слоя ядро–оболочка в керамических матричных композитах на примере отходов обогащения углистых аргиллитов и глины, как и в случае с другими видами сырья, свидетельствуют о взаимодействии продуктов ядра и оболочки при обжиге [9]. Наличие одинаковых кристаллических фаз в ядре, переходных слоях и оболочке исключает появление термических напряжений на границе раздела фаз композита.

*Заключение.* При апробации метода комплексного исследования переходного слоя ядро–оболочка в керамических матричных композитах с ядрами, сформированными из углеотходов и матрицей – из глинистого сырья, дифференцированно установлены фазовый состав и свойства всех трех компонентов композиционного материала.

*Благодарности.* Исследования выполнены при поддержке стипендии Президента России, исследовательский проект SP-4752.2018.1.

### Библиографический список

1. Талпа Б.В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики / Б.В. Талпа, В.Д. Котляр // Строительные материалы. – 2015. – № 4. – С. 31 – 33.
2. Верещагин В.И. Использование природного и техногенного сырья Сибирского региона в производстве строительной керамики и теплоизоляционных материалов / В.И. Верещагин, В.М. Погребенков, Т.В. Вакалова // Строительные материалы. – 2004. – № 7. – С. 28 – 31.
3. Рахимов Р.З. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья / Р.З. Рахимов, У.Х. Магдеев, В.Н. Ярмаковский // Строительные материалы. – 2009. – № 12. – С. 8–11.
4. Абдрахимов В.З. Экологические, теоретические и практические аспекты использования алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения без применения природного традиционного сырья / В.З. Абдрахимов, Г.Р. Хасаев, Е.С. Абдрахимова и др. // Экология и промышленность России. – 2013. – № 5. – С. 28 – 32.
5. Заседание Государственного совета по вопросу об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений. 27 декабря 2016 года, 15:10, Москва, Кремль. [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/53602> (дата обращения: 17.09.2019).
6. Кристенсен Р. Введение в механику композитов / Р. Кристенсен. – Москва: Мир, 1982. – 336 с.
7. Столбоушкин А.Ю. Фазовый состав переходного слоя ядро–оболочка строительной керамики матричной структуры из непластичного сырья с добавками глины / А.Ю. Столбоушкин, В.И. Верещагин, О.А. Фомина // Стекло и керамика. – 2019. – № 1. – С. 19 – 25.
8. Столбоушкин А.Ю. Метод комплексного исследования переходного слоя ядро–оболочка в керамических матричных композитах полусухого прессования / А.Ю. Столбоушкин // Строительные материалы. – 2019. – № 9. – С. 28 – 35.
9. Фомина О.А. Исследование многослойных керамических образцов с углесодержащей компонентой / О.А. Фомина, А.Ю. Столбоушкин // Международный студенческий строительный форум – 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова): сб. докл.: в 2 т. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – Т.2. – С. 334 – 341.

## ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫЕ СОСТАВЫ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Пичугин А.П.<sup>1</sup>, Шаталов А.А.<sup>1</sup>, Смирнова О.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»  
г. Новосибирск, Россия

*Аннотация.* Химическая стойкость защитно-декоративных покрытий бетона и различных каменных материалов является одним из необходимых условий оценки пригодности материала для антикоррозионных покрытий в условиях воздействия суровых климатических воздействий и агрессивных сред сельскохозяйственных производственных помещений. В статье показаны положительные принципы формирования полимерсиликатных защитных композиций и определены возможности улучшения их свойств.

*Ключевые слова:* бетонные конструкции, причальные сооружения, наноразмерные добавки, полимерсиликатные составы.

Исследование химической стойкости полимерсиликатных защитных покрытий бетона и различных каменных материалов является одним из необходимых условий оценки пригодности материала для антикоррозионных покрытий в условиях воздействия агрессивных сред сельскохозяйственных и производственных помещений. Определение коррозионной устойчивости нового материала в агрессивных химических средах производилось на образцах-кубиках размерами 20×20×20мм и балочках размерами 160х40х40 мм, защищенных полимерсиликатным составом.

Основным критерием химической устойчивости полимерсиликатной композиции служило изменение предела прочности при сжатии и изгибе образцов, подвергнутых испытанию, и контрольных, хранившихся до момента испытания в комнатных условиях, выражаемое коэффициентом потери прочности. При этом также фиксировалась изменение массы образцов, их состояние и характер разрушения, а так же велось наблюдение за изменением окраски среды, в которой они находились.

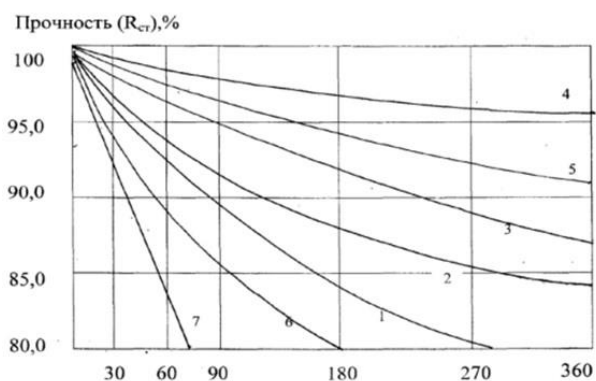
Испытания на прочность проводились по истечению 30, 90, 180, 365 суток. Агрессивные среды заменялись не реже двух раз в месяц. Взвешивание и испытание кубиков, прошедших выдерживание в химических средах и контрольных, производилось одновременно. Для определения пригодности защитной полимерсиликатной наполненной композиции в условиях животноводческих помещений было проведено испытание материала в синтетическом растворе близком по составу к химическому составу мочи животных. В таблице 1 приводится химический состав этого раствора.

Таблица 1 – Химический состав синтетического раствора мочи животных

Наименование компонентов	Мочевина	Мочевая кислота	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KCl	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Ca Cl	NH <sub>4</sub> Cl	MgCl <sub>2</sub>	NaCl	H <sub>2</sub> O
Содержание веществ, %	2,6	0,15	0,5	0,2	0,9	0,1	0,3	0,25	0,1	95,0

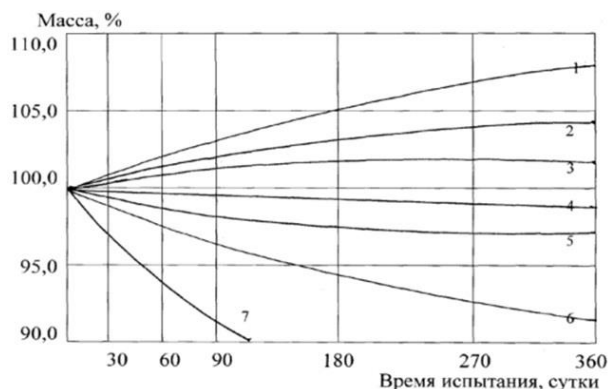
Кроме общепринятых химических реагентов: кислот, щелочей, солей и растворителей, для изучения коррозионной стойкости полимерсиликатных покрытий бетона в условиях эксплуатации сельскохозяйственных предприятий были проведены испытания в растворе сахара, в продуктах нефтехимии: бензин, керосин, машинное масло, дизельное топливо. На рисунках 1 и 2 представлены кривые изменения предела прочности при сжатии и изменения массы защищенных полимерсиликатной наполненной композицией образцов, испытываемых в растворах различных кислот, щелочей, растворителей и продуктов нефтехимии.

Из графиков видно, что для всех составов характерно снижение прочности по сравнению с контрольными образцами. Однако необходимо отметить тот факт, что на практике концентрированных сред и агрессивных жидкостей, как правило, не бывает.



1 – раствор соляной кислоты; 2 – нефтепродукты; 3 – раствор едкого натра; 4 – синтетический раствор мочи; 5 – раствор сахара; 6 – раствор серной кислоты; 7 – ацетон, бензол

Рисунок 1 – Изменение предела прочности при сжатии от времени пребывания полимерсиликатного защитного покрытия в агрессивных средах



1 – раствор соляной кислоты; 2 – нефтепродукты; 3 – синтетический раствор мочи; 4 – раствор едкого натра; 5 – раствор сахара; 6 – раствор серной кислоты; 7 – ацетон, бензол

Рисунок 2 – Изменение массы образцов от времени пребывания полимерсиликатного защитного покрытия в агрессивных средах

Реальная концентрация агрессивных растворов не превышает 1 – 2 %, что в 5 – 10 раз меньше используемых для испытания концентраций, и, следовательно, защитные покрытия будут обладать меньшими потерями прочности. Кроме того, составы с бинарными минеральными добавками за счет наличия микроармирующих волокон асбеста, обладающих почти полной химической устойчивостью к воздействующим средам, могут обладать повышенной устойчивостью в химических средах животноводческих помещений.

Это может происходить за счет упрочнения полимерсиликатной наполненной композиции минеральными наполнителями из отходов асбестцемента и дегидрола, способствующих за счет эффекта самопроникновения в массив бетона, иметь достаточно высокую адгезионную прочность минерального и органоминерального компонентов. Данный вывод подтверждается адгезионными испытаниями и фотоэлектроколориметрическими исследованиями.

Как видно из приведенных выше кривых, понижение прочности полимерсиликатной наполненной композиции при изменении массы образцов свидетельствует о почти в линейной зависимости от времени пребывания в агрессивной жидкости. Отмечено также, что большое влияние на свойства полимерсиликатного состава оказывает вид и концентрация агрессивной среды. В таблице 2 приведены осредненные данные химической стойкости полимерсиликатной наполненной композиции.

Анализ выше приведенных данных по исследованию химической стойкости полимерсиликатных покрытий на бетонных образцах даёт право сделать следующие выводы:

- полимерсиликатные составы на основе дисперсии ПВА и жидкого стекла с минеральными добавками направленного действия устойчивы к большинству агрессивных сред малой концентрации, в том числе и растворам кислот с концентрацией растворов до 2 %;
- вполне достаточная для практических целей устойчивость материала против воздействия щелочей, солей, продуктов нефтехимии и агрессивных сред животноводческих помещений;
- несколько хуже стойкость полимерсиликатных композиций против воздействия на него спирта и других сильных растворителей в допустимых или предельных концентрациях;
- совершенно нестойкие полимерсиликатные защитные покрытия в бензоле, уксусной кислоте, ацетоне и кислотах повышенной концентрации;
- вполне устойчив состав в нейтральных средах, таких как масло, жиры, вода и т.д.



Таблица 2 – Химическая устойчивость полимерсиликатной наполненной композиции в различных агрессивных средах

Среда	Концентрация в %	Время пребывания в среде, в сутках	Изменение веса образца, %	Коэффициент прочности, $K = \frac{R_{сж.исп}}{R_{сж.контр.}}$	Заключение о химической стойкости
Углекислота	5	365	-0,10	0,95	Устойчива
	10	365	+0,34	0,68	—"
Серная кислота	5	90	+0,25	0,41	Неустойчива
Соляная кислота	5	365	+2,80	0,63	Неустойчива
	10	365	+0,25	0,48	- « -
Уксусная кислота	25	7	+6,98	0,19	—"
Едкий натр	5	365	-0,21	0,88	Устойчива
	10	365	0,00	0,82	—"
Хлористый натр	15	365	+1,19	0,85	—"
Бензол	30	90	-8,14	0,27	Неустойчива
Спирт этиловый	96	180	-1,74	0,47	Относительно устойчива
Ацетон	—	180	-5,22	0,54	Неустойчива
Жиры всех родов	—	365	0,00	1,00	Устойчива
Сахарная кислота	25	180	+1,64	0,88	Устойчива
Патока	—	180	+0,24	0,97	—"
Раствор аммиака	20	180	-2,07	0,75	—"
Раствор мочи	—	365	+1,15	0,85	—"
Бензин	—	180	-0,34	0,58	Неустойчива
Керосин	—	365	+0,16	0,53	—"
Дизтопливо	—	365	+0,24	0,89	Устойчива
Машинное масло	—	365	0,00	1,00	—"

Таким образом, проведённые изучения химической устойчивости полимерсиликатных защитных композиций показали достаточно высокую коррозионную стойкость предлагаемого материала и дают основание считать возможным применение его в качестве защитных покрытий бетонных и железобетонных конструкций и инженерных систем зданий и сооружений сельскохозяйственного назначения в условиях агрессивных сред животноводческих ферм и комплексов. Исследована химическая устойчивость полимерсиликатных наполненных композиций на бетонных образцах в различных средах. Показана высокая сопротивляемость материала большинству агрессивных реагентов и сделан вывод о возможности использования нового полимерсиликатного наполненного состава для защиты бетона в качестве коррозионностойкого покрытия строительных конструкций и частей зданий сельскохозяйственного назначения.

#### Библиографический список

1. Пичугин А.П., Городецкий С.А., Бареев В.И. Коррозионностойкие материалы для защиты полов и инженерных систем сельскохозяйственных зданий и сооружений. (Монография). НГАУ – РАЕН. – Новосибирск, 2010. – 123 с.
2. Пичугин А.П., Городецкий С.А., Бареев В.И. Комплексная защита сельскохозяйственных объектов от коррозионного разрушения. // Строительные материалы. – 2011. – №3. – С. 45 – 47.

## **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ЗОЛОГЛИНЯНОЙ ШИХТЕ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ФИЛЬТРАТОМ ОСАДКА ВОДООЧИСТКИ**

**Шахов С.А., Николаев Н.Ю.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»,  
г. Новосибирск, Россия*

*Аннотация. Установлены особенности формирования фазового состава зологлиняной керамики модифицированной содержащимся в фильтрате осадка водоочистки золам силикатного состава, Определены возможные механизмы образования анортита - кристаллической фазы, обеспечивающей повышение прочности керамического черепка керамики.*

*Ключевые слова: суглинок, зола, фазовые превращения, керамика, анортит.*

Современные темпы развития промышленного и гражданского строительства сопровождаются увеличением объемов производства строительных материалов и изделий различного назначения. Важное место на рынке строительных материалов занимает строительная керамика. Однако развитие отечественной промышленности строительной керамики сдерживается отсутствием в РФ запасов высококачественных пластических глин. В частности, в производство керамического кирпича вовлекается все больше вторичных источников сырья: низкосортного глинистого сырья и техногенных отходов. С учетом этого разработка технологических процессов позволяющих получить конкурентоспособную по качеству продукцию на уровне мировых стандартов, из такого сырья приобретает особую актуальность.

К числу перспективных вторичных источников сырья для строительной керамики в настоящее время относят золы от сжигания осадков сточных вод. Зола от сжигания сточных вод относится к сложным полиминеральным системам с низкосимметричными кристаллическими модификациями [1]. Свойства таких зол и возможность их использования в композиции с глинистым сырьем в строительной индустрии изучались в целом ряде работ [2 – 4], но широкого применения результаты этих исследований не получили, так как изделия, изготовленные с применением зол, не всегда имеют необходимые прочностные характеристики. Это обусловлено химическим составом зол, который оказывает влияние на формирование фазового состава керамического черепка.

Согласно современным представлениям формированием фазового состава и структурой керамики можно управлять за счет корректировки состава керамической массы с помощью специальных добавок. В последние годы появились работы по модифицированию алюмосиликатов с помощью добавок наноразмерных частиц [5, 6]. Применительно к слоистым структурам глинистых минералов, слагающихся из параллельных слоев кремнекислородных тетраэдров и катион-кислородных октаэдров, наиболее подходящими модификаторами, по мнению авторов [7] являются наноразмерные оксиды кремния и алюминия, которые реализуются в гидрозолях оксидов этих элементов.

Ранее в работе [8] было показано, что фильтрат осадка водоочистки, полученный после скорых фильтров в МУП Горводоканал г. Новосибирске, представляет золь силикатного состава с размером частиц наномасштабного уровня.

*Цель работы* заключалась в оценке влияния, содержащегося в фильтрате осадка водоочистки золя силикатного состава, на фазовый состав зологлиняной керамики.

В качестве объекта исследования в работе использовали шихту из суглинка Каменского месторождения Новосибирской области и золы от сжигания осадка бытовых сточных

вод. Осадок сточных вод был получен с городской станции очистки сточных вод г. Новосибирска (карты № 39). Сжигание осадков проводили в течении часа в лабораторной печи СНОЛ при температурах 850 °С. В качестве модифицирующей добавки в работе использовали фильтрат осадка водоочистки, полученный из осадка промывных вод насосно-фильтровальной станции №5 МУП «Горводоканал» г. Новосибирска.

Влияние содержащегося в фильтрате осадка водоочистки золя силикатного состава на фазовый состав зологлиняной керамики изучали на образцах диаметром 20 мм и высотой 20 мм, которые готовили из шихты разного состава (таблица 1).

Таблица 1 – Составы шихт

№ состава	Содержание компонентов, %		
	Зола ОБСВ %	Суглинок, %	Фильтрат осадка водоочистки, % (сверх 100%)
1	50	50	0
2	50	50	0,05
3	50	50	0,1
4	50	50	0,25

Навески из шихты с разным количеством добавок затворяли водой, полученную массу тщательно перемешивали в течение 10 минут, проминали, помещали в эксикатор на сутки для равномерного распределения влаги по всему объему. Из навесок массой 20±2 г при давлении 1,5 МПа формовали образцы, которые высушивали на воздухе, а затем в сушильном шкафу при температуре 110 °С. Далее образцы сушили и обжигали на воздухе при температуре 1100 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 час. Охлаждение осуществлялось по свободному режиму (совместно с печью).

С целью выявления особенностей фазообразования керамического черепка выполнялся синхронный термический анализ (СТА). Термогравиметрические кривые были получены с помощью микротермовесов TG 209 F1. Массы образцов были в пределах 30 мг, использован стандартный корундовый держатель образца. Скорость нагрева 10 град/мин, скорость протока аргона 40 см<sup>3</sup>/мин, скорость протока кислорода 10 см<sup>3</sup>/мин. Использован метод С-ДТА. Для определения фазового состава керамических образцов применялся рентгенофазовый анализ (РФА), который выполнялся на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 с использованием Cu-K<sub>α</sub> излучения. Для идентификации полученных дифрактограмм использовалась база данных PDF2.

Результаты ДТА, представленные на рисунке 1 свидетельствуют, что при нагревании керамической массы на этапе перехода от конденсационной к кристаллизационной структуре наблюдается ряд эндотермических и экзотермических эффектов.

Эндоэффект в интервале температур 50 – 150 °С обусловлен потерей сорбированной и межслойной воды глинистыми минералами. При этом происходит существенная потеря массы – 4,5 %. При дальнейшем нагреве материала снижение массы происходит со значительно меньшей скоростью. На участке 300 – 500 °С поглощение тепла вызвано выделением химически связанной воды глинистым веществом. Фазовые превращения, связанные с дегидратацией каолинита и образованием метакаолинита, начинаются при 550 °С. Каолинит первоначально обезвоживается, превращаясь в метакаолинит, а затем при 750 – 900 °С распадается на оксиды [9]. На этом же участке происходит и полиморфное превращение кварца: переход β-кварц переходит в α-кварц без потери массы.

Эндоэффект при 700 °С связан с разрушением решетки монтмориллонита. На этом же участке начинается диссоциация карбонатных включений, содержащихся в глинистом сырье, с

выделением углекислого газа и потерей массы. Согласно данным работы [10], разложение карбоната кальция в зависимости от условий, проявляется в интервале температур 770 – 1010 °С.

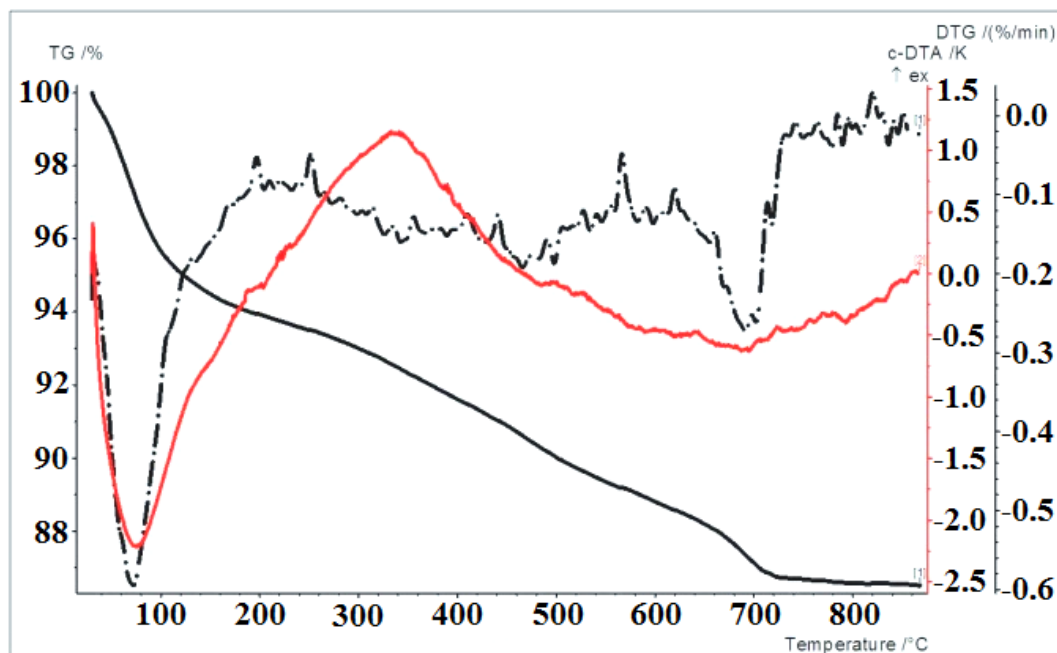


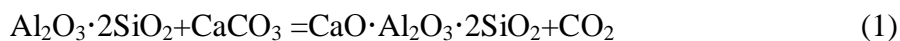
Рисунок 1 – Термограмма образца (состав 4)

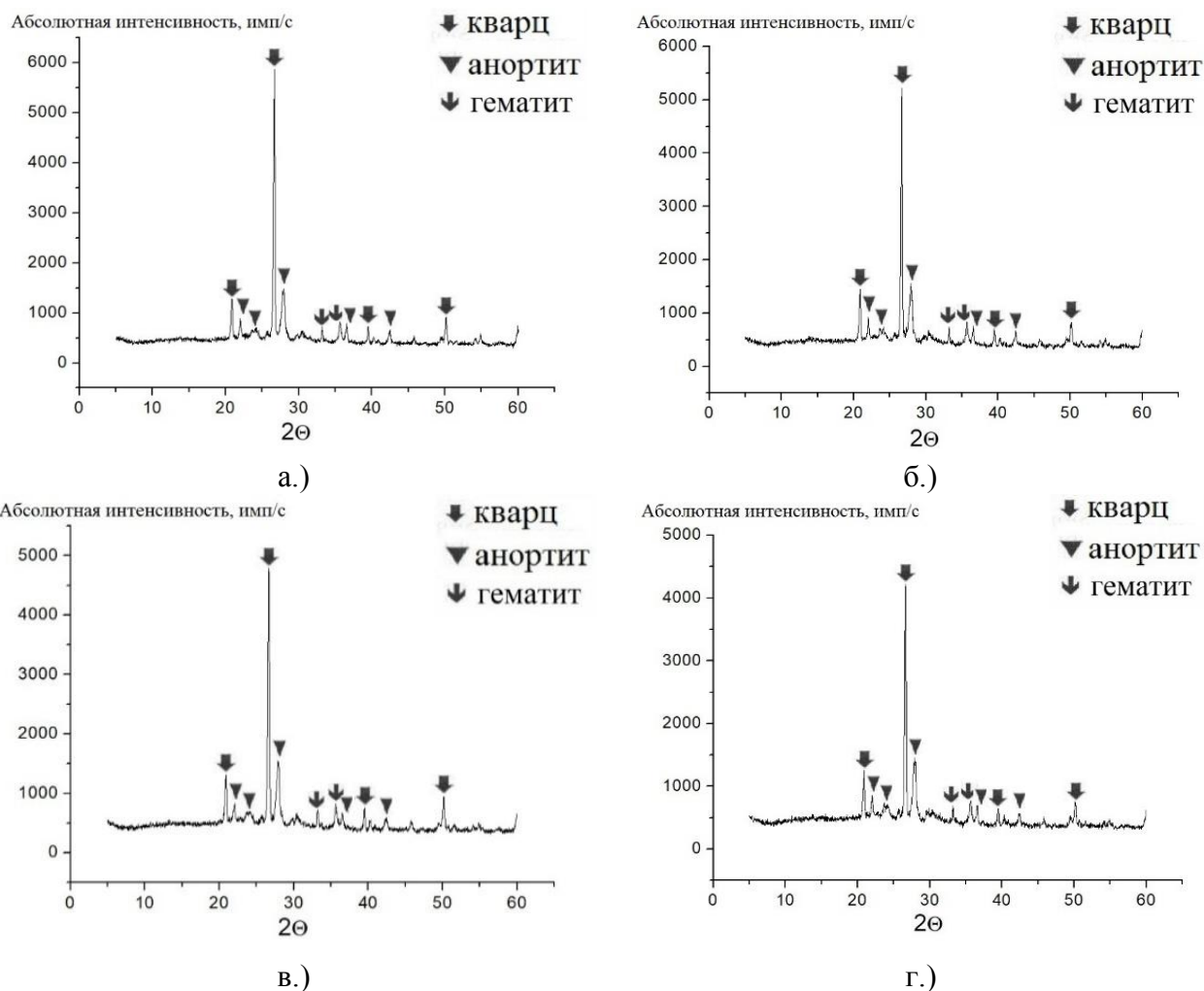
Экзотермические эффекты на кривой нагревания обусловлены образованием новых кристаллических фаз. Общая потеря массы для исследованной пробы составила 10,8 %. Малоинтенсивные экзотермические эффекты при 340 и 830°C можно идентифицировать с магнетитом. При 340°C происходит окисление магнетита с образованием тонкой пленки гематита вокруг ядра неизменного магнетита. При 830°C окисляется оставшийся магнетит до Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. С увеличением времени спекания оксиды железа и железистых соединений начинают плавиться, растворяясь в стеклофазе. Цвет образцов приобретает желтоватокрасный оттенок, косвенно свидетельствуя о появлении микрорасплава.

По данным рентгенофазового анализа (рисунок 2) у всех образцов после обжига при температуре 1100 °С основной идентифицируемой фазой является анортит (3,10; 4,05 Å<sup>0</sup>). Вместе с тем у суглинка на рентгенограмме различимы рефлексy, относящиеся к кварцу (3,35 Å<sup>0</sup>) и гематиту (2,7 Å<sup>0</sup>). Отсутствие в образцах свободного оксида кальция (CaO) свидетельствует о полном вовлечении дисперсной карбонатной добавки в физико-химические реакции в процессе обжига.

Образование анортита связано со вступлением, образующегося в золе из оксихлорида алюминия аморфного γAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в твердофазную реакцию с силикатом кальция с образованием анортита CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>. Процесс образования анортита CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>, активируется экзотермическими процессами окисления железа FeO – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Еще один возможный механизм образования анортита может быть связан с участием аморфного кремнезема и оксида кальция. Согласно исследованиям, проведенным авторами работ [11, 12], дегидратация каолинита и диссоциация CaCO<sub>3</sub> способствует кристаллизации анортита в глине. Процесс протекает в соответствии с реакцией:





а – «50% золы ОБСВ: 50% суглинка:0% фильтрата осадка»;  
 б – «50% золы ОБСВ: 50% суглинка:0,05% фильтрата осадка»;  
 в – «50% золы ОБСВ: 50%суглинка:0,1% фильтрата осадка»;  
 г – «50% золы ОБСВ: 50%суглинка:0,25% фильтрата осадка»

Рисунок 2 – Рентгенограммы керамических образцов

Результаты количественного расчета фазового состава, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что добавка к золе суглинка и фильтрата осадка водочистки способствует увеличению содержания анортита, то есть кристаллической фазы, обеспечивающей повышение прочности керамического черепка.

Таблица 2 – Результаты количественного анализа фазового состава образцов

Образец	Фазовый состав
1	64% анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ + 34% Кварц $\text{SiO}_2$ + 2% гематит $\text{Fe}_2\text{O}_3$
2	67% анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ + 31% Кварц $\text{SiO}_2$ + 2% гематит $\text{Fe}_2\text{O}_3$
3	69% анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ + 29% Кварц $\text{SiO}_2$ + 2% гематит $\text{Fe}_2\text{O}_3$
4	68% анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ + 29% Кварц $\text{SiO}_2$ + 3% гематит $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Таким образом, анализ результатов дифференциально-термического и рентгенофазового анализов позволяют заключить, что формирование фазового состава зологлиняной керамики модифицированной содержащимся в фильтрате осадка водочистки золем силикатного состава определяется:

во-первых, появлением метакаолинита, образующегося при разложении гидратированных глинистых минералов;  
во-вторых, разложением кальцита, возникновением легкоплавких эвтектик, способствующих формированию расплава и интенсификации спекания;  
в-третьих, диффузией ионов кальция в структуру метакаолинита;  
в-четвертых, кристаллизацией анортита из расплава обогащенного оксидами алюминия кальция и кремния.

### Библиографический список

1. Симонов, А.Д. Сжигание осадков сточных вод коммунального хозяйства в псевдоожиженном слое катализатора / А.Д. Симонов, Н.А. Языков, А.В. Трачук, В.А. Яковлев // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – №6, 2010. – С. 61 – 66.
2. Туровский, И.С. Обработка осадков сточных вод // М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.
3. Хакимов, Ф.И. Рекомендации по утилизации илов городских очистных сооружений / Ф.И. Хакимов, А.С. Керженцев, С.М. Севостьянов // М: Госкомэкологии России, 1999. – 52 с.
4. Шахов, С.А. Состав и технологические свойства осадков водоотведения и зол образующихся при их сжигании / С.А. Шахов, Н.С. Ключникова, А.С. Кожемяченко // Известия вузов. Строительство. – № 11 (671), 2014 – С. 103 – 113.
5. Женжурист, И.А. Особенности структурообразования керамических масс пылеватых суглинков, модифицированных нано- и высокодисперсными алюмосиликатными добавками / И.А. Женжурист, В.М. Зарипова, Л.Ф. Мубаракшина, В.Г. Хозин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – №1, 2010. – С. 281 – 286.
6. Шахов, С. А. Структурно-механические свойства керамики из суглинка с добавлением осадка водоочистки / С.А. Шахов Т.Л. Рудая // Известия ТПУ. – Т. 325, № 3, 2014. – С. 98 – 105.
7. Женжурист, И.А. Влияние нанодисперсных частиц гидрозолей оксидов кремния и алюминия на структурообразование глинистых минералов в водной среде / И.А. Женжурист, В.М. Зарипова, Л.Ф. Мубаракшина, В.Г. Хозин // Стекло и керамика. – №7, 2010. – С. 28 – 32.
8. Шахов, С. А. Потенциал осадка промывных вод как сырьевого компонента строительной керамики / С.А. Шахов, Н.Ю. Николаев, Т.Л. Рудая // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – № 1. 2018. – С. 61 – 67.
9. Каныгина, О.Н. Высокотемпературные фазовые превращения в железосодержащих глинах Оренбуржья / О.Н. Каныгина, А.Г. Четверикова, Д.А. Лазарев, Е.В. Сальников // Вестник ОГУ. – №6 (112), 2010. – С.113 – 118.
10. Бурученко, А.Е. Влияние карбоната кальция на формирование фазового состава керамики на основе легкоплавких и тугоплавких глин при обжиге. / А.Е. Бурученко, Г.Н. Харук, С.И. Мушарапова, А.А. Сергеев // Известия вузов. Строительство. – № 2, 2018. – С. 21 – 28.
11. Левицкий, И.А. Структурообразование плотносспекшейся керамики бытового назначения. / И.А. Левицкий, Ю.А. Климов // Стекло и керамика. – №6, 2005. – С. 32 – 36.

## ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ С ДОБАВКАМИ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Пичугин А.П.<sup>1</sup>, Смирнова О.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»  
г. Новосибирск, Россия

*Аннотация.* В статье приводятся свойства составов на основе костры льна и комплексного связующего. Представлены данные экспериментов по определению влияния влажности на прочность при сжатии, стойкость костролитовых образцов к попеременному увлажнению и высыханию.

*Ключевые слова:* костра льна, теплоизоляция, свойства, материал.

Материалы на основе органических отходов, таких как, опилки, станочная стружка, кора дерева, камыш, солома, костра льна и др. представляют собой экологические продукты, адаптированные для жизни человека. В таблице 1 приведены физико-механические свойства прессованных теплоизоляционных костролитовых образцов.

Таблица 1 – Свойства костролитовых образцов на комплексном связующем

Свойства	Соотношение костра льна : связующее		
	1:0,9	1:1,15	1:1,25
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	250-260	270-300	305-315
Прочность, МПа	- при сжатии	0,72	0,82
	- при изгибе	0,94	1,18
Водопоглощение, %	36,5	32,7	30,2
Теплопроводность, Вт/(м <sup>0</sup> С)	0,057	0,064	0,071
Влажность, %	7,4	6,9	6,8
Сорбционная влажность, %	10,7	9,2	8,5
Водородный показатель (рН)	10,5	10,5	10,5

Минимальная средняя плотность образцов 250 кг/м<sup>3</sup> достигнута при соотношении костролитовый наполнитель: связующее 1:0,9. Максимальные значения прочности при сжатии и изгибе 0,87 и 1,35 МПа соответствуют составу, содержащему (% мас.) костру льна 45 %, жидкое стекло 45 %, латекс – 10 %. Пористость образцов находится в пределах 80 – 82 %.

На рисунке 1 приведена кинетика потери массы свежееотформованных костролитовых образцов в процессе твердения.

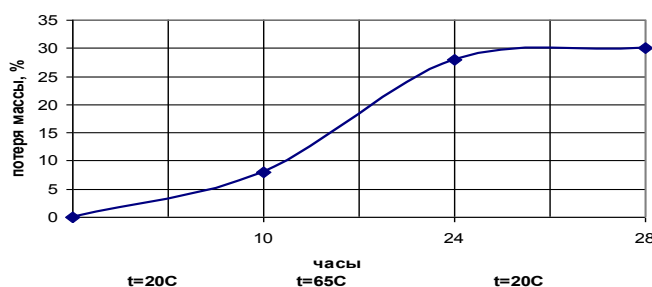
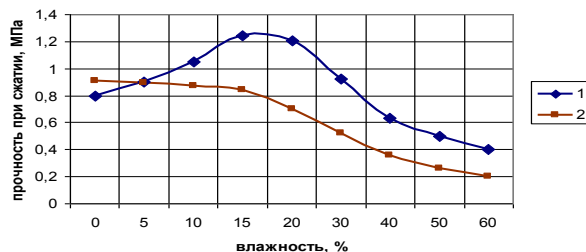


Рисунок 1 – Потеря массы образцами при твердении при соотношении костра льна : связующее 1:1,15

Костролитовые образцы на комплексном связующем активно отдают влагу при температуре сушки 650С, потеря массы после 24 часов составляет 27 – 28 %.

Определялось влияние влажности образцов на их прочность (рис. 2). Теоретически известно, что снижение влажности арболита (материал, состоящий на 80-90% по объему из древесного заполнителя) от 27-30% до 0%, т.е. ниже точки насыщения растительных волокон, отрицательно сказывается на прочностных характеристиках изделия [1].



1 – арболит; 2 – костролитовый материал на комплексном связующем

Рисунок 2 – Влияние влажности образцов на прочность при сжатии

Прочность образцов на основе костры льна и комплексного связующего в процессе сушки нарастает монотонно в отличие от арболита. При влажности образцов на основе костры льна до 15 – 17% значения прочности при сжатии максимальны.

В качестве критерия структурной прочности и водостойкости образцов определялся коэффициент размягчения. В зависимости от вида связующего он находится в пределах от 0,27 (на жидком стекле) до 0,78 (на жидком стекле, модифицированном бутадиенстирольным латексом), т.е. потери прочности при водонасыщении в течение 24 ч соответственно составляют от 73 до 22%.

Исследовалась стойкость костролитовых образцов к попеременному увлажнению и высыханию. Критерием стойкости приняты линейные деформации набухания (рис. 3). Испытания проводились по методике, предложенной И.Х. Наназашвили [2].

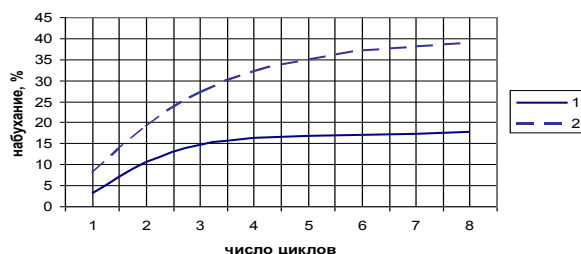


Рисунок 3 – Кинетика развития набухания костролитовых (1) и древесностружечных (2) образцов при циклическом увлажнении и высыхании

Набухание костролитовых образцов происходит наиболее интенсивно в первые 1-3 цикла испытаний, потери при этом сохраняется целостность образцов. После 6-8 циклов испытаний образцы деформируются, что связано с ослаблением адгезионных связей между связующим и органическим наполнителем. По данным испытаниям можно сделать вывод о достаточной стойкости материалов на основе костры льна и комплексного связующего к температурно-влажностным воздействиям.

### Библиографический список

1. Бернацкий А.Ф. Использование отходов льнопереработки для производства теплоизоляционных изделий / А.Ф. Бернацкий, О.Е. Смирнова// Изв. вузов. Строительство. –2007. – №3. – С.42 – 46.
2. Наназашвили И.Н. Строительные материалы из древесно-цементной композиции/ И.Н. Наназашвили. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.



## ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ НА СТРУКТУРУ КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кара-сал Б.К., Чюдюк С.А., Иргит Б.Б.

ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, Россия

*Аннотация.* Установлено влияние дисперсности измельченных аргиллитовых вскрышных пород угледобычи на структуру керамических стеновых материалов. Выявлено, что регулирование дисперсности измельченной вскрышной породы, содержащей уплотненные глинистые минералы, позволяет получить керамические стеновые материалы пористой и плотной структуры.

*Ключевые слова:* дисперсность, вскрышная порода, масса, керамический материал, обжиг, структура.

В связи с истощением запасов качественных глин, предприятия керамической промышленности вынуждены провести поиск и исследование других видов сырья природной и техногенной основы [1].

К числу не востребуемых природных сырьевых материалов для производства керамических изделий относятся вскрышные породы угледобычи, отвалы которых ежегодно растут и занимают огромные территории вблизи угольных карьеров.

В Республике Тыва в отвалах имеются более 70 млн. т. вскрышных пород угледобычи, которые представлены песчаниками, глиежами, аргиллитами. Последние являются уплотненными, гидратированными и цементированными глинистыми породами, которые по химико-минералогической основе вполне пригодны для производства изделий строительной керамики [2].

Как известно, в силу генетической основы все вскрышные породы подвергнуты к уплотнению и находятся в твердом камневидном состоянии. В отвалах аргиллиты представлены щебнем и валунами (размер 70-500 мм). Поэтому, для применения в производстве керамических изделий необходимо измельчение аргиллитов с получением тонкодисперсного материала, из размеров частиц которого зависит качество конечной продукции.

В работе, целью которой является выявление влияния дисперсности измельченного материала на структуру керамических стеновых материалов, в качестве объекта исследования принята аргиллитовая вскрышная порода Усть-Элегестского угольного разреза.

Рассмотренная аргиллитовая вскрышная порода угледобычи имеет темно-серый цвет, структура плотная и слоистая. Объемная масса щебня аргиллита (размер 10-40 мм) равна 1340 кг/м<sup>3</sup>. Водопоглощение кусков 3,8-4,2 %. Предел прочности при сжатии 41-43 МПа. Порода в воде неразмакается.

Химический состав аргиллитов следующий (масс. %): SiO<sub>2</sub> 61,75; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11,34; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6,18; CaO 2,01; MgO 1,79; K<sub>2</sub>O 2,54; Na<sub>2</sub>O 1,67; п.п.п. 8,43. Содержание основных оксидов в химическом составе аргиллитов характерно для глинистых пород.

В минеральном составе аргиллитов присутствуют кварц, альбит, железистые соединения, монтмориллонит и периклаз. Содержание кварца 42-46 %, альбита 18-22 %, монтмориллонита 16 – 20 %.

При выполнении работы щебенистая фракция аргиллитов измельчена в щековой дробилке и просеяна через сита с размерами ячейки 1,25; 0,63; 0,31 и 0,14 мм. При этом измельченный материал просеян только через одно сито. Затем с добавлением воды в количестве 18 – 22 % получены массы у которых определены технологические свойства: формовочная влажность, число пластичности, величина воздушной усадки, связующая способность и спекаемость. Технологические свойства масс определены согласно общепринятых методик [3].

Микроструктура образцов исследована с помощью сканирующего микроскопа 15M-5610LV (Япония) с системой химического анализа. Параметры пористой структуры изучены методом ртутной порометрии.

В таблице 1 приведен гранулометрический состав измельченный аргиллитов.

Таблица 1

Остаток (%) на сите с размерами ячейки, мм					
2,5	1,25	0,63	0,31	0,14	менее 0,14
2,1	7,1	18,1	20,6	25,4	26,7

Как видно из таблицы 1, в измельченных аргиллитах содержание частиц с размерами менее 0,63; 0,31 и 0,14 составляет 72,7; 52,1 и 26,7 соответственно. Больше половины измельченного материала (52,1 %) имеют размеры частиц менее 0,31 мм.

Выявлено, что размер частиц измельченных аргиллитов существенно влияет на технологические свойства массы. В таблице 2 приведены технологические свойства масс в зависимости от размера частиц.

Таблица 2

Размер частиц, менее мм	Формовочная влажность, %	Число пластичности	Величина воздушной усадки, %	Предел прочности при сжатии сырца, МПа
1,25	17	4,5	0,7	0,7
0,63	18	6,0	1,8	1,1
0,31	19	8,5	3,1	1,8
0,14	21	11	4,8	2,7

Установлено, что с уменьшением размера частиц постепенно увеличивается количество воды для получения пластичной массы, соответственно повышается формовочная масса. С увеличением доли тонкодисперсных частиц менее 0,31 и 0,14 мм, повышается удельная поверхность частиц, что приводит к увеличению водопотребности массы. При наличии более крупных частиц размерами менее 0,63 и 1,25 мм, уменьшается содержание тонкодисперсных частиц, соответственно снижается количество воды для затворения и формовочная влажность массы.

Выявлено, что из измельченных аргиллитов максимальным размером частиц менее 1,25 и 0,63 мм получают малопластичные массы, число пластичности которых 4,5 и 6,0 соответственно. Это связано с тем, что в общем объеме массы, доля тонкодисперсных частиц, способных образовать при смешивании с водой упруго-вязкую глиняную связку недостаточна. В результате пластичная вязкая связка не полностью заполняет межзерновые пустоты. Поэтому образуются малопластичные массы и при формовании изделий, когда массы выдавливаются из мундштука лабораторного пресса происходит разрыв граней и образование трещин в изделиях.

С уменьшением максимального размера частиц менее 0,31 и 0,14 мм, формируется более пластичные массы, число пластичности которых 8,5 и 11 соответственно. Это позволяет отнести данные массы к группе умереннопластичной и формовать изделия без дефектов и повреждений.

Существенная разница технологических свойств измельченных аргиллитовых масс связано с отличием гранулометрического и фазового состава диспергированного материала. При механообработке твердой породы происходит разрушение природного конгломерата на мельчайшие частицы с частичной аморфизацией зерен с развитием в них дефектов, энергия которых обуславливает в дальнейшем образование новых агрегированных частиц. Улучшение технологических свойств с уменьшением размера частиц является следствием процессов аморфизации зерен, накопления дефектов структуры и образования гетероминеральных конгломератов.

Изучение структуры сырцов методом ртутной порометрии показало, что до обжига изделия с размерами частиц менее 0,63; 0,31 и 0,14 мм имели пористость 35-36; 33-34 и 31-32 % с капиллярами размерами 200-600; 100-350 и 60-240 мкм соответственно.

Структурные изменения в обжигаемых изделиях на основе аргиллитовой вскрышной породы с различной дисперсностью наступают (выше 240 °С) с началом выгорания органики и дегидратации глинистых минералов. С разложением органических веществ и удалением химически связанной воды и последующим разложением карбонатов структура черепка разрыхляется, и в пределах 600-750 °С пористость черепка увеличивается до 36-40 %. В структуре материала наблюдается поры в виде капилляров, сообщающихся между собой и представляющих сложную систему. Размеры капилляров в образцах на основе массы с размером частиц менее 0,63 мм увеличивается до 750 мкм, а в их аналогах с размером частиц менее 0,14 мм, расстояние между твердых зерен достигает до 350 мкм. Обожженный материал представляет собой механическую смесь обезвоженных глинистых частиц, которые расположены между зерен кварца, ортоклаза и оксида железа. Цвет черепка в разрезе образцов изменяется от красного до серого в зависимости от углубления к центру.

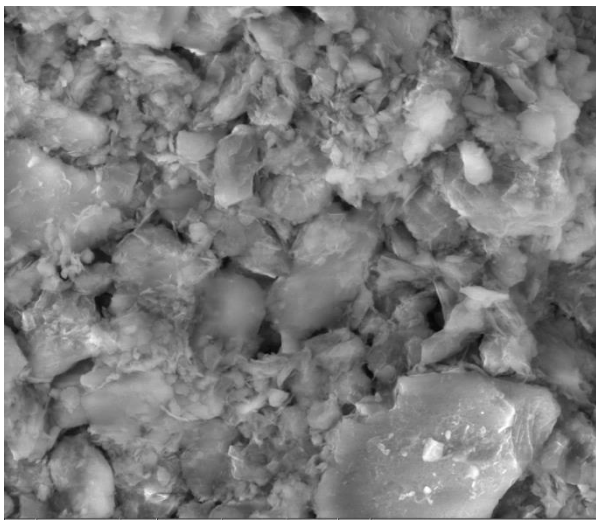
Значительные изменения структуры изделий наблюдается после 900 °С с началом образования жидкой фазы, о чем свидетельствует усадка образцов, величина которой постепенно повышается с увеличением температуры обжига и с уменьшением размера частиц. Выявлено, что усадка образцов на основе масс с размерами частиц менее 0,63; 0,31 и 0,14 мм после обжига при 900 °С составила 2,6; 3,8 и 4,7 % соответственно. При этом, по данным ртутной порометрии, объем внутренней пористости образцов уменьшается до 29-30; 27-28 и 24-25 % соответственно. В структуре образцов, обожженных при 900 °С, аморфизованные глинистые и кварцевые частицы соединены точно. Между твердыми частицами четко видны сквозные щелевые пустоты размерами 150-400 мкм и точечное нахождение светло-серой стеклофазы.

С дальнейшим увеличением температуры до 1000 °С усиливается накопление жидкой фазы, которая заполняет межзерновые пустоты, начинает склеивать твердые частицы ортоклаза, кварца и аморфизованных и разложившихся остатков глинистых минералов. На данном этапе максимальное содержание жидкой фазы имеется в структуре черепка на основе массы с размерами частиц менее 0,14 мм (18-20 %).

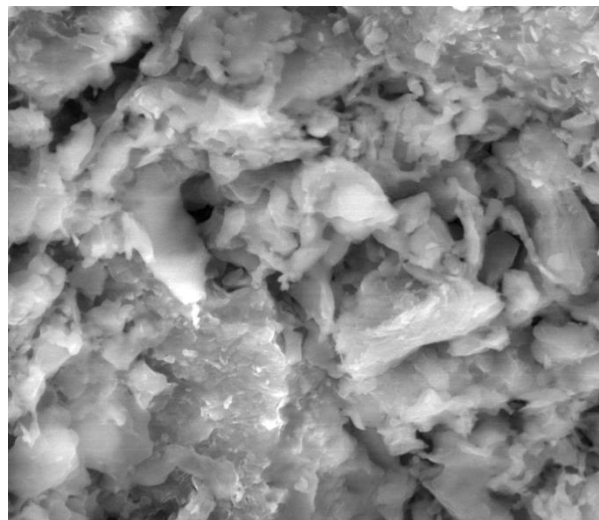
Структура образцов на основе аргиллитовой вскрышной породы обожженных при 1100 °С, в зависимости от дисперсности масс, существенно отличается, что показано на рисунке. В структуре образцов с размерами частиц менее 0,63 мм твердые частицы недостаточно соединены из-за незначительного образования жидкой фазы, которая сосредоточена на стыке отдельных твердых зерен (позиция а).

При уменьшении максимального размера частиц менее 0,31 мм, у многих твердых частиц грани оплавлены (позиция б). При этом между частиц наблюдается больше контакта, что связано с значительным образованием жидкой фазы с уменьшением межзерновой пустотности.

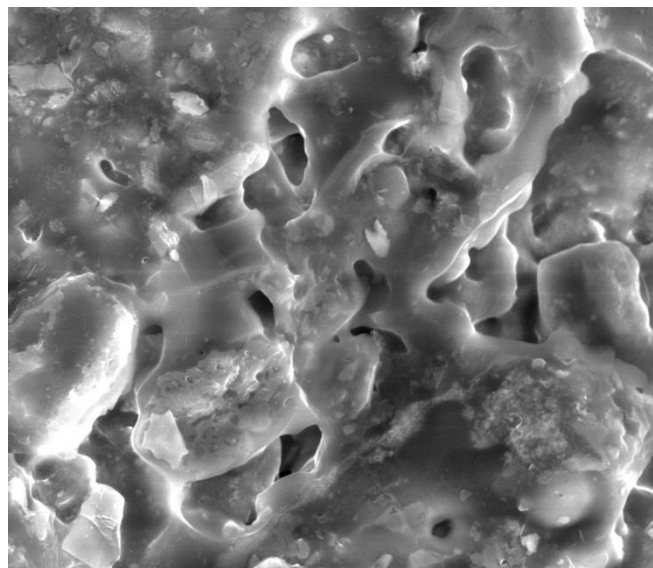
В образцах с наименьшей дисперсностью (менее 0,14 мм) наблюдается интенсивное образование жидкого расплава, который заполняя пустоты практически соединил все твердые зерна в единый монолит (позиция в). Поры закрытые, имеют диаметр 20-60 мкм. В структуре уплотненного материала морфологически различать кристаллы кварца, ортоклаза и гематита, которые соединены стеклофазой, затруднительно. Многие твердые частицы расплавлены поверхностно и находятся внутри единого монолита. Выявлено, что содержание жидкой фазы достигает до 38 % и пористость черепка уменьшается до 16-18 %. Установлено, что если водопоглощение образцов на основе масс с размерами частиц менее 0,63 и 0,31 мм равно 11,7 и 8,9 % соответственно, то у их аналогов с наименьшей дисперсностью составляет 4,8 %, что позволяет получить плотный черепок.



а



б



в

а – менее 0,63 мм;

б – менее 0,31 мм;

в – менее 0,14 мм.

Рисунок – Структура образцов обожженных при 1100 °С, с размером частиц

Результаты исследований показывает, что формирование структуры керамического материала на основе измельченной аргиллитовой вскрышной породы зависит от дисперсности массы и от температуры обжига, что вызывает изменение фазового состава материала с образованием жидкого расплава, который играет главную роль в создании необходимой пористой и плотной структуры керамического стенового материала.

#### Библиографический список

1. Столбоушкин А.Ю. Перспективное направление развития строительных керамических материалов из низкокачественного сырья. //Строительные материалы. – 2018. – № 4. – С. 24 – 27.
2. Терехина Ю.В., Талпа Б.В., Котляр А.В. Минералого-технологические особенности литифицированных глинистых пород и перспективы их использования для производства строительной керамики. //Строительные материалы. – 2017. – № 4. – С. 8 – 11.
3. Гузман И.Я. Практикум по технологии керамики. – М.: ООО РИФ Стройматериалы. – 2005 – 336 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $Al_2O_3-ZrO_2$ (3 мол.% $Y_2O_3$ ) С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕКУРСОРА ЦИРКОНАТА СТРОНЦИЯ

Плетнев П.М., Семанцова Е.С.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС),  
г. Новосибирск, Россия*

*Аннотация. Изложены результаты получения износостойкого керамического композитного материала на основе алюмоциркониевой керамической матрицы  $Al_2O_3 - ZrO_2$  (3 мол.%  $Y_2O_3$ ) упрочненной путем образования равномерно распределенных пластинчатых гексагональных соединений  $SrAl_{12}O_{19}$  (плателетных структур). Образование плателетных структур  $SrAl_{12}O_{19}$  обеспечивается введением прекурсора цирконата стронция перед спеканием керамического композита.*

*Ключевые слова: алюмоциркониевая керамика, оксид алюминия, диоксид циркония, алюминат стронция, цирконат стронция, плателет.*

Актуальность выполненной работы заключается в необходимости получения современных материалов с высокими износостойкими и химически стойкими характеристиками за счет новых технологических подходов, обеспечивающих гомогенность, высокую чистоту и дисперсность исходных компонентов.

Износостойкая керамика находит широкое применение в различных отраслях техники, в том числе в качестве мелющих тел и футеровки помольного оборудования. Что обеспечивает минимальное загрязнение измельчаемого продукта при изготовлении различных материалов, используемых в строительстве.

При разработке высокопрочного композитного материала с повышенными устойчивостью к износу и физико-механическими характеристиками (прочность на изгиб и трещиностойкость) была использована рабочая гипотеза о многокомпонентном составе керамического материала и роли упрочняющих (допирующих) структурах, образующихся при использовании прекурсора -  $SrZrO_3$  в системе  $Cr_2O_3-SrO-Al_2O_3-ZrO_2$ , что должно обеспечить образование в структуре плотноупакованного керамического композита относительно длинных (2 – 4 мкм) армирующих структур -  $SrAl_{12}O_{19}$ . Иллюстрация композитной структуры керамики изображена на рисунке 1.

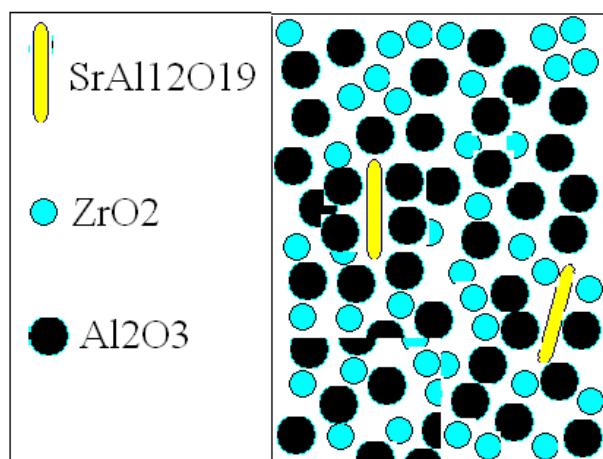


Рисунок 1 – Фрагментарная структура композитного материала в системе  $SrO-Al_2O_3-ZrO_2$  (3 мол.%  $Y_2O_3$ )

Физико-химические характеристики исходных компонентов приведены в таблице 1.

Оптимальный состав матрицы керамического материала был определен на основании экспериментальных данных (таблица 2) при следующих массовых соотношениях  $Al_2O_3-3Y-ZrO_2$ , соответственно: 0-100, 75-25, 50-50, 85-15 и 100-0.

Таблица 1 – Характеристики исходных компонентов

Компонент	Химический состав		Размер частиц		Фазовый состав
	Наименование вещества	Содержание, мас. %	D10		
Оксид алюминия (глинозем) марки СТ 3000 SG Almatic GmbH (Германия)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	не менее 99,772	D10	0,2 мкм	Содержание α-фазы 99,83%
	Na <sub>2</sub> O	0,092	D50	0,5 мкм	
	SiO <sub>2</sub>	0,046	D90	2,4 мкм	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,021	Агломераты до 5 мкм.		
	CaO	не обнаружен			
	MgO	0,069			
ЧСД диоксид циркония марки PSZ-5.5Y Stanford Materials Corporation (США)	ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub>	94,4	D10	0,2 мкм	Содержание t-фазы – 63,3 % m- фазы – 36,7 %
	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,9	D50	0,8 мкм	
	SiO <sub>2</sub>	Сумма примесей 0,7	D90	2,5 мкм	
	Na <sub>2</sub> O		Агломераты до (6-8) мкм		
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
	TiO <sub>2</sub>				
Оксид хрома марки Green “F3” Stanford Materials Corporation (США)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	99,82	D10	0,7 мкм	-
	SO <sub>4</sub>	не обнаружен	D50	1,3 мкм	
	ZrO <sub>2</sub>	0,0522	D90	2,3 мкм	
	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0487			
	SrO	0,0327			
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0204			
	Шумовые примеси	0,027			
	карбонат стронция марки «В» Solvay GmbH (Германия)	Sr	69,52	D10	
Ba		0,34	D50	3,8 мкм	
O		30,17	D90	9,9 мкм	
			Крупные частицы до 12 мкм		
Нестабилизированный диоксид циркония марки CZE-M1 Solvay GmbH (Германия)	ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub>	99,80	D10	0,1 мкм	Содержание моноклинной m-фазы 100%
	Na <sub>2</sub> O	0,2	D50	0,6 мкм	
	SiO <sub>2</sub>		D90	1,4 мкм	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Агломераты до 50 мкм (мягкие).		
	CaO				
	TiO <sub>2</sub>				
	MgO				
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				

Было выявлено образование гексагональных структур алюмината стронция в матрице чистого оксида алюминия с различным содержанием оксида стронция при нагревании, при этом обнаружено неравномерное распределение предварительно синтезированных структур в матрице Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3Y-ZrO<sub>2</sub> (25 вес. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 75 вес. % 3Y-ZrO<sub>2</sub>).

Введение готовых плателетных структур алюмината стронция приводит к эффекту агрегации плателет в разных областях алюмоциркониевой матрицы. Данный эффект удаётся

исключить введением в матрицу прекурсора -  $\text{SrZrO}_3$ , что способствует образованию в процессе спекания плателетных структур -  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ , равномерно распределенных монолитно встроенных в матрицу  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 3\text{Y-ZrO}_2$ .

Таблица 2 – Физико-механические характеристики керамики из различных смесей  $\text{Al}_2\text{O}_3-3\text{Y-ZrO}_2$

Характеристика	Смесь $\text{Al}_2\text{O}_3-3\text{Y-ZrO}_2$				
	100 мас.% $\text{Al}_2\text{O}_3$	75 мас.% $\text{Al}_2\text{O}_3+ 25$ мас.% $3\text{Y-ZrO}_2$	50 мас.% $\text{Al}_2\text{O}_3+ 50$ мас.% $3\text{Y-ZrO}_2$	15 мас.% $\text{Al}_2\text{O}_3+ 85$ мас.% $3\text{Y-ZrO}_2$	100 мас.% $\text{ZrO}_2$
Линейная усадка, %	16,3	16,5	17,7	18,3	20,3
Микротвердость, ГПа	20,0±1,5	19,2±0,6	18,2±0,5	14,7±0,4	12,9±0,6
Трещиностойкость, МПа*м <sup>1/2</sup>	3,2	4,4	4,2	-	5,71
Прочность на изгиб, МПа	370±40	780±50	870±50	850±30	700±50
Кажущаяся плотность относительная, %	3,95	4,28	4,71	5,39	5,82
Кажущаяся плотность теоретическая, %	99,2	97,27	98,1	93,0	96,12
Достаточность достигнутой теоретической плотности для последующего ГИП процесса (норма 95 – 98 %)	теоретическая плотность выше нормы	теоретическая плотность соответствует норме	теоретическая плотность приближена к норме	теоретическая плотность ниже нормы	теоретическая плотность соответствует норме

Этот структурный фактор является важным для повышения физико-механических характеристик и гомогенности получаемого композита.

Синтез прекурсора-  $\text{SrZrO}_3$  проводился по следующей схеме: подготовка водной суспензии  $\text{SrCO}_3+\text{ZrO}_2$ ; сушка смеси методом распылительной сушки; высокотемпературный синтез смеси.

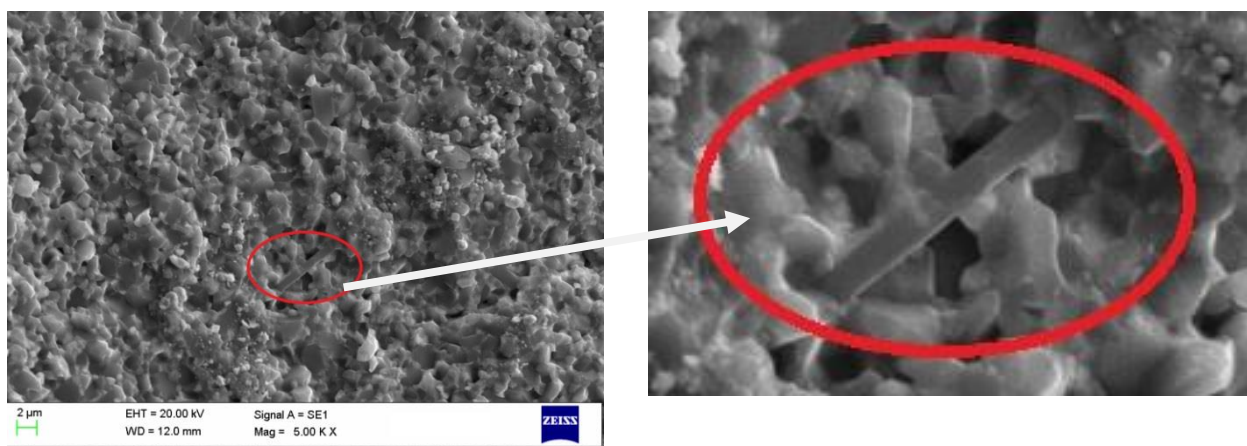


Рисунок 2 – Микроструктура алюмоциркониевой керамики с плателетами -  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$

Как следует из рисунка 2, в алюмоциркониевом композите образуются плателеты –  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$  при введении  $\text{SrZrO}_3$  в композит перед спеканием. При этом не обнаружено областей конгломерации плателет как в случае введения предварительно синтезированного  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ . Таким образом, разработанная технология синтеза  $\text{SrZrO}_3$  и последующего синтеза  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$  непосредственно при спекании алюмоциркониевой композиции подтвердила свою эффективность и была непосредственно применена при получении нового материала.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики полученного керамического композита

№ образцов	Кажущаяся плотность г/см <sup>3</sup>	Относительная плотность, %	Прочность при статическом изгибе, МПа	Трещиностойкость, Мпа*м <sup>1/2</sup>	Микротвердость, ГПа	Износ, мм <sup>3</sup> /млн. циклов
1	4,37	99,32	1193±80	6,46	17,0	0,3
2	4,36	99,09	1205±80	6,83	17,0	-
3	4,37	99,32	1035±80	7,12	17,0	0,3
4	4,36	99,09	1264±80	7,64	17,3	-
5	4,36	99,09	1201±80	6,97	17,4	-

Таким образом, можно заключить:

1. Получение **высокопрочного и износостойкого керамического материала** возможно за счет научно-обоснованного выбора системы (шихты)  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--ZrO}_2$  (3 мол.%  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ), введения в шихту прекурсора  $\text{SrZrO}_3$ , обеспечивающего в процессе спекания композиции  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--ZrO}_2$  (3 мол.%  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) $\text{Cr}_2\text{O}_3$  образования новых плателетных структур  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ , которые выполняют роль армирующих элементов и приводят к существенному **повышению физико-механических характеристик** композита.

2. При **кратковременном воздействии** (десятки минут) методом **высокоэнергетического** (высокоскоростного 1800 об/мин) **мокрого помола** на исходные порошки ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ) достигается **значительное увеличение дисперсности порошков**, величина зерна порошков после воздействия находится в диапазоне (200 – 400 нм) для  $\text{ZrO}_2$  и (400 – 800 нм) для  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

3. **Образование структур  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$  в системе  $\text{SrO--Al}_2\text{O}_3$**  достигается при условиях введения не менее 15 мас.% исходного компонента, содержащего оксид стронция, при температуре синтеза (1200 – 1300)°С.

#### Библиографический список

1. М.А. Марков Износостойкие керамические материалы на основе оксида алюминия для пар трения: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Санкт-Петербург, 2016. - 22 с.
2. Е.С. Семанцова, Плетнев П.М. Композитная керамика // Сборник материалов Национальной научно-технической конференции с международным участием «Повышение качества и эффективности строительных и специальных материалов» г. Новосибирск 19 – 22 февраля 2019 г. – с.281 – 284
3. Е.С. Семанцова Композитная керамика с высокой устойчивостью к истиранию// Сборник материалов Национальной научно-технической конференции с международным участием «Повышение качества и эффективности строительных и специальных материалов» г. Новосибирск 19 – 22 февраля 2019 г. – с.125 – 128.
4. Непочатов Ю.К., Маликова Е.В., Плетнев П.М., Богаев А.А., Соловьева А.А. Влияние комплексных добавок спекание и броневые свойства корундовой керамики// Огнеупоры и техническая керамика - №10, 2013. – С. 15 – 19.
5. Непочатов Ю.К., Маликова Е.В., Плетнев П.М., Богаев А.А., Соловьева А.А. Влияние добавок оксидов иттрия и магния на характеристики корундовой бронекерамики// Огнеупоры и техническая керамика. -№4-5, 2013. – С. 28 – 32.
6. A.H. Heuer. Transformation toughening in zirconia-containing ceramics // J. Am. Ceram. Soc. 1987. V. 70, № 10. P. 689 – 698.
7. T.J. Lucas, N.C. Lawson, G.M. Janowski, J.O. Burgess. Effect of grain size on the monoclinic transformation, hardness, roughness, and modulus of aged partially stabilized zirconia // Dent. Mater. 2015. V. 31, № 12. P. 1487 – 1492.
8. Xinyu Y. Thermodynamic Description of  $\text{SrO--Al}_2\text{O}_3$  System and Comparison with Similar Systems / Y. Xinyu, Z h. Weidong, W. Jingfang [et. all] // J. Phase Eq. and Diff. — 2007. — Vol. 28, № 4. – P. 362 – 368.
9. Черкасова Н. Ю., Батаев А. А., Веселов С. В., Кузьмин Р. И. Структура и трещиностойкость керамики на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{ZrO}_2$  с добавкой  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$  // Letters on Materials 9 (2), 2019. – pp. 179 – 184.
10. Семанцова Е.С., Плетнев П.М. Керамический нанокompозит с повышенными физико-механическими характеристиками для медицинского применения // V международная научная конференция для молодых ученых, студентов и школьников, г. Саратов 29.02 – 15.05.2016 г. – с. 115 – 118.



## СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯЧЕИСТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ПЛАСТИЧЕСКОГО И ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ

**Шевченко В.В.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Представлены результаты лабораторных исследований физико-механических свойств и структуры ячеистой керамики, полученной при пластическом формовании и полусухом прессовании. Проведено сравнение полученных характеристик ячеистой керамики различными способами приготовления, определен наиболее подходящий способ производства керамического ячеистого кирпича.*

*Ключевые слова: пластическое формование, полусухое прессование, ячеистая керамика, гранулированное пеностекло, теплоэффективные керамические материалы.*

**Введение.** Российский рынок строительных материалов имеет потребность в новых конструкционно-теплоизоляционных материалах, связанный с увеличением требований к энергосбережению и показателям теплоэффективности [1]. На большей части территории России проблематично возведение однослойных стен, в связи с возросшей более чем в 2,5 раза нормой требуемого термического сопротивления наружных ограждающих конструкций. Многослойные ограждающие конструкции с эффективным утеплителем так же имеют ряд недостатков: 1. трудоемкость изготовления и монтажа; 2. проблемы совместной работы слоев при перепаде температур; 3. снижение паропроницаемости; 4. пожарная безопасность.

Практически единственной группой материалов одновременно с высокими прочностными и теплотехническими показателями являются ячеистые строительные материалы. Если пено- и газобетоны широко известны и давно используются в строительстве, то ячеистая керамика для возведения наружных стен фактически не выпускается. В связи с этим сегодня ведутся активные исследования по созданию эффективных строительных материалов и изделий [2-5]. В условиях СибГИУ ведется разработка новых теплоэффективных керамических материалов ячеистой структуры.

**Цель** настоящего исследования заключалась в сравнительном анализе физико-механических свойств и макроструктуры ячеистой керамики, полученной при пластическом и полусухом формовании.

В работе для изготовления керамических образцов методом пластического формования и полусухого прессования в качестве сырьевых материалов использовались гранулированный пеностеклокристаллический материал из кремнеземистых пород (ГПС) г. Челябинск и умереннопластичный легкоплавкий суглинок г. Новокузнецк.

Химический, гранулометрический, минеральный составы и технические характеристики сырьевых материалов приведены в работе [6]. Исследование структуры и свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород представлено в работе [5].

Инновационным способом [7] при помощи полусухого прессования изготавливались керамические образцы, составом шихты 75 % ГПС и 25 % суглинка. Определение оптимальных параметров обжига описано в источнике [8].

Для приготовления керамических образцов способом пластического формования готовилась шихта аналогичного состава. В тарельчатый гранулятор помещалось гранулированное пеностекло увлажнялось до постоянной влажности 20-21%, затем в гранулятор вводился высушенный тонкодисперсный суглинок. Далее в процессе формования образцов в силиконовую пресс форму вручную утрамбовывалась шихта из опудренных гранул формочной влажностью 20-21 % предварительно выдержанная в течении 5 часов в эксикаторе.

Сырцовые изделия, имеющие форму куба с размерами сторон 50×50×50 мм, сушились до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 100-105 °С.

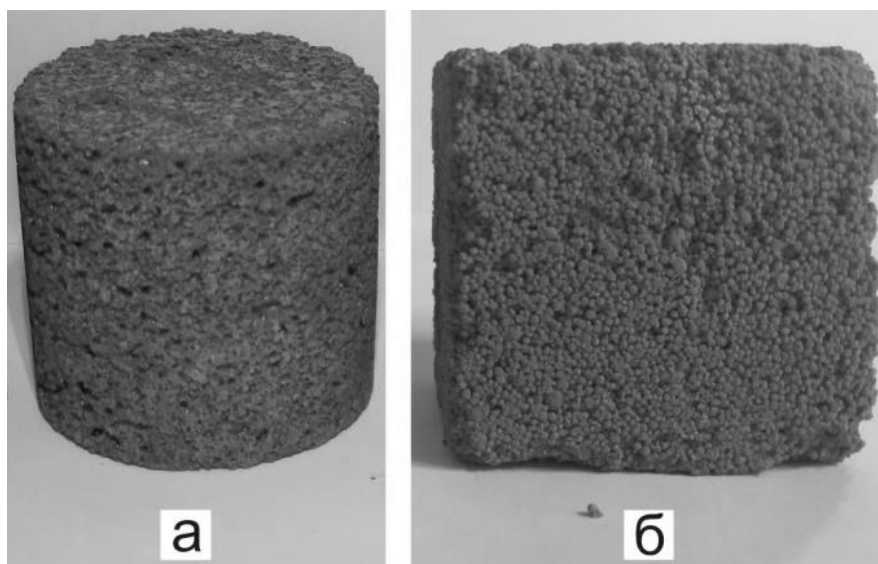
При обжиге образцов использовался ступенчатый режим нагрева с изотермической выдержкой в течение 60-180 минут. На максимальной температуре обжига 850-870 °С изотермическая выдержка составила 90 минут.

Результаты испытаний физико-механических свойств керамических образцов изменяющиеся от способа изготовления приведены в таблице 1, внешний вид обожженных образцов представлен на рисунке 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства образцов при различном способе изготовления

Способ изготовления	Воздушная усадка, %	Огневая усадка, %	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	ККК*
Полусухое прессование	0,012	0,992	1027	10,6	8,8	10,3
Пластическое формование	0,114	1,805	631	0,03	37,4	4,75·10 <sup>-5</sup>

\*ККК – коэффициент конструктивного качества



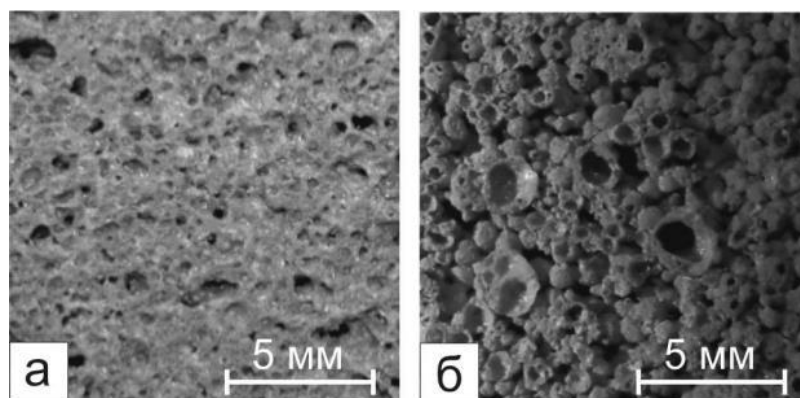
а – полусухого прессования; б – пластического формования

Рисунок 1 – Внешний вид образцов

Образец керамического материала с развитой ячеистой структурой, изготовленный методом полусухого прессования, имеет низкое значение водопоглощения 8-9 %, что связано с формированием сплошной тонкой пленки из стеклокристаллического расплава по внутренней поверхности пор. Данная керамика с прочностью 10-11 МПа, средней плотностью 1000-1100 кг/м<sup>3</sup> обеспечивает повышенные теплотехнические характеристики материала (коэффициент теплопроводности  $\lambda=0,25-0,29$  Вт/м·°С).

Полученные при пластическом формовании образцы, имеют наименьший показатель средней плотности 600-700 кг/м<sup>3</sup>. В таком материале при наличии остеклованных пор, присутствуют поры образовавшиеся между гранулами пеностекла, стенки которых не остеклованы. Что явилось причиной высокого водопоглощения 30-40 % и отсутствием прочности образцов.

Макроструктура образцов имеет внешние отличия по количеству и характеру пор (рисунок 2). Для образцов, изготовленных способом полусухого прессования характерно большое количество пор малых размеров и плотная структура черепка. Для образцов, полученных методом пластического формования характерна структура с неплотной матрицей вокруг остеклованных стенок пор.



а – полусухого прессования; б – пластического формования

Рисунок 2 – Макроструктура образцов изготовленных способом:

**Вывод.** Таким образом, сравнительный анализ двух технологических способов производства керамического кирпича ячеистой структуры показал преимущество способа полусухого прессования над пластическим формованием.

### Библиографический список

1. Гагарин В.Г. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов // Жилищное строительство. – 2011. – №8. – С. 2-6.
2. Никитин А.И. Теплоизоляционные материалы и изделия на основе трепеловпотанинского месторождения [Текст] / А.И. Никитин, Г.И. Стороженко, Л.К. Казанцева, В.И. Верещагин // Строительные материалы. – 2014. – № 8. – С. 34-37.
3. Котляр В.Д. Высокоэффективная стеновая керамика на основе пористопустотелого силикатного заполнителя / В.Д. Котляр, Г.А. Козлов, А.В. Котляр // Научное обозрение. – 2014. – №10. – С. 392-395.
4. Гурьева В.А. Пористая керамика на основе легкоплавких глин и шламов / В.А. Гурьева, А.В. Дорошин, К.М. Вдовин, Ю.Е. Андреева // Строительные материалы. – 2017. – № 4. – С. 31-37.
5. Столбоушкин А.Ю. Исследование структуры и свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород [Текст] / А.Ю. Столбоушкин, А.И. Иванов, В.В. Шевченко и др. // Строительные материалы. – 2017. – № 12. – С. 7-13.
6. Казанцева Л.К. Вспененные стеклокерамические теплоизоляционные материалы из природного сырья [Текст] / Л.К. Казанцева, В.И. Верещагин, Г.И. Овчаренко // Строительные материалы. – 2001. – № 4. – С. 33-34.
7. Патент № 2593832. Российская Федерация, МПК С1 С 04 В 33/13. Способ изготовления стеновых керамических изделий / А.И. Иванов, А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Стороженко // Заявл. 08.06.2015. Опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22.
8. Шевченко В.В. Инновационный способ получения теплоэффективных керамических материалов ячеистой структуры / В.В. Шевченко, А.Ю. Столбоушкин // Материалы международной научно-практической конференции «Инновации в строительстве-2018». – Брянск: Изд. БГИТУ. – 2018. – С. 356-361.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВА МНОГОФРАКЦИОННОЙ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ

Панова В.Ф., Спиридонова И.В., Панов С.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация* Рассмотрена методика расчета трехкомпонентной смеси с применением отходов металлургии: дробленый и гранулированный доменный шлак, отработанная формовочная смесь литейного производства, отход метизного производства. Расчет дан в виде примера, что позволяет наглядно понять методику расчета и проанализировать полученные данные. Затвердевшая смесь позволяет получить максимальную плотность упаковки заполнителей, что обеспечивает высокую прочность и износостойчивость бетона. Использование вторичных минеральных ресурсов (ВМР) дает экологическую эффективность.

*Ключевые слова:* смесь, отходы, доменный шлак, заполнители, экологичность, расчет, состав.

Получение плотной структуры материала позволяет обеспечить повышенную прочность, морозостойкость, износостойчивость и долговечность изделий и конструкций. Использование декоративных вяжущих, с применением пигментов, позволяет разнообразить продукцию [1]. Состав и свойства сырьевых материалов, положенных в основу расчета смеси, подробно представлены в монографиях [2, 3]. Технология получения изделий плотной структуры (тротуарная и отделочная плитка) приведена в учебном пособии [4]. Для создания декоративности изделий в примере рассмотрен пигмент в виде отхода метизного производства, который дает цвет от розового до насыщенного кирпичного.

*Цель работы:* подобрать состав мелкозернистого декоративного шлакобетона для получения изделий плотной структуры, например для производства тротуарной плитки.

Заполнители бетона: крупный – фракция 0...10 (К) – дробленый, медленно охлажденный шлак с кристаллической структурой; мелкий (М) – отработанная формовочная смесь (ОФС); тонкодисперсная добавка (Д) – пигмент в виде отхода метизного производства в смеси с тонкомолотым, гранулированным доменным шлаком с аморфной структурой (удельная поверхность более 300 м<sup>2</sup>/кг). Расход пигмента должен составлять 2...5 % от массы вяжущего [2].

*Исходные данные:*

$R_{шб}=25$  МПа – заданная прочность бетона (средний уровень);

$R_K=160$  мм – расплыв конуса;

$R_{ац}=30$  МПа – активность цемента (ШПЦ);

$\rho_{ц}=3000$  кг/м<sup>3</sup> – истинная плотность цемента (Ц);

$\rho_{нд}=1160$  кг/м<sup>3</sup> – насыпная плотность добавки (Д);

$\gamma_{д}=2600$  кг/м<sup>3</sup> – средняя плотность добавки (Д);

$\rho_{нм}=1440$  кг/м<sup>3</sup> – насыпная плотность мелкого заполнителя (М);

$\gamma_{м}=2500$  кг/м<sup>3</sup> – средняя плотность мелкого заполнителя (М);

$\rho_{к}=1420$  кг/м<sup>3</sup> – насыпная плотность крупного заполнителя (К);

$\gamma_{к}=2500$  кг/м<sup>3</sup> – средняя плотность крупного заполнителя (К);

$D_{max}=10$  мм – наибольшая крупность зерен крупного заполнителя.

*Порядок расчета*

1. Устанавливается расчетная масса воды  $B_p$ , кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, исходя из заданной консистенции и физических особенностей заполнителей. Жесткость смеси оценива-

ется расплывом конуса на встряхивающем столике и составляет 160 мм; максимальная крупность зерен -  $D_{\max}=10$  мм: Расход воды составляет  $B_p=200$  л/м<sup>3</sup>;

2. Устанавливается коэффициент качества сыпучих материалов, исходя из активности, вида Ц; принят коэффициент  $A_1=0,60$ ;

3. Определяется расчетное значение Ц/В исходя из уравнения:

$$Ц / В = \frac{R_y}{A_1 \times R_{ac}} + 0,4 = \frac{25}{0,60 \times 30} + 0,4 = 1,80$$

4. Определяется расчетная масса Ц<sub>р</sub>, кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

$$Ц_p = B_p \times Ц / В = 200 \times 1,8 = 360,0 \text{ кг}$$

5. Определяется масса цементного клея  $m_{цк}$ , кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

$$m_{цк} = Ц_p + B_p = 200 + 360 = 560 \text{ кг}$$

6. Определяется истинная плотность цементного клея с расчетным значением Ц/В и  $\rho_{цк}$ , кг/м<sup>3</sup>, по формуле:

$$\rho_{цк} = m_{цк} / (V_{ав} + V_{ac}),$$

где:  $V_{ав}$  и  $V_{ac}$  – абсолютные объемы на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси расчетных количеств воды и цемента, м<sup>3</sup>.

$$V_{ав} = \frac{B_p}{\rho_{н2о}} = \frac{200}{1000} = 0,20 \text{ м}^3,$$

$$V_{ac} = \frac{Ц_p}{\rho_{ц}} = \frac{360}{3000} = 0,12 \text{ м}^3,$$

$$\rho_{цк} = \frac{560}{0,20 + 0,12} = \frac{560}{0,32} = 1750 \text{ кг/м}^3$$

7. Определяется объем цементного клея  $V_{цк}$ , м<sup>3</sup>, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

$$V_{цк} = \frac{m_{цк}}{\rho_{цк}} = \frac{560}{1750} = 0,32 \text{ м}^3$$

8. Устанавливается суммарный объем зерен М и К в естественном состоянии, м<sup>3</sup>, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

$$V_{езд} = 1 - V_{цк} = 1 - 0,32 = 0,68 \text{ м}^3,$$

9. Определяется по массе доля тонкомолотой добавки Ч<sub>д</sub> в ее смеси с мелким заполнителем:

$$Ч_{д} = \frac{\rho_{нд} \cdot (\gamma_{м} - \rho_{нм})}{\rho_{нд} \cdot (\gamma_{м} - \rho_{нм}) + \rho_{нм} \cdot \gamma_{м}}$$

$$Ч_{д} = \frac{1160 \cdot (2500 - 1360)}{1160 \cdot (2500 - 1360) + 2500 \cdot 1360} = 0,28$$

10. Определение усредненного показателя средней плотности зерен смеси состоящей из добавки и мелкого заполнителя, кг/м<sup>3</sup>:

$$\gamma_{\partial M} = \frac{\gamma_{\partial} [\rho_{HM} \cdot (\gamma_M - \rho_{HM}) + \rho_{HM} \cdot \gamma_M]}{\rho_{\partial} (\gamma_M - \rho_{HM}) + \rho_{HM} \cdot \gamma_{\partial}}$$

$$\gamma_{\partial M} = \frac{2600 \cdot [1360 \cdot (2500 - 1360) + 2500 \cdot 1360]}{1160 \cdot (2500 - 1360) + 2600 \cdot 1360} = 2601 \text{ кг/м}^3$$

11. Определяется  $\rho_H$  смеси, состоящей из Д и М, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_H = \frac{\rho_{\partial} (\gamma_M - \rho_{HM}) + \rho_{HM} \cdot \gamma_M}{\gamma_M}$$

$$\rho_{\partial M} = \frac{1160 \cdot (2500 - 1360) + 1360 \cdot 2500}{2500} = 1889 \text{ кг/м}^3$$

12. Определяется по массе общая доля добавки и М в смеси с К:

$$\chi_{\partial M} = \frac{\rho_{\partial M} \cdot (\gamma_K - \rho_{HK})}{\rho_{\partial M} \cdot (\gamma_K - \rho_{HK}) + \rho_{HK} \cdot \gamma_{HK}}$$

$$\chi_{\partial M} = \frac{1889 \cdot (2500 - 1420)}{1889 \cdot (2500 - 1420) + 2500 \cdot 1420} = 0,36$$

13. Определяется усредненный показатель средней плотности зерен рабочей смеси, состоящей из тонкомолотой добавки и всего заполнителя (Д+М+К):

$$\gamma_{\partial MK} = \frac{\gamma_{\partial M} [\rho_{\partial M} \cdot (\gamma_K - \rho_{HK}) + \rho_{HK} \cdot \gamma_{HK}]}{\rho_{\partial M} \cdot (\gamma_K - \rho_{HK}) + \rho_{HK} \cdot \gamma_{\partial}}$$

$$\rho_{\partial MK} = \frac{2601 \cdot [1889 \cdot (2500 - 1420) + 1420 \cdot 2500]}{1889 \cdot (2500 - 1420) + 1420 \cdot 2600} = 2536,6 \text{ г/м}^3$$

14. Устанавливается суммарная масса рабочей смеси, состоящая из Д и М+К, кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

$$m_{\partial MK} = \gamma_{\partial MK} \cdot V_{\text{езд}} = 2536,6 \cdot 0,68 = 1724,9 \text{ кг}$$

15. Устанавливается суммарная масса тонкомолотой добавки и мелкого заполнителя  $m_{\partial M}$ , кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

$$m_{\partial M} = \chi_{\partial M} \cdot m_{\partial MK} = 0,36 \cdot 1724,9 = 620,3 \text{ кг}$$

16. Устанавливается расчетная масса крупного заполнителя  $K_p$ , кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

$$K_p = m_{\partial MK} - m_{\partial M} = 1724,9 - 620,3 = 1104 \text{ кг}$$

17. Устанавливается расчетная масса тонкомолотой добавки  $D_p$ :

$$D_p = \chi_D \cdot m_{\partial M} = 0,28 \cdot 620,3 = 173,8 \text{ кг}$$

18. Устанавливается расчетная масса  $M_p$ , кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

$$M_p = m_{\text{дмк}} - (D_p + K_p) = 1724,9 - (173,8 + 1104) = 447,1 \text{ кг}$$

19. Определяется расчетная средняя плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>:

$$\gamma_{\text{рбс}} = Ц_p + Д_p + M_p + K_p + B_p$$

$$\gamma_{\text{рбс}} = 360 + 173,8 + 447,1 + 1104 + 200 = 2284,9 \text{ кг/м}^3.$$

Результаты расчета сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета расхода материалов на 1 м<sup>3</sup> смеси

Составляющие шлакобетонной смеси	Масса компонентов, кг	Соотношение компонентов, %
Фракция (К)	1104	52,9
ОФС (М)	447,1	21,4
Шлак + ОМП (Д)	173,8	8,3
ШПЦ М300 (Ц)	360	17,3
Сумма	2084,9	

Итак, представленный пример показал, что на отходах металлургического производства получен декоративный мелкозернистый шлакобетон плотной структуры, средней прочности 25 МПа, средней плотности 2200 кг/м<sup>3</sup>. Учитывая применение кристаллического медленноохлажденного шлака (К) и кремнеземистого отхода литейного производства (М) изделия из полученной смеси имеют низкую истираемость. Ее можно рекомендовать для дорожного покрытия, например для производства тротуарной плитки или плитки для наружной отделки. Применение техногенных отходов позволяет решать экологическую проблему промышленных городов, где сосредоточены отвалы.

### Библиографический список

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества : Учеб. для вузов. – 4-е издание, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 464 с.
2. Панов С.А. Декоративные строительные материалы из отбеленного и активированного шлака: монография / С.А. Панов, В.Ф. Панова / СибГИУ. – Новокузнецк, 2010. – 215 с.
3. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: Монография / В.Ф. Панова / СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – 288 с.
4. Панова В. Ф. Разработка технологических регламентов на производство строительных материалов и изделий из вторичных минеральных ресурсов (ВМР) : учебное пособие / В. Ф. Панова, С. А. Панов ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – 201 с.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА В КАЧЕСТВЕ АКТИВАТОРА СПЕКАНИЯ ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ**

**Женжурист И.А., Мусин И.Р.**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,  
г. Казань, Россия,*

*Аннотация. Показана эффективность использования в качестве активатора спекания глинистого сырья аморфного кремнезема на примере техногенных отходов: микрокремнезема, кремнегеля и природного кизельгура. Добавление к глинисто-кремнеземистой композиции солевого минерализатора, прежде всего NaCl, повышает спекаемость композиции и прочность материала. Повышенная прочность материала получена при компрессионном формовании и давлении прессования 25-35 МПа*

*Ключевые слова: глины, микрокремнезем, кремнегель, кизельгур, солевой минерализатор, спекание*

Глинисто-кремнеземистые композиции являются основой большинства керамических строительных материалов, для получения которых используют различные по химико-минералогическому составу глины и наполнители, содержащие кремнезем в различных формах. Для производства таких керамических материалов как клинкерные изделия, плитка, керамогранит и другие виды изделий с плотным остеклованным черепком требуется высококачественное глинистое сырье, каолины и кварцевые пески, месторождения которых ограничены по стране. Кроме этого, эти типы керамических материалов получают при высокотемпературном обжиге. Потребность в таких материалах испытывает большинство регионов страны. Перевооружение кирпичных предприятий для выпуска, например, клинкерных изделий из традиционных для такого вида изделий керамических масс затруднено из-за высокой температуры обжига, необходимой в процессе их получения.

Для получения керамических материалов в состав формовочных масс входит аморфный кремнезем, который добавляют в виде природных минеральных композиций, таких как диатомит, опока, трепел [1, 2]. В этих минералах аморфный кремнезем находится в сочетании с карбонатами Ca, Mg, глинистыми, солевыми и другими примесями, которые не всегда положительно влияют на процесс спекания и на качество материала. Из техногенного сырья представляют интерес микрокремнезем и кремнегель, состоящие более чем на 90% из аморфного высокодисперсного кремнезема и достаточно широко представлены в промышленно развитых регионах страны.

Исследования аморфного кремнезема различного происхождения объясняют его повышенную активность высокоразвитой поверхностью, которая формируется набором микросфер наноразмерного уровня [3, 4].

В данной работе была поставлена задача проверить эффективность использования микрокремнезема и кремнегеля для низкотемпературного спекания композиций на основе глинистого сырья различного минерального состава.

В качестве глинистого сырья были выбраны глины с различным содержанием основных глинистых минералов. Были взяты глины: огнеупорная Нижне-Увельская, Нурлат-Октябрьский бентонит, гидрослюдисто-монтмориллонитовый суглинок Калининского месторождения, гидрослюдисто-каолиновый суглинок Хлыстовского месторождения, химический состав которых представлен в таблице 1.



Таблица 1 – Химический состав глинистого сырья

Глинистое сырье	Химический состав, %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Калининская глина	68,2	12,84	6,44	1,87	1,85	2,54	0,18
Хлыстовская глина	66,6	12,14	5,08	1,72	1,97	3,31	0,12
Нижне-Увельская огнеупорная	53,6	27,9	2,44	0,34	0,64	0,8	0,1
Нурлатский бентонит	56,4	20,0	8,13	1,61	2,78	2,0	0,27

В качестве аморфного кремнезема были взяты техногенные отходы: микрокремнезем-отход высокотемпературного обжига кремнесодержащего сырья с размером частиц 0,1 – 0,2 мкм [5]; кремнегель – отход производства на суперфосфатных заводах, содержащий 95 % SiO<sub>2</sub>. В качестве природного аморфного кремнезема кизельгур – руда, состоящая из остатков диатомитовых водорослей, содержит от 80 до 90 % кремнезема [6].

Для исследования составов была выбрана технология пластического формования. Процесс приготовления пластичной массы заключается в тщательном перетирании размолотых и просеянных через сито №1 глинистых компонентов смеси в сухом состоянии с кремнеземом, последующем увлажнении до необходимой влажности. Из масс формовали образцы размером 20x20x20 мм, сушили до остаточной влажности 5% и обжигали в печи. Конечный состав композиции проверяли при компрессионном формовании из порошка, которую готовили из просеянных через сито №1 глин и комплексной добавки из микрокремнезема и соли, увлажненную до влажности 10%. При давлении 20 МПа формовали цилиндры высотой и диаметром 20мм.

Термообработку образцов проводили в муфельной печи при температуре 1000 °С – температуре обжига стеновой керамики и температуре начала формирования основных обжиговых фаз алюмосиликатов.

В качестве базового состава была выбрана добавка 10% кремнезема, обоснованная предварительными испытаниями. При увеличении добавки кремнезема образцы плохо формовались. Результаты испытания обожженных образцов приведены на рисунках 1 и 2.

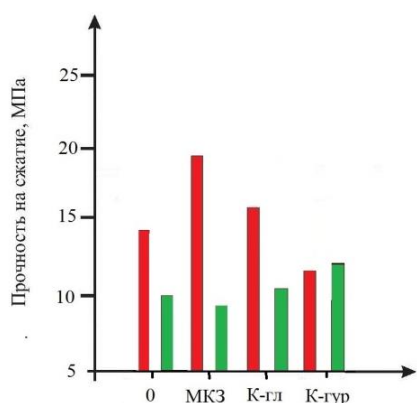


Рис.1. Зависимость прочности камня от 10 % добавки кремнезема в виде: микрокремнезема МКЗ, кремнегеля К-гл, кизельгура К-гур в глинистое сырье, пластическое формование. Т обж 1000°С:

■ — Калининская глина  
■ — бентонит Нурлатский

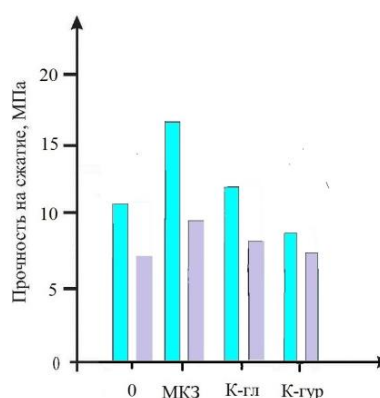


Рис.2. Зависимость прочности камня от 10 % добавки кремнезема в виде: микрокремнезема МКЗ, кремнегеля К-гл, кизельгура К-гур в глинистое сырье, пластическое формование. Т обж 1000°С:

■ — Елабужская глина  
■ — Огнеупорная глина

Результаты испытаний показали, что наибольшая прочность была получена для составов с добавками микрокремнезема, меньше с кремнегелем и незначительно с кизельгуром,

что можно объяснить различной поверхностной активностью частиц кремнезема, связанной с их дисперсностью [5, 6].

Наибольшая прочность образцов была получена для составов из гидрослюдистых глин, особенно с преимущественно монтмориллонитовой составляющей их минерального состава (для Калининской глины). Для бентонитовой глины наблюдается обратная зависимость прочности образцов (наименьшую прочность показал состав с микрокремнеземом).

Для составов из бентонитовой глины были проведены исследования влияния комплексной добавки кремнезема с соевым минерализатором на прочность обожженных образцов. Рассматривали 1% добавки соли. При большем проценте соли на поверхности большинства образцов образовывались выплавки и вздутия.

На рисунке 3 показаны результаты испытания обожженных образцов из бентонитовой глины с комплексной добавкой из кремнезема и соли. Было установлено, что наибольшее увеличение прочности было получено при использовании в комплексной добавке микрокремнезема. Для всех добавок кремнезема наибольшая прочность была получена при использовании в качестве минерализатора соли NaCl, что может быть связано с образованием жидкой фазы при низких температурах. При этом наиболее эффективное увеличение прочности было получено при сочетании соли с микрокремнеземом. Проверили этот состав комплексной добавки на суглинках при пластическом и компрессионном формовании (рисунок 4).

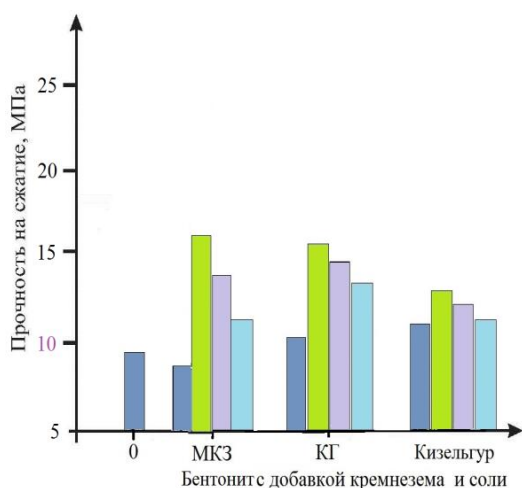


Рис.3. Зависимость прочности обожженных при 1000°С образцов с 10% микрокремнезема (МКЗ), кремнегеля (КГ), Кизельгура и 1% минерализатора: ■ - NaCl, ■ - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, ■ - K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ■ - бентонит

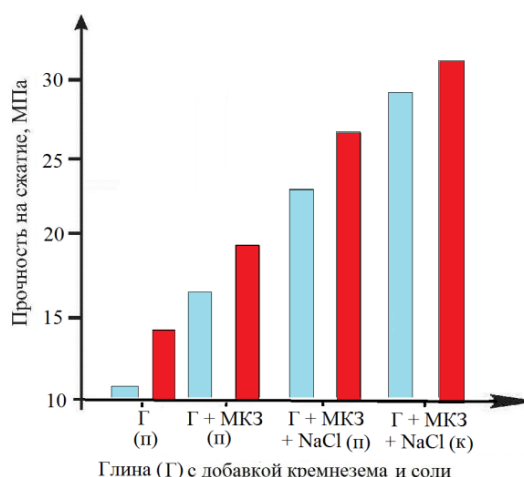


Рис.4. Зависимость прочности обожженных при 1000°С образцов с 10% микрокремнезема (МКЗ) и 1% минерализатора NaCl, изготовленных по пластической технологии (п) и компрессионной (к) ■ - Елабужская глина ■ - Калининская глина

Из графика видно, что при добавлении в гидрослюдистый суглинок комплексной добавки из микрокремнезема и соли NaCl уже при температуре 1000°С наблюдается значительное увеличение прочности образцов, а при компрессионном формовании из порошка даже при давлении прессования стеновой керамики (кирпича) возможно достижение прочности облицовочной керамики и клинкера.

Для этих составов было проверено влияние давления прессования на прочность материала (рисунок 5).

Испытания показали, что при давлении прессования 30 МПа были получены на обеих глинах близкие показания прочности. При дальнейшем увеличении давления прессования наибольшую прочность показали образцы, полученные на основе гидрослюдисто-каолининовой глине (Елабужской). Образцы из Калининской глины (гидрослюдисто-монтмориллонитовой) показали снижение прочности при повышении давления прессования (коробление и остекловывание образцов).

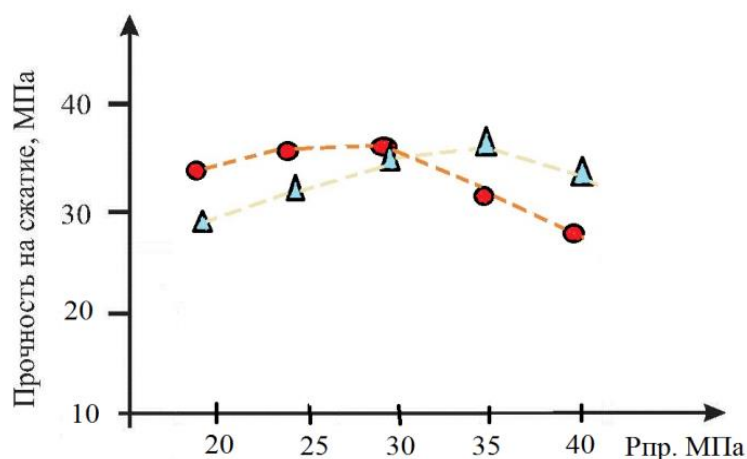


Рис. 5. Зависимость прочности обожженных при 1000 °С образцов компрессионного формования от давления прессования.

● — Калининская глина  
 ▲ — Елабужская глина

Результаты проведенных исследований показали, что при добавлении к легкоплавким суглинкам (кирпичным глинам) высокоактивного аморфного кремнезема с соевым минерализатором, при определенных условиях формования и низкотемпературного обжига, можно получить прочность материала, удовлетворяющую облицовочным и клинкерным изделиям. Исследования в этом направлении будут продолжены.

### Библиографический список

1. Ашмарин, Г.Д. Инновационные технологии высокоэффективных керамических строительных изделий на основе кремнистых пород /Г.Д. Ашмарин, В.Г. Ласточкин, В.В. Илюхин, А.Г. Минаков, А.В. Татьянчиков // Строительные материалы. – 2011. – № 7. – С. 28 – 30.
2. Котляр, В.Д. Кремнистые опоковидные породы Краснодарского края – перспективное сырьё для стеновой керамики / В.Д. Котляр // Строительные материалы. – 2010. – № 4. – С. 34 – 37.
3. Карпов И.А. О внутренней структуре сферических частиц опала / И.А. Карпов, Э.Н. Самаров, В.М. Маслов, С.И. Божко и др.//Физика твердого тела.– 2005.– Т. 47.– №2.– С. 334 – 338.
4. Маслов В.М. Наноструктура частиц диоксида кремния, полученных многоступенчатым методом Штобера-Финка-Бона / В.М. Маслов, Н.С. Сухина, Г.А. Емельченко // Химия, физика, технология поверхности. –2011.–Т. 2.– № 4.– С. 373 – 384.
5. Неверов В.А. Исследование наноструктуры конденсированного микрокремнезема методом малоуглового рентгеновского рассеяния /В.А. Неверов, К.Н. Нищев, В.П.Селяев, А.А. Панов // Прикладная физика. – 2013. – № 4. – С. 38 – 42.
6. Визир Д.М. Исследование свойств кизельгура как объекта термической регенерации /Д.М. Визир // Вестник Воронежского Государственного университета инженерных технологий. –2012. – № 1. – С. 7-9.

## ФОРМИРОВАНИЕ АНОРТИТО-ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ СТРУКТУРЫ КЕРАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ И ТУГОПЛАВКИХ ГЛИН

Бурученко А.Е., Харук Г.Н., Непомнящих С.И., Сергеев А.А.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

*Аннотация.* Показано влияние техногенного сырья, содержащего карбонат кальция, на формирование анортито-волластонитовой структуры керамики, полученной на основе отходов аффинажного производства и тугоплавкой глины. С помощью метода измерения электропроводности образцов и рентгенофазового анализа определены физико-химические процессы, проходящие при обжиге, которые обеспечивают изделиям высокую прочность.

*Ключевые слова:* техногенное сырье, составы, обжиг, керамические материалы, спекание, свойства

Стеновые керамические изделия являются одним из основных видов строительных материалов. Для их производства используется как природное, так и вторичное сырье. Большое внимание уделяется научному подходу к разработке составов керамических масс, для того, чтобы иметь при обжиге широкий интервал спекания, необходимый фазовый состав и определенную структуру, обеспечивающие высокие прочностные свойства керамическому черепку [1, 2]. Изделия приобретают повышенные физико-механические свойства, когда в структуре присутствуют или образуются новые кристаллы в виде муллита, диопсида, волластонита, анортита и т.д., которые обладают высокой прочностью [3, 4].

С учетом сказанного, была поставлена задача использования техногенного сырья, имеющего стабильный состав и обладающего свойствами влиять на интенсификацию процесса спекания и формирование новых кристаллических фаз, армирующих каркас керамического черепка.

В качестве вторичного сырья брались отходы обогащения завода цветных металлов ОАО «Красцветмет» – белый КЕК, который образуется в результате обезвоживания маточных растворов аффинажного производства обработкой раствором известкового молока. Он имеет стабильный состав и не нуждается в дополнительной обработке. Отходы вводили в состав керамической массы на основе тугоплавкой глины Компановского месторождения для изготовления облицовочной плитки. Химические составы отходов и глины представлены в таблице 1.

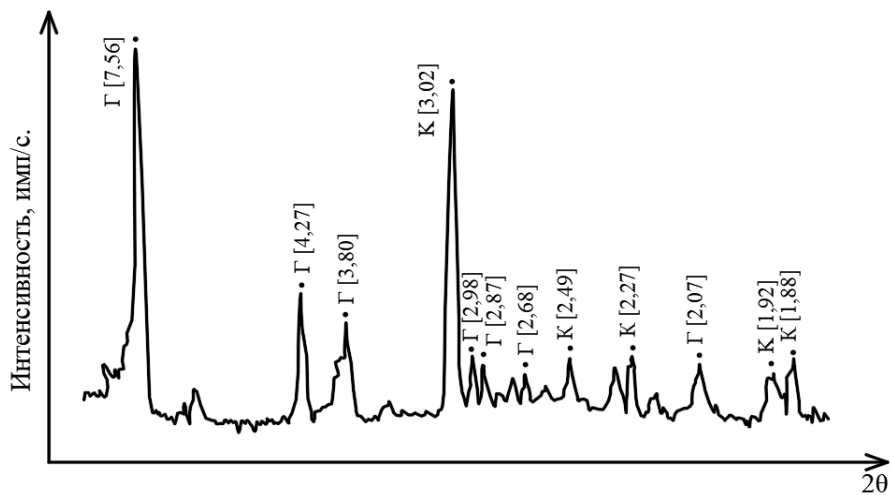
Таблица 1 – Химические составы отходов ОАО «Красцветмет» и глины Компановского месторождения

Сырье	Массовое содержание, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
Отходы «Красцветмет»	2,14	1,32	0,21	4,08	36,8	-	-	1,50	53,95
Глина Компановского месторождения	61,79	18,5	3,08	1,89	1,63	1,06	0,12	-	11,6

Для изучения минерального состава исходного сырья и физико-химических процессов, происходящих при нагревании образцов, использовались рентгенофазовый, дифференциально-термический (ДТА) анализы и метод электропроводности [5].

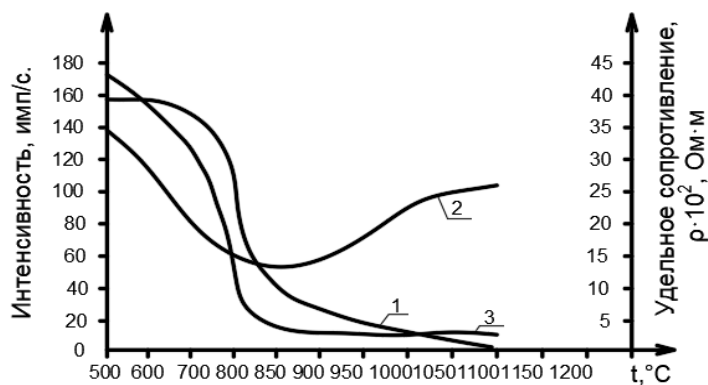
Рентгеноструктурные исследования КЕКа показали, что он представлен в основном двухводным гипсом (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, d = 7,56; 4,27; 3,80; 2,98; 2,68) и карбонатом кальция (CaCO<sub>3</sub>, d = 3,02; 2,49; 2,27; 1,92; 1,88) (рисунок 1).

В процессе обжига КЕКа до температуры 800 °С из гипса выходит вода. Это обуславливает некоторое разупорядочение его кристаллической решетки, что выражается в уменьшении интенсивности линий дифракционных максимумов на рентгенограммах и снижении удельного сопротивления образца (рисунок 2).



Г – двуводный гипс, К – карбонат кальция

Рисунок 1 – Рентгенограмма отходов ОАО «Красцветмет» (белый КЕК)



1 –  $\text{CaCO}_3$ ; 2 –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 3 –  $\rho$  (удельное сопротивление)

Рисунок 2 – Изменение линий интенсивности минералов и удельного сопротивления образца КЕКа от температуры обжига

Выход воды проявляется также эндотермическим эффектом на кривой ДТА. Удельное сопротивление образца быстро уменьшается (растет электропроводность) в интервале температур от 700 °С до 800 °С, а при дальнейшем нагревании до 1000 °С практически остается неизменным. Это можно объяснить образованием большого количества свободных ионов  $\text{Ca}^{++}$  в результате распада кристаллической решетки карбоната кальция, которое четко фиксируется снижением его линий интенсивности (рисунок 2).

По результатам рентгеноструктурного анализа тугоплавкой глины Компановского месторождения определено, что основным глинистым минералом является каолинит. В качестве примесей присутствуют кварц и полевые шпаты в виде ортоклаза и альбита. На кривой ДТА глины отмечается два эндотермических эффекта с максимумами при температурах 160 °С и 570 °С. Эти эффекты обусловлены выходом адсорбционной воды и распадом кристаллической решетки каолинита, соответственно. Процесс кристаллизации продуктов распада каолинита проявляется как экзотермический эффект при 920 °С.

Для изучения формирования анортито-воластонитовой структуры в керамических массах на основе тугоплавкой глины и техногенного сырья рассматривались составы шихт с различным содержанием белого КЕКа.

Предварительно глину и КЕК высушивали. Глину после сушки размалывали до остатка на сите 0,05 мм не более 5% и смешивали с отходами в нужной пропорции. Из керамиче-

ской массы, доведенной до влажности 10-12%, формовали образцы при давлении 20 МПа. После сушки их обжигали при 800-1200 °С с интервалом 50°С и выдержкой при конечной температуре 20 минут. У обожженных образцов рассчитывали усадку, водопоглощение, прочность на сжатие и производили рентгенофазовый анализ.

Физико-механические свойства образцов составов приведены в таблице 2 (1 – Компановская глина 100%; 2 – Глина 95% + КЕК 5%; 3 – Глина 90% + КЕК 10%; 4 – Глина 85%+ КЕК 15%; 5 – Глина 80% + КЕК 20%).

Таблица 2 – Физико-механические свойства образцов

t, °С	Огневая усадка, %					Водопоглощение, %					Прочность на сжатие, МПа				
	Составы					Составы					Составы				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
800	0,2	0,5	1,0	1,5	2,1	12,5	14,3	17,0	19,2	21,1	25,0	20,0	18,2	17,0	14,5
850	0,4	0,8	1,4	2,3	2,9	12,5	13,8	16,1	19,0	20,5	25,0	22,5	18,8	17,0	16,5
900	0,6	1,2	2,0	2,8	3,4	12,0	13,1	15,4	18,5	20,0	25,5	23,0	20,1	18,0	17,0
950	1,0	1,6	2,4	3,1	3,6	11,0	12,5	15,4	18,0	19,6	27,0	24,1	21,0	18,0	17,0
1000	1,2	2,2	2,9	3,4	4,0	10,5	12,1	15,3	17,8	19,4	28,1	24,5	21,0	18,1	16,5
1050	1,4	2,4	3,2	3,9	4,4	8,6	11,6	15,2	17,8	19,3	28,2	24,8	20,5	19,5	16,5
1100	2,5	3,4	4,0	4,2	5,5	7,0	10,8	15,0	17,4	18,0	28,2	25,0	21,2	20,5	18,0
1150	3,5	5,5	6,4	12,0	13,5	4,7	5,7	11,0	12,2	0,6	30,0	31,5	25,4	24,0	52,0
1200	5,0	10,9	11,2	5,0	9,5	2,6	1,0	1,5	1,1	-	41,0	52,4	44,3	43,0	-

Анализируя данные изменения усадки, водопоглощения и прочности образцов в зависимости от температуры обжига, можно сказать, что увеличение количественного содержания КЕКа в керамической массе приводит к смещению температуры максимума интенсивности спекания и начала жидкой фазы спекания в присутствии жидкой фазы область более низких температур. При этом прочность на сжатие у образцов, обожженных при 1150-1200 °С, достигает 40 - 50 МПа.

Следует отметить, что у образцов на ранних стадиях обжига (до 1100 °С) с увеличением содержания КЕКа водопоглощение возрастает, а прочность на сжатие снижается. Измерение электропроводности образцов при обжиге (рисунок 3) и определение количественного содержания каждого из минералов, присутствующих в керамической массе, позволило установить ход процесса спекания керамического черепка (рисунки 4 – 6).

Как видно из рисунков 3 – 6, в керамических массах составов 1 – 5 при нагревании свыше 800 °С, идет процесс распада карбоната кальция, который практически завершается при 900 °С.

Начиная с 800 °С, также фиксируется медленное плавления альбита (рисунок 4), линии интенсивности которого на рентгенограммах разных составов исчезают в интервале 900 – 1150 °С, причем в образцах составов с большим содержанием КЕКа при более низких температурах, чем для чистой глины.

С распадом карбоната кальция происходит формирование анортита и волластонита (рисунки 5, 6). При этом с большей скоростью растут кристаллы анортита. Количественное содержание анортита и волластонита возрастает с увеличением содержания КЕКа в составе керамической массы. Максимальное количество образовавшегося анортита отмечается для состава 2 при 1150°С, для состава 3 при 1100°С, для состава 4 при 1070°С и для состава 5 при 1030°С.

Кварц начинает растворяться с появлением жидкой фазы, которая образуется за счет плавления альбита. Для разных составов эти температуры разные: для состава 1 – температура 1100 °С, 2 – 1070 °С, 3 – 1050 °С, 4 – 1030 °С, 5 – 1000 °С.

При появлении в достаточном количестве жидкой фазы сформированная анортитоволластонитовая структура армирует керамический черепок и обеспечивает прочность образцам. Это позволяет после обжига при температурах 1100 – 1150 °С получать керамическую плитку из данных составов с высокими прочностными характеристиками.

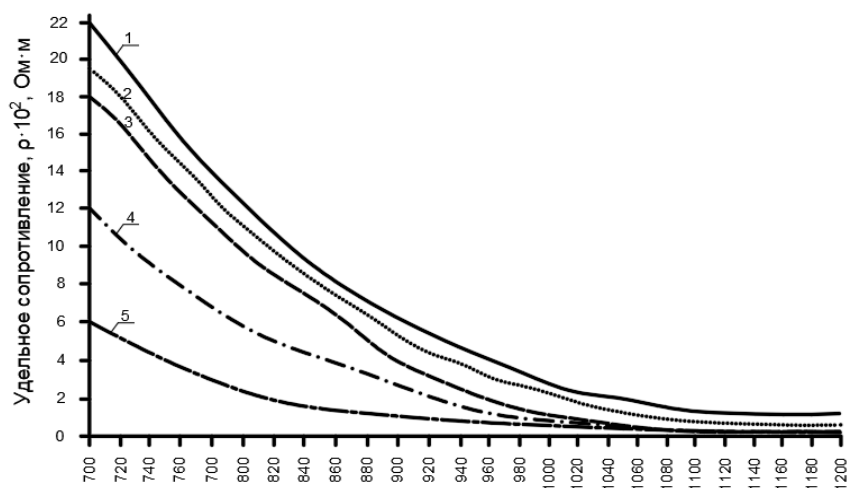


Рисунок 3 – Зависимости удельного сопротивления образцов составов 1 – 5 от температуры обжига

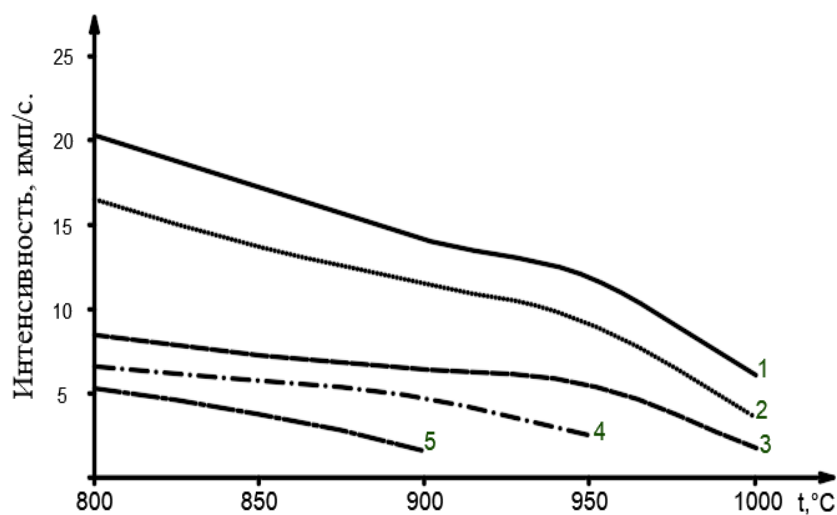


Рисунок 4 – Изменения линий интенсивности минерала альбита от температуры обжига в составах 1 – 5

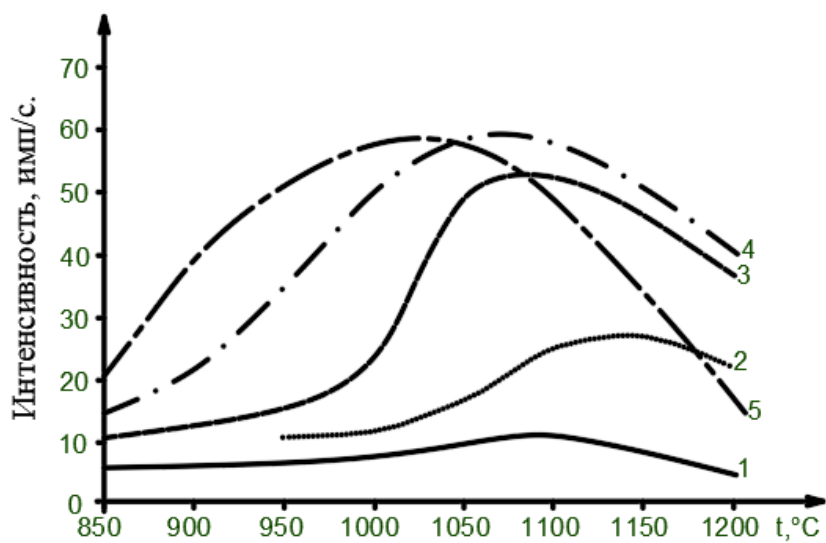


Рисунок 5 – Изменения линий интенсивности минерала анортита от температуры обжига в составах 1 – 5

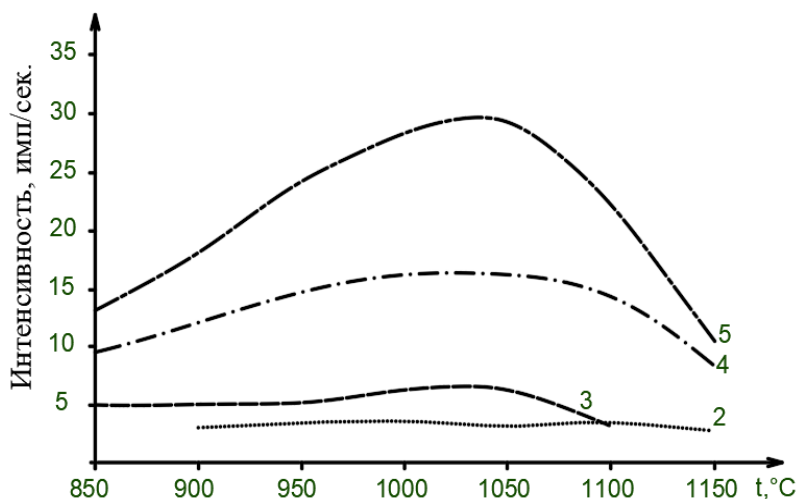


Рисунок 6 – Изменения линий интенсивности минерала волластонита от температуры обжига в составах 2 – 5

Таким образом, проведенные исследования показали, что техногенное сырье в виде отходов аффинажного производства, содержащее карбонат кальция, может быть использовано в керамических массах для формирования анортито-волластонитовой структуры, которая обеспечивает высокие прочностные свойства изделиям.

Для снижения оптимальной температуры обжига изделий на основе техногенных отходов и тугоплавкой глины в состав керамической массы необходимо введение плавня.

### Библиографический список

1. Гурьева В.А., Прокофьева В.В. Структурно-фазовые особенности строительной керамики на основе техногенного магниального сырья и низкосортных глин // Строительные материалы. – 2014. – №4. – С.55 – 57.
2. Клименко Н.Н., Колокольчиков И.Ю., Михайленко Н.Ю., Орлова Л.А., Сергеев В.Г. Новые строительные материалы с повышенной прочностью на основе металлургии // Стекло и керамика. – 2018. – №5. – С. 44 – 48.
3. Столбоушкин А.Ю. Прогнозирование твердофазовых реакций при обжиге керамических материалов ячеистозаполненной структуры // Инновационные разработки и новые технологии в строительном материаловедении: межд. сб. науч. тр. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2014. – С. 57 – 66.
4. Ильина В.П., Инина И.С., Фролова Т.В. Керамические массы на основе пироксена и легкоплавкой глины // Стекло и керамика. – 2016. – №10. – С. 15 – 18.
5. Бурученко А.Е., Верещагин В.И., Мушарапова С.И. Исследование физико-химических процессов методом измерения электропроводности в керамических массах при обжиге // Строительные материалы. – 2017. – № 9. – С. 26 – 29.



## ГРУНТОБЕТОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИСТО-ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

**Иващенко Ю.Г., Мамешов Р.Т.**

*Институт Урбанистики, архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.», г. Саратов, Россия*

*Аннотация. В настоящей работе рассматриваются теоретические и технологические аспекты структурообразования строительных композиционных материалов на основе кремнисто-глинистого сырья Поволжья и органоминеральных связующих. Результаты исследований показали изменение показателей адсорбции и емкости катионного обмена кремнисто-глинистого сырья при их модификации водорастворимыми смолами. Проведенные работы по исследованию структурообразования и характера влияния добавок на этот процесс создают предпосылки для разработки эффективных составов безобжиговых стеновых строительных материалов.*

*Ключевые слова: геополимер, грунтобетон, структурообразования, ацетоноформальдегидная смола*

Промышленность строительных материалов является материало- и энергоемкой отраслью строительного комплекса и в этой связи основополагающим направлением интенсификации технологических процессов должно быть направление на сокращение затрат труда и получение большого объема конечной продукции с каждой единицы сырья и приведенных показателей мощности оборудования.

В настоящее время в рамках экономического положения, рыночной конкурентоспособности строительной продукции актуализируется вопрос улучшения облика городской архитектуры, природоохранных мероприятий, проектирования и строительства энергоэффективных зданий и сооружений, в том числе и малоэтажного жилья, где в качестве стеновых материалов используются стеновые блоки и кирпичи, деревянные изделия и пр. Возрастающий спрос на объекты жилищного фонда, а также стоимость строительства растут устойчивыми темпами. Производство традиционных строительных материалов таких как: кирпич, цемент, сталь, древесина, пластмассы, стекло и др. материалов требует колоссальных затрат энергии в различных формах, а технологические процессы способны истощить имеющиеся энергетические ресурсы и вызвать деградацию окружающей среды. Кроме того, часто объекты строительства локализованы на расстоянии от производственных предприятий, что требует дополнительных расходов на транспортировку. В связи с чем возникает потребность в энергоэффективных, экологически чистых, экономичных альтернативных строительных материалах и технологиях, производство которых может осуществляться децентрализованно.

Важнейшим условием рационального использования минерально-сырьевой базы, улучшения технико-экономических показателей является соблюдение принципа региональности производства определенной номенклатуры строительных материалов и изделий.

Производство стеновых материалов по безобжиговой технологии на основе повсеместно распространенных глинистых и кремнистых пород имеет большое научное и прикладное значение. Кроме того техническая возможность и экономическая целесообразность применения технологии ориентированной на комплексную переработку и использование местного сырья подтверждается многолетней практикой строительства.

Определенный интерес представляет исследования структурообразования грунтобетонных композитов на основе местного кремнисто-глинистого сырья и модифицированного органоминерального связующего. Высокая технико-экономическая эффективность и экологическая рациональность производства грунтобетонов предопределяется относительно низкой энерго- и материалоёмкостью их получения, что расширяет возможности сырьевой базы и современного материаловедения в целом.

Грунтобетонные строительные материалы являются относительно недорогими строительными изделиями, широко используемыми во всем мире. Во многих странах они исполь-

зуются в качестве основного строительного элемента в строительстве зданий и сооружений, конкурируя по экономическим преимуществам с деревянными панелями и керамическим кирпичом [1].

Первоначальная концепция разработки грунтобетона заключалась в том, чтобы получить прочность и долговечность бетона в конструкциях на основе грунта, с простыми и недорогими методами строительства, обеспечивающие комфорт в помещении при минимальном воздействии на окружающую среду. При этом, фракции грунта выполняют роль заполнителя в материале, а небольшое количество цемента будет выступать в качестве стабилизатора [2].

Одним из наиболее эффективных путей интенсификации технологии, повышения качества и снижения стоимости и материалоемкости изделий и конструкций является химизация. Основным направлением химизации принято считать применение химических добавок и их модификаций. Под добавками понимаются различные продукты органического, неорганического строения, сложного или простого состава, вводимые для улучшения технологических свойств, повышения строительно-технических свойств и эксплуатационных характеристик [3].

Разработкой составов на основе грунта с неорганическими (цемент, известь, зола уноса и др.) и органическими (битумы, битумные эмульсии, дегти, полимерные смолы и др.) связующими занимались многие научные школы, начиная с 20-х годов прошлого столетия [4].

Добавки для грунтобетонных используются с целью регулирования процессов структурообразования и синтеза новообразований, создания каркаса кристаллизационной структуры внутри которой расположены агрегаты с коагуляционным и конденсационным строением, причем качество грунтобетона возрастает по направлению к кристаллизационной структуре [5].

В данной работе в качестве органической составляющей добавки к грунтобетонной смеси применяли водорастворимую ацетонформальдегидную смолу (АЦФ), а минеральный компонент представлен портландцементом. Предпосылкой для проведения исследований механизм действия органоминеральных добавок на процессы структурообразования и твердения композитов послужили работы Баженова Ю.М., Батракова В.Г. Соломатова В.И., Тахирова М.К. и др. [6 – 12], показавшие наличие общей особенности механизма действия различных синтетических смол, пластификаторов и добавок в комплексе с неорганическими вяжущими материалами.

Выбор АЦФ смолы обоснован на отличительной полифункциональности свойств, не дефицитности исходного сырья, простоте технологии получения и сравнительной дешевизной, к тому же эти материалы стойки к действию щелочей, органических растворителей, моющих средств и др. [16]. Ряд исследований подтверждает технико-экономическую эффективность применения в технологии бетона ацетонформальдегидных смол марок АЦФ и САФА [17, 18].

Ранее были проведены исследования [19] с использованием цементного вяжущего, глинистого сырья и продуктов электрохимической обработки водно-солевых растворов в комплексе с добавкой АЦФ для получения строительных композиционных материалов.

Вследствие высокой физико-химической активности глинистого сырья и цемента, в отношении органических добавок и минеральных солей, выражающиеся в высокой адсорбционной активности и чувствительности гидратационных процессов исследования структурообразования глины изучали отдельно от цемента.

На начальной стадии исследования была определена роль влияния продуктов электрохимической активации (ЭХА) водно-солевых растворов хлорида натрия (пищевая соль, ГОСТ 13830-84) с минерализацией 5 г/л, полученные на установке СТЭЛ-4Н на изменение значения рН-показателя суспензий из глинистого и глиноцементного сырья.

Установлено, что продукты ЭХА водно-солевых растворов изменяют значения рН-показателей во всех случаях, причем наибольшие изменения наблюдаются у суспензий, затворенных католитом: в глинистых суспензиях значения рН-показателя увеличены на 30%, а в глиноцементных на 2,5%. Для глинистых суспензий затворенных анолитом характерно снижение значений рН-показателей на 16%, а для глиноцементных – на 5,24%.

Исследование степени влияния продуктов ЭХА водно-солевых растворов на основные свойства глиноцементного сырья, т.е. изменения числа пластичности, формовочной влажно-

сти и прочностных показателей производили по методике ГОСТ 21216-2014 «Сырье глинистое». Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства глиняных образцов

№	Жидкость затворения	Число пластичности	Формовочная влажность, %	Прочность при изгибе, МПа, в возрасте, сут.	
				3	14
1	Неакт. водопр. вода	13	29	2,52	2,47
2	Анолит	15	27	2,87	2,81
3	Католит	16	28	3,64	3,7

Установлено, что продукты ЭХА водно-солевых растворов изменяют значения рН-показателей во всех случаях, причем наибольшие изменения наблюдаются у суспензий, затворенных католитом: в глинистых суспензиях значения рН-показателя увеличены на 30 %, а в глиноцементных на 2,5 %. Для глинистых суспензий затворенных анолитом характерно снижение значений рН-показателей на 16 %, а для глиноцементных – на 5,24 %. При добавлении АЦФ смолы наблюдается изменение пластических свойств во всех образцах, снижение значения рН-показателей глинистых и глиноцементных суспензий (таблица 2). В случае затворения глинистых суспензий католитом с добавкой АЦФ наблюдается прирост значения рН-показателя на 15 %.

Таблица 2 – Пластические свойства глинистых суспензий модифицированных АЦФ

Добавка АЦФ, % от массы	Влажность на границе текучести				Влажность на границе раскатывания				Число пластичности
	$m_{\text{влаж с бюкс.}}, \text{ г}$	$m_{\text{сух с бюкс.}}, \text{ г}$	$m_{\text{сух}}, \text{ г}$	Влажн. W, %	$m_{\text{влаж с бюкс.}}, \text{ г}$	$m_{\text{сух с бюкс.}}, \text{ г}$	$m_{\text{сух}}, \text{ г}$	Влажн. W, %	
без добав. (контр.)	30,8	28,5	10,0	23,0	29,1	27,7	8,5	16,5	12,6
	29,0	26,5	7,7	32,5					
	29,1	26,6	7,9	31,6					
0,5	29,5	26,5	7,9	38,0	28,6	26,9	8,3	20,5	17,1
	32,1	28,5	9,7	37,1					
	30,9	27,5	9,0	37,8					
1,0	18,7	17,0	3,7	45,9	28,6	27,1	8,5	17,6	23,1
	29,0	26,2	7,4	37,8					
	27,1	24,8	6,0	38,3					

Методом титрования (ГОСТ 21283-93 «Глина бентонитовая для тонкой и строительной керамики. Методы определения показателя адсорбции и емкости катионного обмена»), установлено снижение показателей адсорбции и емкости катионного обмена глинистого сырья при их модификации АЦФ. Отмечается, что АЦФ адсорбируется на поверхности глинистых частиц и участвуют в обменных реакциях.

Установлено, что продуктами ЭХА обработки водно-солевых растворов можно направленно воздействовать на активные центры поверхности частиц. Механизмы модифицирующего воздействия продуктов ЭХА обработки водно-солевых растворов в комплексе с добавкой АЦФ на поверхность частиц глины, достигаются изменением внутренних сил дисперсной системы за счет  $\text{Na}^+$  катионного обмена, приводящее к самодиспергированию глинистых минералов, увеличению межпакетного пространства с интеркаляцией молекул АЦФ в их структуру. Растворы католита диспергируют глинистые частицы, выражающиеся в повышении значений рН среды.

Снижение рН-показателя дисперсной системы от действия раствора анолита и от введения 3% добавки по массе АЦФ связано с адсорбционными свойствами глинистых частиц. Адсорбция АЦФ на поверхности глинистых частиц определяется соответствием характеров функциональных групп адсорбата и адсорбента. Глинистые минералы, как адсорбент, отли-

чаются обилием поверхностных силанольных групп, способных участвовать в донорно-акцепторных взаимодействиях с метилольными группами АЦФ по типу водородной связи.

Повышение щелочности среды за счет добавления продуктов ЭХА водно-солевых растворов, в частности католита, способствует протеканию процессов диспергирования глинистых частиц, ионного обмена, сорбции и поликонденсации молекул АЦФ смолы. Данное обстоятельство создает предпосылки для дальнейшего исследования механизма действия водорастворимых добавок и их модификаций.

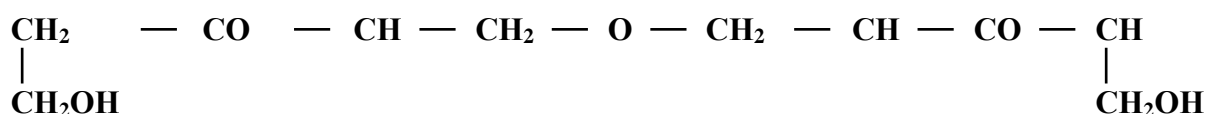
Следующим этапом является исследование основ структурообразования и физико-механических свойств строительных композитов на основе кремнисто-глинистого сырья и органоминерального связующего.

С целью рационального использования минерально-сырьевой базы и соблюдения принципа региональности производства в работе используется местное кремнисто-глинистое сырье, отличающиеся повышенным содержанием  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ . Существенное влияние на структуру и свойства грунтобетона оказывает химическая совместимость заполнителей со связующим. Например, известняки, доломиты, мраморную крошку, асбест предпочтительнее использовать в системах, отверждаемых щелочными компонентами [20].

Органоминеральная добавка состоит из портландцемента марки М400 и выше, а так же АЦФ смолы. Как известно, добавки оказывают положительное влияние на формирование структуры цементного камня и способствуют повышению физико-химических и механических свойств [21]. Усиливающее и структурирующее действие различных добавок проявляется в узком интервале концентрации 0,5 – 1 %, а прочностные показатели возрастают на 25 – 50 % [20, 22].

Механизм действия добавки зависит также от характера полярной группы химического вещества. Так, добавки, содержащие карбоксильные группы, с одной стороны интенсифицируют процессы растворения, и с другой связывают перешедшие в раствор частицы [23,24].

Используемая АЦФ смола содержит значительное количество гидроксильных и карбонильных групп и имеет строение:



Наличие карбонильной группы в АЦФ смолах определяет возможность прохождения реакций, в которых химическая, ковалентная и координационная связь может образовываться за счет группы  $\text{CO}$ . Кроме того, в наполненных композициях в процессе отверждения гидроксильные и карбонильные группы способны взаимодействовать как между собой, так и с функциональными группами наполнителя. В частности гидроксильная группа может принимать участие в химическом взаимодействии с такими составляющими наполнителей как  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ . Иначе говоря, применение в качестве наполнителей сырья с повышенным содержанием кремнеземистых и карбонатных материалов снижает концентрацию  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , что способствует активации процессов гидролиза и гидратации клинкерных минералов; гидрозоли железа и алюминия интенсифицируют процессы образования водостойких соединений способствуя дополнительной возможности регулирования процесса структурообразования и твердения.

Таким образом, подтверждается теоретическая основа совместимости органических и минеральных веществ, положительно влияющих на технологические свойства и процессы набора прочности грунтобетона.

Перспектива получения грунтобетонных композитов на основе кремнисто-глинистого сырья и органоминеральных связующих позволит решить существенные проблемы сбережения энергетических ресурсов и сырьевой базы, а так же способствует возрождению предприятий стройиндустрии в сельских районах области.

### Библиографический список

1. F.J. Casanova: Revista Habitare Vol. 4 (2004), p. 23.

2. F.R.Arooz R.U.Halwatura. Mud-concrete block (MCB): mix design & durability characteristics. Case Studies in Construction Materials. Volume 8, June 2018, Pages 39-50  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.12.004>
3. ГОСТ 24211–2003 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия (с Поправкой)»
4. Абрамова Т.Т., Босов А.И., Валиева К.Э. Использование стабили-заторов для улучшения свойств связных грунтов / Т.Т. Абрамова, А.И. Босов, К.Э. Валиева//Геотехника.– 2012.–№ 3.– С.4 – 28.
5. Щеглов А.Ф. Грунтобетоны на основе глинистых пород КМА в дорожном строительстве. Автореф. канд.тех.наук: 05.23.05 / Щеглов Александр Федорович. – Белгород, 2003. – 22 с.
6. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М., «Высшая школа», 1978. – 455 с.
7. Батраков В.Г., Генъ О.П. Влияние комплексных добавок на свойства цементно-песчаного раствора и бетона // Реф. информация / НИИЖБ Госстроя СССР/. Серия УП, 1976. Вып.10, №832.
8. Батраков В.Г. Гусейнов Э.М. Стойкость бетонов с водорастворимыми полимерами в растворах солей высоких концентраций //Труды НИИЖБ. – М.: Стройиздат,1977, вып.23. – С. 12 – 18.
9. Батраков В.Г. Комплексные модификаторы свойств бетонов // Бетон и железобетон. – 1977, №7. – С 4-6.
10. Попова О.С. Структура и свойства бетонов с добавками водорастворимых смол // Авторефер. дисс. докт. техн. наук. – Л., 1980. – 31 с.
11. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. – М., Стройиздат, 1973. – 207 с.
12. Мухамбеткалиев, К.К., Иващенко, Ю.Г. Способ нейтрализации экстрактивных веществ древесины в безобжиговых составах глино-цементных композитов / К.К. Мухамбеткалиев // Вестник СГТУ. – 2010. – № 3 (48). – С. 143 – 147.
13. Пичугин А.П., Гришина В.А., Язикоов И.К. Физико-химические процессы в укрепленных грунтах / Строительные материалы, 2009. – №12. – С.41-43.
14. Пичугин А.П., Гришина В.А., Хританков В.Ф. Использование комплексных добавок для укрепления грунтов в сельском строительстве / Строительные материалы 2008. – №10. – С 36-38.
15. Пичугин А.П., Язикоов И.К., Гришина В.А. Батина Н.А. Материалы на основе укрепленных и армированных грунтов в сельском строительстве: монография. – Новосибирск: НГАУ, 2018. – 120 с.
16. Самигов Н.А., Соломатов В.И. Технология карбамидного полимербетона. – Ташкент: ФАН, 1987.–108 с.
17. Борисов М.Е. Исследование бетона с добавкой ацетоноформальдегидной смолы. – Автореф.
18. Соломатов В.И. Тахиров М.К., Коротин М.М. Бетон с АЦФ добавкой для транспортного строительства. – М., «Транспорт», 1986. – 64 с.
19. Иващенко Ю.Г., Мамешов Р.Т., Мухамбеткалиев К.К. Глиносодержащие строительные композиты на основе химически активированного сырья и органических связующих. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018; 45(3):185-193. DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-3-185-193
20. Хрулев В.М. Технология и свойства композиционных материалов для строительства. Учеб. пособие для строит.-технол. спец. Вузов. Уфа: ТАУ, 2001. – 168 с.
21. Домокеев, А.Г. Строительные материалы : учебник / А.Г. Домокеев. – М. : Высшая школа, 1982. – 383 с.
22. Шахова, Л.Д. Технология пенобетона. Теория и практика : монография / Л.Д. Шахова. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010.–248 с.
23. Вишнякова А.И. Голубых Н.В. Голубых Н.Д. Опыт применения добавки ПАЩ-1 в бетонах на предприятиях Главлипецкстроя // В сб.: Повышение качества и эффективности изготовления бетонных и железобетонных конструкций за счет химических добавок. – Вильнюс, 1981. – С. 204 – 205.
24. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим. – Ташкент, изд-во «Фан», 1974. – 123 с.

## ДЕКОРАТИВНЫЕ ПЛИТКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Костин В.В., Раков М.А., Климова Е.А.

*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск, Россия*

*Аннотация. В России ежегодно изготавливается большое количество плиток методом вибропрессования. Однако часто эти плитки не соответствуют эстетическим требованиям к их поверхности [1-3].*

*Ключевые слова: декоративные плитки, светопроводящий бетон, физико-механические характеристики, технологии изготовления*

Цель работы. Разработка технологии изготовления плиток с категорией поверхности А1. Наиболее близким к требуемым показателям является светопроводящий бетон. Конечно, прозрачность такого бетона очень условна. На самом деле через этот материал невозможно увидеть все, как через обычное стекло. Через толщу такого бетона проникает свет, за счет которого можно рассмотреть очертания или цвет силуэтов, находящихся за материалом. Толщина изделия из светопроводящего бетона, будь то блок толщиной в 500 мм или перегородочная плита в 10 мм, не влияет на его способность пропускать свет.

Вполне рентабельная идея – ведь компоненты для такого вида бетона несколько не дороже, чем для обычного, как и опалубка и оборудование для смешивания. Основная трудность – уложить в структуру оптоволоконные нити и сориентировать их строго определенно – практически в одну линию. Требуется мелкозернистая сухая смесь для бетонов, чистая вода и оптоволоконные нити сечением до 0,25; 0,5; 1,0 мм и длиной соответственно толщинам будущих блоков или плит. Максимальную толщину нитей рекомендуется использовать не более, чем 2,5 мм. Базовый состав – цемент : песок : вода = 1:3:0,5.

Замешивать состав необходимо в бетономешалке или строительным миксером, маленькими порциями, очень важна однородность смеси, которую добиться ручным замесом практически невозможно. Смесь должна быть подвижная, но не текучая и без признаков расслоения. Воду необходимо вводить после смешивания цементного вяжущего и песка, общее время замеса не меньше 6 – 7 минут. Оптимальным считается применение готовых сухих смесей с точной дозировкой и подбором водоцементного отношения исходя требованиям к изделиям.

Первый слой бетонной смеси заливают достаточно тонким – до 1 см, только для фиксации «подушки», и сразу распределяют по этому слою оптоволоконно, немного его утапливая. Можно укладывать пучками, рисовать картины или логотипы. Как только нижний слой пройдет первый этап схватывания, осторожно заливают следующую порцию вязкопластичной бетонной смеси и опять прокладывают оптоволоконно. Нижний слой повреждать не рекомендуется. Уплотнение смеси практически невозможно, и добавка пластификатора необходима для подвижности смеси. После схватывания последнего слоя опалубку снимают. Время выдержки зависит от условий твердения, и его лучше задать по оптимальному режиму – влажность воздуха не менее 95%, температура от 25 °С. Держать изделие в опалубке следует не меньше суток, в среднем не более трех дней. После набора необходимой для механических работ начинают шлифовку и полировку граней изделия, перпендикулярных поперечному сечению оптоволоконных нитей. Шлифовать необходимо для того, чтобы открыть по-

перечные сечения оптоволокна, покрытые цементной пленкой и раствором. Финишная обработка поверхности требует шлифовки с применением алмазного диска.

Применяемые волокна является одновременно усиливающим элементом армирования, благодаря чему светопроводящие бетоны приобретают более высокие эксплуатационные показатели:

- устойчивость к разрушению при воздействии влажности из окружающего воздуха;
- прочность материала на изгиб и сжатие;
- устойчивость к воздействию температурных перепадов.

При этом сохраняются показатели по уровню экологичности, пожаробезопасности, звуко- и теплоизоляции. Так же светопроводящий бетон не подвержен воздействию ультрафиолетовых лучей. Он не выцветает и не изменяет рисунка. Производители данного материала предлагают в продажу изделия различной цветовой гаммы.

Технические характеристики готовой продукции:

1. Плотность 2050-2200 кг/м<sup>3</sup>;
2. Марка по прочности на сжатие не менее В12.5;
3. Марка по прочности на растяжение при изгибе не менее В3.5;
4. Водопоглощение не более 8%;
5. Морозостойкость не менее F100;
6. Класс горючести – негорючий (НГ);
7. Вяжущее – цемент М700;
8. Фракция заполнителя 0 – 5 мм.

В НГАСУ (Сибстрин) разработаны фасадные и тротуарные плитки с глянцевой поверхностью категории А1 различной цветовой гаммы путем формования методом литья в пластмассовых формах. Выявлено влияние микрокремнезёма, фибры и добавки СП-4 на свойства данных изделий. В таблице 1 представлены рецептуры, изготовленных плиток.

В работе использовались: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (г. Искитим, Новосибирская область), песок – модуль крупности 2, содержание пылевидных и глинистых частиц не более 0,3 % (карьер Марусино, Новосибирская область), отсеv диабазовый с размером зерен 3-6 мм, содержание пылевидных и глинистых частиц не более 0,3 % (п. Горный, ж/д Изынский, Новосибирская область), микрокремнезём – отход производства ферросилиция (г. Новокузнецк), фибра полипропиленовая, пигменты – отечественные и импортные (Германия и Польша), добавка в бетон – СП-4 (фирма «Полипласт», г. Новосибирск), применялась в жидком виде.

Отсев и фибра применялись для снижения усадки, повышения трещиностойкости и прочности на изгиб, а также увеличения показателя по морозостойкости. Микрокремнезём применялся для повышения прочности в возрасте одни сутки, морозостойкости, марочной прочности и исключения высолов поверхности. СП-4 снижает расход воды, повышает точную прочность и придает готовым изделиям глянцевый блеск поверхности.

Технологии изготовления. Выше указанные компоненты перемешиваются в гравитационной мешалке при В/Ц равном 0,53 – 0,55 до получения смеси марки по подвижности ПЗ-П4. После перемешивания смесь укладывают в пластиковые, полиуретановые или силиконовые формы, вибрируют до полного выхода воздушных пузырьков, заглаживают поверхность, затем формы накрывают мокрой пленкой, выдерживают в течение суток, далее изделие вынимают и хранят под пленкой в течение 7 – 10 дней, при меньшем выдерживании повышается водопоглощение до 10 %, изделия хранятся лицевой поверхностью вниз, иначе капли с пленки будут попадать на лицевую поверхность и портить ее. Плитки не имеют пор и раковин на поверхности, во избежание данных дефектов не рекомендуется использовать малопо-

движные смеси и смазывать формы. Не рекомендуется также греть и пропаривать плитки, из-за потери цвета.

Таблица 1 – Рецептуры для изготовления фасадных и тротуарных плиток

Цвет изделия	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> в кг						
	Цемент серый	Песок	Отсев	Микро-кремнезём	Фибра	СП-4	Пигмент
Салатный	500	1100	400	50	1,5	10	15 (зеленый)
Красный	500	1100	400	50	1,5	10	25 (красный)
Коричневый	500	1100	400	50	1,5	10	25 (коричневый)
Белый	500 (белый)	1100	400	-	1,5	10	-
Зеленый	500	1100	400	50	1,5	10	25 (зеленый)
Светло-кремовый	500 (белый)	1100	400	50	1,5	10	-
Морской волны	500	1100	400	50	1,5	10	12,5 (желтый) 12,5 (зеленый)
Зеленовато-желтый	500 (белый)	1100	400	50	1,5	10	15 (желтый)
Желтый	500 (белый)	1100	400	50	1,5	10	25 (желтый)
Темно-желтый	500	1100	400	50	1,5	10	25 (желтый)
Травяной	500	1100	400	50	1,5	10	10 (желтый) 5 (зеленый)
Песочный	500	1100	400	50	1,5	10	10 (желтый) 5 (коричневый)
Серо-кремовый	500	1100	400	50	1,5	10	20 (оксид титана)
Серый	500	1100	400	50	1,5	10	-

Номенклатура. Фасадные и тротуарные плитки различной конфигурации, в том числе ковровая мозаика. Классы по прочности В30, В35, В40, марка по морозостойкости F2 200, предел прочности на изгиб 6 – 7 МПа, водопоглощение по массе 5 – 6 %, истираемость – 0,2 г/см<sup>2</sup>.

### Библиографический список

1. Технология бетонных и железобетонных изделий / Ю.М. Баженов, А.Г. Комар. – Москва : Стройиздат, 1984. – 672 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – Москва: 2007. – 526 с.
3. Королев К.М. Производство бетонной смеси и растворов. – Москва : Высшая школа, 1973. – 343 с.



## **ВВЕДЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ЗОЛОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА**

**Козлова В.К.<sup>1</sup>, Саркисов Ю.С.<sup>2</sup>, Божок Е.В.<sup>1</sup>, Маноха А.М.<sup>1</sup>, Логвиненко В.В.<sup>1</sup>**

*ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»<sup>1</sup>  
г. Барнаул, Россия*

*ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»<sup>2</sup>  
г. Томск, Россия*

*Аннотация. В статье рассмотрены вопросы повышения качества силикатного кирпича путём введения в состав сырьевой силикатной смеси комплексных золосодержащих добавок. Проведённые исследования показывают, что введение добавок позволяет увеличить формовочную прочность и предел прочности при сжатии получаемого кирпича. Показано, что силикатный кирпич, изготовленный из силикатной массы с зольными добавками, характеризуется высокой стойкостью против углекислотной коррозии и значительно меньшей величиной карбонизационной усадки.*

*Ключевые слова: силикатный кирпич, комплексная добавка, зола, углекислотная коррозия, карбонизационная усадка*

Силикатный кирпич представляет собой искусственный камень, изготавливаемый из смеси кварцевого песка и извести путём прессования изделий под давлением и последующего их твердения в автоклавных условиях. В настоящее время в России значительная часть жилых и общественных зданий возводится из силикатного кирпича. Производство силикатного кирпича имеет ряд преимуществ по сравнению с производством кирпича керамического: более короткий технологический цикл, высокая степень механизации и автоматизации технологического процесса, меньшие энергетические затраты. По прочностным и теплоизоляционным свойствам силикатный кирпич практически не уступает кирпичу керамическому, однако обладает рядом пониженных показателей, характеризующих долговечность строительных материалов. Так по величине коэффициента размягчения силикатный кирпич относится к группе строительных материалов с ограниченной водостойкостью. При полном водонасыщении такой материал теряет до 40 % первоначальной прочности, соответственно может снижаться несущая способность возведенных из него ограждающих конструкций. Качество силикатного кирпича не отвечает постоянно повышающимся требованиям, предъявляемым к стеновым материалам.

Необходимо отметить, что силикатный кирпич характеризуется недостаточной стойкостью против углекислотной коррозии. Многие исследователи считают ничтожно малыми масштабы этого вида коррозии, хотя её протекание приводит к увеличению потерь за счёт коррозии вымывания и сопровождается карбонизационной усадкой. Для силикатного кирпича только в отдельных странах регламентируется величина усадочных деформаций (0,5 мм/м), при этом имеется ввиду влажностная усадка. В литературе отсутствуют сведения о величине карбонизационной усадки силикатного кирпича. Выполненное авторами [1] определение карбонизационной усадки силикатного кирпича в процессе принудительной карбонизации при давлении углекислого газа, равном 0,4 МПа показало, что она может достигать значительных величин.

В последнее время появились публикации, свидетельствующие об опасном состоянии или частичном разрушении кирпичных жилых домов и общественных зданий, возведённых из силикатного кирпича 45-50 лет назад в гг. Омске, Перми, Барнауле, Бийске.

Пониженная водостойкость материала стен должна учитываться при назначении режима эксплуатации возведённых объектов, они должны быть оборудованы безупречной системой отведения талых и дождевых вод, внутри зданий не должно быть источников значительного повышения влажности воздуха.

В исследовательских работах, выполненных на кафедре строительных материалов Алтайского технического университета, показано, что водостойкость силикатного кирпича может значительно повышаться при введении в состав сырьевой смеси пыли-уноса вращающихся печей цементного завода [2], а также при использовании добавки высококальциевых зол от сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна. Особенностью состава указанных зол является наличие в их составе определённого количества свободного оксида кальция в пережженном состоянии. Такие золы обладают хорошо выраженными вяжущими свойствами, однако, их гидратация и твердение во многих случаях сопровождаются неравномерным изменением объема и деструктивными процессами.

В числе многих способов минимизации деструктивных процессов при твердении строительных материалов, изготовленных с использованием зол бурых углей, были предложены: применение дополнительного измельчения золы, обработка паром высокого давления, быстрый нагрев изделий до 200-250 °С, обработка сформованных изделий углекислым газом и другие. Однако эти способы устранения неравномерности изменения объема при твердении вяжущих веществ в составе строительных материалов трудоёмки и требуют значительных энергозатрат. В работе [1] было предложено решить эту задачу путём изготовления и использования, комбинированных золосодержащих вяжущих, состоящих из золы и разнообразных химически активных добавок, способных взаимодействовать с оксидом и гидроксидом кальция в составе зол в процессе гидратации. Оптимальные результаты были получены при изготовлении комплексных золосодержащих добавок, в состав которых вводились карбонатные (доломит, известняк) и сульфатные (гипс, ангидрит, фосфогипс, фторангидрит) добавки. Полученные комплексные добавки обладают вяжущими свойствами, твердеют с равномерным изменением объема, достигая в 28-суточном возрасте прочности 25,0-30,0 МПа. Полученный зольный камень обладает высокой водостойкостью, коэффициент размягчения составляет от 0,78 до 0,92.

Изучение влияния сульфатной составляющей на изменение объёма при твердении показало, что комплексная золосодержащая добавка выдерживает испытания на равномерность изменения объёма при содержании сульфатов в количестве 20 % и более.

Добавки изготавливались совместным помолом компонентов в шаровой мельнице в течение 10 минут. Такие сульфатозольные комбинированные добавки могут успешно использоваться при изготовлении гипсоцементнозольных композиционных вяжущих веществ, а также в производстве силикатного кирпича, ячеистых бетонов и строительных растворов.

При введении таких добавок в состав силикатных смесей методом прессования были изготовлены образцы силикатного кирпича. Комбинированная золосодержащая добавка вводилась после предварительной выдержки силикатной смеси в течение четырех часов (после силосования). Автоклавная обработка осуществлялась при давлении 0,9 МПа, по режиму 3+8+3.

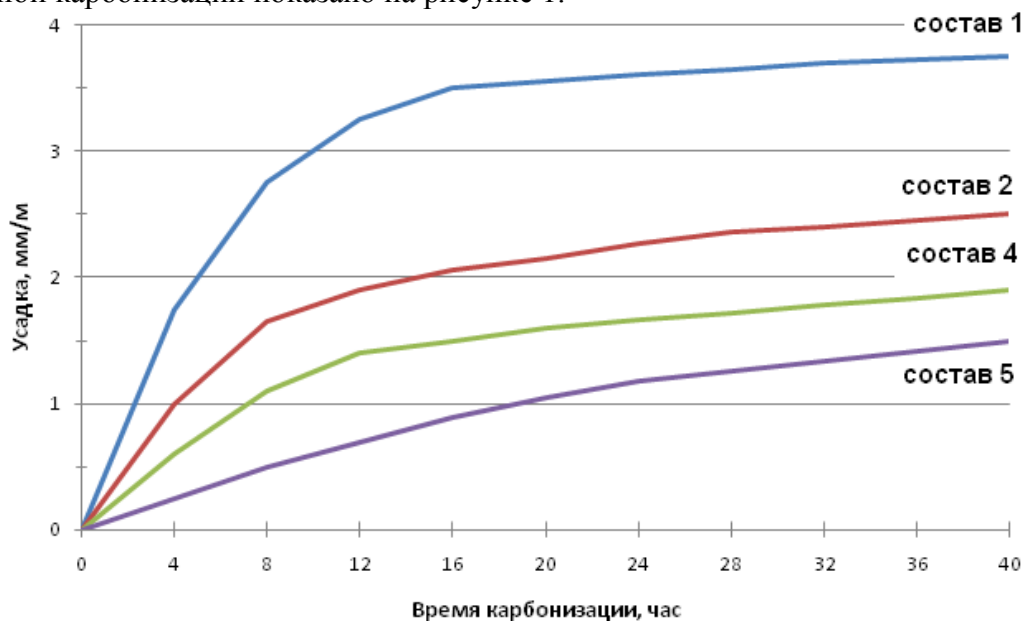
Составы сырьевых смесей и свойства силикатного кирпича приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы сырьевых смесей и свойства силикатного кирпича

	Состав смеси, %	Формовочная прочность, МПа	R <sub>сж.</sub> , МПа	K <sub>разм.</sub>	Пористость, %	Водопоглощение, %	ρ <sub>ср.</sub> , г/см <sup>3</sup>
1	Известь (СаО) – 8 Песок – 92 (контрольный состав)	0,15	16,58	0,60	20,4	9,35	1,91
2	Известь – 8 Добавка * – 15 Песок – 77	0,52	33,22	0,71	18,43	8,25	2,02
3	Известь – 5 Добавка – 15 Песок – 80	0,44	25,38	0,68	19,2	6,63	1,99
4	Известь – 5 Добавка – 20 Песок – 75	0,39	27,52	0,65	15,46	7,85	1,97
5	Известь – 4 Добавка – 25 Песок – 71	0,31	19,78	0,63	14,3	9,07	1,95

\*комплексная золосодержащая добавка состава 30:70, 30 % сульфатная составляющая, 70 % зола ТЭЦ-3 г. Барнаула.

Изменение величины карбонизационной усадки силикатного кирпича в процессе принудительной карбонизации показано на рисунке 1.



Состав 1 (контрольный состав) - 8% известь + 92% песок;  
 Состав 2 – 8% известь + 15% добавка + 77% песок;  
 Состав 4 – 5% известь + 20% добавка + 75% песок;  
 Состав 5 – 4% известь + 25% добавка + 71% песок.

Рисунок 1 – Величина карбонизационной усадки

Анализ результатов проведенных исследований позволяет отметить, что при введении в состав силикатной массы комбинированных золосодержащих добавок значительно увеличивается формовочная прочность получаемого кирпича. При сохранении расхода извести, равного 8% почти вдвое увеличивается предел прочности при сжатии готового силикатного кирпича. Силикатный кирпич высокой прочности может быть получен при сокращении расхода извести на 30-40 %. И только при сокращении расхода извести в 2 раза прочность экспериментального кирпича соответствует прочности контрольного состава. Кирпич, изготовленный из силикатной массы, содержащей 15% добавки при сохранении расхода извести, равного 8 %, имел наиболее высокий коэффициент размягчения - 0,71. Остальные показатели свойств (пористость, водопоглощение, средняя плотность) при содержании 15 % комбинированной зольной добавки мало отличаются от аналогичных показателей контрольного состава. При увеличении содержания зольной добавки до 20-25 % наблюдается некоторое снижение пористости. Силикатный кирпич, изготовленный из силикатной массы с зольными добавками, характеризуется высокой стойкостью против углекислотной коррозии и значительно меньшей величиной карбонизационной усадки. В дальнейшем можно рассматривать возможность изготовления силикатного кирпича такого состава при более низких значениях давления и температуры.

#### Библиографический список

1. Козлова В. К. Усадочные деформации строительных материалов и пути их снижения / В. К. Козлова, Е. В. Божок, В. В. Логвиненко, Ю. С. Саркисов, Ю.А. Ильевский // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т.20. №5. – С. 140 – 155.
2. Хижинков О. В. Силикатный кирпич с комплексными добавками на основе пыли-уноса цементных печей : Автореф. дис. канд. техн. наук. Барнаул, 2000. – 19 с.

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПРИРОДНЫХ СИЛИКАТОВ МАГНИЯ

Лыткина Е.В.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск, Россия

*Аннотация: в работе приведены исследования по повышению водостойкости магнезиального вяжущего вещества и материалов на их основе. Получены пробные образцы отделочных материалов с повышенными физико-механическими характеристиками.*

*Ключевые слова: магнезиальные вяжущие, природные силикатные наполнители, водостойкие вяжущие вещества, отделочные материалы, триоксогидрохлорид.*

Сегодня, в бурно развивающейся индустрии строительных материалов одним из направлений технического прогресса является более полное использование попутно добываемого сырья и отходов промышленности, создание комплексных производств. Научный и практический интерес требует разработки и внедрения технологий магнийсодержащих продуктов переработки природного минерального сырья для получения строительных материалов. В настоящее время актуальна проблема использования природных силикатов магния, запасы которых исчисляются в млрд. тонн.

Магнезиальные вяжущие вещества обладают рядом достоинств: быстрый набор прочности, низкая усадка, хорошая адгезия, высокая износостойкость [1].

Россия находится на первом месте по количеству запасов магнезиальных пород [2]. Основными причинами, сдерживающими широкое применение магнезиальных вяжущих веществ в России в настоящее время, являются недостаточный объем производства каустического магнезита, высокая стоимость и дефицитность растворов солей магния, которые применяются в качестве затворителей [2, 3].

Магнезиальные вяжущие, помимо большого ряда достоинств, имеют основной недостаток – низкая водостойкость. Для повышения водостойкости в состав вяжущих вводятся различные добавки. В качестве добавок, повышающих водостойкость, в данной работе использовались силикатные добавки, приводящие к образованию нерастворимых комплексов.

В работе в качестве добавок использовались измельченные природные магнезиальные силикаты – волластонит, диопсид, диабаз.

Волластонит – измельченная порода Синюхинского месторождения (республика Алтай)

Диопсид – измельченная порода Алданского месторождения.

Диабаз – местный силикатный отход дробления и измельчения породы при производстве щебня, образуется на электрофильтрах предприятий (г.Новосибирск).

В качестве затворителя был выбран раствор  $MgCl_2$  плотностью  $1,2 \text{ г/см}^3$  [4].

В качестве магнезиального вяжущего в работе использовался  $MgO$ , обожженный при температуре  $450-500^\circ\text{C}$  в течение 2-х часов.

$MgO$  смешивался с добавкой в разных соотношения, от 10 до 90% масс. Смесь затворялась раствором до влажности 50% [7].

После ряда испытаний было определено оптимальное количество введенных минеральных добавок, которое составило 60-80% масс.

Испытания образцов проводились через 7, 28, 60 суток твердения в нормальных условиях и в воде. Результаты физико-механических испытаний образцов с добавками приведены в таблице 1.

Использование измельченного волластонита позволяет получить композиционное магнезиальное вяжущее, обладающее высокой механической прочностью и водостойкостью. При этом существенно уменьшается усадка образцов при твердении [5, 6].

Введение диопсида обеспечивает увеличение прочности продуктов твердения магнезиального вяжущего. Как и в случае с волластонитом, высокий коэффициент водостойкости.

Диабаз показывает низкие результаты прочности при сжатии, но достаточно высоким коэффициентом водостойкости.

Таблица 1

Добавка	Соотношение MgO:добавка, % масс.	Средняя плотность вяжущего, г/см <sup>3</sup>	Прочность сжатия, при твердении, МПа	
			28 суток, на воздухе	28 суток, в воде
Волластонит	30:70	1,82	17,6	13,9
Диопсид		2,10	11,5	10,1
Диабаз		1,56	5,2	3,8

У смешанных магнезиальных вяжущих в продуктах их твердения преобладает триоксидгидрохлорид магния, что обуславливает высокую водостойкость образцов. Такое увеличение водостойкости связано с воздействием волластонита и диопсида на процесс гидратационного твердения магнезиального вяжущего и на структурную стабильность продуктов твердения [4, 8, 9].

Изготовлены образцы цветных отделочных материалов с использованием в качестве наполнителя диабаза с влажностью смеси 50%. Полученные образцы имеют следующие свойства: водопоглощение по массе – 8,0%, коэффициент размягчения – 0,34 – 1,0, средняя плотность – 1650 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии – 6,50 – 12,0 МПа [6].

Таким образом, для повышения прочности и водостойкости магнезиальных вяжущих необходимо введение природных силикатных минералов – волластонита и диопсида. Оптимальное количество этих наполнителей составляет 60 – 80 % масс [8].

### Библиографический список

1. Жукова, И. А. Магnezит, брусит, дунит / И. А. Жукова. – Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. – М.: 2013. – Вып. 39. – 45 с.
2. Шиманская, М.С. Получение водостойких магнезиальных вяжущих / М.С. Шиманская, Н.П. Бушуева, В.В. Назарова, Н.С. Вдовина // Вестник БГТУ. – 2005. - № 10. – С.325 – 329.
3. Аладикова, О.Е. Перспективы применения магнезиальных вяжущих веществ для устройства монолитных полов при отрицательных температурах / О.Е. Аладикова, А.В. Вольф, А.М. Маноха // Ползуновский альманах. – № 2, 2018. – С. 17-20.
4. Зырянова В.Н. Повышение механической прочности и водостойкости магнезиальных вяжущих веществ при введении минеральных наполнителей / В.Н. Зырянова, Е.В. Лыткина, Г.И. Бердов // Известия вузов. Строительство. №3, 2010. – с. 21 – 26.
5. Зырянова В.Н. Влияние минеральных наполнителей на свойства магнезиальных вяжущих / В.Н. Зырянова, Е.В. Лыткина, Г.И. Бердов // Техника и технология силикатов. №2, 2010. – с. 15 – 17.
6. Лыткина Е.В. Композиционные материалы из техногенного и природного некондиционного сырья / Е.В.Лыткина, Э.А. Кучерова, В.Н. Зырянова // Прогрессивные материалы и технологии в современном строительстве. – 2008. – с. 98 – 101.
7. Зырянова В.Н. Влияние состава затворителя на свойства композиционных магнезиальных вяжущих веществ/ В.Н. Зырянова, Е.В. Лыткина, Г.И. Бердов // Известия вузов. Строительство. – № 8, 2010. – с. 53 – 58.
8. Машкин Н.А. Костролитовые строительные материалы с использованием композиционного магнезиального вяжущего на основе диабаза / Н.А. Машкин, Е.В. Лыткина // Вестник южно-уральского государственного университета. Строительство и архитектура. № 15, 2010. – с. 8 – 10.
9. Верещагин В.И. Водостойкие смешанные магнезиальные вяжущие / В.И. Верещагин, В.Н. Смирнская, С.В. Эрдман // Стекло и керамика. – №11, 1997. – с.33 – 37.

## **КИНЕТИКА РАННИХ СТАДИЙ ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ И КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ТЕРМОАКТИВИРОВАННЫХ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ ГЛИН, КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И ПОЛИКАРБОКСИЛАТНОГО СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА\***

**Низина Т.А., Балыков А.С., Володин В.В., Коровкин Д.И., Карабанов М.О.**

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, Россия*

*Аннотация. Проведено исследование влияния добавок термоактивированных полиминеральных глин, карбонатных пород, их термоактивированных смесей и поликарбоксилатного суперпластификатора на кинетику ранних стадий твердения цементных систем. Выявлены оптимальные комплексы модификаторов, позволяющие направленно регулировать сроки схватывания и скорость нарастания пластической прочности цементного теста.*

*Ключевые слова: цементная система, термоактивированная полиминеральная глина, карбонатная порода, поликарбоксилатный суперпластификатор, кинетика твердения.*

В настоящее время перед строительной отраслью остро стоит проблема обеспечения высоких функциональных свойств строительных материалов при условии минимизации материальных, энергетических и трудовых затрат. Основными направлениями совершенствования эксплуатационных характеристик цементных композитов являются улучшение их технологичности, повышение прочности и долговечности. В современном бетоне все большее предпочтение отдается разработке бетонов с комплексным применением полифункциональных модификаторов, позволяющих решать одновременно несколько технологических задач [1, 2].

Появление высокоэффективных водоредуцирующих добавок на основе эфиров поликарбоксилатов обозначило новую тенденцию к получению высокопрочных композитов с минимальным водоцементным отношением. Так же для полной реализации потенциальных возможностей цемента (повышение плотности, морозостойкости и коррозионной стойкости цементных композиций при сохранении прочностных характеристик) традиционно применяют активные минеральные добавки, позволяющие управлять формированием структуры и свойствами цементного камня. Из многочисленных видов минеральных модификаторов наибольшую эффективность для рецептуры высокопрочных бетонов имеют современные высокодисперсные пуццолановые добавки, содержащие аморфный кремнезем или глинозем и обладающие высокой реакционной активностью – микрокремнезёмы конденсированные, высокодисперсные золы ТЭС с минимальным содержанием несгоревших остатков, доменные гранулированные шлаки и др. [3, 4].

Одним из наиболее эффективных пуццолановых добавок для цементных бетонов является метакаолин [5, 6], представляющий собой продукт термической обработки мономинеральных каолиновых глин. Однако территориальная и количественная ограниченность каолиновых глин [7], высокая стоимость получаемого обогащённого сырья, растущие потребности в каолине бумажной и медицинской промышленности обуславливают низкую степень применения метакаолина в цементной отрасли. В связи с этим актуальным направлением является разработка эффективных пуццолановых добавок для цементных систем на основе широко распространенных полиминеральных низкокаолиновых глин [8 – 11]. Особый интерес в настоящее время представляет использование термоактивированных смесей полиминеральных глин и карбонатных пород (известняков, доломитов) в качестве комплексных добавок в рецептуре современных модифицированных цементных бетонов. При этом важное значение в процессе создания эффективных комплексных модификаторов на основе обожженных глин и карбонатов должно быть отведено изучению вопросов их физико-химической и технологической совместимости между собой, с портландцементными, суперпластификаторами, другими компонентами рецептуры с выявлением синергетических эффектов.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния добавок термоактивированных полиминеральных глин, карбонатных пород, их термоактивированных смесей и поликарбонатного суперпластификатора на кинетику ранних стадий твердения цементных систем. При этом в качестве основных контролируемых параметров выбраны сроки схватывания и пластическая прочность цементного теста.

Определение сроков схватывания цементного теста осуществлялось с применением стандартной методики ГОСТ 310.3. При определении указанной характеристики с помощью прибора Вика фиксируются два условных момента – начало и конец схватывания. Данные показатели не дают полного представления о процессах структурообразования цементных систем. Более полно процесс схватывания может быть охарактеризован по кинетике нарастания пластической прочности развивающейся структуры. Для указанной цели применялся метод конического пластометра, разработанный академиком П.А. Ребиндером [12].

Используемый метод конического пластометра основан на внедрении конусообразного индентора и заключается в измерении глубины погружения конуса в исследуемый образец под действием постоянной силы  $F$ . При этом пластическая прочность цементного теста  $P_m$  (МПа) рассчитывается по формуле

$$P_m = K_\alpha \cdot \frac{F}{h_m^2}, \quad (1)$$

где  $F$  – сила, действующая на конус, Н;  $h_m$  – глубина погружения конуса, мм;  $K_\alpha$  – константа конуса, определяемая как

$$K_\alpha = (1/\pi) \cdot \cos^2(a/2) \cdot \operatorname{ctg}(a/2), \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол при вершине конуса (в его осевом сечении).

В исследовании нагрузка на индентор составляла 2,98 Н, угол при вершине конуса – 70°. После того как конус приводился в соприкосновение с поверхностью исследуемого образца, ослаблялось стопорное устройство и при помощи индикатора часового типа осуществлялось измерение глубины погружения индентора.

В составах в качестве модификаторов цементных систем использовались поликарбонатный суперпластификатор Melflux 5581 F (СП) и следующие виды минеральных добавок: термоактивированная глина Никитская (ТГН) (температура и длительность обжига – 700°C и 2 часа;  $S_{уд.} = 7800 \text{ см}^2/\text{г}$ ); термоактивированная глина Старошайговская (ТГС) (температура и длительность обжига – 700°C и 2 часа;  $S_{уд.} = 5200 \text{ см}^2/\text{г}$ ); доломит Ельниковский (ДЕ) ( $S_{уд.} = 4450 \text{ см}^2/\text{г}$ ); известняк Атемарский (ИА) ( $S_{уд.} = 13000 \text{ см}^2/\text{г}$ ); термоактивированная смесь Никитской глины и Ельниковского доломита (ТС(ГН+ДЕ)) (соотношение глины и доломита = 2:1; температура и длительность обжига – 700°C и 2 часа); термоактивированная смесь Старошайговской глины и Атемарского известняка (ТС(ГС+ИА)) (соотношение глины и известняка = 2:1; температура и длительность обжига – 700°C и 2 часа).

Исследования проводили на непластифицированных и пластифицированных цементных системах, смешанное вяжущее которых включало 90% портландцемента (Ц) и 10% минеральной добавки (МД). В пластифицированных составах дозировка разжижителя составляла 0,2% от массы твердой фазы (Ц+МД). Приготовление цементно-минеральных паст осуществлялось при постоянном водотвердом (водовязущем) отношении  $V/T=V/(Ц+МД)=0,27$ , соответствующем тесту нормальной густоты бездобавочного состава. Исследуемые составы приведены в таблице 1.

В экспериментальном исследовании контролируемые показатели, количественно характеризующими кинетику нарастания пластической прочности цементных систем, являлись начало и конец схватывания, а также время достижения пластической прочности 5 МПа. Значения контролируемых параметров для исследуемых составов приведены в таблице 2, кривые нарастания пластической прочности цементных систем – на рисунке 1.

По результатам исследования установлено, что введение в рецептуру контрольного бездобавочного состава №1 взамен 10% портландцемента добавок Ельниковского доломита и Атемарского известняка (составы №4 и 5) позволяет незначительно сократить сроки схватывания цементного теста (таблица 2). Повышение скорости схватывания непластифициро-

ванных цементных систем с добавками карбонатных пород обусловлено способностью кальцита являться центром кристаллизации новообразований [13]. Огромное количество габитулов кристаллов кальцита (несколько тысяч) обеспечивает эпитаксиальное наращивание на них кристаллизующихся веществ разнообразной химико-минералогической природы (гидросиликаты кальция, гидраты  $AF_m$ -фаз и др.), что способствует формированию кристаллизационных оболочек и срастанию частиц и, в целом, достижению высокой скорости твердения наполненных цементных систем на ранних этапах.

Таблица 1 – Исследуемые составы цементного теста ( $V/(Ц+МД)=0,27$ )

Номер состава	Цемент	Вид минеральной добавки						СП Melflux 5581 F
		ТГН	ТГС	ДЕ	ИА	ТС(ГН+ДЕ)	ТС(ГС+ИА)	
% массы вяжущего (портландцемент + минеральные добавки)								
1	100	-	-	-	-	-	-	-
2	90	10	-	-	-	-	-	-
3	90	-	10	-	-	-	-	-
4	90	-	-	10	-	-	-	-
5	90	-	-	-	10	-	-	-
6	90	-	-	-	-	10	-	-
7	90	-	-	-	-	-	10	-
8	100	-	-	-	-	-	-	0,2
9	90	5	-	5	-	-	-	0,2
10	90	-	5	-	5	-	-	0,2
11	90	-	-	-	-	10	-	0,2
12	90	-	-	-	-	-	10	0,2

Таблица 2 – Сроки схватывания и время достижения пластической прочности 5 МПа цементного теста исследуемых составов

Номер состава	Сроки схватывания, ч-мин		Время достижения пластической прочности 5 МПа, ч
	начало	конец	
1	2-55	3-40	5,0
2	2-30	3-20	5,0
3	2-25	3-35	5,4
4	2-45	3-40	5,4
5	2-25	3-30	5,7
6	3-00	4-10	5,6
7	2-50	4-00	5,4
8	4-20	6-15	9,2
9	4-10	6-10	9,1
10	4-10	6-10	9,1
11	3-50	5-30	7,1
12	4-10	6-00	8,0

Применение в непластифицированных составах добавок термоактивированных полиминеральных глин Никитского и Старошайговского месторождений также позволяет несколько снизить сроки схватывания цементного теста, что объясняется наличием реакционноспособных минералов в фазовом составе исследуемых глин, способствующих интенсифицировать процессы гидратации на ранних стадиях твердения цементных систем.

Несмотря на отмеченные особенности, в целом, кривые нарастания пластической прочности непластифицированных цементных систем (составы №1 – 7) имеют схожий ха-



рактически. В частности, время достижения пластической прочности 5 МПа для цементного теста контрольного состава №1 составляет 5 часов, а для непластифицированных составов №2, 3, 4, 5, 6 и 7 с минеральными добавками – от 5 до 5,7 часов (таблица 2).

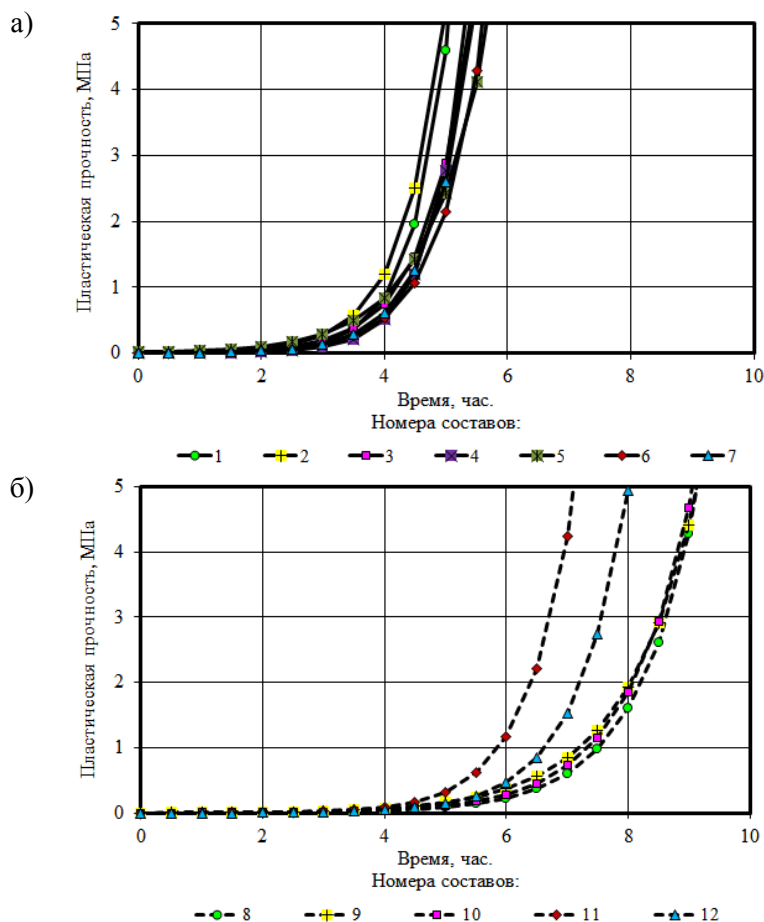


Рисунок 1 – Кривые нарастания пластической прочности исследуемых непластифицированных (а) и пластифицированных (б) цементных систем

Введение поликарбоксилатного суперпластификатора Melflux 5581 F в количестве 0,2% приводит к существенному замедлению скорости твердения цементных систем. В частности, по сравнению с контрольным непластифицированным составом №1 для пластифицированного цементного теста без минеральных добавок (состав №8) время достижения пластической прочности 5 МПа увеличилось с 5 до 9,2 часов, т.е. на 4,2 часа. Замена в составе №8 10% портландцемента минеральными добавками на основе смесей термоактивированных глин и карбонатных пород (составы №9 и 10) существенным образом не влияет на изменение сроков схватывания и скорость нарастания пластической прочности пластифицированного цементного теста (рисунок 1, таблица 2).

Наиболее высокая скорость твердения в присутствии суперпластификатора Melflux 5581 F характерна для составов №11 и 12, для которых время достижения требуемого уровня пластической прочности (5 МПа) составило 7,1 и 8 часов соответственно. Ускорение процессов схватывания пластифицированного цементного теста с добавками термоактивированных смесей глин и карбонатных пород может быть обусловлено повышенным содержанием в фазовом составе указанных минеральных модификаторов свободного CaO, образующегося при термическом разложении кальцита, который угнетает активность суперпластификатора в исследуемых цементных системах [14], тем самым, способствуя уменьшению его блокирующего действия на скорость нарастания пластической прочности цементного теста.

*\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Мордовия в рамках научного проекта № 18-43-130008.*

## Библиографический список

1. Давидюк А.Н. Бетон в строительстве – Новые вызовы и перспективы / А.Н. Давидюк // Вестник НИЦ. Строительство. – 2017. – №12. – С. 5 – 13.
2. Калашников В.И. О применении комплексных добавок в бетонах нового поколения / В.И. Калашников, О.В. Тараканов // Строительные материалы. – №1 – 2, 2017. – С. 62 – 67.
3. Каприелов С.С. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, В.Г. Дондуков // Строительные материалы. – №11. – 2017. – С. 4 – 10.
4. Низина Т.А. Исследование комплексов активных минеральных добавок и дисперсных волокон при разработке составов дисперсно-армированных модифицированных мелкозернистых бетонов / Т.А. Низина, А.С. Балыков, Л.В. Макарова, Д.И. Коровкин, В.В. Володин // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – №20, 2017. – С. 230-240.
5. Schulze S.E. Optimization of cements with calcined clays as supplementary cementitious materials / S.E. Schulze, R. Pierkes, J. Rickert // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. – Beijing, China, 2015. – 693 p.
6. Кирсанова А.А. Органоминеральные модификаторы на основе метакаолина для цементных бетонов / А.А. Кирсанова, Л.Я. Крамар // Строительные материалы. – №10, 2013. – С. 54 – 56.
7. Горбачев Б.Ф. Состояние и перспективы развития в Российской Федерации сырьевой базы каолина / Б.Ф. Горбачев // Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений: материалы Международной научно-практической конференции. – Казань: ЗАО «Издательский дом «Казанская недвижимость» 2015. – С. 111 – 114.
8. Шульце С.Е. Свойства цементов с прокалёнными глинами в качестве основного компонента / С.Е. Шульце, Й. Рикерт // Цемент и его применение. – №1, 2016. – С. 152 – 156.
9. Володин В.В. Опыт применения обожжённой глины в качестве минеральной добавки к цементным композитам / В.В. Володин, Т.А. Низина, А.С. Балыков, Д.И. Коровкин, И.С. Козлятников, Д.С. Башкаев, А.А. Григорьева // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: материалы Всеросс. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. – 2018. – С. 36 – 42.
10. Рахимов Р.З. Влияние добавок в портландцемент прокалённой и молотой глины с содержанием 40% каолинита на прочность цементного камня / Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова, А.Р. Гайфуллин // Academia. Архитектура и строительство. – №2, 2015. – С. 131 – 133.
11. Володин В.В. Влияние добавок термоактивированной глины на прочность цементного камня [Электронный ресурс] / В.В. Володин, Т.А. Низина, А.С. Балыков, Л.М. Ошкина, Д.И. Коровкин // Огарёв-online. Раздел «Технические науки». – 2019. – №5. – Url: <http://journal.mrsu.ru/arts/vliyanie-dobavok-termoaktivirovannoj-gliny-na-prochnost-cementnogo-kamnya>.
12. Данюшевский В.С. Справочное руководство по тампонажным материалам / В.С. Данюшевский, Р.М. Алиев, И.Ф. Толстых. – М.: Недра. – 1987. – 372 с.
13. Тараканов О.В. Перспективы применения комплексных добавок в бетонах нового поколения / О.В. Тараканов, В.И. Калашников // Известия КГАСУ. – №1 (39), 2017. – С. 223 – 229.
14. Демьянова В.С. Методологические и технологические основы производства высокопрочных бетонов с высокой ранней прочностью для беспрогривных и малопрогривных технологий: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 / Демьянова Валентина Серафимовна. – Пенза, 2002. – 472 с.

## ВЛИЯНИЕ МИКРОДИСПЕРСНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ КРЕМНЕЗЕМА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ НА ЦЕМЕНТНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ

Ильина Л. В., Семенова М. М.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск, Россия

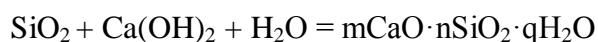
*Аннотация.* В работе рассмотрено влияние комплексной добавки микрокремнезема и гиперпластификатора на свойства мелкозернистой бетонной смеси и прочность бетона. Подобрано оптимальное количество комплексной добавки. Наибольшая прочность достигнута при введении 5 % МК на начальных сроках твердения и 20 % МК на более поздних сроках твердения, совместно с 0,8 % гиперпластификатора. Скорость набора прочности повышается. Применение добавки микрокремнезема способствует получению быстротвердеющих высокопрочных бетонов.

*Ключевые слова:* бетон, повышение прочности, микрокремнезем, мелкозернистый бетон, минеральная добавка, быстротвердеющая смесь

В результате развития технологических преобразований появился новый способ строительства – строительная 3D печать. Данная технология позволяет создавать пространственные объекты послойным добавлением материала. Такой вид строительства имеет ряд достоинств, но существуют и нерешенные технологические вопросы: высокие требования к составу смеси, т.к. конструкция стены должна соответствовать условиям прочности и жесткости. Возникает необходимость создания материала, исключающего возможность закупорки печатающей головки 3D принтера, а также обладающего твердением в начальные сроки, для непрерывного нанесения последующих слоев [1]. В качестве минеральной добавки для сухой строительной смеси на цементной основе рассматривается микрокремнезем – побочный продукт, получаемый при производстве ферросилиция и кремния [2]. Основным компонентом микрокремнезема является диоксид аморфной модификации.

Применение микрокремнезема позволяет: увеличить морозостойкость, повысить долговечность, антикоррозионную стойкость, стойкость к истиранию, прочность бетона, раннюю прочность, снизить проницаемость для воды и газов, а также снизить расход цемента.

По мнению ученых, [1, 3, 4] положительное действие микрокремнезема в цементных композициях объясняется реакцией пуццоланизации, в результате которой микрокремнезем связывает свободный гидроксид кальция в низкоосновные гидросиликаты кальция, имеющие большую прочность.



Для повышения прочности мелкозернистого бетона в начальные сроки твердения и сокращения расхода цемента предлагается использование комплексной добавки микрокремнезема и гиперпластификатора. Такое решение позволит получить высокопрочную быстротвердеющую бетонную смесь.

**Целью** данной работы являлось повышение прочностных характеристик, в т.ч. на ранних сроках твердения, сухой строительной смеси на цементной основе путем введения комплексных добавок.

**Задачами** являлись анализ влияния комплексных добавок на прочностные характеристики мелкозернистого бетона и подбор оптимального количества добавки для повышения прочности.

### 1. Характеристика сырья.

В исследовании, в качестве вяжущего использовался портландцемент класса ЦЕМ I 42,5 Б производства ООО «Топкинский цемент» (ГОСТ 31108-2016). Минералогический состав цемента, % мас.:  $\text{C}_3\text{S}$  – 67,35;  $\text{C}_2\text{S}$  – 10,67;  $\text{C}_3\text{A}$  – 5,70;  $\text{C}_4\text{AF}$  – 13,13

В работе, в качестве заполнителя был использован кварцевый песок ОА «Левобережный песчаный карьер». Песок соответствовал требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия». Влажность песка – 0,4 %, насыпная плотность 1600 кг/м<sup>3</sup>, модуль крупности – 2,9; содержание загрязняющих примесей – 0,3 %.

В качестве модифицирующей минеральной добавки применялся микрокремнезем марки МК-85, изготавливаемый по ТУ 14-106-709-2004 «Микрокремнезем конденсированный». Микрокремнезем имел светло серый цвет, его удельная поверхность равнялась 2180 м<sup>2</sup>/кг. Химический состав микрокремнезема, % мас.: SiO<sub>2</sub> – 93,2; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,74; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,68; CaO – 0,81; MgO – 0,91; Na<sub>2</sub>O – 0,79; K<sub>2</sub>O – 1,38; C – 1,20; S – 0,29. Добавка МК вводилась в количестве 5, 10, 15, 20, 25, 30 % по массе цемента.

В качестве пластифицирующей добавки был применен гиперпластификатор «МС-PowerFlow 3100», плотностью  $\rho = 1090$  кг/м<sup>3</sup>. Гиперпластификатор имел коричневый цвет и соответствовал ГОСТ 24211, ГОСТ 30459. Добавка вводилась в количестве 0,5 и 0,8 % по массе цемента.

**2. Методы исследования.** Песок и цемент загружались в предварительно протертую влажной тканью сферическую чашу [5], затем механически перемешивалась в течении 60 с. После чего, в центре сухой смеси была сделана лунка. Порошок микрокремнезема вводился в воду затворения в количестве 5, 10, 15, 20, 25, 30 % по массе цемента. Его равномерное распределение достигалось путем механического перемешивания. Полученный раствор добавки вводился в сухую пескоцементную смесь. Вода впитывалась в течении 30 с., после чего цементно-песчаный раствор готовился при механическом перемешивании в течении 60-90 с. У готовой смеси мелкозернистого бетона определяли осадку конуса (см) и диаметр расплыва (мм). Осадка конуса (ОК) по результатам вычислений составляла 2,75 см, таким образом подвижность бетонной смеси находится в пределах 1-4 см и имеет подвижность П1. Расплыв мелкозернистой бетонной смеси определялся путем измерения величины расплыва на встряхивающем столике.

Дальнейшее изготовление образцов проводилось в поверенных формах. Уплотнение бетонной смеси проводилось с использованием виброплощадки. Форма с уложенной и уплотненной штыкованием бетонной смесью была жестко закреплена на лабораторной виброплощадке и вибрировалась до полного уплотнения и появления на ней тонкого слоя цементного теста. Полученные образцы имели размеры 40x40x160 мм. Они выдерживались в течении 24 ч. в ванне с гидравлическим затвором, после чего твердели в камере нормального твердения (20±2 °С и относительной влажности 95±5 %) [6] в течении 1,3,7,28 суток.

### **3. Результаты влияния комплексной добавки на свойства мелкозернистой бетонной смеси и прочностные характеристики бетона**

С увеличением количества микрокремнезема снижалась подвижность бетонной смеси. Для получения равноподвижной смеси вводилось дополнительное количество воды, что приводило к снижению прочностных показателей мелкозернистой бетонной смеси. Для предотвращения данного эффекта применялся гиперпластификатор «МС-PowerFlow 3100». Водопотребность смеси фиксировалась, когда расплыв конуса на встряхивающем столике составлял 137 – 140 мм, как у контрольного состава. Комплексная добавка вводилась с водой затворения.

Анализ результатов экспериментов показал, что при введении комплексной добавки гиперпластификатора и микрокремнезема снижается водопотребность растворной смеси. Вместе с тем, с увеличением количества гиперпластификатора, требовалось меньшее количество воды затворения. Максимальный эффект наблюдается при добавлении 0,8 % гиперпластифицирующей добавки (таблица 1).

Влияние комплексной добавки микрокремнезема и гиперпластификатора «МС-PowerFlow 3100» положительно сказывается на прочности мелкозернистого бетона. В таблице 2 указана прочность при изгибе в 1, 3, 7 и 28-суточном возрасте при разных количествах добавок микрокремнезема и гиперпластификатора. Приращение прочности при сжатии представлено в таблице 3.

Максимальный эффект повышения прочности при изгибе достигнут при введении 0,8 % гиперпластификатора. В возрасте 28 суток прочность при изгибе мелкозернистого бетона (при 20 % МК и 0,8 % гиперпластификатора) составляет 9,2 МПа, что на 61 % превышает прочность контрольного образца. Наблюдается эффект увеличения скорости набора прочности, в сравнении с контрольными образцами. Так, в возрасте 1 суток прочность при изгибе увеличивается на 40 %, а в возрасте 3 суток повышается на 39 % (при 5 % МК и 0,8 % гиперпластификатора). Прочность при изгибе в возрасте 7 суток повышается на 47 % в сравнении с образцом без добавок. Таким образом, введение комплексной добавки повышает прочность при изгибе и сжатии (таблицы 2, 3).

Таблица 1 – Влияние количества комплексной добавки на водопотребность смеси

Количество микрокремнезема, % мас. от цемента	Количество пластификатора, % мас. от цемента	Количество воды затворения, мл	Водоцементное отношение (В/Ц)
0	0	208	0,37
5	0,5	168	0,30
10		180	0,32
15		181	0,33
20		188	0,34
25		222	0,40
30		230	0,41
5	0,8	150	0,27
10		158	0,28
15		163	0,29
20		169	0,30
25		200	0,36
30		211	0,38

Таблица 2 – Влияние количества комплексной добавки на прочность при изгибе мелкозернистого бетона

Количество добавки МК в % от мас. цемента	Количество пластификатора, % мас. от цемента	Продолжительность твердения, сут.			
		1	3	7	28
0	0	4,51	4,82	5,50	5,7
5	0,5	<b>5,8</b>	<b>6,3</b>	6,0	6,4
10		5,4	5,7	6,6	7,5
15		5,5	6,0	7,2	8,3
20		5,4	5,8	<b>7,9</b>	<b>9,1</b>
25		4,8	5,3	7,5	8,5
30		4,5	5,1	6,9	8,0
5	0,8	<b>6,3</b>	<b>6,7</b>	6,7	6,9
10		5,7	6,2	6,3	6,4
15		5,9	6,1	7,3	8,5
20		6,1	6,7	<b>8,1</b>	<b>9,2</b>
25		5,6	6,3	7,5	8,6
30		5,3	6,1	7,0	8,1

Таблица 3 – Влияние количества микрокремнезема на прочность при сжатии мелкозернистого бетона

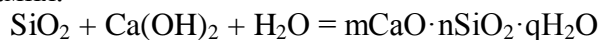
Количество добавки МК в % от мас. цемента	Количество пластификатора, % мас. от цемента	Продолжительность твердения, сут.			
		1	3	7	28
0	0	13,5	20,4	30,99	43,7
5	0,5	<b>30,1</b>	<b>37,0</b>	42,3	49,4
10		29,3	35,2	46,5	56,7
15		28,5	34,6	49,1	64,5
20		28,1	34,3	<b>52,0</b>	<b>71,3</b>
25		20,3	31,5	50,0	68,1
30		15,4	27,6	48,6	63,6
5	0,8	<b>33,2</b>	<b>38,5</b>	43,4	52,9
10		31,5	36,7	47,0	60,3
15		31,6	36,9	51,2	68,1
20		29,0	35,1	<b>55,4</b>	<b>74,8</b>
25		26,3	32,0	51,8	72,0
30		16,9	29,3	50,1	69,8

Максимальный эффект повышения прочности при сжатии достигнут при введении 0,8 % гиперпластификатора. В возрасте 28 суток прочность при сжатии мелкозернистого бетона (при 20 % МК и 0,8 % гиперпластификатора) на 71 % превышает прочность контрольного образца. Наблюдается эффект увеличения скорости набора прочности, в сравнении с контрольными образцами. Например, в возрасте 1 суток прочность при сжатии увеличивается на 146 %, а в возрасте 3 суток повышается на 89 % (при 5 % МК и 0,8 % гиперпластификатора). Прочность при сжатии в возрасте 7 суток повышается на 79 % в сравнении с образцом без добавок.

### **Заключение**

В результате анализа действия микродобавок кремнезема, установлено:

1) Увеличение прочности при добавлении микрокремнезема в начальные сроки твердения объясняется химическим взаимодействием аморфного кремнезема с гидроксидом кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , выделяющимся при гидратации портландцемента. В результате пуццоланической активности добавка микрокремнезема связывает известь в низкоосновные гидросиликаты кальция, а их образование обеспечивает повышение плотности и прочности цементного камня за счет вовлечения активной части микрокремнезема в формирующуюся структуру цементного камня.



2) Применение комплексной добавки гиперпластификатора и микрокремнезема позволяет снизить водопотребность растворной смеси и водоцементное отношение, что снизит риск уменьшения прочностных показателей мелкозернистой бетонной смеси. Максимальный эффект наблюдается при добавлении 0,8 % гиперпластификатора.

3) При введении комплексной добавки прочность при изгибе повышается в 1-суточном возрасте – на 40 %, в 3-суточном – на 39 % (при 5 % добавки микрокремнезема и 0,8 % гиперпластификатора) в 7-суточном – на 47 % и в 28-суточном – на 61 % (при 20 % добавки микрокремнезема и 0,8 % гиперпластификатора). Заметен эффект увеличения скорости набора прочности, в сравнении с контрольными образцами.

4) При введении комплексной добавки прочность при сжатии увеличивается в 1-суточном - на 146 %, в 3-суточном – на 89 % (при 5 % добавки микрокремнезема и 0,8 % гиперпластификатора), в 7-суточном – на 79 % и в 28-суточном – на 71 % (при 20 % добавки микрокремнезема и 0,8 % гиперпластификатора). При этом, наибольшее упрочнение достигнуто при введении 5 % добавки микрокремнезема на начальных сроках твердения и 20 % микрокремнезема на более поздних сроках твердения, совместно с 0,8 % гиперпластификатора. Скорость набора прочности повышается.

5) Приведенные данные показывают, что введение комплексной добавки микрокремнезема и гиперпластификатора в состав мелкозернистого бетона позволяет увеличить скорость набора прочности, снизить расход цемента и повысить прочностные показатели бетона.

### **Библиографический список**

1. Ильина Л.В. Влияние дисперсных минеральных добавок на прочность мелкозернистого бетона / Л.В. Ильина, С.А. Хакимуллина, Д.А. Кадоркин // *Фундаментальные исследования*. – 2017. - № 4 (часть 1) – С. 34-38.

2. Устинова, Ю.В. Исследование взаимодействия каустического магнезита с добавкой микрокремнезема / Ю.В. Устинова, А.Е. Насонова, Т.П. Ники-финова, В.В. Кодлов // *Вестник МГСУ*. – 2012 – №3. – 100-104 с.

3. Потапов В.В., Горев Д.С. Сравнительные результаты повышения прочно-сти бетона вводом нанокремнезема и микрокремнезема / В.В. Потапов, Д.С. Горев // *Современные наукоемкие технологии*. – 2018. - №9 – С.98-102.

4. Холин С. Применение микрокремнезема на бетонных производствах. [Электронный ресурс] / С. Холин / - Режим доступа: <http://library.stroit.ru/articles/kremzem/index.html>

5. ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.

6. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам

## ВЛИЯНИЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ НА КИНЕТИКУ ТВЕРДЕНИЯ БЕЛОГО ПОРЛАНДЦЕМЕНТА

Баранов Е.В., Шелковникова Т.И., Баранова Е.Н.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,  
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им.  
профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны РФ  
г. Воронеж, Россия*

*Аннотация. Для строительных композитов светлых тонов в качестве вяжущего вещества обычно применяют белый портландцемент. Отличительными особенностями белого портландцемента являются высокий глиноземистый модуль, практически отсутствие алюмоферритов кальция, более высокая тонкость помола и др. В связи с этим в работе представлены результаты исследований влияния различных видов суперпластификаторов на физико-механические свойства и кинетику твердения белого портландцемента, определены оптимальные дозировки различных по своей основе суперпластификаторов.*

*Ключевые слова: белый портландцемент, пластифицирующие добавки, цементное тесто, цементный камень, водоредуцирующий эффект, кинетика твердения.*

Современное промышленное и гражданское строительство характеризуется высокими требованиями к внешнему оформлению зданий, сооружений и строительному комплексу в целом. Традиционно для строительных композитов в качестве вяжущего вещества используют портландцемент. Для создания строительных композитов различной цветовой гаммы применяют белые, а так же цветные цементы с минеральными или органическими пигментами. Отличительными особенностями белого от обычного портландцемента являются повышенный силикатный модуль (3,0 – 3,8) и весьма высокий глиноземистый модуль (10 и более). Минералогический состав цементного клинкера белого портландцемента представлен, как правило, следующим компонентами:  $C_3S$  38 – 44 %;  $C_2S$  35 – 37 %;  $C_3A$  15 – 16 %;  $C_4AF$  1 – 2 %. В отличие от обычного портландцемента белый портландцемент практически не содержит алюмоферритов кальция. Удельная площадь поверхности белого портландцемента существенно выше чем у обычного и составляет около 4000 – 4700 см<sup>2</sup>/г [1, 2].

Известным фактом является то, что для повышения прочности и долговечности строительных композитов (бетонов) на основе цементного вяжущего необходимо уменьшать расход воды затворения, но при этом обеспечивать требуемую удобоукладываемость смеси при формовании. Наиболее эффективным способом снизить водопотребность бетонной смеси и одновременно сохранить требуемую удобоукладываемость является применение различных видов суперпластификаторов, позволяющие повысить текучесть цементного теста без увеличения расхода воды затворения [3 – 10]. Как показывает практика, на разжижающий эффект оказывает существенное влияние минералогический состав цемента, его дисперсность и зерновой состав, а также тип суперпластификатора. Например, для выкоалюминатных цементов дозировка добавки суперпластификатора должна быть выше, чем для обычного портландцемента [3 – 5].

В настоящее время достаточно много работ посвящено изучению влияния суперпластификаторов на физико-механические свойства и кинетику твердения портландцемента, но недостаточно рассмотрены вопросы влияния суперпластификаторов нового поколения на физико-механические свойства белого портландцемента. В связи с этим данная работа посвящена изучению этого актуального вопроса.

В качестве объекта исследований был выбран Портландцемент белый 1-400-Д0 – ГОСТ 965-89 и три суперпластификатора, различных производителей и разных по своей основе:

- две добавки на основе модифицированных эфиров поликарбоксилатов («ViscoCrete®-3088») фирмы «Sika®» и «Glenium 51 (FM)/(BV)» фирмы «BASF»);
- одна добавка на основе полиметиленафталинсульфонатов натрия (суперпластификатор С-3).

Основные характеристики белого портландцемента представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики белого портландцемента

Марка по прочности при сжатии	Нормальная густота цементного теста, %	Сроки схватывания	
		Начало схватывания не ранее, мин	Конец схватывания, не позднее, ч.
M400	34	45	10

Основные технические характеристики применяемых пластифицирующих добавок представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики суперпластификаторов

Наименование пластификатора	Основа	Внешний вид	Плотность г/см <sup>3</sup>	pH фактор	Рекомендуемая дозировка завода-изготовителя, %
«ViscoCrete®-3088»	Водные растворы модифицированных поликарбоксилатов	Зеленоватая жидкость	1,06	5,5±0,5	0,2-1,5
«Glenium 51 (FM)/(BV)»	Поликарбоксилатный эфир	Мутная жидкость светло-коричневого цвета	1,10 ± 0,02	7 ± 1	0,1 – 2
C-3	Полиметиленафталинсульфат натрия	Порошок желто-коричневого цвета или жидкость темно-коричневого цвета	1,153	9-11	0,4 до 0,8

Принцип действия пластифицирующей добавки C-3 основан на электростатическом диспергировании, а принцип действие суперпластификаторов Glenium 51 FM и ViscoCrete®-3088 основан на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффекта. Данные добавки обладают как пластифицирующим, так и водоредуцирующим эффектом, что позволит получать бетонную смесь с требуемой удобоукладываемостью и пониженным В/Ц [3-5].

На первом этапе рассматривалось влияние дозировок пластифицирующих добавок на водоредуцирующий эффект (снижение В/Ц) при постоянной консистенции цементного теста (нормальной густоте). Результаты исследований представлены на рисунке 1.

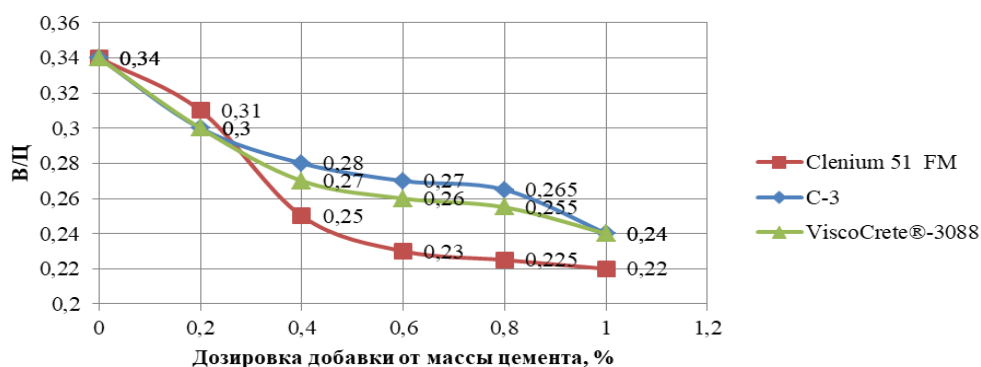


Рисунок 1 – Влияние дозировки добавки добавок на В/Ц при приготовлении цементного теста нормальной густоты

Анализируя полученные результаты выявлено, что введение исследуемых пластифицирующих добавок позволяет существенно снизить расход воды затворения, обеспечивая консистенцию цементного теста нормальной густоты. Таким образом, все добавки обладают пластифицирующе-водоредуцирующей способностью, но наибольшим водоредуцирующим эффектом обладают добавки Glenium 51 FM и ViscoCrete®-3088, что обусловлено их строением.



Следующим этапом было изучение кинетики твердения цементного камня. Кинетика твердения белого портландцемента с пластифицирующими добавками и их оптимальная дозировка оценивалась по прочностным показателям на образцах-кубах с ребром 2 см, изготовленных из цементного теста нормальной плотности, после твердения в камере нормального твердения (температура  $20 \pm 2$  °С и влажность  $98 \pm 2$  %) в течение 3, 7, 28 суток. Результаты изменения прочностных показателей цементного камня представлена на рисунках рисунок 2, 3, 4.

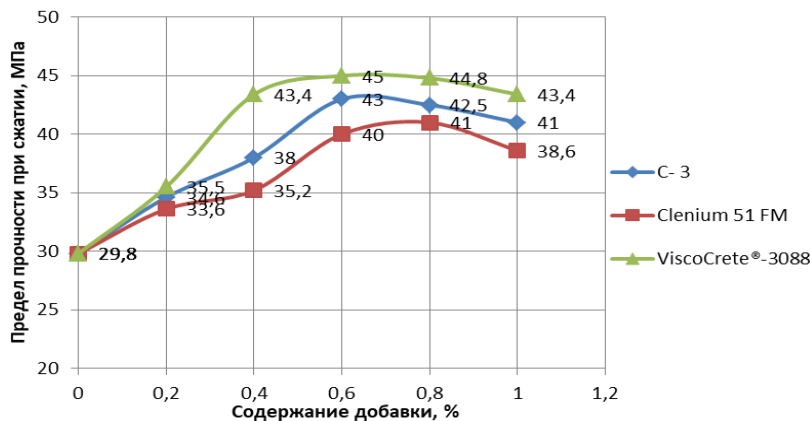


Рисунок 2 – Влияние вида и содержания добавок на прочностные свойства цементного камня изготовленного из цементного теста нормальной плотности в возрасте 7 суток

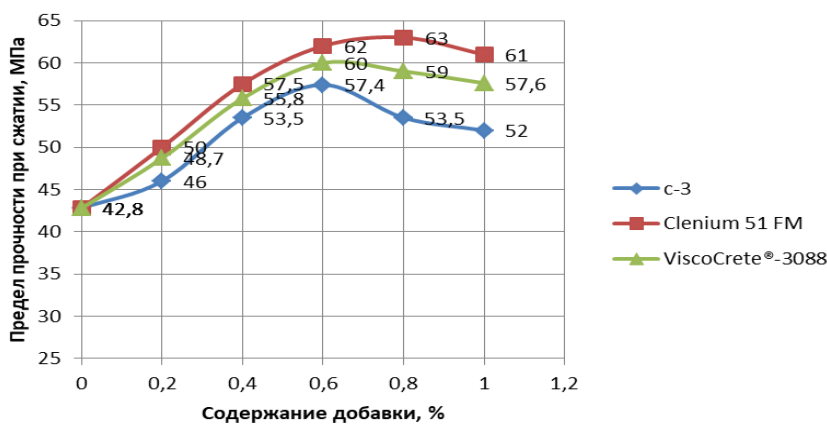


Рисунок 3 – Влияние вида и содержания добавок на прочностные свойства цементного камня изготовленного из цементного теста нормальной плотности в возрасте 7 суток

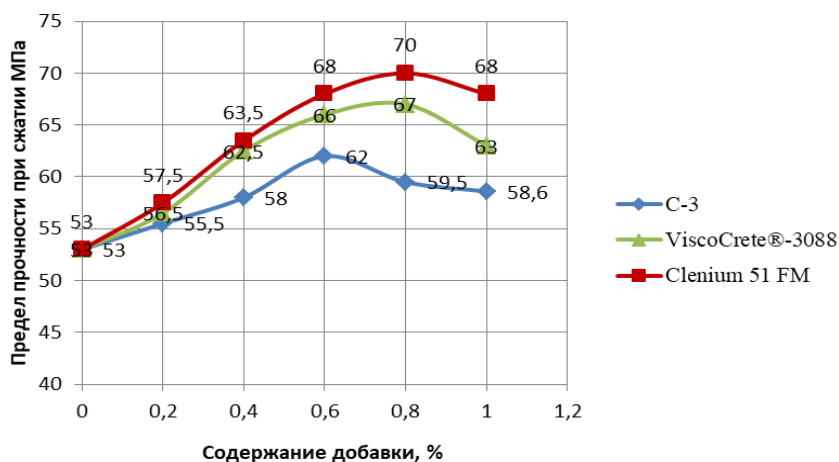


Рисунок 4 – Влияние вида и содержания добавок на прочностные свойства цементного камня изготовленного из цементного теста нормальной плотности в возрасте 28 суток

Анализ полученных результатов позволил установить, что при использовании в качестве пластификатора добавки С-3 оптимальным является дозировка в интервале 0,4-0,8 %, а при использовании добавок Glenium 51 FM и ViscoCrete®-3088 оптимальным является дозировка в интервале 0,6-0,8 %. При исследовании кинетики набора прочности цементного камня, установлено, что исследуемые добавки оказывают положительное влияние на набор прочности на протяжении всего периода твердения. Наилучшие результаты получены при использовании добавок на основе модифицированных эфиров поликарбоксилатов («ViscoCrete®-3088» и «Glenium 51 FM»). Цементный камень с добавкой Glenium 51 FM имеет наибольшие значения предела прочности при сжатии (в возрасте 28 суток до 70 МПа). Это объясняется пластифицирующе-водоредуцирующей способностью добавок, позволяющей снизить расход воды (В/Ц снижается) который необходим для получения требуемой удобоукладываемой смеси. В результате в цементном тесте снижается объем межзернового пространства, что обеспечивает более тесный контакт между оболочками из гидратных продуктов на поверхности соседних зерен вяжущего, что способствует объединению их в более плотный и прочный конгломерат [3-5]. Установлено что добавка Glenium 51 FM обладает очень сильным водоредуцирующим эффектом в результате чего из-за пониженного В/Ц степень гидратации цемента может снижаться по сравнению с образцами из белого цемента без добавок. Добавку Glenium 51 FM рекомендуется использовать для литых смесей и самоуплотняющихся бетонов.

### Библиографический список

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников. – М.: Стройиздат. 1979. – 476 с.
2. Набиуллин Л.К., Потапов Е.Н. Влияние различных добавок на прочность белого цемента // Успехи в химии и химической технологии. Том XXIII. 2009. – №7. – С.30 – 34.
3. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона : монография. – М.: Казанский Государственный архитектурно-строительный университет : Издательство «Палеотип». 2006. – 244 с.
4. Касторных Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы учебно-справочное пособие / 2е изд. – Ростов н/д: Феникс. 2007. – 211 с.
5. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика- 2-е изд., перераб. и доп. – М. 1998. – 768 с.
6. Косухин М.М., Косухин А.М., Богачева М.А., Шаповалов Н.А. Изучение влияния различных по природе суперпластификаторов на реологию водных суспензии клинкерных минералов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. – №10. – С. 129 – 134.
7. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2017. – № 7. – С. 4 – 10.
8. Перцев В.Т., Леденев А.А., Ноаров В.Б., Халилбеков Я.З. Свойства цементных систем, модифицированных химическими и минеральными добавками// Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2017. – № 1 (14). – С. 49 – 52.
9. Артамонова О.В., Кукина О.Б. Исследование кинетики набора прочности модифицированного цементного камня // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2014. – № 2 (9). – С. 83 – 93.
10. Баранов Е.В., Шелковникова Т.И., Хорунжий Т.М. Модифицированный декоративный мелкозернистый бетон с до-бавкой пластификатором и наполнителем// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. – № 4. – С. 13 – 19.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГЛИНИСТОЙ ПОРОДЫ КАМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Тацки Л.Н., Ильина Л.В., Харитонов М.А., Филин Н.С.**

*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»  
(Сибстрин), г. Новосибирск, Россия*

*Аннотация. Дефицит качественного глинистого сырья представляет необходимость оценки используемых кирпичными заводами пород для производства продукции, отвечающей современным требованиям. В связи с ухудшением качества сырья представляет интерес определение изменчивости его гранулометрического состава по содержанию глинистых и песчаных фракций. Это дает основание определить возможные границы изменчивости гранулометрического состава глинистых пород.*

*Ключевые слова: глинистое сырье, ухудшение качества, гранулометрический состав, оценка изменчивости.*

Известно, что запасы качественного глинистого сырья для производства кирпича истощаются [1 – 3]. Вместе с тем повышаются требования к готовой продукции.

В г. Новосибирске основными производителями керамического кирпича являются ООО Кирпичный завод «ЛИКОЛОР», ОАО «ЗСМ-7» и ООО «Стройкерамика», работающие по технологии пластического формования.

Наибольшее содержание глинистых частиц (менее 5 мкм) присуще глинистым породам Верх-Тулинского месторождения, являющимся сырьем предприятия ООО Кирпичный завод «ЛИКОЛОР» (21,5 об. %) и минимальное – песчаных (6,2 об. %). Об ухудшении качества глинистого сырья Клешихинского месторождения, являющегося сырьевой базой ОАО «ЗСМ-7», свидетельствует то, что содержание глинистой фракции, составляющее в 1958 и 1965 г. 10,0 – 10,5 об. %, к 2008 г. Сократилось до 6,23 об. %. Порода отнесена к пылевой супеси [4].

Целью работы явилась оценка изменчивости гранулометрического состава глинистой породы Каменского месторождения.

Порода Каменского месторождения является сырьевой базой предприятия ООО «Стройкерамика». Заводская лаборатория с 2012 года постоянно каждые две недели определяет гранулометрический состав сырья по методу Б.И. Рутковского (таблица 1).

Таблица 1 – Гранулометрический состав глинистого сырья Каменского месторождения за период 2012 – 2018 г.г.

Год измерения	Полугодие измерения	Среднее арифметическое значение содержания фракций (об. %)		
		< 5 мкм (глинистые)	> 50 мкм (песчаные)	5 – 50 мкм (пылеватые)
2012	первое	13,73	7,03	79,24
	второе	13,74	7,21	79,05
2013	первое	13,39	6,70	79,91
	второе	14,01	6,80	79,19
2014	первое	15,75	6,66	77,59
	второе	14,50	6,87	78,63
2015	первое	13,74	7,70	78,56
	второе	14,50	6,87	78,63
2016	первое	12,25	7,68	80,13
	второе	13,65	8,18	78,17
2017	первое	13,29	10,00	76,71
	второе	13,62	6,88	79,50
2018	первое	13,47	7,48	79,05
	второе	13,36	7,61	79,03

Судя по тройной диаграмме В.В. Охотина, приведенные в таблице 1 результаты позволяют отнести сырье к легким пылеватым суглинкам. Выполнена обработка данных заводской лаборатории с целью оценки изменчивости гранулометрического состава (таблица 2). Среднее квадратическое отклонение вычислялось по известной формуле [5]:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum X^2}{n-1}}, \quad (1)$$

где:  $\sum X^2$  – сумма квадратов отклонений всех вариантов от среднего арифметического;  
 $n$  – число экспериментов в серии.

Вариационный коэффициент вычислялся по формуле:

$$v = \frac{100\sigma}{M}, \quad (2).$$

Таблица 2 – Изменчивость гранулометрического состава сырья Каменского месторождения

Год измерения	Полугодие измерения	Фракция < 5 мкм		Фракция > 50 мкм	
		среднее квадратическое отклонение, $\sigma_{<5}$ , %	вариационный коэффициент $v_{<5}$ , %	среднее квадратическое отклонение, $\sigma_{>50}$ , %	вариационный коэффициент $v_{>50}$ , %
2012	первое	3,99	29,06	2,68	38,12
	второе	2,17	15,79	3,70	51,32
2013	первое	2,45	18,30	4,07	31,30
	второе	2,12	15,13	2,08	30,59
2014	первое	3,62	22,98	2,45	36,79
	второе	3,01	20,76	4,79	69,72
2015	первое	2,43	17,69	3,07	39,87
	второе	2,45	17,04	5,10	47,22
2016	первое	2,94	24,00	3,88	50,90
	второе	2,35	17,22	3,23	39,49
2017	первое	2,51	18,89	4,47	44,70
	второе	1,97	14,46	2,31	33,58
2018	первое	1,55	11,51	3,49	46,65
	второе	1,48	11,08	2,50	32,85

Приведенные в таблице 2 результаты показывают, что глинистое сырье более однородно по содержанию глинистых фракций, чем по содержанию песчаных частиц.

В дальнейшем необходимо определить возможные границы изменчивости по содержанию глинистых и песчаных фракций, выход за которые может служить причиной необходимости перехода, например, на другой участок разработки карьера.

#### Библиографический список

1. Столбоушкин А.Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Томск: ТГАСУ, 2015. – 43 с.
2. Наумов А.А. К вопросу улучшения качества кирпича для действующих заводов полусухого прессования / А.А. Наумов, И.В. Тищенко, Н.Г. Гуров // Строительные материалы. – 2014. – № 4. – С.17 – 18.
3. Гуров Н.Г. Заводы керамических стеновых материалов III поколения как современная база жилищного строительства в Российской провинции // Строительные материалы. – 2011. – № 4. – С. 6 – 8.
4. Тацки Л.Н. вещественный состав глинистых пород Клещихинского месторождения / Л.Н. Тацки, С.В. Шишлянников, М.Н. Кайгородов // Современные проблемы производства и использования композиционных строительных материалов: сборник трудов Всероссийской конференции. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2009. – С. 193 – 195.
5. Леонтьев Н.Л. Техника статистических вычислений / Н.Л. Леонтьев. – М-Л: Гослесбумиздат, 1961. – 232 с.

**БЕТОН С КАРБОНАТНЫМ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕМ****Золотухина Н. В., Лукутцова Н. П., Боровик Е. Г.***ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»  
(БГИТУ), г. Брянск, Россия*

*Аннотация. Представлены результаты исследований влияния карбонатного микронаполнителя месторождения «Григориопольская шахта» Республики Молдова на среднюю плотность, прочность и морозостойкость бетона. Методом трехфакторного планирования эксперимента установлены зависимости свойств бетона от содержания цемента, карбонатного микронаполнителя и добавки MasterGlenium 116, что позволяет прогнозировать их значения при варьировании состава бетонной смеси.*

*Подтверждена возможность получения мелкозернистого бетона с прочностью 44,7 МПа, водопоглощением 1,3% и морозостойкостью F200 при содержании карбонатного микронаполнителя до 5%.*

*Ключевые слова: бетон, карбонатный микронаполнитель, планирование эксперимента, пластифицирующая добавка, прочность*

Поиск эффективных технологических решений неразрывно связан с использованием новых сырьевых материалов и добавок, регулирующих структуру и свойства бетонной смеси и бетона [1-3]. Это микромодификаторы и нанодобавки на основе: шунгита [4], метакаолина [5,6], диоксида титана [7]; микронаполнителей [8,9]; галлуазитовых нанотрубок [10] и другого экологически безопасного природного и техногенного сырья [11-13].

Среди условно инертных добавок в бетон, карбонатные добавки относятся к наиболее значимым. Карбонатные добавки имеют большой научно-практический интерес, запасы данных пород на территории Республики Молдова колоссальны, но мало востребованы и не имеют производственного значения.

Карбонатные отходы камнепиления горнодобывающих предприятий Республики Молдова представляют собой экологически чистый тонкодисперсный продукт, не требующий дополнительной обработки, в отличие от отходов дробления карбонатных пород при производстве щебня, которые используются для производства мелкозернистых карбонатных бетонов [14].

С целью использования карбонатного отхода месторождения «Григориопольская шахта» Республики Молдова, как минерального компонента бетонной смеси, было изучено его влияние на свойства бетона.

В качестве составляющих для приготовления мелкозернистой бетонной смеси применялись следующие сырьевые материалы: бездобавочный нормальнотвердеющий портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н (АО «Мальцовский портландцемент», г. Фокино, Брянская обл.); карьерный кварцевый песок с модулем крупности 2,87 мм (Смоленская обл.); затворяющая жидкость – водопроводная вода (МУП «Брянский городской водоканал», г. Брянск); микронаполнитель – отходы камнепиления ГУП «Григориопольская шахта», Республика Молдова (табл.1); пластификатор MasterGlenium 116 - высоководоредуцирующая, добавка на основе эфира поликарбоксилата для производства железобетонных изделий и высокопрочных бетонов (Германия).

Оптимизация составов мелкозернистого бетона с применением известнякового микронаполнителя и добавки суперпластификатора MasterGlenium 116 проводилось методом трехфакторного планирования эксперимента с обработкой результатов и построением номограмм с помощью компьютерных программ UROFRY и SigmaPlot.

В качестве факторов, влияющих на производственный состав бетона для изготовления изделий заданной номенклатуры, выбраны следующие: содержание цемента ( $C = x_1$ ), известнякового микронаполнителя ( $I = x_2$ ), пластификатора ( $P = x_3$ ). Значения выбранных факторов, используемых для проектирования исходного производственного состава бетона, приняты за нулевой уровень (0). При этом за нижний (-1) и верхний (+1) уровни факторов

приняты значения, отстоящие от нулевого уровня на одинаковую величину, называемую интервалом варьирования. Для цемента (Ц, кг) интервал варьирования 200 (200, 400, 600 кг); для известняка (И, %) интервал варьирования 5 (0, 5, 10 %), для пластификатора (П, %) интервал варьирования 0,5 (0, 5, 1 %). Выбор факторов и интервалов варьирования осуществляется, исходя из технико-экономической целесообразности и выявления их рациональных значений, обеспечивающих оптимальный производственный состав мелкозернистого бетона по эффективному расходу сырьевых материалов (портландцемента, песка, воды, микронаполнителя и добавки) на приготовление одного кубометра бетонной смеси.

Таблица 1. Характеристики карбонатного микронаполнителя

Наименование показателя, единица измерения	Значение
Химический состав, % по массе	CaO – 53,6
	MgO – 1,28
	SiO <sub>2</sub> – 18,8
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0,17
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0,1
	Na <sub>2</sub> O – 0,31
	K <sub>2</sub> O – 0,47
	SO <sub>3</sub> – 0,46
	п.п.п. 25,82
Водопоглощение, %	18,8
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1580
Коэффициент размягчения	0,83
Теплопроводность, Вт/м К	0,57
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг, не более	50,7

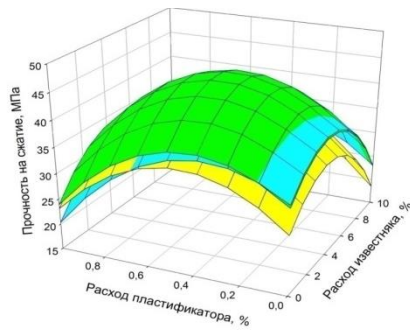
Из номограмм, представленных на рисунках 1 – 6, следует, что при минимальном расходе портландцемента, равном 200 кг, увеличении количества известнякового микронаполнителя от 0 до 5 % и пластификатора от 0 до 0,5 % прочность бетона при сжатии в возрасте 28 суток возрастает от 26,5 до 42,9 МПа, т.е. на 38,2 %.

При среднем расходе цемента, равном 400 кг, увеличении количества известнякового микронаполнителя от 0 до 5 % и пластификатора от 0 до 0,5 % прочность бетона при сжатии возрастает от 31,5 до 45,5 МПа, т.е. на 30,8 %.

Максимальный расход цемента, равный 600 кг при увеличении количества известнякового микронаполнителя от 0 до 5 % и пластификатора от 0 до 0,5 % прочность бетона при сжатии возрастает от 32,1 до 43,8 МПа, то есть на 26,7 %;

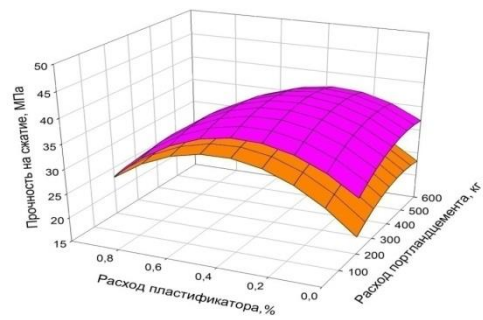
При среднем расходе портландцемента, увеличение содержания известнякового микронаполнителя от 0 до 5 % и пластификатора от 0 до 0,5 % средняя плотность возрастает незначительно от 2332 до 2341 кг/м<sup>3</sup>. В то же время, увеличение известняка от 5 до 10 % и пластификатора от 0,5 до 1 % способствует дальнейшему росту средней плотности от 2310,6 до 2337 кг/м<sup>3</sup>.

По результатам математического планирования эксперимента, можно сделать вывод о том, что для получения бетона с прочностью на сжатие 44,7 МПа и средней плотностью 2370 кг/м<sup>3</sup>, следует использовать состав бетонной смеси с расходом портландцемента – 400 кг, содержанием известнякового микронаполнителя – 5 % и добавки пластификатора – 0,5 % от массы вяжущего вещества.



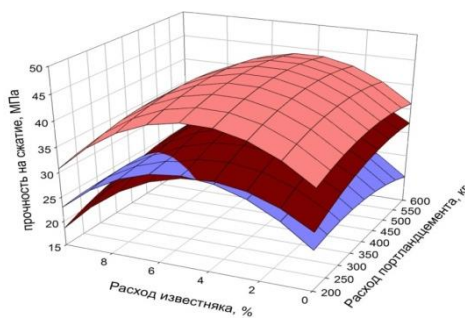
■ Расход портландцемента = 200 кг  
 ■ Расход портландцемента = 600 кг  
 ■ Расход портландцемента = 400 кг

Рисунок 1 – Номограмма прочности бетона с карбонатным микронаполнителем на сжатие при фиксированном содержании цемента



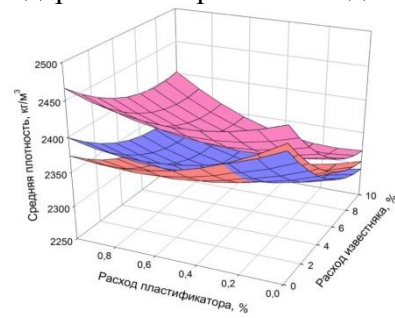
■ Расход известняка = 0 %  
 ■ Расход известняка = 5 %  
 ■ Расход известняка = 10 %

Рисунок 2 – Номограмма прочности бетона с карбонатным микронаполнителем на сжатие при фиксированном содержании карбонатной добавки



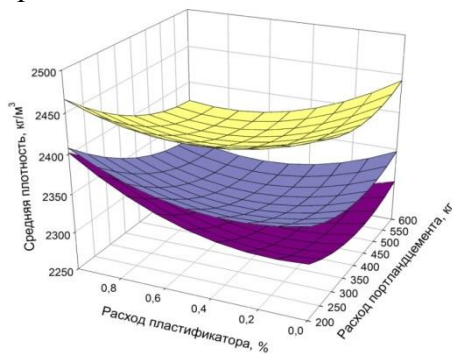
■ Расход пластификатора = 1 %  
 ■ Расход пластификатора = 0,5 %  
 ■ Расход пластификатора = 0 %

Рисунок 3 – Номограмма прочности бетона с карбонатным микронаполнителем на сжатие при фиксированном содержании пластификатора



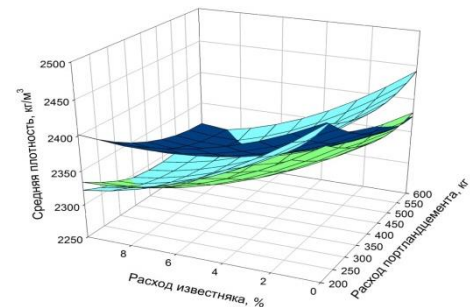
■ Расход портландцемента = 200 кг  
 ■ Расход портландцемента = 400 кг  
 ■ Расход портландцемента = 600 кг

Рисунок 4 – Номограмма средней плотности при фиксированном содержании цемента



■ Расход известняка = 0 %  
 ■ Расход известняка = 5 %  
 ■ Расход известняка = 10 %

Рисунок 5 – Номограмма средней плотности при фиксированном содержании карбонатного микронаполнителя



■ Расход пластификатора = 0 %  
 ■ Расход пластификатора = 1 %  
 ■ Расход пластификатора = 0,5 %

Рисунок 6 – Номограмма средней плотности при фиксированном содержании пластификатора

На основе выбранного состава бетонной смеси с известняковым микронаполнителем и добавкой MasterGlenium 116 были проведены исследования по определению водопоглощения и морозостойкости бетона. Водопоглощение мелкозернистого бетона с карбонатным микронаполнителем составило 1,3%, при этом образцы выдержали 5 циклов испытаний по третьему ускоренному методу, что соответствует марке бетона по морозостойкости F 200.

Таким образом, установлена возможность использования карбонатного микронаполнителя месторождения «Григориопольская шахта» Республики Молдова в качестве компонента мелкозернистого бетона при его содержании до 5%.

Методом трехфакторного планирования эксперимента получены зависимости прочности и средней плотности мелкозернистого бетона через 28 суток твердения от содержания цемента, карбонатного микронаполнителя, добавки MasterGlenium 116, что позволяет прогнозировать их значения при варьировании состава бетонной смеси.

### Библиографический список

1. Баженов Ю.М., Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Исследование наномодифицированного мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ. 2010. № 4-2. С. 415 – 4202.
2. Lukuttsova N. Water films (nanofilms) in cement concrete deformations // IJAER. 2015. Т. 10. № 15. С. 35120 – 35124.
3. Лукутцова Н.П. Наномодифицированные композиционные строительные материалы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах. Матер. 4-й междунар. научно-практич. конф. посв. 55-летию строительного факультета и 85-летию БГИТУ. 2015. С. 94 – 100.
4. Анализ влияния параметров ультразвукового диспергирования на размер, устойчивость, морфологию и состав частиц наномодификатора для бетона на основе шунгита /Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Дегтерев Е.В. и др. // Строительство и реконструкция. 2013. № 5 (49). С. 62 – 72.
5. Кинетические модели для оценки агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок к бетону и раствору /Лукутцова Н.П., Кулеш И.А., Антоненкова О.Е. и др. // Строительство и реконструкция. 2015. № 1 (57). С. 130 – 136.
6. Lukuttsova N.P., Pykin A.A. Stability of nanodisperse additives based on metakaolin // Glass and Ceramics. 2015. № 11-12. С. 383 – 386.
7. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана /Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Соболева Г.Н. и др. // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 5 – 8.
8. Suleymanova L.A., Kara K.A., Suleymanov K.A. and etc. The topology of the dispersed phase in gas concrete // MiddleEastJournalofScientificResearch. 2013. Т. 18. № 10. С. 1492 – 1498.
9. Бетон с микронаполнителем на основе волластонита /Лукутцова Н.П., Карпиков Е.Г., Пинчукова И.Н. и др. // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании. Междунар. научн. конф. М., 2015. С. 499 – 504.
10. Лукутцова Н.П., Головин С.Н. Агрегативная устойчивость водных суспензий галлазитовых нанотрубок // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 4 – 10.
11. Лукутцова Н.П., Кожухар В.М. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8 (548). С. 70 – 75.
12. Энергоэффективная технологическая линия производства нанодисперсной добавки для бетонов /Лукутцова Н.П., Ахременко С.А., Дегтярев Е.В., Пыкин А.А. Патент на полезную модель РФ № 108033 07.04. 2011
13. Горностаева Е.Ю., Лукутцова Н.П. Получение древесно-цементных композиций с улучшенными физико-техническими показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 44 – 46.
14. Куляев П. В., Соколов Р. В. Тонкомолотый известняк в производстве эффективных бетонов // Научные технологии и инновации. Научно-практич. конф. посв. 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 259 – 262.



## НЕАВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН С НИЗКОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ

Игнатова О.А., Екименко М.А.

ФГБОУ ВО «Новосибирский Государственный архитектурно-строительный университет»  
(Сибстрин). г. Новосибирск, Россия

*Аннотация.* Обоснована возможность получения неавтоклавного газобетона с добавлением алюмосиликатных микросфер и золы ТЭЦ. Разработаны технологические приемы производства газобетона с улучшенными свойствами. Применение алюмосиликатных микросфер как структурирующей добавки позволяет повысить прочность, улучшить теплофизические характеристики. Рассчитаны экономические показатели полученного состава.

*Ключевые слова:* газобетон, алюмосиликатные микросферы, зола ТЭЦ, снижение теплопроводности

Производство неавтоклавных газобетонов (НГБ), в том числе малыми предприятиями – динамично развивающееся направление в использовании стеновых материалов. Однако специфика технологии такого бетона требует применения молотого песка, химических добавок и сложных и энергоемких решений.

По большинству показателей неавтоклавный газобетон уступает автоклавному, в т.ч. по стабильности показателей. Высокий спрос у потребителей определяется более низкой стоимостью (таблица 1).

Таблица 1 – Технические показатели для разных видов газобетона

Наименование показателей	Значения технических показателей для разных видов ячеистого бетона	
	Автоклавный газобетон	Неавтоклавный газобетон
Марка по плотности	D400-600	D500-700
Предел прочности при сжатии, МПа	2,5...4,9	1,5...2,5
Коэф. теплопроводности, $\lambda$ , Вт/м <sup>°C</sup>	0,11-0,15	0,14...0,19

Неавтоклавные ячеистые бетоны изготавливаются в основном при использовании портландцемента и его разновидностей при их повышенном содержании. Именно процессы схватывания и твердения цемента, в присутствии компонентов ячеистой массы, определяют минеральный состав новообразований и свойства готовых изделий.

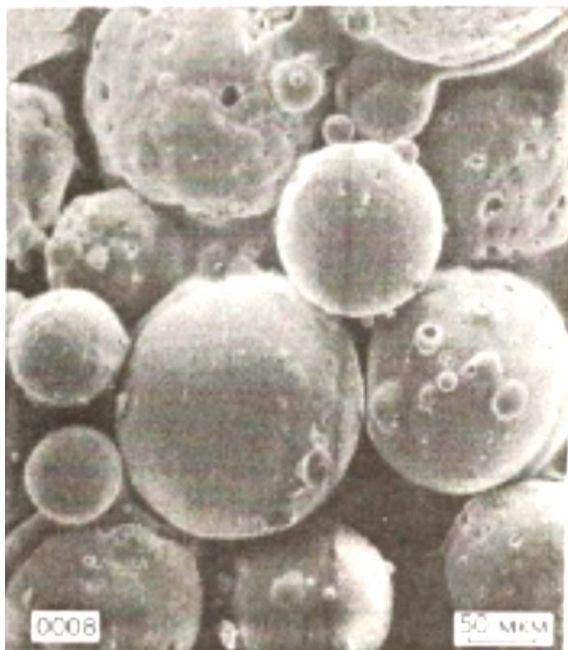
Ячеистый бетон должен обладать структурой, в которой сочетается высокое содержание газовой фазы с плотным и прочным каркасом. Формирование плотной и однородной структуры является обязательным условием получения прочных НГБ с требуемой средней плотностью.

В работе разработана технология неавтоклавного газобетона на основе отходов ТЭЦ, которая обеспечивает получение материала с высокими строительно-техническими свойствами по технологии, не требующей помола и других, сложных для малых производств переделов.

В неавтоклавном газобетоне в качестве кремнеземистого компонента желательно применять не кристаллический, а аморфный кремнезем. Среди отходов производства наиболее богаты аморфным кремнеземом золы и шлаки ТЭЦ. Широкое применение получили кислые золы, которые в основном состоят из гидравлически активных алюмосиликатов [1]. Зола-унос Кузнецких углей относится к кислому компоненту и не обладает вяжущими свойствами. Поэтому с целью ее активации нами предлагается использовать на начальном этапе интенсивное перемешивание золы с известью в виде гидроокиси кальция. Предварительная обработка золы при активном перемешивании с насыщенным раствором гидроксида кальция позволяет, с одной стороны, активизировать частицы золы, т.к. на их поверхности образуется устойчивая пленка гидроксида кальция, способствующая растворению кремнеземистой со-

ставляющей, и более активному ее участию в химическом взаимодействии с гидроксидом кальция с образованием низкоосновных гидросиликатов [2].

Для приготовления ячеистобетонной смеси гашеная известь, зола-унос и 50 % воды (от общего количества воды затворения) с температурой 70 – 80 °С активно перемешиваются в мешалке 5 – 10 минут. При этом создается тесный контакт между зернами золы и извести. На поверхности золы-уноса образуется пленка гидроксида кальция, что приводит к химической активации частиц золы. Далее, добавляется портландцемент и гипс для стабилизации формовочной ячеистобетонной массы и снижения осадочных явлений сформованных изделий, и оставшееся количество воды.



Диаметр пор стандартного газобетона колеблется от 1 до 3 мм, что не позволяет получить изделия с более низкой теплопроводностью и высокой прочностью. Для решения данной проблемы предложено использовать алюмосиликатные микросферы с фракционным составом от 20 до 500 мкм. Микросферы – полые алюмосиликатные шарики, заполненные азотом и двуокисью углерода, образуются в составе летучей золы при высокотемпературном факельном сжигании (рисунок 1, таблица 1). Насыпная плотность микросфер 300 – 450 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности – 0,08 – 0,20 Вт/(м·°С).

Рисунок 1 – Микросферы

Таблица 2 – Химический состав золы-уноса и микросфер

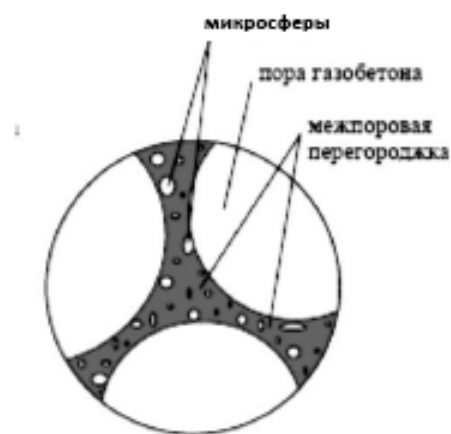
Материал	Содержание оксидов, %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	п.п.п.
Зола-унос	56,5	33,5	1,4	4,52	1,12	0,2	0,14	2,63
Микросферы	50 - 65	25 - 35	0,2 - 6	2,5 - 10	0,5 - 2	-	0,3 - 4,0	0,1 - 2,0

Фактором, обеспечивающим технико-экономические преимущества предложенного состава газобетона, являются параметры заполнителя – полых алюмосиликатных микросфер. Сферическая форма частиц способствует формированию плотноупакованной структуры полых сфер заполнителя в объеме материала, которая определяет его среднюю плотность и прочность. Низкий коэффициент теплопроводности микросфер позволяет использовать их в качестве эффективного микрозаполнителя для улучшения пористой структуры газобетона. Для создания прочных газобетонов важно, чтобы увеличение доли газовой фазы в объеме материала сопровождалось высокой плотностью упаковки частиц основных компонентов [3]. Очевидно, что определяющим фактором, влияющим на закрытую поровую структуру и среднюю плотность ячеистых бетонов, является количество полых микросфер, их распределение и сохранение целостности (рисунок 2).

Для сохранения целостности микросфер, в приготовленную смесь, состоящую из кремнеземистого компонента и вяжущего, их вводили в конце смешения, вместе с водно-алюминиевой суспензией при непрерывном перемешивании массы в течение 5 минут. Температура ячеистобетонной смеси составляла 35-40°С.

Микрофотография структуры газобетона, полученная в оптическом микроскопе с увеличением x500, показывает, что сферы микрометрического размера достаточно равномерно распределяются по объему материала и сохраняют оболочку неповрежденной.

Рисунок 2 – Модель структуры неавтоклавного газобетона с микросферами



Данные по составам смесей и физико-механические свойства полученного неавтоклавного газобетона представлены в табл.3, 4.

Таблица 3

Компоненты	Содержание, % (мас.)
Портландцемент	30 - 34
Зола-унос	18 - 22
Гашеная известь (порошок)	3 - 4
Полуводный гипс	0,4 - 0,5
Алюмосиликатные микросферы	6 - 10
Алюминиевая пудра	0,02 - 0,1
Вода	37 - 42

Таблица 4 – Характеристики разработанных составов неавтоклавного газобетона

Средняя плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Пористость, %		Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/м <sup>0</sup> С
		$P_{\text{общ}}$	$P_{\text{откр}}$	
430 – 620	1,5 – 3,5	83 – 70	58 – 40	0,098 – 0,133

Таким образом, применение алюмосиликатных микросфер как структурирующей добавки газобетона даёт ряд несомненных преимуществ: повышение прочности при сжатии, снижение плотности; улучшение теплофизических характеристик. При этом сводные затраты при малоэтажном строительстве из блоков разработанного состава в среднем на 34% меньше, по сравнению со стандартными, за счет меньшей толщины.

### Библиографический список

1. Митина Н. А. Получение прочного неавтоклавного газобетона путем регулирования состава и свойств исходных смесей : диссертация ... кандидата технических наук : 05.17.11. – Томск, 2003. – 213 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/3929-
2. Завадский, В.Ф. Новый вид наполнителя для ячеистого бетона / В.Ф. Завадский, Г.Н. Фомичева, И.В. Камбалина // Строительные материалы. – 2004. – №7. С. 60 – 61.
3. Иноземцев А.С. Средняя плотность и пористость высокопрочных легких бетонов // Инженерно-строительный журнал, №7, 2014. С.31 – 37.

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ГЛИНЫ КАМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Маметьев П.А., Шоева Т.Е.

ФГБОУ ВО «Новосибирский Государственный архитектурно-строительный университет»  
(Сибстрин). г. Новосибирск, Россия

*Аннотация:* Приведены результаты экспериментальных исследований по определению влияния количества добавки альбитофира на физико-механические свойства и состав керамического черепка. Установлено, что изменение физико-механических зависит от увеличения фазы анортита.

*Ключевые слова:* альбитофир, предел прочности при сжатии, водопоглощение, средняя плотность, анортит

В Новосибирской области высокие показатели по добыче общераспространённых полезных ископаемых – 11179,6 тыс. м<sup>3</sup> [1, с. 69], что приводит к ухудшению экологической ситуации. В поселке Горный Тогучинского района добыча и камнедробление магматических пород на ОАО «Каменный карьер» сопровождается образованием дисперсных отходов, которые осаждаются в циклонах и требуют утилизации. Содержание фракции размером 0,71-0,04 мм составляет около 73 %. Данный отход относится к группе кислых эффузивных пород щелочного ряда - альбитофиру. Содержание щелочных оксидов (R<sub>2</sub>O) в нем составляет около 6 % [2, с. 46]. Учитывая высокую дисперсность и химический состав, альбитофир может использоваться как добавка, улучшающая спекаемость керамического черепка. Однако введение корректирующих добавок требует определения оптимального их содержания.

Целью данной работы явилось изучение изменения свойств керамического черепка от количества вводимой добавки.

В качестве основного компонента использовалось глинистое сырье Каменского месторождения, которое относится к группе легкоплавких, трудно спекаемых с высоким содержанием карбонатных включений [3, с. 16]. По химическому составу, мас. %: SiO<sub>2</sub> – 64,6; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14,36; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,52; CaO – 5,52; MgO – 1,36; R<sub>2</sub>O – 3,76; п.п.п. – 6,69, оно относится к полуокислым, с высоким содержанием красящих оксидов [4, с. 2], что придает изделиям после обжига окраску красного цвета. По количеству грубых включений порода относится к группе с низким их содержанием; по числу пластичности – к умеренно пластичному; по количеству глинистых (15,86 %), пылеватых (49,14 %) и песчаных частиц (35 %) – к пылеватым суглинкам [5, с. 13]. По минеральному составу глинистое сырье относится к группе монтмориллонитово-гидрослюдистой. Так же отмечается присутствие кварца, кальцита, индиалита, мусковита, альбита, хлорит-серпентина [6, с 10].

Оценку влияния добавки проводили на образцах, в состав шихты которых вводили альбитофир в количестве 5 и 10 % по сухой массе сверх 100 % суглинка. За контрольный принят состав, состоящий только из Каменского суглинка и воды. Каждую шихту тщательно перемешивали и методом полусухого прессования готовили образцы-цилиндры, влажность пресс-порошка составляла 12 %. Были приняты следующие технологические режимы: прессование осуществляли двухступенчато с выдержкой при максимальном давлении 20 МПа в течение 30 с, обжиг образцов производили в муфельной печи при максимальной температуре 1000 °С с изотермической выдержкой в течение одного часа. Охлаждение образцов осуществлялось в печи естественным путем.

Физико-механические свойства полученного материала оценивали по стандартным для керамических материалов методикам. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Из данных таблицы видно, что введение 5 % альбитофира способствует увеличению средней плотности обожжённого черепка на 2,1 %, предела прочности при сжатии на 15,8 % и коэффициента конструктивного качества на 14 % по сравнению с контрольным образцом. Уменьшение водопоглощения составляет 2 %. Дальнейшее увеличение содержания добавки до 10 % в составе шихты приводит к обратному снижению показателей.

Таблица 1 – Физико-механические свойства керамического черепка

Состав шихты	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> [7, с. 3]	Предел прочности при сжатии, МПа [8, с. 14]	Водопоглощение, % [7, с. 1]	Коэффициент конструктивного качества, [9, с. 89]
Каменный суглинок	1,86	35,97	13,5	19,34
Каменный суглинок +5% альбитофира	1,90	42,73	13,24	22,49
Каменный суглинок +10% альбитофира	1,87	35,36	13,75	18,91

Сравнительный анализ изменения водопоглощения образцов после обжига с разным содержанием альбитофира (рисунок 1) показывает, что в интервале температур 900–1000 °С в основном идет процесс твердофазового спекания. С 1000 °С до 1050 °С спекание происходит с образованием жидкой фазы, что способствует снижению водопоглощения, а при температуре 1100 °С образуется пережог. Из графика видно, что количество введенного альбитофира практически не влияет на спекание керамического черепка.

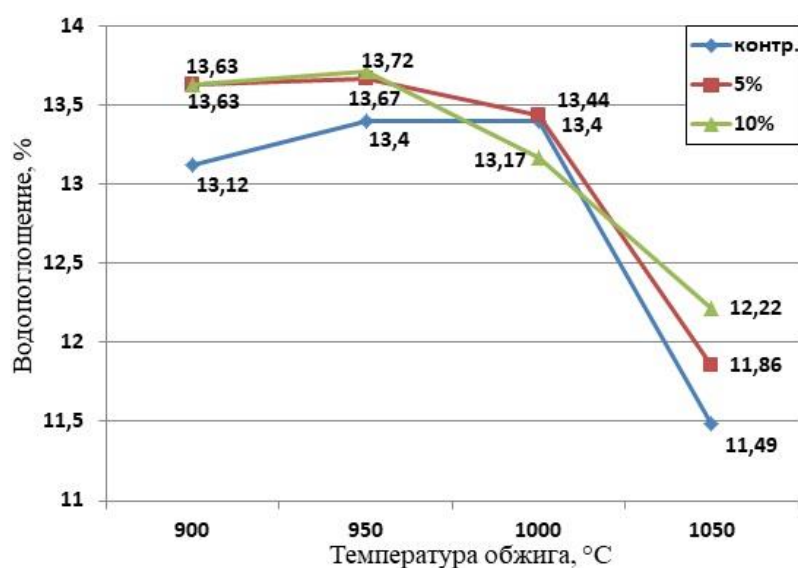


Рисунок 1 – Степень спекания керамического черепка от количества добавки

Изменение физико-механических свойств керамических черепков связано с прочностными свойствами минералов, образующихся в их составе. Количественное и качественное изменение соотношения минеральных фаз определяли методом порошковой дифракции с использованием дифрактометра D8 Advance. Результаты анализа приведены на рисунке 2 и в таблице 2.

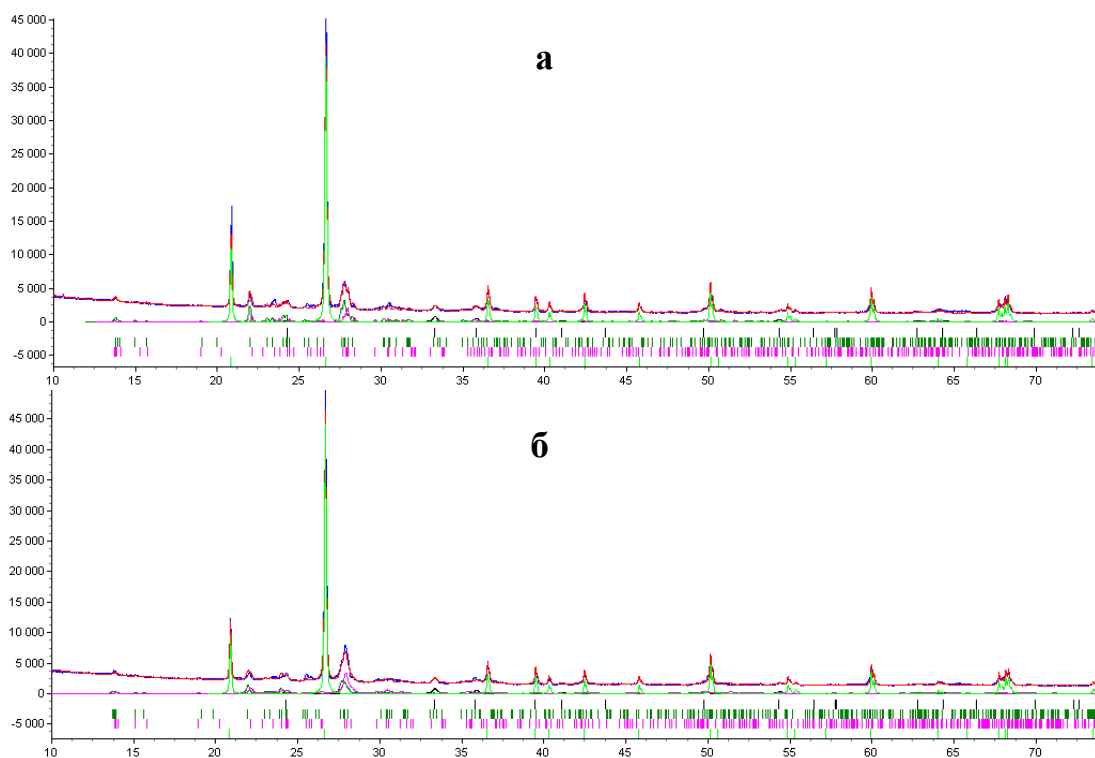
Таблица 2 – Минеральный состав керамических черепков

Состав шихты	Гематит	Альбит	Анортит	Кварц
100% глина	4±1	26±2	11±2	59±3
Глина + 5% альбитофира	4±1	20±2	26±3	51±3

Как следует из данных, представленных в таблице 2, введение альбитофира не приводит к образованию новых фаз, а оказывает влияние лишь на их количественное соотношение. Введение 5 % альбитофира способствует увеличению образования анортита, почти в два раза, с одновременным уменьшением альбита и кварца. Образовавшийся анортит имеет большую плотность, чем альбит и кварц [10] (таблица 3), и может заполнять поры, тем самым увеличивая плотность и прочность керамического черепка.

Таблица 3 – Плотность минералов, входящих в состав исследуемого материала

Минерал	Кварц	Анортит	Альбит	Гематит
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2600–2650	2740–2760	2,600-2,650	5260
Твердость по шкале Мооса	7	6–6,5	6–6,5	5–6



а – 100 % глина; б – глина + 5 % альбитофира

Рисунок 2 – Дифрактограммы керамического черепка

Таким образом, установлено, что введение добавки альбитофира в количестве 5% способствует изменению количества фаз – увеличению образования анортита в составе керамического черепка, что в свою очередь улучшает физико-механические свойства керамического черепка. Ухудшение свойств керамики при введении добавки в количестве 10 % требует проведения дополнительных исследований.

### Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2018 году». – Новосибирск, 2019 – 163 с. - <https://dlh.nso.ru/page/2245>
2. Завадский В.Ф. Поризованная строительная керамика / В.Ф. Завадский, Н.Б. Путро; Новосиб. гос. архитектурно-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ, 2005. – 100 с.
3. Тацки Л. Н., Машкина Е. В. Керамический кирпич на основе глинистого сырья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2007. – № 12. – С. 16-17.
4. ГОСТ 9169-75. Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация: введ. 01.07.1976. - Москва: Изд-во стандартов, 2016. – 5 с.
5. Кучерова Э.А. Строительная керамика: учеб. пособие / Э.А. Кучерова, Л.Н. Тацки ; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2007. – 56 с.
6. Шоева Т.Е. Оценка влияния добавки альбитофира на свойства керамического черепка // Современное строительство и архитектура. – 2018. – № 1. – С. 10-12.
7. ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости: введ. 01.07.1991. – Москва: Изд-во стандартов, 2006. – с. 12.
9. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия: введ. 01.07.2013. – Москва: Изд-во стандартов, 2016. – с. 24.
10. Лабораторный практикум по строительным материалам: учебное пособие / под ред. О. А. Игнатовой, Л. В. Ильиной. Новосибирск: НГАСУ, 2014. – 200 с.
11. Все о геологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geo.web.ru/>

## ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДОВ НА ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТОВ С РАЗНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ АЛЮМИНАТОВ

**Овчаренко Г.И., Волобуева А.Ю., Хукаленко М.В.**

*ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет» им. И. И. Ползунова,  
г. Барнаул, Россия*

*Аннотация. Марочная прочность камня из общестроительного цемента с расчетным содержанием алюмината 8,6 % при добавлении 0,5 – 5,0 % добавок хлоридов кальция, никеля, железа и алюминия увеличивается на 30-40 %, в то время как такая же прочность камня из цемента для транспортного строительства, с содержанием алюмината около 6 %, увеличивается на 10-20 %. В то же время, скорость набора прочности в присутствии добавок указанных хлоридов выше на низкоалюминатном дорожном цементе. Максимальный прирост марочной прочности показывает хлорид алюминия, который обеспечивает синтез большего количества гидроклоралюмината кальция.*

*Ключевые слова: цемент, содержание алюмината, добавки хлоридов, прочность камня.*

Типичным ускорителем схватывания и твердения цемента является  $\text{CaCl}_2$ . Исследованию влияния этого хлорида на кинетику гидратации, фазообразование, морфологию продуктов гидратации, свойства бетонов с его применением посвящено множество работ. Собственные исследования авторов и обобщение других работ изложены в [1 – 3].

Главные выводы по отмеченным публикациям сводятся к следующим:

- типичная дозировка добавки  $\text{CaCl}_2$ , как правило, не превышает 2 – 4 % от массы цемента;
- при такой концентрации в цементном тесте добавка образует аналог AFm фазы в виде моногидроклоралюмината кальция ( $\text{MГХАК}$ )  $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ;
- добавка  $\text{CaCl}_2$  ускоряет растворимость, тепловыделение и гидратацию силикатов клинкера алита и белита, изменяет морфологию, но не состав C-S-H;
- совокупное влияние добавки увеличивает прочность цементных бетонов особенно в раннем возрасте.

В более поздних обобщениях Х. Тейлор [4] уточнил, что гидроклоралюминат  $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  не образуется до полного связывания алюминатом клинкера сульфат-иона. То есть, вначале образуется классический AFt (эттрингит) –  $\text{ТГСАК}$ , а затем оставшийся алюминат и алюмоферрит образуют  $\text{MГХАК}$ .

Кроме формирования фазы  $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , оставшиеся хлорид ионы находятся либо в поровой жидкости, либо в межслоевом пространстве C-S-H.

Х.Тейлор приводит ряд активности растворимых солей - ускорителей (ранжирующий ряд) с разными катионами и анионами, где  $\text{CaCl}_2$  занимает первое место по активности ускорения гидратации и твердения. Действие хлоридов солей трехвалентных металлов на активизацию указанных процессов в литературе анализируется редко [5], так же как и влияние состава цементов по содержанию алюмината в клинкере.

В связи с этим, целью данного исследования является оценка прочности цементов с разным содержанием алюмината в клинкере с добавками хлоридов двух- и трехвалентных металлов.

В работе использовали цемент для транспортного строительства (назван дорожным) по ГОСТ Р 55224-2012 ЦЕМ I 42,5Н с расчетным содержанием  $\text{C}_3\text{A}$  около 6 % и общестроительный портландцемент по ГОСТ 31108-2016 ЦЕМ I 42,5 с расчетным содержанием алюмината 8,6 %. В качестве хлоридов использовали соли  $\text{CaCl}_2$ ;  $\text{NiCl}_2$ ;  $\text{AlCl}_3$ ;  $\text{FeCl}_3$ . Хлориды вводились в цемент с водой затворения с расходом 0,25; 0,5; 1,0; 3,0 и 5,0 % от массы цемента при В/Ц=0,34. Из теста изготавливали образцы размером 2х2х2 см., которые твердели в нормальных условиях и испытывались на прочность при сжатии после 3; 7 и 28 суток.

Из рисунков 1 и 2 видно, что усредненные прочности при дозировках добавок от 0,5 до 5 % существенно зависят от вида клинкера: низкоалюминатный дорожный цемент дает меньший прирост марочной прочности по сравнению с алюминатным общестроительным. При этом хлориды трехвалентных металлов и никеля более эффективны, чем  $\text{CaCl}_2$ .

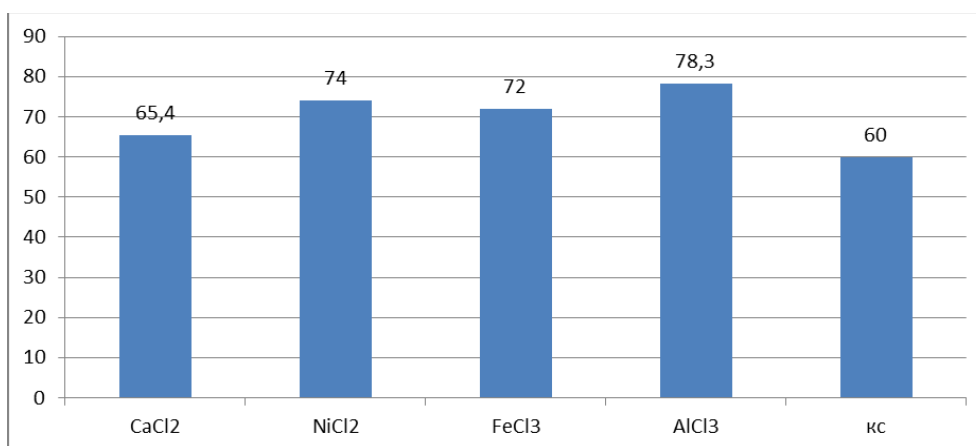


Рисунок 1 – Влияние добавок-хлоридов на прочность (МПа) цементного камня из дорожного цемента в 28 суток в сравнении с контрольным составом (кс). Приведены усредненные прочности по всем дозировкам добавок.

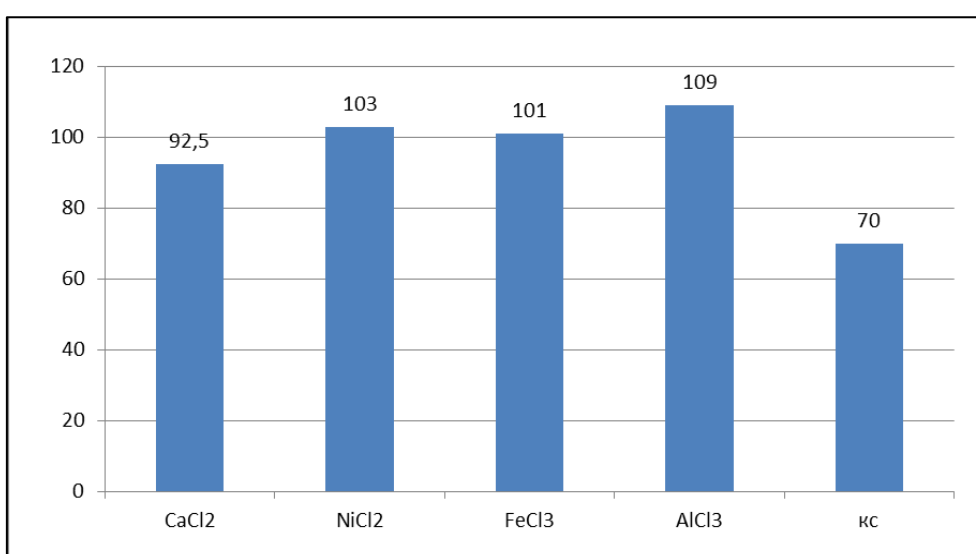


Рисунок 2 – Влияние добавок-хлоридов на прочность (МПа) цементного камня из общестроительного цемента в 28 суток в сравнении с контрольным составом (кс).

Если же рассмотреть темпы набора прочности под влиянием хлоридов, то картина меняется на противоположную. На примере добавки NiCl<sub>2</sub> видно (рисунки 3, 4), что темпы набора прочности на дорожном цементе в 3 и 7 суток существенно выше, чем на общестроительном.

Следует отметить, что в среднем хлориды повышают 28-суточную прочность камня в дорожном цементе на 20 %, а в алюминатном общестроительном – на 40 %. Так же отмечается большее влияние на прочность хлоридов никеля, железа и алюминия, чем кальция. Так, если CaCl<sub>2</sub> повышает прочность камня из алюминатного цемента на 25 %, то AlCl<sub>3</sub> – на 46 %. Хлорид алюминия повышает марочную прочность больше, чем другие хлориды. Это можно объяснить образованием большего количества моногидрохлоралюмината кальция (МГХАК) -  $C_3A \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$  в его присутствии, т.к., реагируя с портландитом, AlCl<sub>3</sub> даст дополнительное количество исходных компонентов для образования МГХАК. Учитывая, что этот минерал химически связывает 10 молей H<sub>2</sub>O, объем твердой фазы в камне значительно увеличивается и его прочность повышается.

Однако роль катионов никеля и железа остается не известной. Если катионы железа могут встраиваться в AFt и AFm фазы, то по вопросу катионов никеля информация отсутствует. Помимо AFt и AFm фаз, все эти катионы могут встраиваться и в C-S-H фазу. Но конкретные варианты встраивания требуют исследования.

Введение хлоридов указанных металлов по методике повторного добавления через гидратированный цемент [5], по нашим экспериментальным данным дает эффект прироста прочности только в случае хлорида железа и не более 10 %.



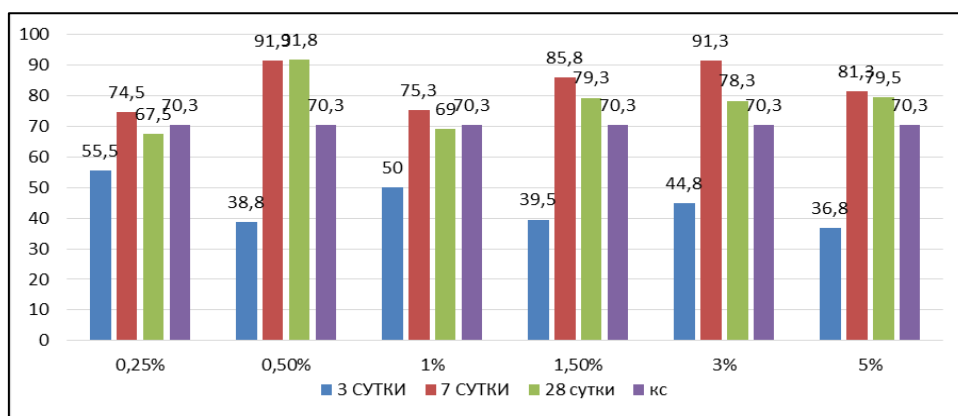


Рисунок 3 – Темпы набора прочности цементным камнем с добавкой NiCl<sub>2</sub> на дорожном цементе

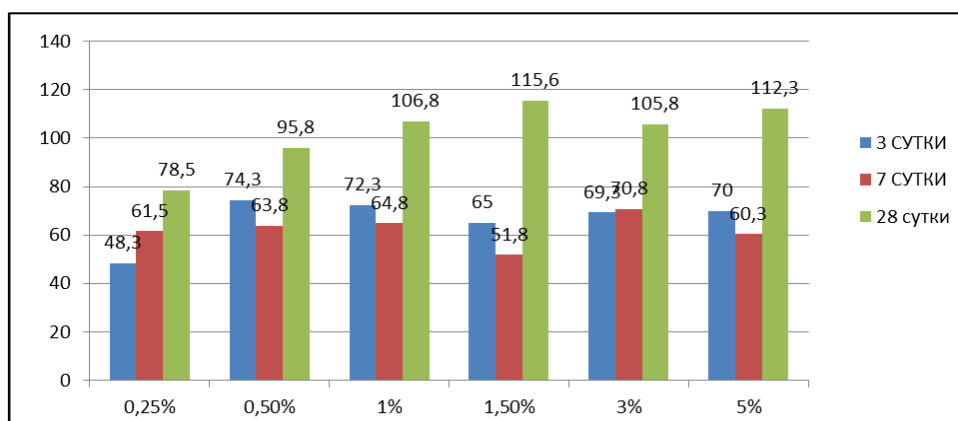


Рисунок 4 – Темпы набора прочности цементным камнем с добавкой NiCl<sub>2</sub> на общестроительном цементе

### Выводы

1. Ранняя и 28-суточная прочность камня с добавками хлоридов кальция, никеля, железа и алюминия существенно зависит от содержания алюмината в клинкере. Чем выше его содержание, тем сильнее проявляется эффект добавок в 28 суток. Разница в эффектах составляет 20 – 30 %. Но чем ниже содержание алюмината в клинкере, тем выше эффект ускорения твердения цемента.

2. Эффект от добавок хлоридов никеля, трехвалентных железа и алюминия выше, по сравнению с хлоридом кальция в марочном возрасте, но темпы твердения с хлоридом кальция высоки как для низко, так и для среднеалюминатного цемента.

3. Наибольший прирост прочности обеспечивает добавка хлорида алюминия. Это объясняется дополнительным образованием МГХАК  $C_3A \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$ , увеличением доли твердой фазы за счет большого количества (10H<sub>2</sub>O) связывания воды.

### Библиографический список

1. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М: Стройиздат, 1973. – 207с.
2. Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение/ пер с англ. Т.И. Розенберг, Ю.Б.Ратиновой; Под ред. В.Б.Ратинова. – М.: Стройиздат, 1986. – 278с. – 500 с.
3. Добавки в бетон: Справ. Пособие / В.С.Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, Коллепарди и др.; Под ред. В.С.Рамачандрана; Пер с англ. Т.И. Розенберг; под ред. В.Б. Ратинова. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
4. Тейлор Х. Химия цемента. Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с.
5. Шепеленко Т.С., Горленко Н.П., Зубкова О.А. Процессы структурообразования цементных композитов, модифицированных добавками электролитов // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 5(81). С. 125–134.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ ПРЕССОВАННОГО ГИДРАТИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА

Овчаренко Г.И., Бобринок В.А., Мальцев В.В.

*ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова  
г. Барнаул, Россия*

*Аннотация. Эффективность малых добавок к цементному камню можно оценивать методом определения контактной прочности после прессования и последующего выдерживания. Эффект действия добавок к гидратированному цементу проявляется в разном их влиянии на формирование кремнекислородных радикалов в фазе С-S-H. Формирование более заподимеризованных (сшитых) радикалов или их разрыхление регистрируется методом комбинационного рассеяния (Рамановской спектроскопией). Наблюдается корреляция между прочностью прессовок гидратированного цемента с добавкой после выдерживания и наличием большего или меньшего количества сшивающих тетраэдров, что объясняет эффект действия отдельных малых добавок.*

*Ключевые слова: гидратированный цемент, малые добавки, контактная прочность камня, кремнекислородные радикалы*

Основной фазой гидратированного цемента является аморфный твердый гель гидросиликатов кальция С-S-H [1]. Он занимает основной объем (около 60 %) среди продуктов гидратации. Глуховский В.Д. с сотрудниками показал способность этого геля к контактному твердению [2 – 4]. В процессе исследований возник вопрос о влиянии малых содержаний добавок на контактную прочность гидратированного цемента, что и явилось целью данного исследования.

Для оценки влияния добавок на контактную прочность гидратированного цемента (ГЦ) общестроительный цемент ЦЕМ I 42,5 Н пропаривали до полной гидратации в течении 100 часов. Камень дробили и размалывали до полного прохождения через сито № 008. В порошок ГЦ вводили различные добавки, усредняли смеси и прессовали под удельным давлением от 20 до 100 МПа. В качестве добавок применяли: карбид кремния SiC размером частиц 50 нм, золь Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> размером частиц 80 нм, технический углерод размером частиц 1-10 мкм, золь кремнезема SiO<sub>2</sub> размером частиц 30 нм, водные растворы AlCl<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>. Проценты ввода добавок изменялись от 0,5 до 4 по массе. Прочность прессовок определяли после 1, 7 и 28 суток нормального выдерживания. Изменения фазового состава и состава кремне-кислородных цепей в С-S-H оценивали методами РФА, ДТА, ИКС, Рамановской спектроскопией.

Для цементных бетонов предложен большой спектр химических добавок. ГОСТ 24211–2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов» насчитывает около 20 видов (подклассов) таких добавок. В каждом виде могут быть их десятки наименований.

Наибольшую значимость и популярность на практике получили пластифицирующие добавки (супер- и гиперпластификаторы). Их эффекты в основном изучены.

В настоящее время наибольшее внимание исследователей занимают нано-добавки. Среди них можно выделить следующие разновидности:

- добавки на основе нано-углерода в виде графита, графена, нано-трубок
- добавки на основе нано-карбидов кремния и титана, а также карбидов других элементов;
- добавки на основе нано-кремнеземов и нано-глиноземов;
- водорастворимые добавки солей.

Все они прямо или путем предварительного взаимодействия с цементом позволяют существенно увеличить прочность камня при твердении цемента и бетонов.

Поэтому нами исследовались добавки именно этих групп.

Как видно из рисунков 1 и 2, прочность прессовок прямо пропорциональна удельному давлению прессования. В то же время, эффект добавок значительно проявляется в зависимо-

сти от их разновидностей. При этом со временем выдерживания эффективность добавок может меняться. Так, если в ранние сроки наиболее эффективны добавки хлорида железа, коллоидных нано кремнезема и нано глинозема, то в 28 суток – золя глинозема, углерода, карбида кремния.

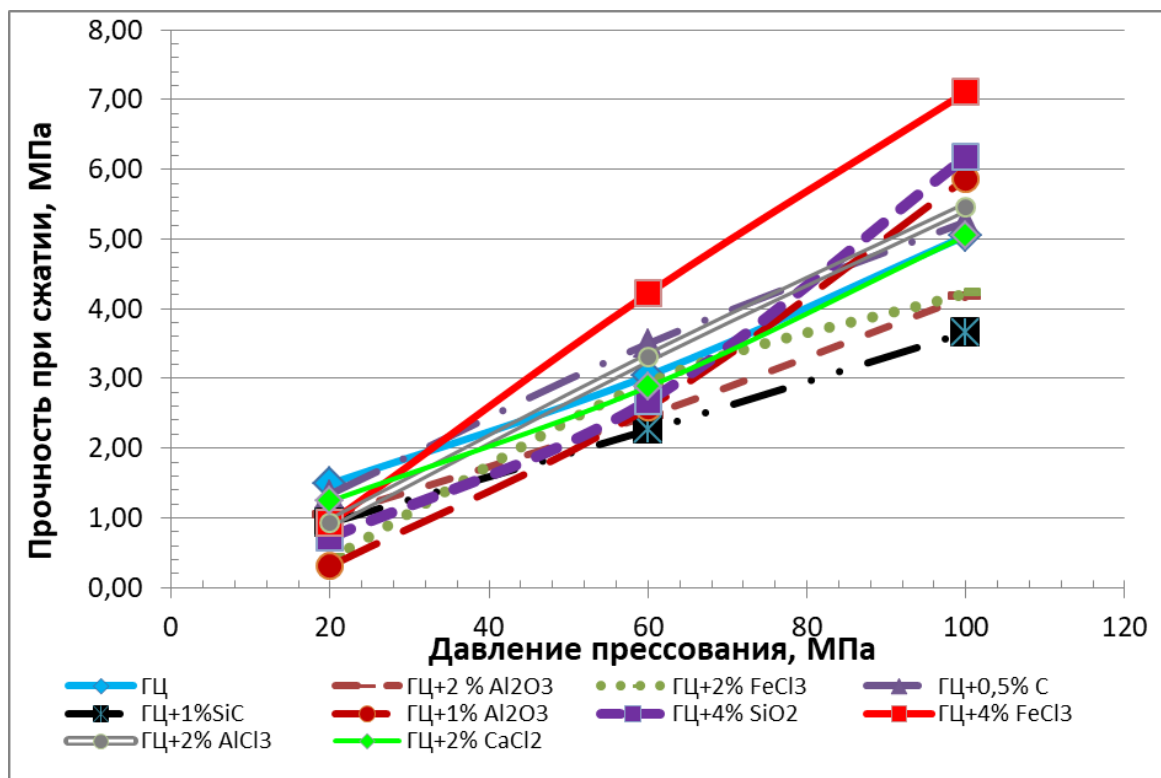


Рисунок 1 – Прочность прессованного гидратированного цемента с добавками через 1 сутки нормального выдерживания

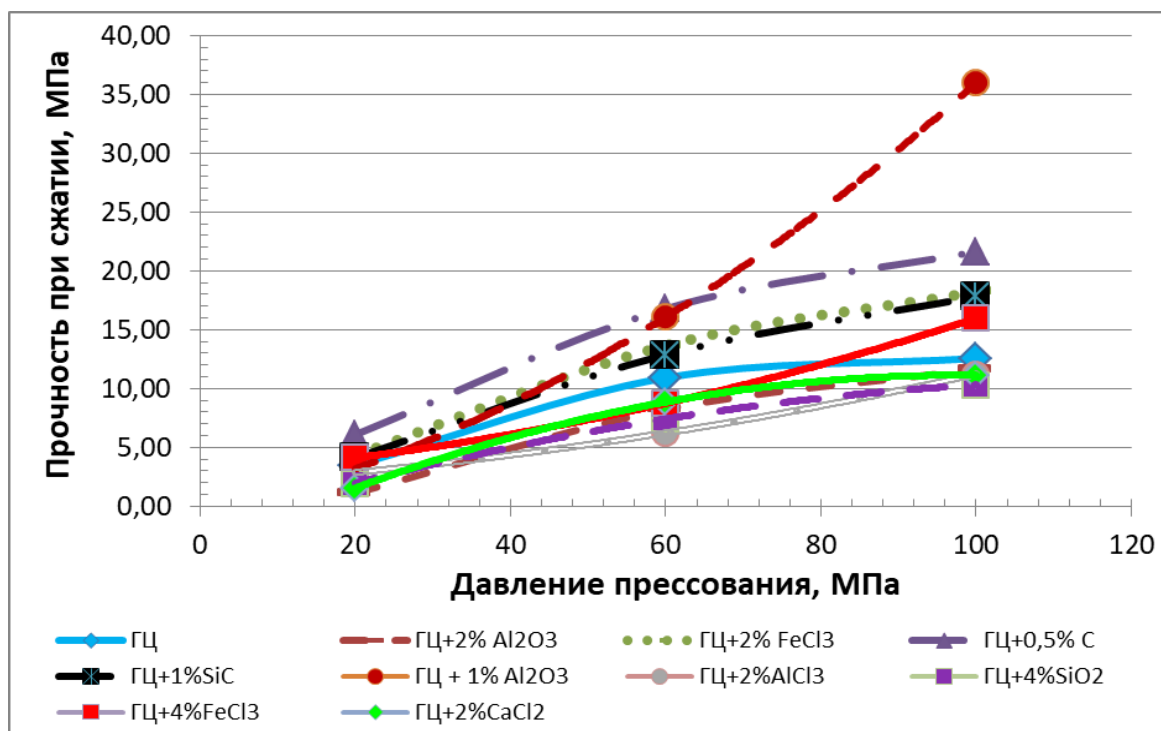


Рисунок 2 – Прочность прессованного ГЦ с добавками через 28 суток нормального выдерживания.

Малое содержание добавок не позволило обнаружить их эффекты при анализе фазового состава традиционными методами: РФА, ДТА, ИКС. Поэтому был применен метод комбинационного рассеяния или Рамановской спектроскопии. Он позволяет обнаружить содержание в камне тех или иных видов кремне-(алюмо)-кислородных тетраэдров (рисунки 3, 4).

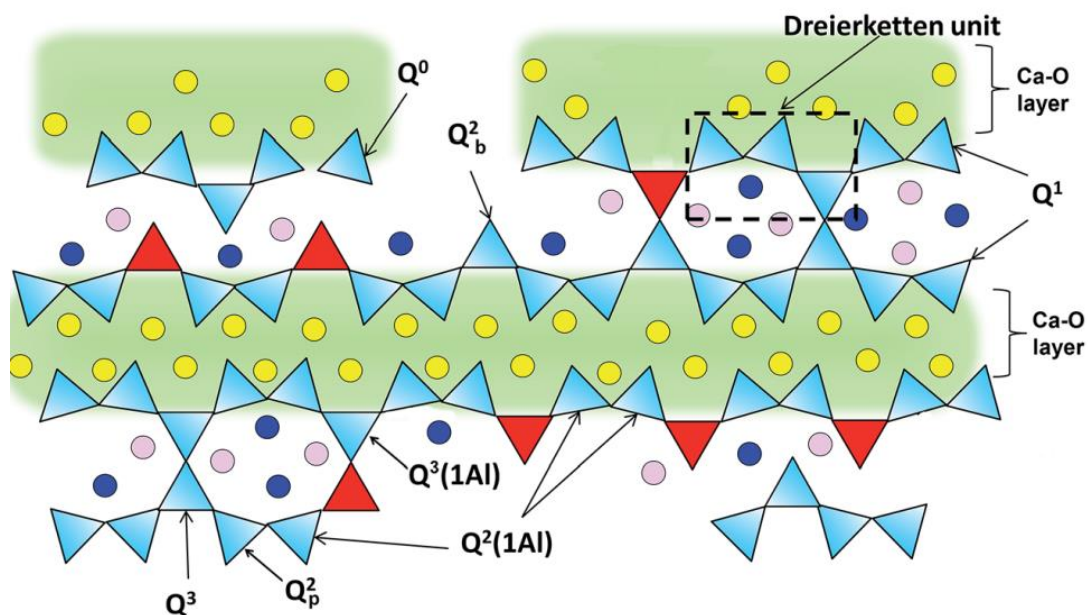


Рисунок 3 – Схематическая иллюстрация сшитых и не сшитых структур C - (A -) S – H

На рисунке 3 указаны принятые в научном сообществе обозначения тетраэдров.  $Q^0$  – одиночные не связанные с другими.  $Q^1$  – концевые тетраэдры цепей.  $Q^2$  – связанные с двумя другими тетраэдрами в цепи. Дополнительно здесь обозначены:  $Q^2_p$  – связанный с диортогруппой  $[Si_2O_7]$  – парный или  $Q^2_b$  – мостиковый тетраэдр.  $Q^2(1Al)$  – связанный с двумя тетраэдрами, один из которых с катионом алюминия.  $Q^3$  – связанный одновременно с тремя тетраэдрами, сшивающими цепи. Может быть  $Q^4$  – сшивающий кремне-кислородные цепи в 3D пространство.

Так, из рисунка 4 виден эффект прессования порошка чистой фазы C-S-H, заключающийся в увеличении доли сшивающих тетраэдров  $Q^2$  и  $Q^3$ .

Из рисунка 5 отчетливо видены разнонаправленные эффекты от  $Al_2O_3$  и  $AlCl_3$ . Если первая добавка увеличивает долю  $Q^2$  и особенно  $Q^3$ , то  $AlCl_3$  разрушает кремнекислородные цепи. В этой же закономерности отмечают и изменения прочностей прессовок из ГЦ с указанными добавками (рисунок 2).

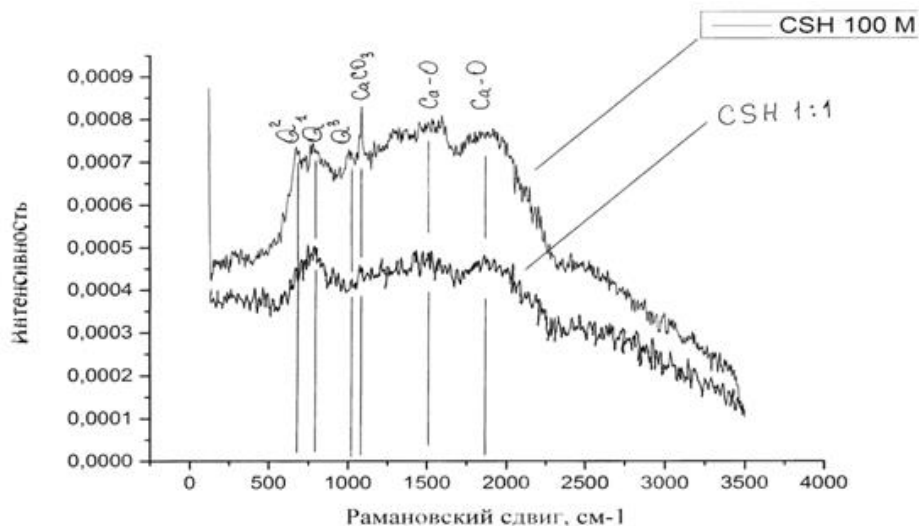


Рисунок 4 – Спектры КР порошка С-S-H и его же, прессованного при 100 МПа

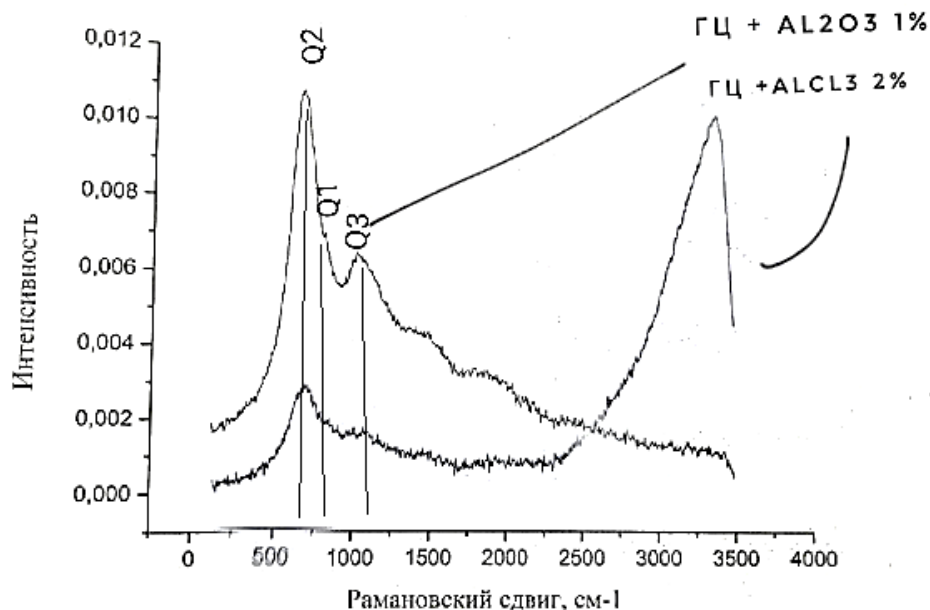


Рисунок 5 – Спектры КР прессованного гидратированного цемента с добавками  $Al_2O_3$  и  $AlCl_3$

#### Выводы

1. Эффективность малых добавок к цементному камню можно оценивать методом определения контактной прочности после прессования и последующего выдерживания.
2. Эффект действия добавок к гидратированному цементу проявляется в разном их влиянии на формирование кремнекислородных радикалов в фазе С-S-H.
3. Формирование более заполимеризованных (сшитых) радикалов или их разрыхление регистрируется методом комбинационного рассеяния (Рамановской спектроскопией).
4. Наблюдается корреляция между прочностью прессовок гидратированного цемента с добавкой после выдерживания и наличием большего или меньшего количества сшивающих тетраэдров, что объясняет эффект действия отдельных малых добавок

#### Библиографический список

1. Тейлор Х. Химия цемента [Текст] / Х. Тейлор. — Москва: Мир, 1996. — 560 с.
2. Soroka, I. The structure of cement-stone / I. Soroka, P. J. Sereda // Proceedings of the Fifth International Symposium of the Chemistry of Cement. — Tokyo, 1968. — Part III. — Vol. III. — P. 67–73.
3. Глуховский, В. Д. Свойства дисперсных продуктов гидратации цемента / В. Д. Глуховский, Р. Ф. Рунова // Шестой Международный конгресс по химии цемента. — Москва: Стройиздат, 1976. — Т. 2. — Кн. 1. — С. 90–94.
4. Глуховский, В. Д. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения / В. Д. Глуховский, Р. Ф. Рунова, С. Е. Максун. — Киев: Вища школа, 1991. — 243 с

## БЕЗУСАДОЧНЫЕ БЕТОНЫ ИЗ ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ ТЭЦ

Овчаренко Г.И., Лобанова О.В., Сухенко А.К., Лаврут А.С.

ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова  
г. Барнаул, Россия

*Аннотация.* Бетонные смеси с подвижностью П4 можно перевести в безусадочные с применением высококальциевой золы и добавки гипсового камня. Избыточные деформации расширения можно сгладить добавкой микрокремнезема.

*Ключевые слова:* безусадочные бетоны, высококальциевые золы ТЭЦ, гипс, микрокремнезем.

Согласно аналитическому обзору, доля монолитного и монолитно-кирпичного домостроения в Российской Федерации на июнь 2019 года составляет 50,9 % совокупной площади жилых единиц [1] и занимает лидирующую позицию. Монолитное строительство предполагает применение высокоподвижных бетонных смесей П4 и П5 с осадкой конуса 16 – 20 см и более. Для обеспечения данной подвижности в смесь вводят пластификатор и тонкодисперсный минеральный компонент. Тонкодисперсная добавка рассчитывается в составе бетонной смеси как часть вяжущего, вследствие этого расход цемента сопоставим с расходом для тяжелого бетона. Тонкодисперсным компонентом может являться высококальциевая зола (ВКЗ) ТЭЦ-3 г. Барнаула.

В процессе высыхания и твердения бетона происходит медленное уменьшение его объема – усадка бетона. В железобетонных элементах в арматуре и бетоне формируются деформации и напряжения от усадки бетона, которые суммируются с их значениями от различных нагрузок, значительно уменьшают усилия трещинообразования и увеличивают скачок напряжений в арматуре в сечениях с трещинами. Деформации и напряжения от усадки бетона в железобетонном элементе суммируются с их значениями от воздействия различных нагрузок, что приводит к изменению значений некоторых расчетных параметров: уменьшаются средние деформации арматуры в блоке между трещинами и, соответственно, коэффициент В. И. Мурашева  $\psi_s, c_{ts}$  после образования трещин [2].

В бетоне и растворе могут образовываться трещины при уменьшении объема на 0,04 % или больше. Поскольку сжатие из-за уменьшения объема в процессе твердения бетона может достигать 0,07 – 0,08 %, для предотвращения трещинообразования в ненапряженном бетоне необходимо производить контроль при укладке бетонной смеси и ее выдержки. Применение расширяющих добавок позволяет достичь уменьшения потенциального трещинообразования в бетоне.

Факторами, способствующими расширению, являются: образование этtringита и/или гидроксида кальция. Исходя из этих условий, для получения расширяющихся цементов применяют различные материалы, основными из которых являются гипс и глиноземистый цемент, высококальциевая зола ТЭЦ. Высококальциевая зола будет обеспечивать расширение за счет поздней гидратации «пережженного» оксида кальция, а в сочетании с гипсом - за счет образования дополнительного количества этtringита.

**Целью данного исследования** является оценка влияния различного содержания ВКЗ и гипса в составах бетонной смеси с микрокремнеземом (МК) на линейное удлинение, прочность при сжатии и прочность при изгибе.

В работе использовались портландцемент по ГОСТ 31108-2016 ЦЕМ II/A-III 32,5Б В, высококальциевая зола барнаульской ТЭЦ-3 с содержанием СаОсв. 4,2%, гипс марки ГЗ производства ООО «Геркулес - Сибирь» г. Новосибирск, микрокремнезем МКУ-85 Кузнецкого завода ферросплавов, речной песок, щебень фракции 5-15, пластификатор «Штайнберг F10».

Из бетона подвижностью П4, что соответствовало осадке конуса 20 см, изготавливали образцы размером 40x40x160 мм. При изготовлении образцов в форму со специально высверленными отверстиями устанавливаются с каждой торцевой стороны стальные репера. Образцы твердели в нормальных условиях и испытывались на прочность при сжатии после 3; 7 и 28 суток.

Для измерения деформации усадки использовался прибор Гипроцемента, оснащённый индикаторным микрометром с делением в 0,01 мм.

В данной работе представлено пять составов, четыре из которых модифицированы. Основные отличия модифицированных составов заключаются в разных цементно-зольных отношениях и соответствующем повышенном расходе вяжущей части за счет уменьшения дозировки щебня. Второй и третий состав имеет отношение цемента к золе как 70/30 и коэффициент увеличивающий вяжущую часть (цемент +ВКЗ) относительно исходного расхода цемента в 1,3 раза, четвертый состав имеет отношение цемента к золе как 60/40 и коэффициент 1,65, пятый состав имеет отношение цемента к золе 50/50 и коэффициент 1,9.

Были изготовлены бетонные образцы-балочки каждого из составов с добавкой гипса 2; 5 и 15 % от массы цемента.

Ниже представлены графики зависимости линейного удлинения  $\Delta l$  мм/м, от добавки гипса (5, 10 и 15 % от массы цемента) и времени твердения. Данные образцы содержат микрокремнезем (МК). Контроль в данных состава не содержит золу.

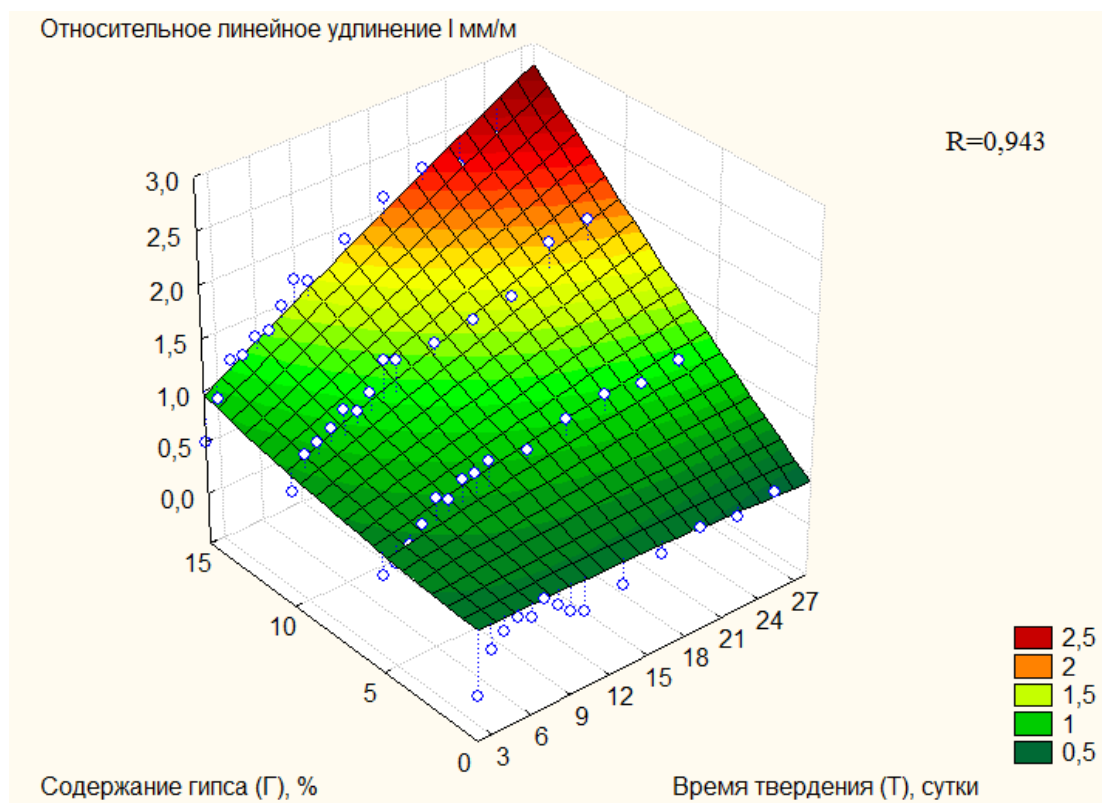


Рисунок 1 – Зависимость удлинения золосодержащих образцов с МК от добавки гипса

Из представленного графика видно, что, не смотря на микрокремнезем, который связывает свободную известь золы, при высоком процентном содержании добавки гипса наблюдается расширение образцов, вероятно, из-за повышенного образования этtringита или моногидросульфата алюмината кальция.

Ниже представлен график зависимости прочности при изгибе и сжатии от состава, содержания добавок МК и гипса. Верхние 2 графика содержат только добавку МК, в них нет гипса, а нижние графики, содержат только добавку гипса. Контроль в составе без МК содержит золу, а в составе с МК – золы нет.

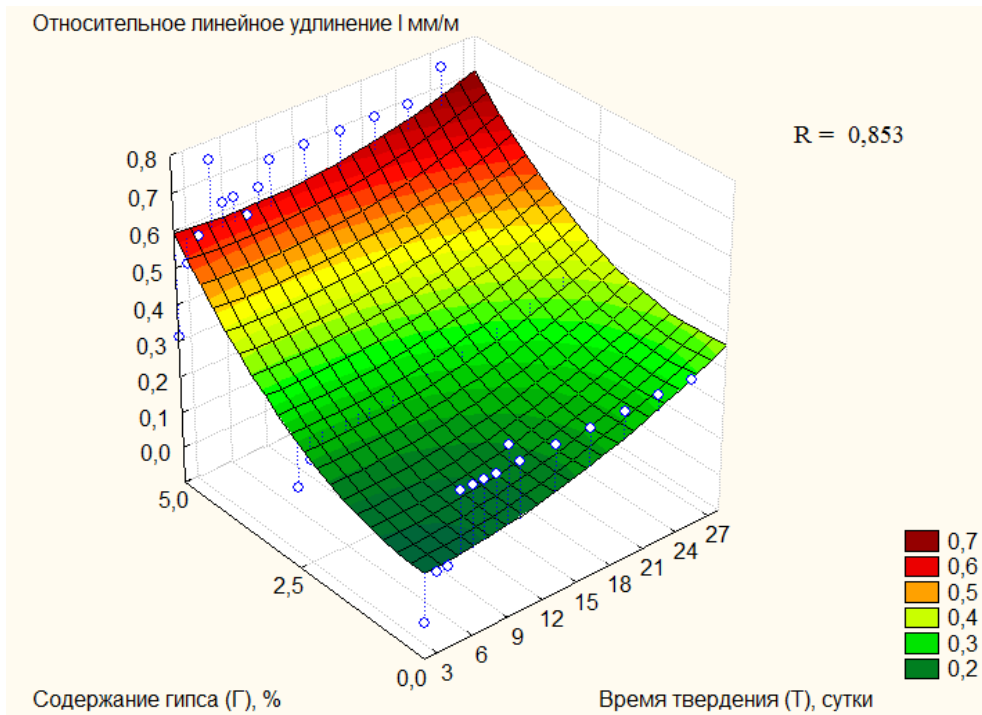
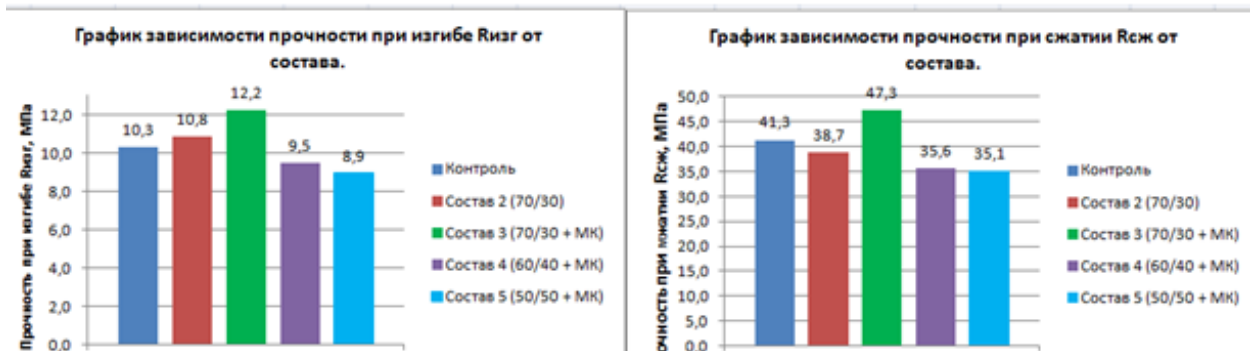
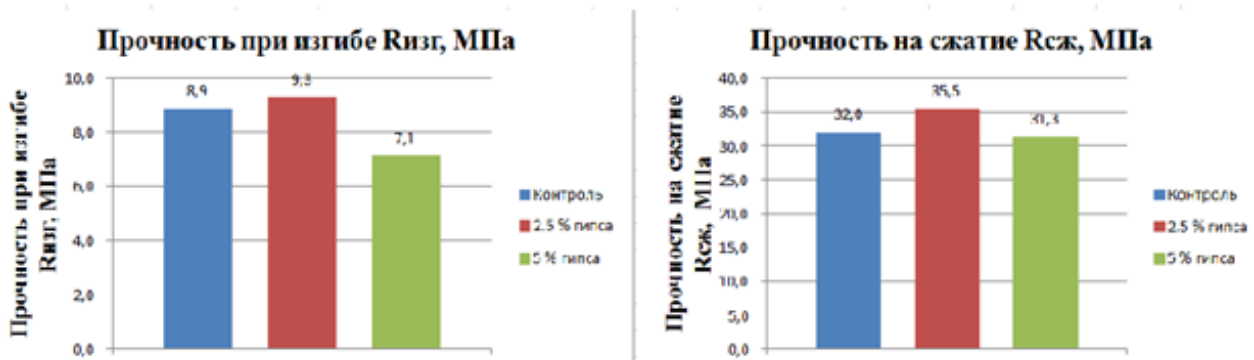


Рисунок 2 – Зависимость удлинения золосодержащих образцов без МК от добавки гипса

Составы с МК.



Составы без добавки МК.



Из данных графиков видно, что прочность образцов по мере увеличения гипса снижается как на изгиб, так и на сжатие. Оптимальным является состав с добавкой 2,5 % гипса, где прочность выше контроля.

После 28-ми суточного твердения во влажных условиях образцы твердели на воздухе до 40 суток.



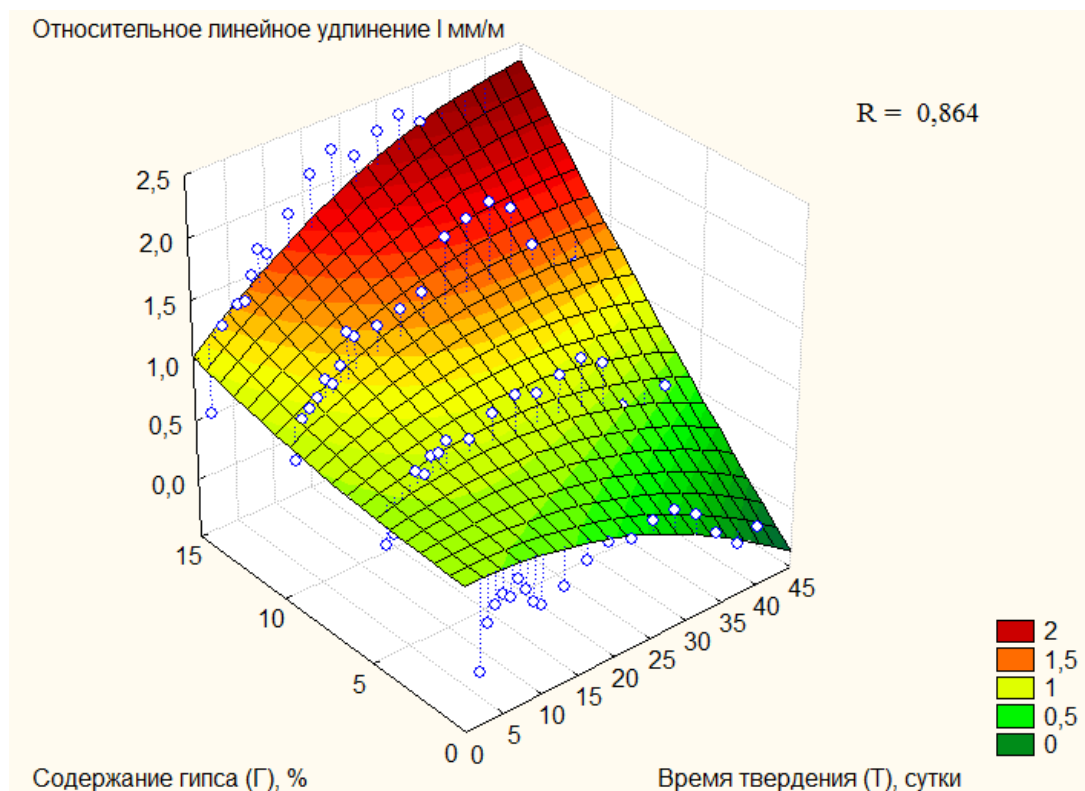


Рисунок 3 – Зависимость собственных деформаций образцов при выдержке в нормальных (до 28 суток ) и воздушно сухих условиях

При твердении образцов на воздухе наблюдается их усадка, она не превышает 0,5 мм/м на золах с активностью 0,76 и 4,2 %.

#### Выводы :

1. Использование высококальциевой золы в составах высокоподвижных бетонных смесей положительно влияет на собственные деформации бетона, переводя составы в безусадочные при содержании свободной извести в золе более 3,5 – 4 %.

2. Для зол с меньшим содержанием свободной извести рекомендуется использовать добавку гипса в количестве 2,5-5 %, обеспечивающую расширение до 1 мм/м и повышающую прочность бетона до 10 %. В случае высокого содержания свободной извести в золе (СаО св. более 6-8 %), в состав бетона целесообразно вводить микрокремнезем для сглаживания избыточных деформаций расширения и увеличения прочности бетона.

#### Библиографический список

1. Аналитический обзор. ЕРЗ – Аналитика / Институт развития строительной отрасли. - М., 2019. – ( <https://erzrf.ru/images/repfle/11845784001REPFLE.pdf> )
2. Карпенко Н. И. Деформации железобетонного элемента с учетом усадочных деформаций [Текст] / Н. И. Карпенко, В. А. Ерышев, Е. В. Латышева, А. С. Бондаренко // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки.
3. Штарк Йохен, Вихт Бернд. Цемент и известь [Текст] / Пер. с нем. – А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко – Киев, 2008 – 480 с.
4. Тейлор Х. Химия цемента [Текст]: Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НАНОДОБАВОК SiC и SiO<sub>2</sub> НА ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТА

Овчаренко Г.И., Мальцев В.В.

ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова  
г. Барнаул, Россия

*Аннотация.* Прочность цементного камня с добавлением наночастиц карбида кремния SiC, а так же коллоидного кремнезема в количестве 0,1-2% увеличивается на 30-35%, в то время как совместное применение каждой из данных добавок с суперпластификатором С-3 показывает прирост прочности порядка 40%. Однако с введением данных добавок в количестве более 2% наблюдается тенденция снижения прочности цементного камня, несмотря на дополнительное образование С-S-H в пуццолановой реакции.

*Ключевые слова:* цемент, кремнезоль, карбид кремния, нанодобавки, прочность камня.

Наноразмерные добавки интенсивно исследуются в цементных системах, так как ожидается разработка прорывных технологий с их применением [2]. За рубежом и в России публикуются многочисленные статьи, защищаются диссертации на эту тему [1, 3]. В противоположность этому, другие исследователи отрицают возможную сверхэффективность нанодобавок. [5] В то же время в некоторых публикациях приводятся данные по достижению исключительных результатов в данном направлении. Так в статье [6] указывается, что добавка 1 – 6 % наноразмерного (20 нм) SiC приводит к повышению прочности обычного цемента в 2 – 3 раза.

В настоящей работе нами приводятся результаты сравнительных исследований по влиянию на прочность цемента порошкообразного SiC и коллоидного SiO<sub>2</sub>.

В работе использовали ЦЕМ I 42,5Н Искитимского завода, SiC размером в 50 нм с содержанием SiC 99 % китайской фирмы SAT NONO TECHNOLOGY MATERIAL CO., LTD и коллоидный кремнезем – кремнезоль Казанского производителя ООО «НТЦ Компас» со средним размером частиц коллоидного кремнезема в 40 нм.

Нано кремнезем вводили с водой затворения. Порошкообразный карбид кремния вводили совместным длительным перемешиванием в фарфоровой мельнице. Образцы размером 2x2x2 см изготавливали из теста при водо-твердом отношении 0,35. Образцы набирали прочность в течение 28 суток в нормальных условиях, испытания проводились на 3, 7 и 28 сутки.

На первом этапе исследования была изучена кинетика набора прочности цементного камня с добавкой нано-SiC, а также влияние введения в данный состав суперпластификатора С-3 на прочностные характеристики испытываемых образцов.

Как видно из данных графиков на ранних этапах твердения набор прочности происходит равномерно у всех составов, как в случае с добавкой С-3 так и без нее. Однако уже к 7 суткам образцы с наибольшим содержанием карбида кремния показывают большую прочность, чем контрольный образец. Данная тенденция сохраняется и 28 суткам.

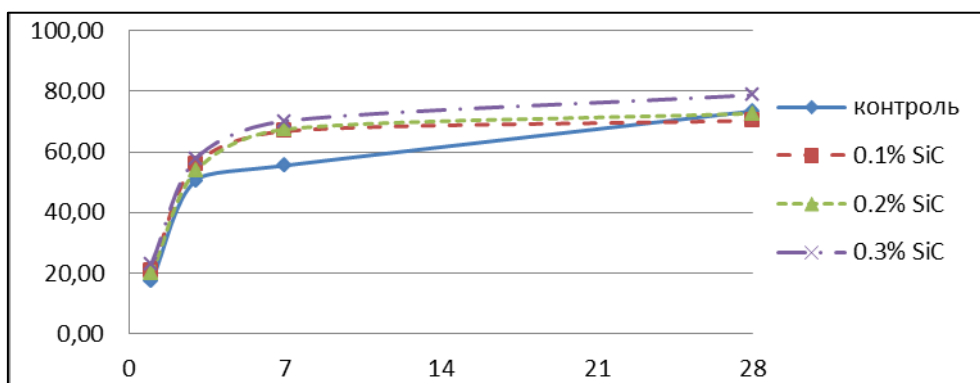


Рисунок 1 – Кинетика набора прочности цементного камня с добавкой нано-SiC

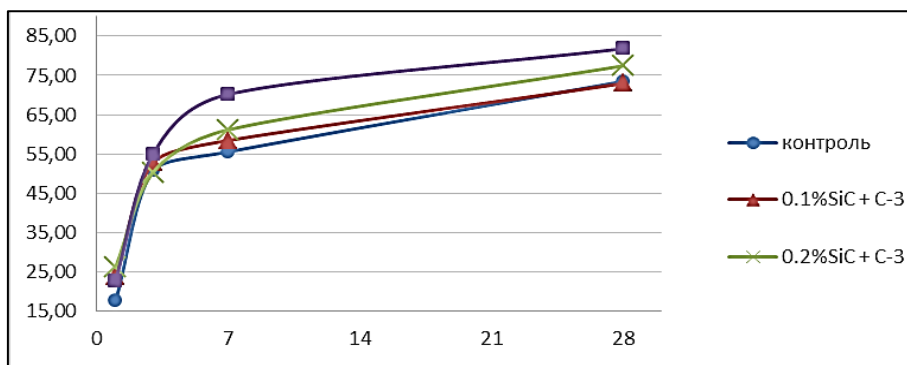


Рисунок 2 – Кинетика набора прочности цементного камня с добавкой nano-SiC и суперпластификатором C-3

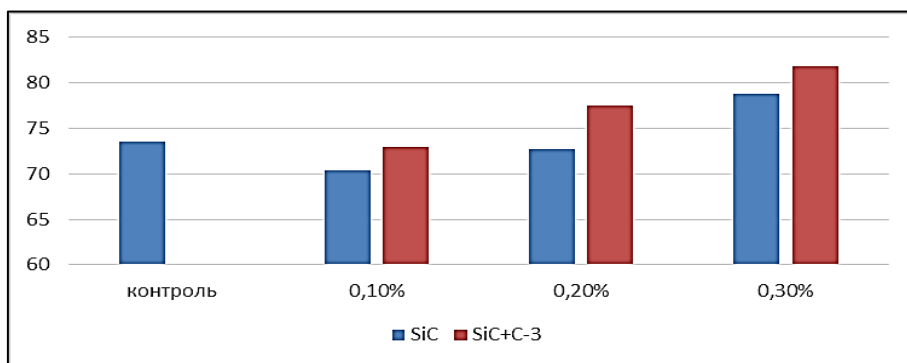


Рисунок 3 – Сравнение прочностных характеристик (Мпа) испытываемых образцов к концу твердения (28 сут)

Из данного графика видно, что во всех случаях введение суперпластификатора C-3 положительно влияет на прочность цементного камня к концу твердения, данная тенденция обусловлена водоредуцирующим эффектом, из чего можно сделать вывод, что как и в случае с бездобавочным цементом, так и в случае с применением нанокремнида (SiC) избыток воды в цементном тесте способствует снижению прочности затвердевших образцов.

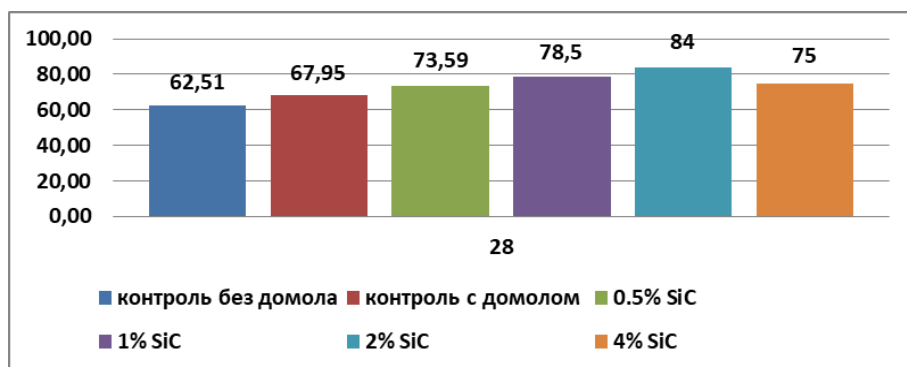


Рисунок 4 – Сравнение прочностных характеристик (Мпа) испытываемых образцов к концу твердения (28 сут) и поиск оптимальной дозировки добавки nano SiC

Далее был произведен поиск оптимального количества вводимой добавки.

Данный график наглядно иллюстрирует, что с увеличением дозировки до 2 % наблюдается явный прирост прочности испытываемых образцов на 25 % по сравнению с контрольным составом с домолом, однако с дальнейшим повышением количества вводимой добавки проявляется тенденция снижения прочностных характеристик.

Как видно из данного графика, в случае применения добавки C-3 наблюдается подобная тенденция прироста прочности на 33% при увеличении добавки до 2% и ее снижение с дальнейшим увеличением дозировки.

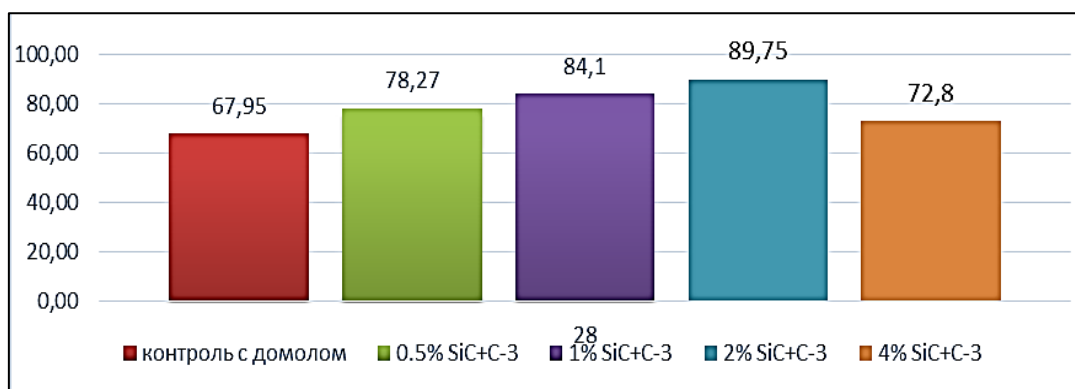


Рисунок 5 – Сравнение прочностных характеристик (Мпа) испытываемых образцов к концу твердения (28 сут) и поиск оптимальной дозировки добавки nano SiC и суперпластификатора С-3

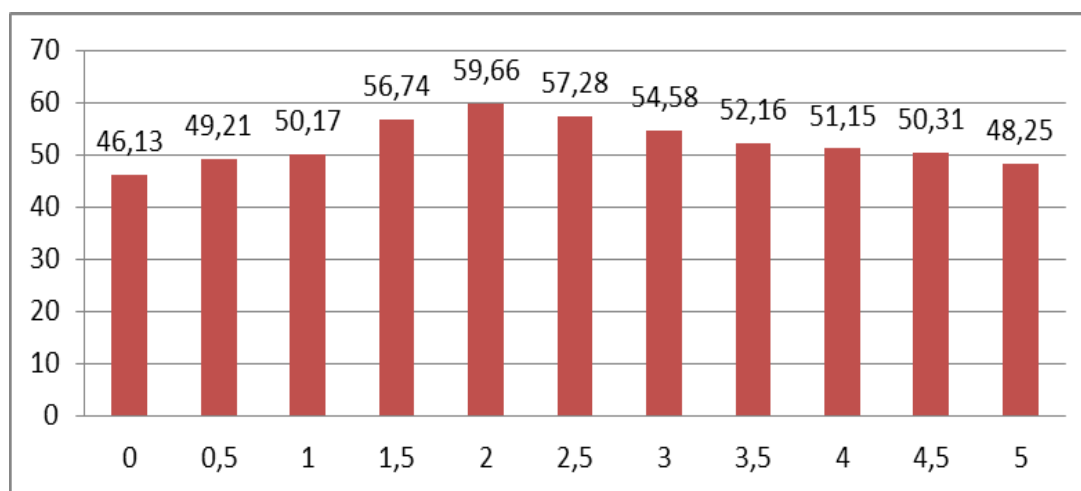


Рисунок 6 – Сравнение прочностных характеристик (Мпа) испытываемых образцов к концу твердения (28 сут) и поиск оптимальной дозировки добавки кремнезоля

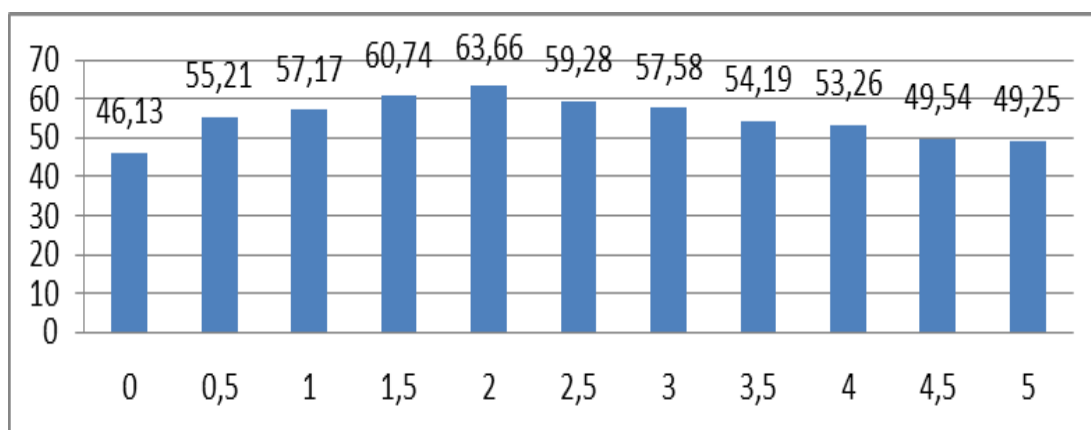


Рисунок 7 – Сравнение прочностных характеристик (Мпа) испытываемых образцов к концу твердения (28 сут) и поиск оптимальной дозировки добавки кремнезоля с добавлением суперпластификатора С-3

На втором этапе работы проводились исследования прочностных характеристик цементного камня с добавкой кремнезоля и поиск оптимального количества данной добавки как самостоятельно, так и в тандеме с суперпластификатором С-3. Рисунки 6 и 7 наглядно

показывают, что как и в случае с нано-SiC при увеличении количества вводимой добавки до 2% наблюдается прирост прочности, на 29% в случае самостоятельного применения кремнезоля, и 38% в при введении в данный состав С-3, и её спад, при дальнейшем увеличении количества вводимой добавки.

Однако причины снижения прочности с введением добавки более 2% остаются неизвестной. Возможно, это связано с не полной дисперсацией и усреднения составов при дозировании добавок в количестве более 2%. Данные вопросы требуют более углубленного и тщательного изучения.

### **Выводы**

1. Прочность цементного камня, как на ранних этапах твердения, так и к 28 суткам повышается при использовании добавки как нанокарбида кремния, так и кремнезоля. Данный эффект усиливается при введении добавок в тандеме с суперпластификатором С-3.

2. Оптимальная дозировка добавок составляет 2 % от массы цемента, при увеличении дозировки – прочность камня снижается. Это противоречит утверждению о пуццолановом характере влияния добавок и, кроме этого – значительно ниже повышает прочность по сравнению с данными [6].

### **Библиографический список**

1. Елисеева Н.Н. Пенобетоны неавтоклавного твердения на основе добавок наноразмера. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата тех. Наук. Санкт-Петербург 2010. 16с.

2. Li H, Xiao HG, Yuan J, Ou J (2004) Microstructure of cement mortar with nanoparticles. *Composites Part B* 35:185 – 189.

3. Насибулин А.Г. Разработка технологий получения наноразмерных порошков и углеродных нанотрубок методом химического осаждения из газовой фазы: автореф. дис. на соискание ученой степени доктора технических наук: спец. 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы» / А.Г. Насибулин. – СПб., 2011. – 32 с.

4. Тейлор Х. Химия цемента. Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с.

5. 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(713). С. 88 – 92.

6. Mahawish A., Ibrahim S.I., Jawad A.H. Effect of Adding Silicon Carbide and Titanium Carbide Nanoparticles on the Performance of the Cement Pastes // *Journal of Civil & Environmental Engineering*. 2017. DOI: 10.4172/2165 –784X.1000277.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА НА СВОЙСТВА БЕТОНА

Смирнова О.Е., Отточко С.Ю.

*ФГБОУ ВО «Новосибирский Государственный архитектурно-строительный университет»  
(Сибстрин). г. Новосибирск, Россия*

*Аннотация. Рассмотрена возможность применения электросталеплавильного шлака в качестве мелкого заполнителя. Определены основные физико-химические свойства шлака. Для определения влияния электросталеплавильного шлака при частичной замене песка на прочность и среднюю плотность бетона проведен однофакторный дисперсионный анализ.*

*Ключевые слова: шлак, прочность, дисперсионный анализ, бетон*

В мировой и российской практике шлаки черной металлургии при производстве строительных материалов используются давно. Многолетние исследования и современные методы утилизации подтверждают возможность получения из шлаков строительных материалов, преимущественно местных, с широким диапазоном свойств. Вместе с тем, большое разнообразие типов и видов шлаков черной металлургии, изменение состава шлаков от завода к заводу или с течением времени предполагает использование индивидуального подхода к исследованию шлаков каждого металлургического производства [1].

В работе использовался электросталеплавильный шлак, основные свойства определены с учетом требований ГОСТ 8269.0-97. Естественная влажность электросталеплавильного шлака составила  $W = 0,25\%$ , показатели зернового состава электросталеплавильного шлака приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование шлака	Модуль крупности шлакового песка после дробления			Требования, ГОСТ 5578-94
	первое	второе	третье	
Электросталеплавильный	4,47	3,85	2,4	1,6 - 2,7

Результаты испытаний показали, что шлак электросталеплавильный, по зерновому составу соответствует требованиям ГОСТ 5578-94 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия» при условии их кратного дробления с целью понижения модуля крупности шлакового песка.

Подбор состава тяжелого бетона с применением электросталеплавильного шлака в качестве мелкого заполнителя проводили в лаборатории кафедры СМСС НГАСУ (Сибстрин). Прочность бетонных изделий напрямую зависят не только от качества применяемых материалов, способа уплотнения бетонной смеси и условий выдерживания бетона, но, главным образом, и от рационального подбора состава бетонной смеси, ее подвижности (жесткости) и дозировки сырьевых компонентов.

Для приготовления стандартной бетонной смеси использовались следующие материалы: портландцемент марки М400 –  $340 \text{ кг/м}^3$ ; щебень фракции 5(3) – 20 мм. –  $1080 \text{ кг/м}^3$ ; песок Мк = 1,83 (мелкий песок), –  $780 \text{ кг/м}^3$ . Из этого состава изготавливались образцы кубов размером 10x10x10 см. Контрольные образцы хранились в камере с нормальными условиями твердения: с температурой  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажностью воздуха  $(95 \pm 5)\%$  согласно ГОСТ 10180-2012. Результаты испытаний по прочности на сжатие в таблице 2.

Согласно ГОСТ 26633-2012 были изготовлены экспериментальные образцы бетонной смеси с различным процентным соотношением электросталеплавильного шлака и песка и последующим определением показателей их качества. Перед приготовлением бетонной смеси реализовали целенаправленные изменения состава и структуры электросталеплавильных шлаков через процедуру их кратного дробления с целью понижения модуля крупности от

4,47 до 2,4 в соответствии установленными требованиями. Составы бетонной смеси изготовлялись при подвижности П2 (5 – 9 см) [2].

Таблица 2

В возрасте (сут)	Рсж* (МПа)
3	22,2
7	30,3
28	40,3
*Примечание: значение Рсж приводится среднее по трем измерениям.	

Для определения влияния электросталеплавильного шлака при частичной замене песка на прочность и среднюю плотность бетона проведен однофакторный дисперсионный анализ. В качестве фактора выбран:  $X_i$  – соотношение песка и шлака.

Для фактора  $X_i$  установлено 4 уровня. Измеряемые характеристики (отклики) – прочность при сжатии ( $Y_1$ ) и средняя плотность ( $Y_2$ ). План факторного эксперимента и результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние различного состава бетона на прочность и среднюю плотность бетона

№ образца	Отклик $Y_1$ Рсж (МПа) при соотношении песок : шлак				Отклик $Y_2$ $\rho_m$ (кг/м <sup>3</sup> ) при соотношении песок : шлак			
	0,9:0,1	0,8:0,2	0,6:0,4	0,4:0,6	0,9:0,1	0,8:0,2	0,6:0,4	0,4:0,6
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
1	40,6	41,3	43	40,8	2342	2368	2406	2455
2	40,5	39,5	41	42,3	2320	2354	2408	2438
3	40,7	40,5	40,9	41	2339	2358	2415	2444

Математическая модель эксперимента для  $Y_1$  и  $Y_2$  имеет вид

$$y_{ij(q)} = \mu + X_i + \varepsilon_{q(ij)}, \quad (1)$$

где  $\mu$  – математическое ожидание;

$R_i$  – эффект влияния  $i$ -го уровня фактора;

$\varepsilon_{q(ij)}$  – случайная ошибка в  $i$ -ом наблюдении на  $j$ -ом уровне.

Необходимо оценить линейные эффекты фактора  $X$  на отклики эксперимента  $Y_1$  и  $Y_2$ . Для этого решается уравнение дисперсионного анализа. Рассчитывается по формуле

$$SS_{общ.} = SS_X + SS_{ост}, \quad (2)$$

где  $SS_{общ.}$  – общая сумма квадратов;

$SS_R$  – сумма квадратов отклонений для фактора  $X$ ;

$SS_{ост}$  – остаточная сумма квадратов, являющаяся характеристикой ошибки опыта.

Полученные расчетные данные представлены в таблице 4 – для прочности при сжатии ( $Y_1$ ) и в таблице 5 – для средней плотности ( $Y_2$ ).

Таблица 4 – Влияние факторов на прочность при сжатии

Источник изменчивости ( $Y_1$ )	Степень свободы (f)	Сумма квадратов (SS)	Средний квадрат ( $\mu S$ )	Критерий Фишера (Fрасч.)	Критерий Фишера (Fтабл.)
Между группами	3	3,049	1,016	1,407	4,066
Внутри групп	8	5,78	0,722	-	-
Общая сумма	11	8,829	-	-	-

Значимость факторов оценивается по расчетному показателю критерия Фишера. Согласно таблице 4 значение критерия Фишера  $F_{расч.} = 1,407$ ,  $F_{табл.} = 4,066$  при  $\alpha = 0,05$ . В связи с тем, что  $F_{расч.} < F_{табл.}$  показатели прочности при сжатии не имеют значимую зависимость от соотношения песка:шлак. Согласно таблице 5 значение критерия Фишера  $F_{расч.} = 103,488$ ,  $F_{табл.} = 4,066$

при  $\alpha = 0,05$ ,  $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$ . Следовательно, показатели средней плотности имеют значимую зависимость от соотношения песка:шлак. Полученные данные представлены на рисунке 1.

Таблица 5 – Влияние факторов на среднюю плотность

Источник изменчивости ( $Y_1$ )	Степень свободы (f)	Сумма квадратов (SS)	Средний квадрат ( $\mu S$ )	Критерий Фишера ( $F_{\text{расч.}}$ )	Критерий Фишера ( $F_{\text{табл.}}$ )
Между группами	3	22586,25	7528,75	103,488	4,066
Внутри групп	8	582	72,75	-	-
Общая сумма	11	23168,25	-	-	-

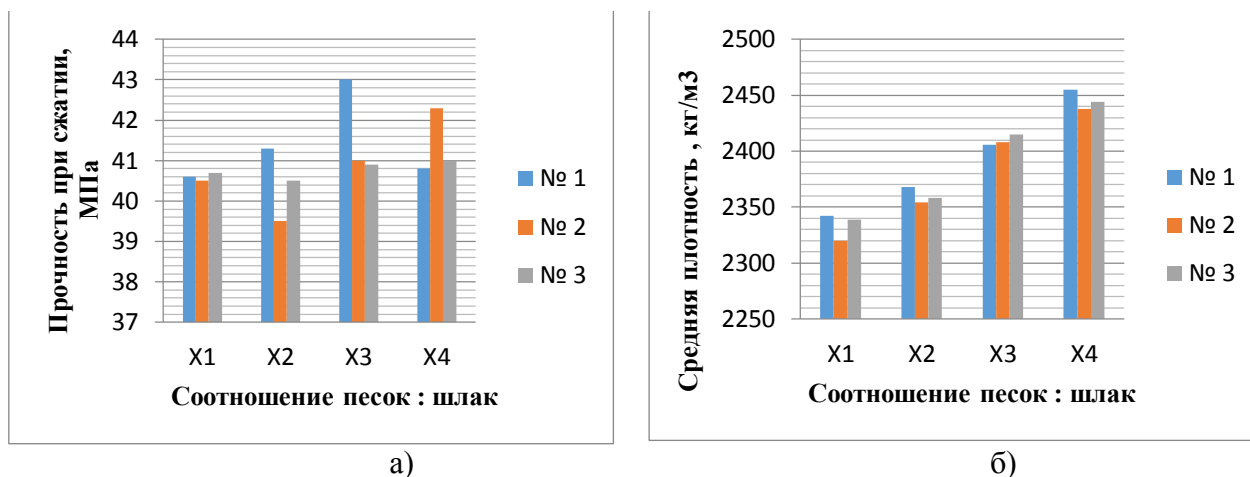


Рисунок 1 – Влияние соотношения песка : шлака (X) на прочность при сжатии (а) и среднюю плотность (б) бетонных образцов

Согласно гистограмме (а) показатели прочности на сжатие экспериментальных образцов составляют более 32,7 МПа марочной прочности в возрасте 28 суток и соответствуют требованиям ГОСТ 26633-2015. Согласно гистограмме (б) видно, что чем больше электросталеплавильного шлака и чем меньше песка в бетоне средняя плотность увеличивается, но не превышает отметку 2500 кг/м<sup>3</sup> [3].

Дальнейшее увеличение электросталеплавильного шлака и уменьшение песка в бетоне приводит к корректировке бетона за счет увеличения расхода цемента и соответственного удорожания строительства, а также наблюдается сильное водоотделение бетонной смеси. Кроме того такая бетонная смесь трудно поддается уплотнению, а недостаточная пластичность приводит к образованию пустот и раковин.

**Вывод.** Проведенные исследования показали, что электросталеплавильный шлак при соответствующей дополнительной обработке может быть использован в качестве заполнителя при производстве тяжелого бетона различного функционального назначения. Установлено, что электросталеплавильный шлак целесообразно применять в тяжелых бетонах в качестве заполнителя бетона, для частичной замены песка (10-60%) без снижения прочностных характеристик.

### Библиографический список

1. Пименов А.Т. Способы обработки отходов сталеплавильного производства / А.Т. Пименов, О.Е. Смирнова, С.Ю. Отточко // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием Качество. Технологии. Инновации, Новосибирск, 2019. С. 86-89.
2. Пименов А.Т. Возможности применения промышленных отходов для получения сухих строительных смесей// А.Т. Пименов, О.Е. Смирнова, С.Ю. Отточко // Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные вопросы архитектуры и строительства», Новосибирск, 2018. С. 229-236.
3. Pimenov A.T. USE OF METALLURGICAL SLAGS IN MORTAR PRODUCTION / A.T. Pimenov, O.E. Smirnova, S.Y. Ottochko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2018. С. 012023.



## **БЕСЦЕМЕНТНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Корнеева Е.В.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
г. Новокузнецк, Россия*

*Создание композиционных материалов с использованием механоактивированного промышленного сырья на сегодняшний день актуально в составе масштабной задачи строительного-технологического утилизации техногенных образований.*

*Статья посвящена исследованию возможности применения промышленных отходов горно-металлургических предприятий Кузбасса в технологии производства бесцементных шлакобетонных композиций матричной структуры.*

*Ключевые слова: строительные композиты, механоактивированные шлаки, матричная структура.*

Создание новых строительных материалов на основе вторичных крупнотоннажных минеральных ресурсов различных производств и инновационных энергосберегающих технологий, отвечающих потребностям современной инженерной практики, может привести не только к ресурсосберегающему, но и к значительному экономическому эффекту.

На основании обозначенной проблемы была выдвинута рабочая гипотеза: изучить методы активации шлака с возможностью разработки составов и технологии получения бесцементных композитов различного функционального назначения на его основе исключительно из техногенных продуктов.

По результатам проведенного анализа применения сталеплавильных шлаков в строительном производстве сделан вывод о перспективности их использования для производства бесцементных строительных материалов. Научно обосновать выбор способа направленного управления их структурой и свойствами с учетом вероятного участия элементов системы в процессе структурообразования позволяет авторская методика комплексной оценки техногенного промышленного сырья при разработке составов и процессов изготовления строительных композитов различного функционального назначения (рисунок 1). Методика освоена и внедрена в работу испытательного центра ООО "ИЦ СММК "Кузбасс".

При исследовании основных характеристик трех видов выпускаемых сталеплавильных шлаков (мартеновского ООО «Сталь НК», конверторного и электросталеплавильного ОАО «ЗСМК»), установлена возможность использования их в составе вяжущего и композиционных материалов на их основе. Анализ структуры сталеплавильного шлака подтверждает закристаллизованность составляющих его минералов, упорядоченность строения и большую плотность упаковки, для разрушения которой необходимо химическое воздействие путём введения активатора.

В качестве компонентов, активирующих шлак, исследовались отходы угольной промышленности шахты «Абашевская» - горелые породы с терриконика и шламы, полученные нейтрализацией известью электролитов отработанных кислотных аккумуляторов бульдозеров и автотранспорта.

Приготовление шлакобетонной смеси осуществлялось путем диспергирования электросталеплавильного шлака в кислотной среде (горелая порода + шлам) с целью инициирования в нем вяжущих свойств. В экспериментах для измельчения шлака использовалось серийно выпускаемое оборудование: дезинтегратор мокрого помола (ГОРИЗОНТ-3000 МК-ВА), планетарная центробежная мельница (АГО-3) и шаровая планетарная мельница непрерывного действия (МП-5).

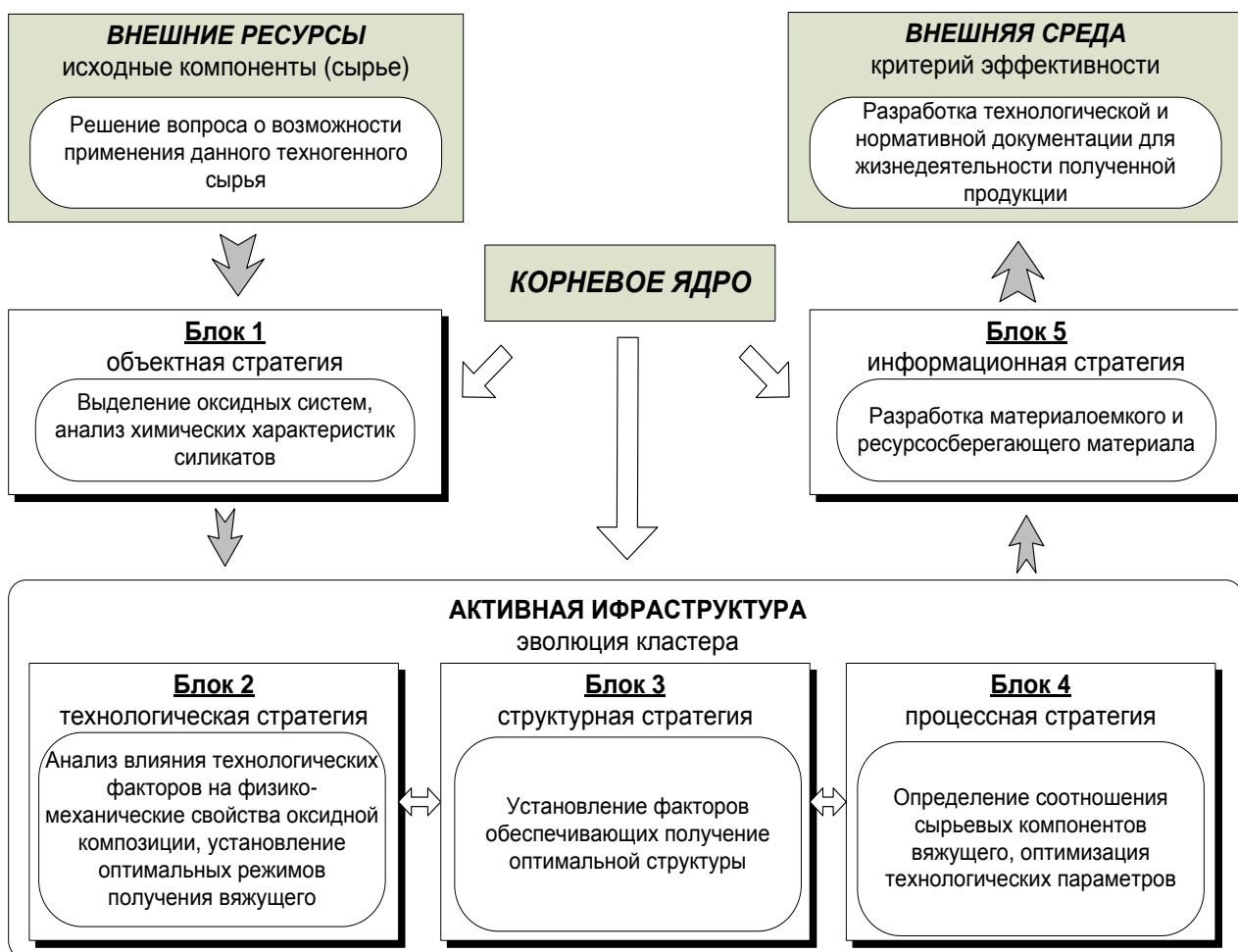


Рисунок 1 – Модель аналитической методики

Режимы механохимической активации шлака регулировались в зависимости от его типа и особенностей протекания физико-химических процессов при обработке. Были установлены оптимальные значения удельной поверхности перерабатываемых смесей.

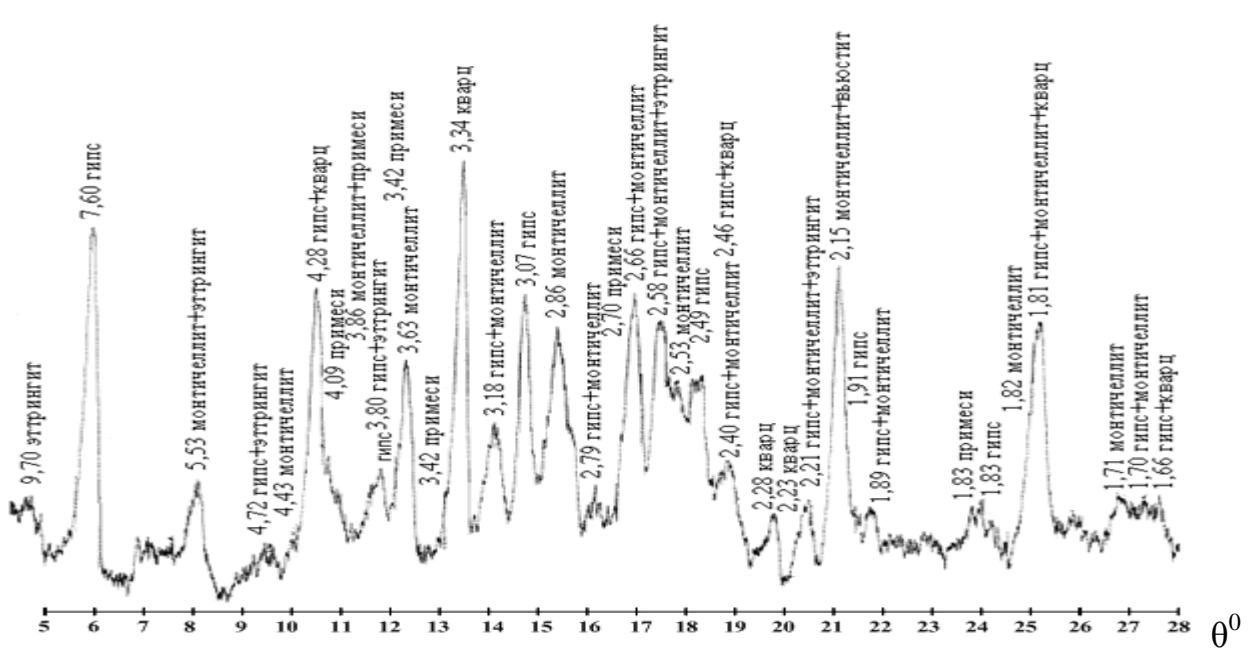
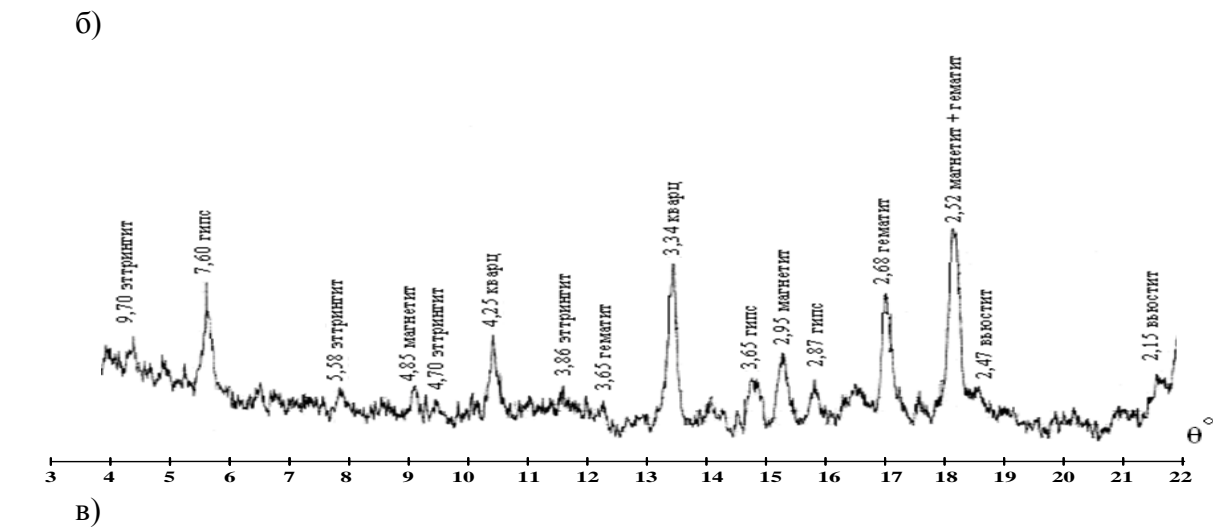
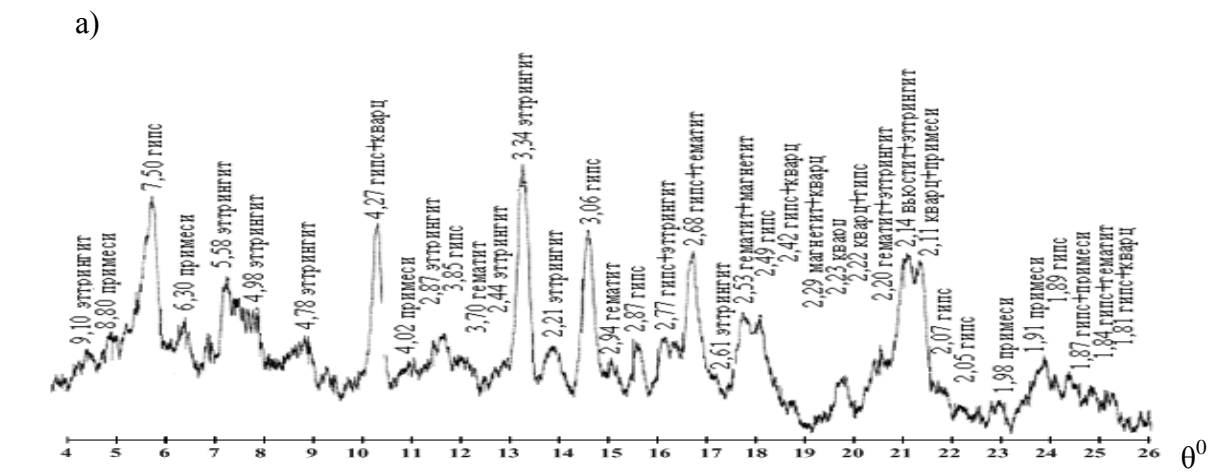
Время помола до удельной поверхности  $340 - 350 \text{ м}^2/\text{кг}$  в барабанной мельнице – 30 – 35 мин., в планетарной – 8 – 10 мин. было установлено при исследовании роста прочности и изменения структуры материала.

В результате механохимической активации сталеплавильных шлаков получен бесцементный вяжущий композит матричной структуры [1] (установлено оптимальное соотношение компонентов, показана удовлетворительная сходимост расчетных и экспериментальных данных).

Для оценки структурных и вещественных изменений в экспериментальных образцах оптимальных составов в возрасте 28 суток были проведены комплексные физико-химические исследования: ИК-спектроскопия, термогравиметрический и рентгенофазовый анализ (рисунок 2). Методом электронной микроскопии исследована структура камня.

Было установлено, что основными минеральными новообразованиями вяжущего композита являются: двуводный гипс (гидрат сульфата кальция –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) – (50 - 60%); этрингит (гидросульфат алюмината кальция) –  $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$  - (~15%); ортосиликат кальция –  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  (10-15%).

Также на микроуровне сформировались конгломераты из отдельных зерен различной формы: минералов кварца ( $\text{SiO}_2$ ) - (3 – 5 %) и оксида магния –  $\text{MgO}$  - (~3%).



а) немагнитная часть пробы, б) магнитная часть пробы; конверторного шлака окислительного периода плавки ОАО «ЗСМК» в) немагнитная часть пробы

Рисунок 2 – Дифрактограммы вяжущего на основе: мартеновского шлака ООО «Сталь НК»

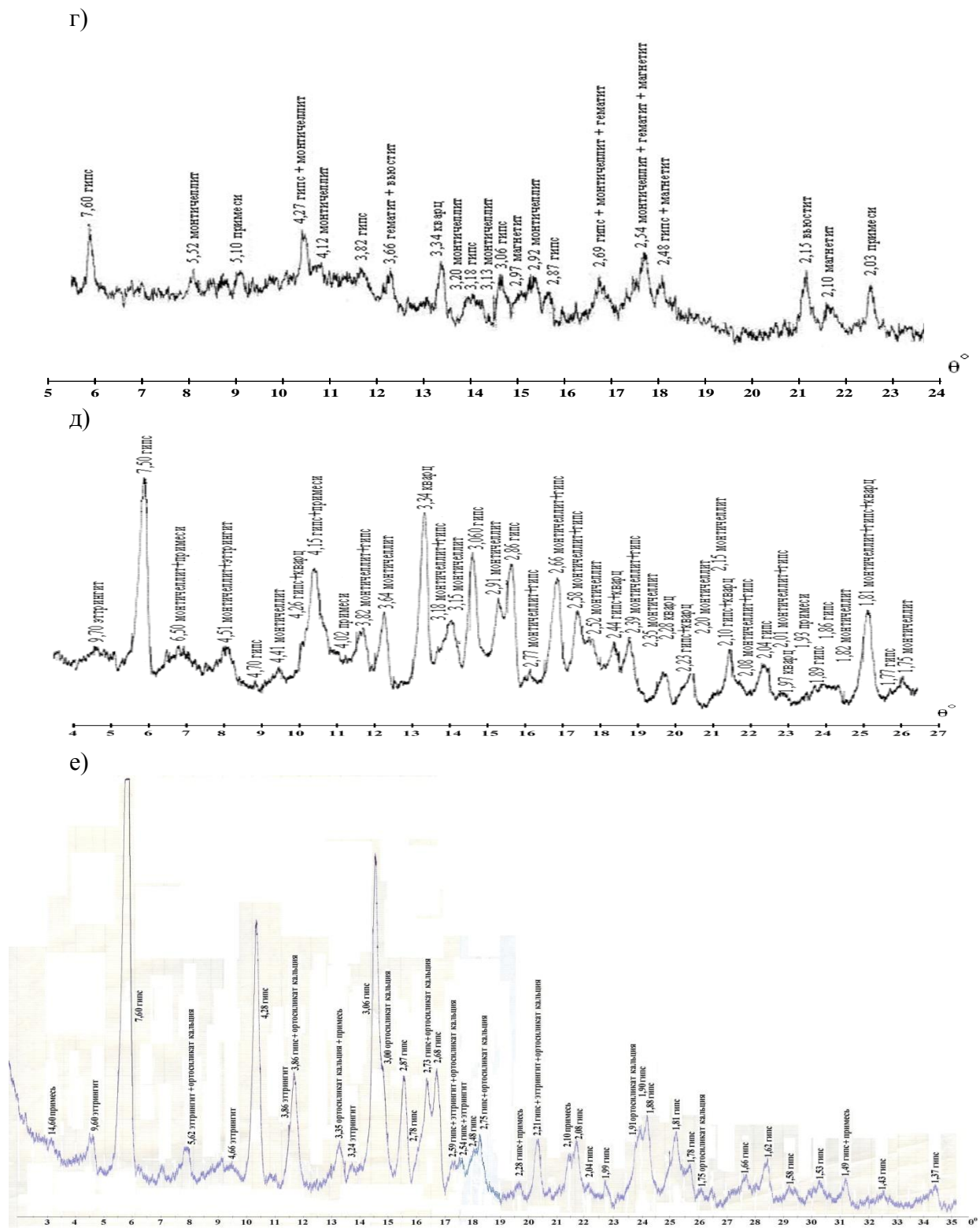


Рисунок 2 (Продолжение) – Дифрактограммы вяжущего на основе: мартовского шлака ООО «Сталь НК»

Фазы гидрата сульфата кальция и эттрингита содержат значительное количество кристаллизационной  $H_2O$  – (20,91%) и (45,91%) – соответственно. Так как кристаллизационная  $H_2O$  удаляется при строго определенных температурах, для определения содержания гидрата

сульфата кальция и этtringита в исследуемых образцах использована термография (потеря веса) Данные термогравиметрического анализа представлены на рисунке 3.

Расчетные значения по данным ДТА составляют: гипс – 44,1%; этtringит – 9,2%. Пересчет химического анализа на минеральный состав по потерям массы при прокаливании (Ппп) дает следующие значения: гипс – 52,6%; этtringит – 8,0%.

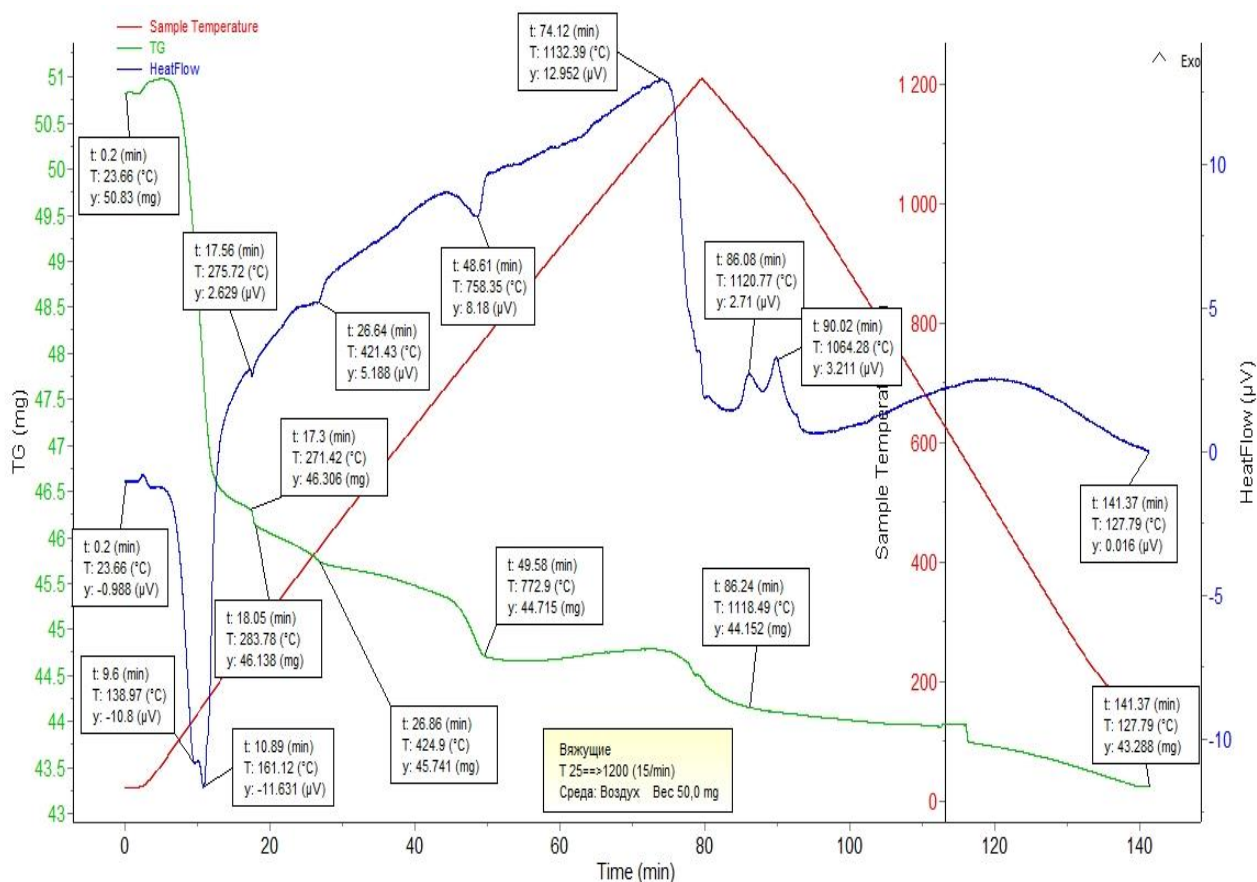


Рисунок 3 – Дериватограмма вяжущего композита

Матричная структура полученного композита состоит из: дисперсионной среды – матрицы (плотные мелкозернистые массы двуводного гипса), твердой дисперсной фазы (пластинчатые кристаллы кварца и оксида магния, и трубчатые кристаллы ортосиликата кальция) и переходного межфазного слоя (структурированные зерна этtringита) (рисунок 4).

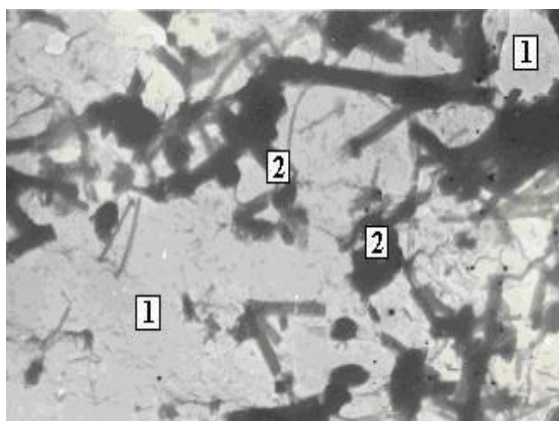


Рисунок 4 – Микрография матричной структуры вяжущего композита в возрасте 28 суток (увеличение 3000<sup>x</sup>): 1- матрица (дисперсионная среда); 2 – наполнитель (дисперсная фаза).

С использованием шлакобетонного вяжущего был получен бесцементный мелкозернистый шлакобетон матричной структуры [2]. Его испытания по физико-механическим и деформативным характеристикам показали, что он отвечает всем требованиям СНиП и ГОСТов для мелкозернистых бетонов и может быть использован для изготовления элементов ограждения в конструкциях жилых домов и промобъектов в сборном и монолитном исполнении. Промышленными испытаниями определена техническая возможность получения бесцементных шлакобетонных изделий (стеновых панелей и блоков), обладающих требуемыми эксплуатационными характеристиками.

Проведенное в заводских условиях апробирование перегородочных внутренних стеновых панелей показало техническую возможность применения их для изготовления широкой номенклатуры сборных конструкций перегородок в крупнопанельных одноэтажных зданиях гражданского и промышленного назначения.

Предложен режим технологического процесса производства блоков из мелкозернистого шлакобетона методом полусухого вибропрессования при давлении 10-14 МПа, обеспечивающий при жесткости 21-30с. (марка по удобоукладываемости ЖЗ) прочность изделий 5,39 - 5,66 МПа (М50). Использование шлакобетонных блоков соответствующих требованиям ГОСТ 6133-9 позволит отказаться от дорогостоящего кирпича, значительно сократить время и снизить расходы на строительство.

Были разработаны составы бесцементных закладочных смесей и бесцементных тампонажных составов матричной структуры [3,4] и технологические регламенты их производства. Составы рекомендованы для промышленной реализации.

На основе сравнительного расчета себестоимости конечной продукции установлена экономическая целесообразность применения разработанной шлакобетонной смеси общестроительного назначения. Снижение стоимости строительной продукции с ее использованием от 35 до 61%.

Организация производства композиционного вяжущего с применением выпускаемых сталеплавильных шлаков является актуальным и перспективным направлением, позволяющим расширить номенклатуру и снизить себестоимость строительной продукции, за счет более полного использования местной минеральной сырьевой базы. Использование сталеплавильного сырья в производстве строительных материалов позволяет расширить сырьевую базу отрасли и способствует решению проблем охраны окружающей среды.

### **Библиографический список**

1. Бесцементное вяжущее: пат. № 2542074 Рос. Федерация: МПК Е 21 F 15/00, С 04 В 18/14/ Е.В. Корнеева, Е.В., - № 2014106301/03 заявитель и патентообладатель СибГИУ, заявл. 19.02.14; опубл. 20.02.15, Бюл. № 5.
2. Бетонная смесь: пат. 2377215 Рос. Федерация: МПК Е 21 F 15/00, С 04 В 28/08, С 04 В 111/20, Корнеева Е.В., Павленко С.И.; заявитель и патентообладатель СибГИУ, - № 2008151257/03; заявл. 23.12.08; опубл. 27.12.09, Бюл. № 36.
3. Состав закладочной смеси: пат. 2348814 Рос. Федерация: МПК Е 21 F 15/00, С 04 В 18/14/ Корнеева Е.В., Павленко С.И.; заявитель и патентообладатель СибГИУ, - № 2007133023/03; заявл. 03.09.07; опубл. 10.03.09, Бюл. № 7.
4. Тампонажный раствор: пат. № 2642736 Рос. Федерация: МПК Е21В 33/138., С09К 8/42 /Корнеева Е.В. - № 2017106681; заявл. 28.02.17; опубл. 25.01.18 //БИПМ. – 2018. № 3.

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА МИКРОДИСПЕРСНЫМИ ДОБАВКАМИ

Ильина Л.В., Вологжанина С.А.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»  
(Сибстрин), г. Новосибирск, Россия

*Аннотация.* Для улучшения свойств искусственных конгломератов на основе цемента используются минеральные добавки. Для обеспечения высокой эффективности действия этих добавок важны не только их свойства, но и количество вводимой добавки, а также ее дисперсность. Установлено, что добавление в состав бетона 12 % микрокремнезема позволяет увеличить прочность на сжатие до 55 %; введение 5 % диопсида с дисперсностью 7,24 мкм - до 40,3 %; добавление 7 % диопсида с дисперсностью 49,7 мкм - до 46,7 %; при использовании комплексной добавки – возрастание прочности в 2,5 раза, по сравнению с контрольным образцом.

*Ключевые слова:* микродисперсные минеральные добавки, бетон, механическая прочность, микрокремнезем, диопсид

В настоящее время использование различных органических и неорганических добавок успешно решают проблемы улучшения качества, долговечности, экономичности цементных бетонов и растворов.

Учитывая возможное энергетическое взаимодействие минеральных добавок с соединениями, входящими в состав портландцемента, а также влияние таких добавок на процесс гидратации клинкерных минералов и формирование структуры цементного камня, целесообразно в качестве дисперсных минеральных добавок использовать диопсид и микрокремнезем [1].

Для обеспечения высокой эффективности действия минеральных микронаполнителей важны не только их свойства, но и вводимое их количество и дисперсность, что учитывается далеко не всегда [2].

Взаимодействие наполнителей с минеральными вяжущими осуществляется в зоне контакта частиц этих компонентов. Очевидно, оптимальная концентрация добавок соответствует случаю, когда частица добавки со всех сторон плотно окружена частицами гидратированного вяжущего. Меньшее количество добавки приведет к снижению эффективности их действия. При большем их содержании возможны прямые контакты между частицами добавок, что также снизит эффективность их влияния [3].

Тем не менее, многие вопросы, связанные с возможностью применения дисперсных минеральных добавок для увеличения различных характеристик цементных материалов остаются невыясненными до конца, а разработка и внедрение комплексных добавок с диопсидом и микрокремнеземом представляет научный интерес и является актуальной в настоящее время.

В данной работе исследовалось влияние микродисперсных добавок на прочностные свойства мелкозернистого бетона. В качестве вяжущего вещества использовался портландцемент марки (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н производства ООО «Топкинский цемент» ГОСТ 31108-2003, с удельной поверхностью 354 м<sup>2</sup>/кг. В качестве заполнителя применялся песок ОАО «Камнереченский каменный карьер», просеянный и фракционированный в соответствии с ГОСТ 26633-2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия». Модуль крупности песка составлял 2,5.

В качестве модифицирующих добавок использовались микрокремнезем МК-85 (ОАО «Кузнецкие ферросплавы» г. Челябинск) и диопсид. Микрокремнезем имел светло серый цвет, его удельная поверхность равнялась 2180 м<sup>2</sup>/кг, средний размер частиц составлял 1,25

мкм. Согласно техническому паспорту, распределение частиц микрокремнезема по размеру оказывалось следующим: меньше 2,0 мкм – 90,07 %; 2 ÷ 2,36 мкм – 1,17 %; 2,36 ÷ 3,4 мкм – 0,86 %; 3,4 ÷ 5,4 мкм – 1,47 %; 5,4 ÷ 8,3 мкм – 1,51 %; 8,3 ÷ 15,3 мкм – 2,86 %; 15,3 ÷ 20,0 мкм – 1,0 %; 20,0 ÷ 46,3 мкм – 1,06 %. Химический состав по заказу производителя определялся французской фирмой «Filter Media». Было установлено, что данный микрокремнезем включает  $SiO_2$  – 93,2% мас.,  $Al_2O_3$  – 0,74% мас.,  $Fe_2O_3$  – 0,68% мас.,  $CaO$  – 0,81% мас.,  $MgO$  – 0,91% мас.,  $Na_2O$  – 0,79% мас.,  $K_2O$  – 1,38% мас.,  $C$  – 1,20% мас.,  $S$  – 0,29% мас. [4].

Используемая в данной работе диопсидная добавка представляла собой измельченную отвальную породу – отход от переработки флогопитовых руд. Ее плотность равнялась 3300 кг/м<sup>3</sup>. Состав минерала определялся количественным химическим анализом, для которого было отобрано 10 проб со Слюдянского месторождения. В результате были получены следующие данные:  $SiO_2$  – 53,44% мас.,  $CaO$  – 26,23% мас.,  $MgO$  – 17,90% мас.,  $Al_2O_3$  – 0,20% мас.,  $Fe_2O_3$  – 0,09% мас.,  $R_2O$  – 0,11% мас.,  $TiO_2$  – 0,10% мас., П.п.п. – 1,93% мас.

Для изучения зависимости прочностных характеристик мелкозернистого бетона от размеров частиц, использовались исходная, дробленая добавка диопсида и добавка, дополнительно измельченная на мельнице АГО-9 [4]. Дисперсность порошков определялась методом лазерной, установлено, что средний размер их зерна  $D_d = 7,24$  и 49,7 мкм. В экспериментах массовая доля диопсида ( $m_d$ ) варьировалась от нуля до девяти процентов, результаты испытания образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Испытание образцов с добавкой диопсида

$m_d$ , %	Прочностные характеристики мелкозернистого бетона, МПа, при	
	$D_d$ , мкм	
	7,24	49,7
	$S_c$	$S_c$
0	33,0	33,0
1	37,4	36,8
3	43,6	41,9
5	46,3	45,2
7	42,7	48,4
9	39,2	42,2

В экспериментах массовая доля кремнезема ( $m_s$ ) варьировалась от 0 % до 14 %. Полученные прочностные характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Испытание образцов с добавкой микрокремнезема

$m_s$ , %	0	4	8	12	14
$S_c$ , МПа	33,0	36,8	43,9	51,0	44,2

Коэффициент вариации при определении прочности в обоих случаях составлял не более 2,5 %. Анализ данных таблиц 1, 2 свидетельствует о том, что зависимость прочностных свойств бетона от массовых долей добавок не монотонна. Характер влияния массовой доли диопсида при этом не универсален и определяется средним размером модифицирующих частиц. С уменьшением  $D_d$  значения массовой доли добавки, при которой достигается максимальная прочность, также снижается. Оптимальное значение массовой доли добавки с наименьшими частицами составляет 5 %, а с наибольшими – 7 %. При этом достигаемые значения прочности по сжатию оказываются близки – 46,3 и 48,4 МПа. В случае с добавлением микрокремнезема, максимальные значения прочности достигаются при массовой доле равной двенадцати процентам, прочность на сжатие увеличивается до 51,0 МПа.



В третьей серии экспериментов мелкозернистый бетон модифицировался совместно микрокремнеземом и диопсидом. В экспериментах использовались два порошка диопсида со средним диаметром частиц 7,24 и 49,7 мкм, их концентрация соответственно равнялась 5 и 7 %. Для приготовления бетонной смеси диопсид предварительно смешивался с портландцементом в шаровой мельнице в течение 1,5 часов, а микрокремнезем вводился в смесь совместно с водой затворения.

Таблица 3. Испытание образцов с комплексной добавкой

Размер зерен диопсида, $D_d$ , мкм	Количество добавки, % мас.		Прочностные показатели, МПа, мелкозернистого бетона $S_c$
	диопсида, $m_d$	микрокремнезема, $m_s$	
0	0	0	33,0
7,24	5	0	48,1
7,24	5	4	53,4
7,24	5	8	55,1
7,24	5	12	75,8
7,24	5	14	69,1
49,7	7	0	48,4
49,7	7	4	59,9
49,7	7	8	63,7
49,7	7	12	82,7
49,7	7	14	77,9

Сопоставление таблиц 1–3 показывает, что прочность на сжатие при совместном использовании микрокремнезема и диопсида оказывается выше, чем при использовании каждой из них в отдельности. Максимальное упрочнение бетона достигается при введении комплексной добавки, включающей 7 % по массе диопсида с частицами размером 49,7 мкм и 12 % микрокремнезема. Прочность на сжатие мелкозернистого бетона при этом увеличивается в 2,5 раза.

На рисунке есть возможность оценить структуру цементного камня, полученного без добавок, которая изучалась с помощью растрового сканирующего электронного микроскопа *Phenom G2 Pure*. Структура немодифицированного бетона показана на рис. слева, бетон характеризуется высокой пористостью. Добавление микрокремнезема с водой затворения в состав существенно изменяет микроструктуру материала, в ней формируются гидросиликаты кальция игольчатой структуры (рисунок 1, справа).

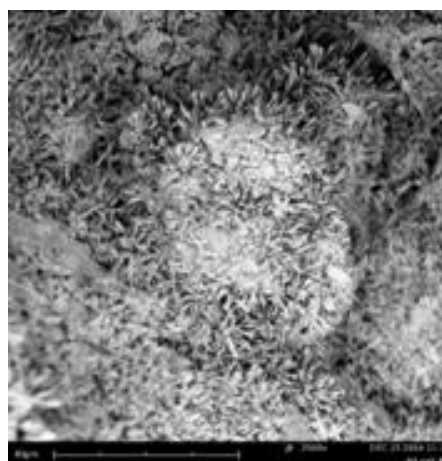
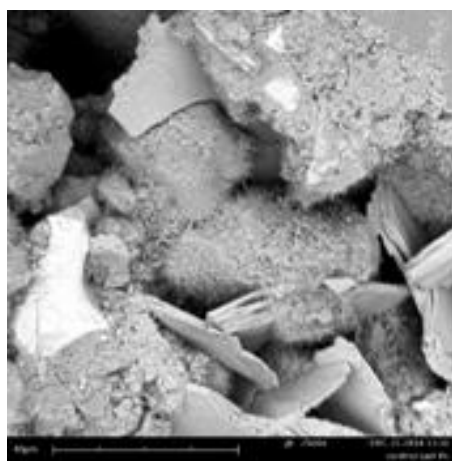
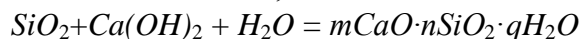


Рисунок 1 – Микроструктура образцов при 2500-кратном увеличении. Слева – контрольный образец; справа – образец с добавлением микрокремнезема МК-85

**Заключение.** Таким образом, по результатам экспериментов, можно сделать выводы, что дисперсные минеральные добавки могут воздействовать на процесс гидратообразования и на структурообразование при твердении вяжущих веществ. Положительное действие микрокремнезема в цементных композициях объясняется реакцией пуццоланизации, в результате которой происходит химическое связывание свободного гидроксида кальция  $Ca(OH)_2$ , с выделением кристаллов гидросиликатов кальция, составляющих цементный гель [6, 8]:



Кристаллы гидроксида кальция обладают меньшей прочностью [5], чем гидратированные силикаты кальция  $C-S-H$ , что предопределяет более низкие механические показатели контрольных образцов, изготовленных без микрокремнезема.

При введении диопсида происходит микроармирование структуры и перераспределение напряжений в случае приложения внешней нагрузки [1, 3, 6, 7]. Твердость диопсида по шкале Мооса равна 7, а это значит, что модуль упругости материала добавки больше, чем у цементного камня, и концентрация напряжений будет происходить на частицах добавки, что приведет к увеличению механической прочности образцов. Введение диопсида оказывает влияние на формирование структуры цементного камня, уменьшается средний диаметр пор, повышается морозостойкость.

При совместном модифицировании микрокремнеземом и диопсидом имеет место сочетание обоих описанных механизмов упрочнения. В результате прочность на сжатие увеличивается в разы. При этом, степень упрочнения при использовании инертных микродобавок оказывается различной, и величина упрочнения зависит от дисперсности материала добавки и ее массовой доли.

### Библиографический список

1. Ильина Л.В. Повышение эксплуатационных характеристик строительных материалов на основе цемента длительного хранения, дисс. на соискание ученой степени д-ра техн. наук: 05.23.05. Новосибирск, 2011.
2. Кирсанова А.А., Ионов Ю.В., Крамар Л.Я. К вопросу о долговечности бетонов с комплексными добавками, включающими метакаолин // *Фундаментальные и прикладные науки – основа современной инновационной системы*. 2015. С. 198-203.
3. Бердов Г.И., Никоненко Н.И., Ильина Л.В. Влияние высокодисперсных минеральных добавок на механическую прочность цементного камня // *Известия вузов. Строительство*. 2011. №12. С. 25-30.
4. Рудяк В.Я., Ильина Л.В., Хакимуллина С.А. Влияние на прочность мелкозернистого бетона добавок микрокремнезема и диопсида различной дисперсности // *Известия вузов. Строительство*. 2016. № 12. С.16-24.
5. Русина В.В., Корда Е.В., Львова С.А. Коррозионная стойкость мелкозернистых бетонов на основе техногенного сырья // *Строительные материалы*. 2011. С.18.
6. Khakimullina S., Ilina L., Mukhina I. Increasing the Mechanical Strength of Fine-Grained Concrete by Introducing Finely Dispersed Mineral Additives // *Conference AIP 1800 Proceedings 3. Сер. YSSIP 2016: Proceedings of the III International Young Researchers Conference «Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects»*. 2017. С. 020009-1-8. URL: <https://doi.org/10.1063/1.4973025> (дата обращения: 05.05.2017).
7. Ilina L. High-Performance concretes with modifying micro additives of microsilica and diopside / L. Ilina, V. Rudyak, S. Khakimullina // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. C/ 012045.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИЦЕВОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ОПОКОВИДНЫХ ПОРОД ПО ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО ФОРМОВАНИЯ

Божко Ю. А.

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
г. Ростов-на-Дону, Россия

**Работа выполнена в рамках реализации договора №14480ГУ от 17.07.2019 (код 0047150), конкурс УМНИК-18 (в).**

*Аннотация: в статье приведены основные результаты научных исследований и заводских испытаний лицевого кирпича, изготовленного по технологии мягкого формования на основе опал-кristобалитовых пород. Приведено описание кирпича мягкой формовки, его эстетических особенностей, вариантов дизайна, формы и размеров. Основным фактором, препятствующим развитию масштабов производства такого кирпича, является отсутствие подходящего сырья. Поэтому актуальной задачей является поиск такого сырья и разработка технологии для производства лицевого кирпича с улучшенными эксплуатационными характеристиками и эстетической привлекательностью.*

*Ключевые слова: лицевой кирпич, опоковидные породы, мягкое формование, степень измельчения, дизайн, поверхность.*

Тенденции последних лет в строительстве и архитектуре показывают небывалый интерес к так называемому кирпичу «ручной формовки». Термин этот скорее маркетинговый, так как с научной точки зрения правильнее называть «мягкой формовки», что связано с повышенной влажностью массы для формования. При обычном экструзионном способе, придание формы происходит при удельных давлениях в головке пресса 1,0-2,0 МПа, а при мягком формовании – всего 0,05-0,3 МПа, что значительно ниже. Для примера, усилие, которое может приложить человек при ручной формовке кирпича едва достигает до 0,1 МПа.

Отличительной особенностью кирпича мягкой формовки, в сравнении с обычным лицевым, является его необычный внешний вид. Кирпич имеет бархатистую поверхность, ярко выраженную структуру с всевозможными углублениями различной формы, складками, напыльями, округлостями углов и прочими «дефектами» (рисунок 1). Его внешний вид создаёт иллюзию старинного кирпича [1-2]. Благодаря данной технологии, каждый кирпич выходит индивидуальным, непохожим друг на друга. Именно эта особенность лежит в основе высокого спроса на кирпич мягкой формовки среди потребителей, архитекторов и дизайнеров.



Рисунок 1 – Внешний вид кирпича мягкой формовки

Исторически сложилось так, что на сегодняшний момент стандартным является кирпич с размерами: длина 250 мм, ширина 120 мм и высота 65 мм. Однако, европейские стандарты отличаются от российских, так как у них наиболее часто используемым размером является формат WDF с параметрами 210 x 100 x 65 мм. В связи с этим, возникают трудности

при кладке кирпича из отечественного и импортного кирпича, связанные с конструктивными особенностями. Нами, при разработке форматов кирпича мягкой формовки, за основу был принят российский формат 1НФ с размерами 250 x 120 x 65 мм.

Также стоит отметить, что всё большей популярностью пользуется кирпич нестандартного удлиненного формата, который называется ригель или «лонг» (от англ. long – длинный). Его размеры существенно отличаются от стандартных и в длину достигают 500 мм, при высоте всего 40 мм (рисунок 2). По сути, этот кирпич является прототипом древней плинфы, которую часто использовали при строительстве церквей, храмов и прочих грандиозных объектов. Сейчас же такой формат кирпича чаще используется для придания выразительности и индивидуальности архитектурному объекту: ресторану, кафе, офису или частному дому.



Рисунок 2 – Кирпич удлиненного ригельного формата

На первый взгляд, производство кирпича по технологии мягкого формования достаточно просто. Но на самом деле это дело современно не простое. Наиболее важным моментом является подбор сырьевой массы, от которой зависят многие факторы. Формовочные массы при данной технологии обладают повышенной влажностью и являются средним состоянием между пластической массой, сохраняющей форму, и шликером, предназначенным для литья. Рабочая влажность формовочных масс зависит от минерального состава, дисперсности частиц, состава обменных катионов и анионов и прочих факторов. Масса не должна прилипать к форме, иначе невозможно будет получить уникальную фактуру [3 – 4]. Лицевой кирпич должен отвечать требованиям действующих стандартов по прочности, морозостойкости и водопоглощению, при высыхании не иметь дефектов. Обжиг желательно производить при температуре до 1050 °С для возможности применения типовых печей.

К сожалению, территория России, по большей части, располагает месторождениями суглинков и лёссов, которые не являются качественным сырьем для производства лицевого кирпича. По результатам многочисленных исследований установлено, что на основе лёссов и суглинков достаточно сложно получить лицевой кирпич с прочностью М100 и морозостойкостью более F50.

Исследования, проводимые нами в последние годы, показали, что некоторые из литологических разновидностей опоковидных пород могут быть весьма перспективным сырьем для производства кирпича мягкой формовки. Многочисленные эксперименты позволили выделить глинистые и глинисто-карбонатные опоки как наиболее подходящие для технологии мягкого формования [5 – 7]. С помощью глинистых опоковидных пород можно получить классические цвета изделий – красный и его оттенки, а с помощью глинисто-карбонатных светлые – бежевый, желтый, слоновая кость и розоватый. Эти свойства чрезвычайно важны для формирования основных эстетических свойств кирпича.

Технология производства кирпича мягкой формовки состоит из четырех этапов, схожих с другими технологиями, и включает подготовку сырья, процесс формования изделий, сушку и обжиг. Особенностью именно данной технологии является этап формования.

Подготовка сырьевой смеси начинается с измельчения опоковидных пород, ввода добавочных материалов и тщательного перемешивания. Так как опоки являются камневидным сырьем, то для процесса измельчения предпочтительнее использовать щековую дробилку. Несмотря на высокую карьерную влажность 10 – 20 %, породы сохраняют «камневидность» за счет своей микропористости, при этом дробление происходит без дополнительной подсушки. При высокой влажности экономически выгоднее организовать подсушку естественным путем под открытым небом или навесом в холодное время года. После щековой дробилки крупность материала будет составлять не более 20 – 30 мм. Далее следует первичное измельчение, где крупность материала на выходе составляет менее 2 – 5 мм, и достигается за счет использования молотковых, зубчатых, роторных дробилок или дезинтеграторов. Для снижения пыления материал поставляется в полусухом виде. Рационально организовать процесс дробления и первичного измельчения непосредственно на месте добычи.

Далее наступает очередность вторичного измельчения или помола, на выходе которого зерновой состав сырья должен находиться в интервале фракций от 0 – 1,25 до 0 – 0,16 мм. В данном случае рекомендуется использование дезинтеграторов для тонкого измельчения, стержневых, маятниковых, шаровых и вихревых мельниц. Вальцы не являются эффективными, так как на выходе не получается достаточное количество тонких фракций. Именно процесс вторичного измельчения должен тщательно контролироваться, так как степень измельчения является одним из главных факторов, влияющих на свойства изделий [6,8]. Подготовка сырьевых смесей с прерывистым зерновым составом существенно усложняет производство. Гарантированного зернового состава легко добиться при использовании маятниковых и вихревых мельниц. При этом следует иметь в виду, что вторичное измельчение связано с подсушкой сырья – материал при измельчении нагревается.

Следующим этапом является смешивание измельченных опок с различными добавками. В основном это окрашивающие и осветляющие черепок добавки. Также в зависимости от конкретного способа формования могут вводиться пластифицирующие добавки в количестве до 20 %, наиболее подходящими из которых являются кремнистые глины, имеющие пластичность 24-30 единиц [9]. После подготовки сырьевая масса поступает в бункер-накопитель, рассчитанный на 2-3 часа работы формовочного отделения. Очень удобным является наличие 2-х бункеров, особенно при переходе с одного состава массы на другой. Это позволяет сократить простой формовочного отделения. Бункер должен быть оборудован дозирующим устройством.

Формование изделий по «мягкой» технологии может осуществляться тремя различными способами:

- технология ручной формовки, где кирпич формируется именно руками человека, как и 1000 лет назад, в деревянных или металлических формах;
- разгонный способ - кусок массы округлой формы с помощью разгонного устройства бросается в форму. Разгонное устройство обычно представляет собой 2 резиновые ленты, установленные вертикально с небольшим уменьшением расстояния между ними к низу. Скорость лент и расстояние между ними могут регулироваться;
- способ задавливания - дозирующим устройством кусок массы округлой формы подается в форму, а затем сверху при низком давлении масса пуансоном задавливается в форму, где и равномерно распределяется, а излишки выдавливаются.

Перед подачей массы в форму она может обсыпаться песком для того, чтобы избежать прилипания и для придания декоративности. Пески на основе опок – наиболее подходящий для этого материал, так как быстро впитывает в себя влагу за счёт высокой микропористости. При любом способе излишки массы в форме срезаются струной. После этого формы переворачиваются днищем вверх, и изделие извлекается из формы. При ручной формовке производительность обычно составляет 800 – 1000 кирпичей в смену на одного человека. Автоматизированные линии фирмы «DeVoerB.V.» и других производителей могут достигать производительности до 40 000 кирпичей в час.

После формования изделий следующим этапом является сушка. Для технологии мягкой формовки характерна малая прочность отформованных изделий, поэтому применяется или ручная укладка, или роботы со специальными захватами. Изделия очень аккуратно на постель укладываются на сплошные сушильные рамки, сделанные из влагонепроводящего материала, где каждое изделие не соприкасается друг с другом, и далее рамки укладываются на сушильные вагонетки. Для разработанных нами керамических масс на основе опоковидного сырья достаточно 36 – 48 часов сушки, что немного в сравнении с глинистым сырьём.

Следующей операцией является обжиг. Среднее время обжига для обычного керамического кирпича составляет 48 часов. Для лицевого кирпича мягкой формовки на основе опок время обжига может быть сокращено. Особенностью является замедление скорости обжига при температурах 400 – 600 °С в период дегидратации глинистых минералов и выделение воды из опалового кремнезёма [10, 11]. Также, время выдержки при конечных температурах для кирпича на основе опок должно быть больше, так как он менее теплопроводен. За счёт этого достигается «равномерность» свойств изделий. Скорость охлаждения не имеет принципиального значения и обычно составляет 10 – 15 часов. Оптимизация режима обжига на каждом конкретном производстве заключается в снижении энергетических затрат и получении изделий с заданными свойствами.

Организация производства кирпича мягкой формовки на основе опоковидных пород откроет неисчерпаемые возможности для архитекторов в поиске индивидуальных решений, и позволит поднять эстетику гражданского строительства на новый уровень.

### Библиографический список

1. Котляр В.Д., Лапунова К.А. Технология и дизайн лицевых изделий стеновой керамики на основе кремнистых опоковидных пород // Монография. Министерство образования и науки Российской Федерации, Ростовский государственный строительный университет. Ростов-на-Дону, 2013.
2. Котляр В.Д., Божко Ю.А. Технология получения и роль фигурного кирпича мягкой формовки в современном дизайне // Труды академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 10-13.
4. Божко Ю.А., Лапунова К.А. Применение облицовочного кирпича мягкой формовки в современной архитектуре // Дизайн. Материалы. Технология. 2018. №1. С. 61-65.
5. Августиник А.И. Керамика. Л.: Стройиздат, 1975. 592 с.
6. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. Москва: ГЕОС, 2013. 576 с.
7. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоковидных пород как сырья для производства стеновой керамики // Строительные материалы. 2009. № 3. С. 36-39.
8. Котляр В.Д., Лапунова К.А. Технологические особенности опок как сырья для стеновой керамики // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 11-12 (611-612). С. 25-31.
9. Бондарюк А.Г., Котляр В.Д. Стеновая керамика на основе опоковидных кремнисто-карбонатных композиций // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2010. № 7 (619). С. 18-24.
10. Устинов А.В., Котляр В.Д. Спекаемость глинистых опок при производстве керамического кирпича // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3 (21). С. 588-591.
11. Лапунова К.А., Лазарева Я.В., Божко Ю.А., Орлова М.А. Фазовые преобразования при обжиге кремнистых глин // Строительные материалы. 2019. № 4. С. 8-11.
12. Котляр В.Д., Лапунова К.А. Особенности физико-химических преобразований при обжиге опоковидного сырья // Строительные материалы. 2016. № 5. С. 40-42.

## РАСТВОРЕНИЕ НАТРИЕВОЙ СИЛИКАТ-ГЛЫБЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

Волокитин Г.Г., Глотов С.А., Алексеев А.А.

*ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»  
г. Томск, Россия*

*Аннотация. Исследована возможность получения жидкого стекла из натриевой силикат-глыбы на основе электрогидравлического эффекта Юткина. При этом возникает ряд физических явлений, таких как ударные, ультразвуковые и звуковые волны, высокие локальные температуры, высокоскоростные потоки жидкости, кавитационные процессы. Совокупность этих явлений приводит к диспергированию силикат-глыбы и повышению ее реакционной способности. В сравнении с лабораторным стационарным автоклавом, расход электроэнергии по получению жидкого стекла в 80 раз меньше, время его получения – в 56 раз меньше.*

*Ключевые слова: силикат-глыба, жидкое стекло, электрический разряд, реакционная масса, растворение, реактор, плотность.*

Жидкое стекло можно отнести к уникальным материалам. Недаром 21 век иногда называют веком жидкого стекла. Благодаря своим уникальным свойствам жидкое стекло имеет самое широкое применение в машиностроении (связующие для литейных формовочных смесей и противопожарных красок), целлюлозно-бумажной промышленности (пропитка бумажной массы, склеивание), производстве жароупорных материалов (растворы и бетоны), в производстве кислотоупорных материалов, катализаторов, цеолитов, силикагеля, белой сажи, синтетических моющих средств, производстве электросварочных материалов (штучных сварочных электродов и керамических флюсов), силикатных лакокрасочных материалов, приготовление инъекционных составов для укрепления грунтов при строительстве [1]. Открываются новые перспективные направления использования ЖС. Например, появилась современная технология антикоррозионного покрытия кузовов автомобилей аэрозолями на основе жидкого стекла.

Одной из разновидностей жидкого стекла является натриевое, имеющее преимущественное использование в строительной индустрии. Жидкое стекло получают обычно из силикат-глыбы методом автоклавного растворения. Этот способ в настоящее время имеет преимущественное применение, хотя ему присущи некоторые недостатки технологического и конструктивного характера. Например, он предполагает наличие острого пара, что неизбежно связано с его генерированием в парогенераторе. Это в свою очередь усложняет технологию получения жидкого стекла. Кроме того, для интенсификации процесса растворения требуется перемешивание реакционной массы, что также усложняет автоклав в конструктивном исполнении.

Как известно, автоклав представляет собой герметичную емкость для создания высокого давления и температуры. Существуют строгие правила при технической эксплуатации подобных аппаратов, что налагает на обслуживающий персонал особую ответственность. Персонал должен иметь соответствующую квалификацию и обязан периодически ее подтверждать. Поэтому при эксплуатации автоклавов требуются организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работы.

Получение жидкого стекла из силикат-глыбы основано на процессах растворения, подразумевая при этом переход твердого материала (силикат-глыбы) полностью в жидкое состояние. В продукте растворения имеется нерастворимый осадок и для получения качественного жидкого стекла его необходимо удалять путем декантации (отделение жидкого стекла от осадка при отстаивании). Этот процесс длителен вследствие того, что получаемый продукт имеет коллоидную форму высокой вязкости.

Электроразрядный способ растворения силикат-глыбы представляет собой процесс, в котором реализуются основные технологические стадии получения жидкого стекла. Процесс растворения осуществляется в электроимпульсном реакторе (ЭИР), представляющем собой емкость, чаще всего в форме цилиндра, в которую вмонтированы электроразрядные излуча-

тели. Похожее устройство описано в [2] и использовалось для растворения различных твердых материалов в химической и пищевой промышленности, металлургии. Однако, в литературе не описано применение данного устройства для получения жидкого стекла. Этот способ в предложенном приложении является новым, требующим всестороннего изучения в силу особенностей кинетики растворения силикат-глыбы, что следует учитывать в промышленной технологии получения жидкого стекла. Например, следует принимать во внимание факт изменения в процессе растворения параметров получаемого продукта - плотность и вязкость. Следует также учитывать наличие гелеобразной пленки между твердым материалом (силикат-глыба) и растворителем, непосредственно влияющей на кинетику растворения [1].

Установка не имеет вращающихся частей, что является ее достоинством. Реактор, в котором проходят процессы получения жидкого стекла не требует герметизации. И что также является важным – это длительность процесса получения стекла. По сравнению с автоклавным способом, время получения жидкого стекла по данному способу в десятки раз меньше. На рис.3 представлена зависимость плотности жидкого стекла от времени растворения силикат-глыбы для двух способов его получения – электроразрядного (ЭРС) и автоклавного (Автоклав). Из представленных зависимостей следует, что время растворения силикат-глыбы в лабораторном электроразрядном реакторе в 56 раз меньше времени ее растворения в стационарном лабораторном автоклаве. Сравнение произведено для полученного жидкого стекла плотностью  $1,27\text{г/см}^3$ .

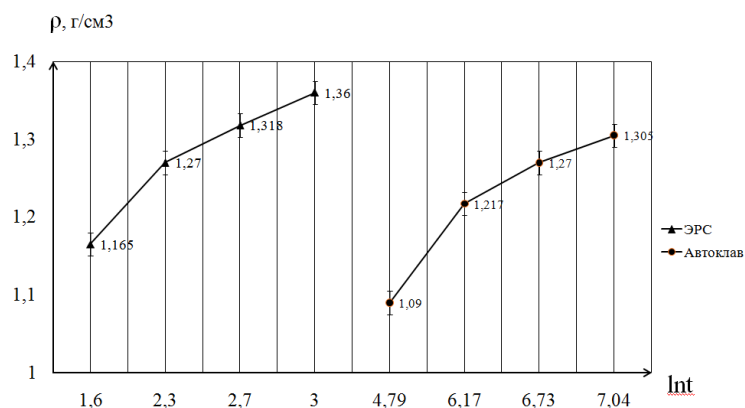


Рисунок 1 – Зависимость плотности  $\rho$  ( $\text{г/см}^3$ ) жидкого стекла от времени  $t$  (мин)

Главными воздействующими факторами в данном процессе являются давление и температура. Они достигают значений, достаточных для эффективного получения продукта. Поскольку процессы кратковременны, то и действие высоких давлений и температуры, также, кратковременны, хотя его достаточно для осуществления процесса растворения щелочных силикатов. На рисунке 2 представлены образцы жидкого стекла, полученные в лабораторном автоклаве, в лабораторном электроразрядном реакторе, и жидкое стекло, полученное промышленным способом.

Рисунок 2 – Образцы жидкого стекла.

Слева направо: жидкое стекло – промышленное;  
жидкое стекло, полученное в лабораторном автоклаве;  
жидкое стекло получено электроразрядным способом





Как видно из рисунка, жидкое стекло, полученное электроразрядным способом, имеет слегка желтоватый цвет, что по ГОСТ 13078-81 «Стекло натриевое жидкое» является допустимым.

В работе Г.А. Аксельруда и А.Д. Молчанова [1] рассмотрена классификация процессов растворения. Описаны физическое, химическое и электрохимическое растворение. Отметим, что в результате физического растворения, исходное твердое вещество не меняет своего химического состава. При растворении это вещество можно восстановить в твердом состоянии, используя процессы выпаривания и кристаллизации. Химическое растворение – это гетерогенная химическая реакция, протекающая в системе твердое тело – жидкость. При этом исходное вещество в твердом веществе не может быть восстановлено из раствора чисто физическими методами. Электрохимическое растворение протекает в условиях, когда процессу сопутствует перенос электрических зарядов.

В рассматриваемом способе получения жидкого стекла из силикат-глыбы осуществляются все указанные процессы растворения, в том числе и электрохимическое растворение. Однако следует учитывать, что представленная технология растворения твердого вещества осуществляется в импульсном режиме, и в рассмотрении кинетики растворения следует учитывать эту особенность. Результат растворения необходимо рассматривать с позиции импульсной электрохимии

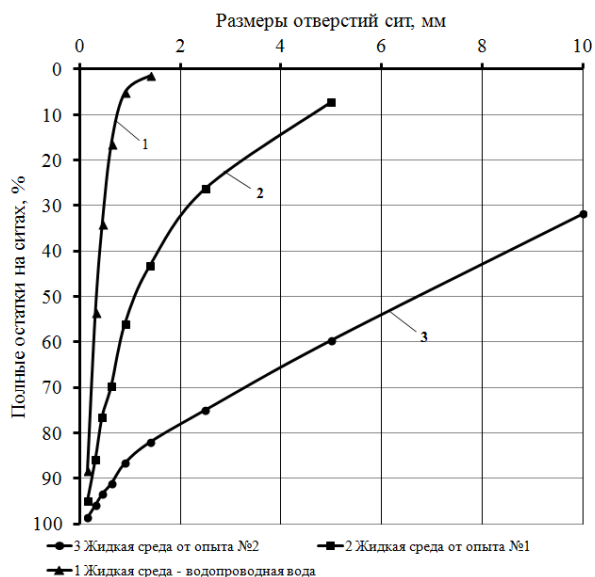
Получение жидкого стекла (ЖС) из силикат-глыбы с использованием электрических разрядов является новым способом, находящимся на начальном этапе своего развития и требующего всестороннего исследования. К особенностям данного способа следует отнести нетрадиционный характер силового нагружения при растворении силикат-глыбы. Это воздействия в виде ударных волн, кавитационных процессов, электромагнитного воздействия, высокоскоростных потоков жидкости с ее турбулентным характером и т.д. Силикат-глыба является объектом приложения внешнего воздействия. В источниках литературы имеются сведения о влиянии того или иного фактора воздействия, но ни один из известных способов не обладает той совокупностью одновременно действующих факторов, позитивно влияющих на процесс растворения, как электроразрядный [2].

Электроразрядный способ получения жидкого стекла предусматривает использование воды, как жидкой фазы при растворении силикат-глыбы. В процессе обработки электрическими разрядами системы, состоящей из кусков силикат-глыбы, расположенных в водопроводной воде, куски измельчаются, вследствие чего повышается реакционная способность материала. При этом вода изменяет свою электропроводность и, по мере повышения степени измельчения кусков силикат-глыбы, она становится более электропроводной. Электропроводность, как качественный показатель состояния вещества, отражает способность проводить электрический ток, и чем выше электропроводность, тем больший ток может протекать в электрической цепи. Для однозначного суждения о протекающих электрических процессах, необходимо оперировать количественным показателем – удельной проводимостью или обратной ей величиной – удельным электрическим сопротивлением. В представленной технологии получения жидкого стекла используют эффект Юткина, заключающегося в возникновении волн давления при электрическом разряде заряженного конденсатора на водный промежуток [3].

В физических устройствах, реализующий электрогидравлический эффект Юткина, действительно используют совокупность конденсаторов, заряжаемых от источника электрического питания. Значение электрической емкости конденсаторов совместно с таким параметром, как электрическое напряжение, определяют запасенную энергию источника импульсной энергии – генератора импульсных токов. Уровень запасенной энергии генератора определяется исходя из технологических задач, а также исходя из характера электрической нагрузки. В данном случае под нагрузкой понимается межэлектродное расстояние между высоковольтным и низковольтным электродом. Межэлектродный промежуток в принципе может иметь различное физическое состояние – от непроводящего, до проводящего состояния. Данное состояние зависит от рода среды, находящейся в межэлектродном промежутке. Кроме того, оно еще определяется процессами, протекающими в промежутке, а они в свою

очередь зависят от того, какой механизм пробоя среды реализуется в данных условиях. Отвлекаясь от физики пробоя среды, можно констатировать факт увеличения проводимости жидкой среды в процессе измельчения силикат-глыбы электрическими разрядами. Как отмечалось выше, при этом увеличивается значение тока и тем быстрее происходит разрядка заряженного конденсатора. И если в течение некоторого времени не будет сформирован канал электрического разряда, являющегося рабочим инструментом в данной технологии, то возможен случай «тихого» разряда конденсатора без внешнего динамического проявления. В этом случае не будет наблюдаться процесс измельчения кусков силикат-глыбы. Т.е. электропроводность является важным технологическим фактором по измельчению силикат-глыбы электрическими разрядами.

Рисунок 3 – Зависимость зернового состава от режима измельчения



Проведенные исследования позволяют утверждать о существовании последовательного процесса получения жидкого стекла электрическими разрядами. Установлено, что растворение силикат-глыбы наблюдается более эффективно в случае, когда она имеет малые размеры, т.е. произошло измельчение кусков до зерен определенного размера. На рис.1 представлен зерновой состав измельченных кусков силикат-глыбы электрическими разрядами. Представлены три графика, отражающие размеры полученных зерен для трех режимов измельчения. Первый режим (кривая 1) соответствует случаю, когда измельчению подвергались куски силикат-глыбы электрическими разрядами в жидкой среде, представленной водопроводной водой. Зависимость 2 получена в результате измельчения кусков силикат-глыбы в среде, полученной в предыдущем (первом) опыте. При этом проводимость среды была выше, чем в первом опыте. И третья зависимость получена в режиме, когда куски силикат-глыбы измельчались в среде, полученной от опыта 2. А в этом опыте проводимость среды еще выше, чем в предыдущих опытах.

Переходя от опыта 1 к последующим опытам, проводимость среды повышалась, что сказалось на зерновом составе измельченной электрическими разрядами силикат-глыбы. Как следует из графика, с увеличением проводимости жидкой среды крупность зерен повышается, т.е. дробление становится все менее эффективным. Следовательно, для сохранения эффективности измельчения, следует поддерживать проводимость жидкой фазы в некоторых пределах. Этого можно достичь путем замены или разбавления жидкой фазы свежей водопроводной водой.

### Библиографический список

1. Корнеев, В.И. Растворимое и жидкое стекло / В.И. Корнеев, В.В. Данилов. – Санкт-Петербург: Стройиздат, 1996. – 216с.
2. Аксельруд, Г.А. Растворение твердых веществ / Г.А. Аксельруд, А.Д. Молчанов – М: Химия, 1977. – 272с.
3. Юткин Л. А Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л., Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986.

**КЕРАМИЧЕСКИЕ КАМНИ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ УГОЛЬНОГО РЯДА****Гайшун Е.С.**

*ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

*Аннотация: В работе рассматривается целесообразность использования отходов техногенного сырья угольного ряда при производстве керамических камней(блоков). Дано технико-экономическое обоснование производства изделий данного вида на основе угольных отходов (кек, шлам, отсев). Показана перспективность производства стеновых изделий высокой эффективности.*

*Ключевые слова: техногенного сырья угольного ряда, керамические камни, компрессионное формование, прочность, плотность.*

Развитие стройиндустрии влечёт за собой расширение номенклатуры изделий строительной стеновой керамики и увеличение объемов их производства. Одним из перспективных направлений развития может считаться производство крупноразмерных изделий со средней плотностью менее 700-800 кг/м<sup>3</sup> и теплопроводностью менее 0,2 Вт/(м·°С). Сдерживающим фактором увеличения объемов производства является сырьевая база, так как качественное глинистое сырье увеличивает себестоимость производимых изделий и вынуждает предприятия использовать сырье с вредными примесями. Поэтому важной и актуальной задачей в решении данной проблемы является использование нового нетрадиционного сырья при производстве высокоэффективных изделий стеновой керамики – техногенного сырья угольного ряда.

Изначально, себестоимость изделия в общем виде складывается из затрат на строительство завода и производственных расходов. Для её снижения перспективным направлением является технология компрессионного формования. Она уменьшает себестоимость продукции на 20 – 35 % за счёт снижения удельных капитальных затрат на строительство предприятия, сокращения технологического цикла производства, уменьшения трудовых затрат и расхода топлива.

Снизить затраты на обжиг можно при использовании техногенного сырья угольного ряда в качестве компонентов шихты, которые ко всему прочему позволяют снизить плотность и теплопроводность изделий, за счёт формирования пористой структуры черепка и пустотности изделия.

Интерес к техногенному сырью угольного ряда, как к сырью, используемому при производстве керамических изделий, появился сравнительно недавно [1 – 7]. Исследовательские работы, проведенные в их отношении, показали высокую перспективность использования данного вида сырья при изготовлении различных видов стеновой керамики.

Исследования проводились с целью разработки научно-технологической базы, получения высокоэффективных изделий стеновой керамики на основе техногенного сырья угольного ряда. Основные задачи исследовательской работы:

- определение технологических параметров получения стеновых керамических изделий на основе техногенного сырья угольного ряда;
- изучение свойств получаемых изделий;
- изучение фазовых преобразований, протекающих при обжиге и закономерности формирования структуры черепка.

Техногенное сырьё угольного ряда представляют собой тонкозернистые отходы, в твердой части которых содержится значительное количество угля. Состав и характеристики отсевов могут отличаться друг от друга из-за колебаний зольности и теплотворной способ-

ности. Отсевы техногенного сырья угольного ряда в керамических массах играют роль порообразующей и топливосодержащей добавки.

В глинистых массах, за счёт их невысокой газопроницаемости, проблемой при добавлении различных добавок является лишь частичное выгорание составляющей[]. Вследствие этого наблюдается ухудшение физико-технических свойств изделий, увеличение времени обжига и невозможность использования их в полной мере для экономии газа. Микропористая структура техногенных отходов, обладая высокой газопроницаемостью, способствует полному выгоранию угольной составляющей. Максимальная скорость выгорания углерода находится в пределах 700-850°C, т.е. ниже оптимальной температуры обжига изделий, что способствует значительной экономии топлива. Помимо этого, техногенное сырьё угольного ряда улучшает прессуемость пресс-порошков. Вводится пластифицирующая добавка в виде глины, до 30 % при вводе которой повышается прочность прессовок, снижается коэффициент сжатия и влажность пресс-порошка, уменьшается внутреннее и внешнее трение при прессовании, увеличивается срок службы оснастки пресса, достигается равномерность обжига изделий и возрастает их морозостойкость.

Технология производства керамических камней на основе техногенного сырья угольного ряда имеет свои особенности, которые связаны с некоторыми технологическими моментами. Результаты теоретических исследований подтверждаются практическими данными, заключающимися в том, что в сырьевых смесях, содержащих техногенное сырьё, резкое увеличение прочности, с учётом полного выгорания углерода, наступает при температурах 1000-1100°C. Требуется тщательного изучения вопрос о форме размера пустот с учётом технологичности процесса прессования, теплопроводности изделий, их физико-механических свойств.

Из вышесказанного доказана технико-экономическая целесообразность производства высокоэффективных керамических изделий с пониженной теплопроводностью и плотностью на основе техногенного сырья угольного ряда (отсева кека, шлама) с использованием технологии компрессионного формования при пониженном расходе газа на обжиг. Приведённые изменения в процессе производства изделий данным способом помогут достигнуть существенного энергосбережения газа и оптимизации режима обжига.

### **Библиографический список**

1. Явруян Х.С., Гайшун Е.С., Котляр В.Д. Особенности компрессионного формования тонкодисперсных продуктов углеобогащения при производстве керамического кирпича // Строительные материалы. 2017. №12. – С. 14 – 17.
2. Явруян Х.С., Гайшун Е.С., Власова Т.А. Производство стеновой керамики с применением тонкодисперсных продуктов углеобогащения // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. №9. – С. 125 – 128.
3. Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Сыромясов В.А., Фомина О.А., Дружинин М.С., Злобин В. И. Влияние температуры обжига на спекание керамических черепков из отходов обогащения угля аргиллиты // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. №10. – С. 39 – 48.
4. Котляр В.Д., Явруян Х.С. Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки террикоников // Строительные материалы. 2017. №4. – С. 38 – 41.
5. Котляр В.Д., Устинов А.В., Терехина Ю.В., Котляр А.В. Особенности процесса обжига угольных шламов при производстве стеновой керамики // Техника и технология силикатов. 2014. № 4. – С. 8 – 15.

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ КАМНЕЙ

**Наумов А.А.**

*ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
г. Ростов-на-Дону, Россия*

*Аннотация: Представлены результаты исследований по влиянию термообработки на физико-механические свойства плоских плит глинистого сланца, добываемых в Ростовской области. Установлено, что обжиг материала при температуре 400-500<sup>0</sup>С позволяет изменить цвет образцов с серого на светло-коричневый и увеличить предел прочности при изгибе.*

*Ключевые слова: Природный камень, температура обжига, объемное окрашивание, прочность, водопоглощение, морозостойкость.*

Природный камень – один из древнейших строительных материалов. Здания, где он применялся и применяется для строительства или отделки, отличаются прочностью и долговечностью, монументальностью и респектабельным внешним видом [1 – 3].

В наше время природный камень в большинстве случаев используется как отделочный материал в виде облицовочных плит. В Ростовской области чаще всего для этого применяют плоские плиты глинистого сланца неправильной формы – «пластушку», добываемые близ г. Белая Калитва (Ростовская область). Учитывая его относительно невысокую стоимость, применяется он для отделки цоколей зданий, заборов и мощения дворовых территорий. Его обычный природный цвет – серый, но работники карьера, путем обжига в самодельных печах небольших партий материала, получают камень светло-коричневого цвета. В настоящей статье представлены результаты исследований по влиянию термообработки на физико-механические свойства образцов глинистого сланца.

Доставленные для испытаний плиты «пластушки» серого цвета имели неправильную форму, толщину 10 – 30 мм и влажность 0,5 – 0,8 %. После высушивания водопоглощение материала составляло 1,7 – 2,4 %.

Образцы, предназначенные для термообработки с целью изменения цвета по всему объему, помещали сразу в муфельную печь. Объем печи – 9,6 дм<sup>3</sup>. Скорость подъема температуры – 20<sup>0</sup>С в минуту. Остывание – в печи с приоткрытой дверцей в течение часа. Общая масса образцов, обжигаемых навалом – 1,5 кг. Обжиг проводили как в окислительной среде (обычные условия), так и в восстановительной. Для создания восстановительной атмосферы в печь укладывали фарфоровые тигли с углем [4].

Как изменялось водопоглощение образцов при обжиге показано в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние термообработки на водопоглощение образцов

Температура обработки, <sup>0</sup> С	Время выдержки, мин.	Водопоглощение, %
300	30	2,6-3,0
400	15	1,6-2,7
400	30	2,9-3,0
500	15	2,5-3,5

Как видно из таблицы, водопоглощение обожженных образцов выше на 0,5 – 1,0 %. Потеря массы после обработки при температуре 300 – 400 <sup>0</sup>С составляла 1,5 – 1,7 %.

Изменение цвета до светло-коричневого у образцов глинистого сланца начиналось при 300 °С при выдержке не менее 15 мин. Время выдержки отсчитывали с момента, когда все точки печи и образцов достигнут максимальной температуры. Для получения равномерно окрашенных образцов, обжигаемых навалом, необходима обработка при 500 °С в течение 15 мин. При уменьшении времени термообработки или температуры – цвет неравномерный. Среда обработки (окислительная, восстановительная) влияния на цвет образцов не оказывает.

На рисунках 1 и 2 представлены фотографии образцов глинистого сланца в природном состоянии и после обжига.



Рисунок 1– Образцы сланца в природном состоянии



Рисунок 2 – Образцы сланца обожженные

Влияние термообработки на прочность образцов при изгибе показано в таблице 2. Было испытано несколько серий образцов. Серией считали некоторое количество образцов (не менее 5), полученное из одного куска камня. Образцы выпиливали шириной  $40 \pm 2$  мм и длиной не менее 160 мм углошлифовальной машиной с алмазным диском.

Определено, что прочность при изгибе у плит глинистого сланца, обожженных при температуре 400 – 500 °С, в большинстве случаев выше на 30 – 70 % по сравнению с необожженным материалом.

Таблица 2 – Влияние температуры обжига на предел прочности образцов при изгибе

№ серии	Температура обработки, °С	Предел прочности при изгибе, МПа	Изменение значения предела прочности
1	без обработки	20,2	-
	400	26,0	увеличение на 29 %
	500	26,8	увеличение на 33 %
2	без обработки	10,9	-
	400	16,1	увеличение на 48 %
	500	17,9	увеличение на 64 %
3	без обработки	22,4	-
	400	21,3	уменьшение на 5 %
	500	23,0	увеличение на 3 %
4	без обработки	13,2	-
	500	21,9	увеличение на 66 %
5	без обработки	17,5	-
	400	16,0	уменьшение на 9 %
6	без обработки	16,1	-
	500	20,5	увеличение на 27 %
7	без обработки	14,1	-
	500	24,2	увеличение на 72%

Термообработка влияет на расслаиваемость материала. У образцов, не имеющих признаков расслаивания, после обжига при 400-500<sup>0</sup>С могут возникнуть трещины расслаивания.

Морозостойкость образцов, определенная по стандартной методике, составила более 50 циклов, как для обожженного материала, так и природного. Трещины расслаивания, которые были на некоторых образцах, в процессе испытания не раскрывались.

Результаты проведенных исследований показали, что получение образцов глинистого сланца светло-коричневого цвета возможно после обжига при температуре 500<sup>0</sup>С в течение 15 мин. При этом, кроме изменения цвета, также повышается прочность образцов при изгибе.

#### Библиографический список

1. Олейникова А.Р., Лапунова К.А. Природный камень в архитектуре / Сб. науч. трудов по итогам междунар. научно-практ. конф. «Развитие технических наук в современном мире» // Воронеж, Изд-во: Инновационный центр развития образования и науки, 2017. – С. 80 – 83.

2. Наумов А.А., Котляр В.Д. Керамический кирпич из вскрышной породы Ключевского месторождения песчаников // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5249](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5249).

3. Федоров С.Ю., Лагута И.В., Астафьева Н.С. Экономический эффект при облицовочных работах каменными материалами / В сб.: «Проблемы развития современного общества» сб. науч. статей 4-й Всерос. научно-практ. конф. Юго-Западный гос. ун-т. 2019. – С. 296 – 298.

4. Наумов А.А. Декоративная обработка природных камней // Инженерный вестник Дона, 2015, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3204](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3204).

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СТРОИТЕЛЬНОГО КАМНЯ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОМ\*

Корнеев В.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
г. Новокузнецк, Россия,

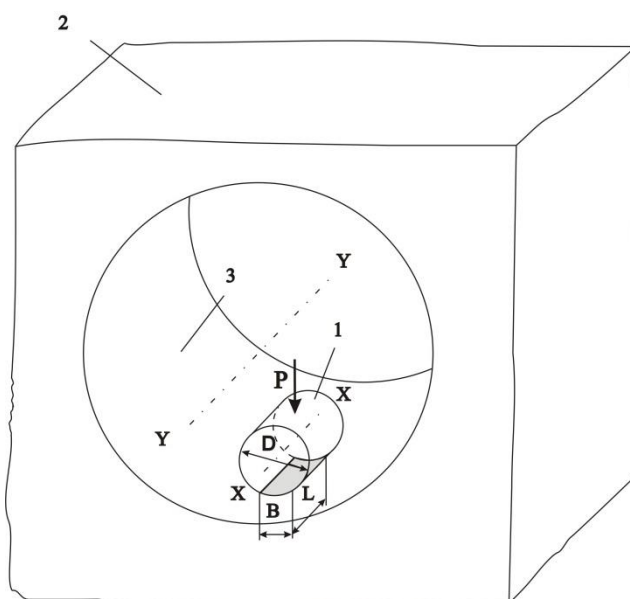
*Аннотация.* Статья посвящена разработке экспресс-метода определения прочности бетонных конструкций и строительного камня. Достоинствами предлагаемого метода, в сравнении с известными, является возможность проведения измерений в условиях скважин, что может быть полезно при возведении и реконструкции объектов вентиляции и водоотведения. Особенностью экспресс-метода также является наличие аналитического механизма, связывающего прочностные и деформационные свойства исследуемого материала с усилием, необходимым для его разрушения индентором.

*Ключевые слова:* прочность, экспресс-метод, бетон, строительный камень, скважина.

Прочностные свойства строительных материалов являются основным критерием, определяющим выбор инструмента и технологии для их обработки. В строительстве известны различные методы оценки прочности бетона и строительного камня в производственных условиях. Наибольшее распространение среди них получили исследования с помощью молотка Кашкарова, молотка Физделя, молотка Шмидта, ультразвукового прозвучивания, а также отрыва бетона со скалыванием [1, 2]. Основным недостатком выше приведенных методов является отсутствие у большинства из них аналитического обоснования механизма измерения, лежащего в их основе, а также невозможность их применения при проведении исследований в скважинах, например, при возведении или оценке состояния объектов вентиляции и водоотведения.

Сложившаяся ситуация актуализирует разработку нового метода, не имеющего указанных недостатков. Перспективной основой для его реализации является определение свойств исследуемых материалов на основании вдавливания различных по форме инденторов. Применительно к измерению в скважинных условиях, предпочтительными являются инденторы в форме тел вращения, обладающие цилиндрической контактной поверхностью [3, 4]. Среди них наибольшую точность способен обеспечить индентор в форме прямого кругового цилиндра за счет неизменной в процессе измерения длины полосы контакта вне зависимости от чистоты поверхности исследуемого тела. Экспресс-метод, основанный на использовании индентора с такой геометрией, был разработан в Сибирском государственном индустриальном университете [4]. В соответствии с ним определение прочностных свойств бетона или горной породы в скважине может быть осуществлено в соответствии со схемой, показанной на рисунке 1.

Рисунок 1. Экспресс-метод определения прочностных свойств горных пород, бетона и строительных материалов





При проведении измерений индентор 1 в форме прямого кругового цилиндра диаметром  $D$  равным его длине  $L$  воздействует на горную породу или бетон 2 таким образом, что ось индентора  $XX$  направляется параллельно оси  $YY$  скважины 3.

Определение прочностных свойств осуществляется на основании усилия, необходимого для хрупкого разрушения материала под индентором. При этом могут быть использованы следующие аналитические зависимости, полученные автором статьи.

Контактное взаимодействие двух цилиндрических тел может быть описано теорией Г. Герца. Одним из контактирующих тел является индентор, а вторым – бетонный блок с цилиндрической скважиной [5]:

$$P_0 = 0,5642 \sqrt{\frac{q}{\eta} \cdot \frac{R_2 - R_1}{R_2 \cdot R_1}}. \quad (1)$$

В формуле (1) обозначено:

$P_0$  - величина наибольшего давления между индентором и поверхностью скважины;

$q$  - нагрузка на единицу длины индентора;

$R_1$  - радиус индентора;

$R_2$  - радиус скважины;

$\eta$  - упругая постоянная соприкасающихся тел.

$$\eta = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}, \quad (2)$$

где обозначено:

$\mu_1$  - коэффициент Пуассона материала, из которого изготовлен индентор;

$E_1$  - модуль упругости материала, из которого изготовлен индентор;

$\mu_2$  - коэффициент Пуассона бетона;

$E_2$  - модуль упругости бетона.

Формула (1) позволяет определить максимальное давление, возникающее в области контакта. В соответствии с теорией [6] наиболее опасная точка в разрушаемом бетоне будет находиться под индентором на глубине  $0,4b$ , где  $b$  – это ширина полосы контакта. Главные напряжения, возникающие в этой точке, составят  $\sigma_1 = 0,78P_0$ ,  $\sigma_2 = 0,288P_0$ ,  $\sigma_3 = 0,18P_0$ . Максимальное касательное напряжение будет достигать  $\tau_{\max} = 0,3P_0$  [6].

Известно, что наибольшее применение в расчетах для оценки прочности хрупких материалов получила теория прочности Мора. Для описания предельного напряженного состояния бетона можно без особых погрешностей использовать огибающую предельных кругов Мора, полученную для горной породы [7], так как она является достаточно близким налогом бетона. Тогда:

$$\tau = \sqrt{(\sigma_p + \sigma)(2\sigma_p - 2\sqrt{\sigma_p(\sigma_p + \sigma_c) + \sigma_c})}, \quad (3)$$

где

$\tau$  - касательное напряжение в элементарном объеме бетона при разрушении;

$\sigma_p$  - предел прочности бетона при растяжении;

$\sigma_c$  - предел прочности бетона при сжатии;

$\sigma$  - напряжение в элементарном объеме бетона при разрушении.

Разрушение начнется в опасной точке, обозначенной ранее. С учетом этого  $\tau = \tau_{\max} = 0,3P_0$ . Величину  $\sigma$  можно определить по следующему выражению [8]:

$$\sigma = \sigma_{\max} \cos^2 \alpha + \sigma_{\min} \sin^2 \alpha, \quad (4)$$

где

$$\sigma_{\max} = \sigma_1, \quad \sigma_{\min} = \sigma_3, \quad \alpha = 45^\circ.$$

После проведения вычислений можно определить, что  $\sigma = 0,48P_0$ .

Для горных пород без особой погрешности можно принять  $\sigma_c = 10\sigma_p$  [9]. Примем аналогичное допущение для бетона. Подставим значения  $\tau_{\max} = 0,3P_0$ ,  $\sigma = 0,48P_0$  и  $\sigma_c = 10\sigma_p$  в выражение (3) и упростим его. Получим:

$$P_0^2 - 2,8622P_0\sigma_c - 0,5967\sigma_c^2 = 0. \quad (5)$$

Выражение (5) представляет собой квадратное уравнение с переменной  $P_0$ . Решим его. Корни уравнения:  $P_{01} = 3,0573\sigma_c$ ,  $P_{01} = -0,1950\sigma_c$ .

Очевидно, что  $P_0 > 0$  и  $\sigma_c > 0$ . Тогда, единственным решением, удовлетворяющим условиям, будет  $P_{01} = 3,0573\sigma_c$ . Подставим его в зависимость (1) и выразим  $q$ .

$$q = \left( \frac{\sigma_c}{0,1845} \right)^2 \cdot \frac{\eta R_2 R_1}{R_2 - R_1}. \quad (6)$$

$$\text{Известно, что } q = \frac{F}{L}, \quad (7)$$

где

$F$  - усилие на инденторе,

$L$  - длина индентора.

Подставим выражение (7) в зависимость (6) и выразим  $F$ .

$$F = \left( \frac{\sigma_c}{0,1845} \right)^2 \cdot \frac{\eta R_2 R_1 L}{R_2 - R_1}. \quad (8)$$

В случае проведения измерений посредством вдавливания индентора в плоскую поверхность  $R_2 = \infty$ . Тогда зависимость (8) может быть представлена в следующем виде:

$$F = \eta R_1 L \left( \frac{\sigma_c}{0,1845} \right)^2. \quad (9)$$

Выражения (8) и (9) являются зависимостями, устанавливающими взаимосвязь между пределом прочности бетона при сжатии и усилием, которое необходимо приложить к индентору для разрушения бетона. Для их подтверждения будет проведен эксперимент по разрушению бетонного блока, залитого в специальной опалубке, обеспечивающей формирование в блоке цилиндрической полости, имитирующей скважину (рисунок 2-а). На рисунке 2-а цифрами обозначены: 1 – бетонный блок; 2 – распалубленная опалубка; 3 – трубный элемент, имитирующий скважину; 4 – специальное приспособление для извлечения из блока трубного элемента.

Бетонный блок был изготовлен из мелкозернистого бетона следующего состава (мас. %):

- портландцемент (М400) - 19...20;
- песок (М200; класс В12,5; модуль крупности  $M_{кр.}=2,0$ ) - 57...58;
- вода - 23.

Испытания контрольных образцов мелкозернистого бетона (рисунок 2-б) размерами  $10 \times 10 \times 10$  см через 28 суток показали среднее значение предела прочности при одноосном сжатии 28 МПа. Деформационные характеристики бетона, требуемые для расчета (модуль упругости и коэффициент Пуассона), предполагается определить на основании [10].

Проведение эксперимента в скважине будет осуществляться с помощью специального устройства «Прочностномер ПСШ-1» [11], обеспечивающего фиксацию диаграммы «напряжение-деформация» при вдавливании различных по форме инденторов в стенку скважины. Исследования на плоской поверхности образца будут проведены посредством гидравлического пресса с закрепленным на его верхней плите индентором. В настоящий момент осуществляется подготовка к проведению эксперимента, заключающаяся в оснащении устройства «Прочностномер ПСШ-1» и гидравлического пресса инденторами в соответствии с разработанным способом [4].

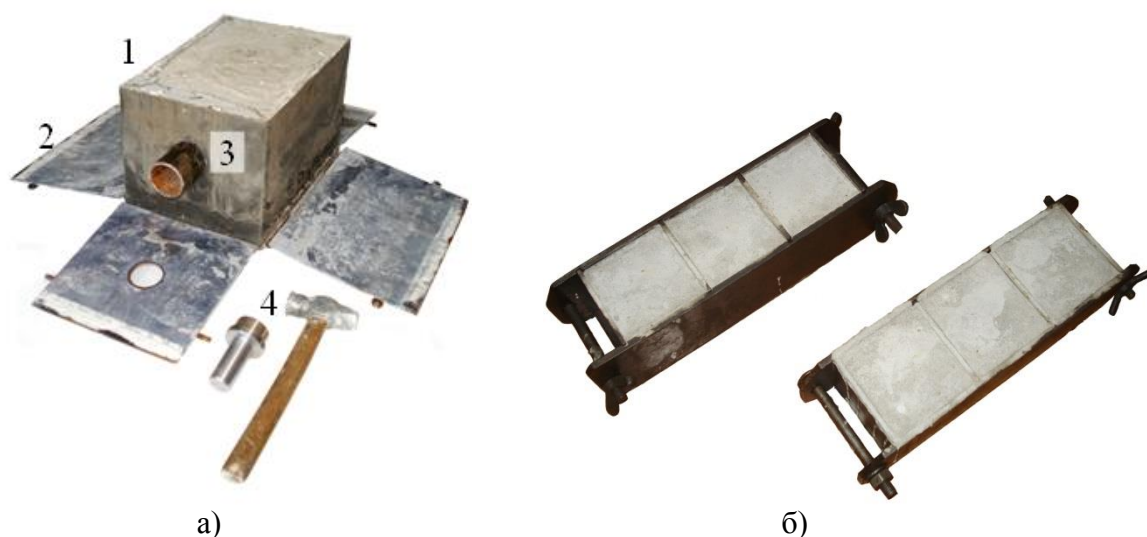


Рисунок 2. Экспериментальная проверка зависимостей (8) и (9): а – бетонный блок с имитацией скважины; б – контрольные образцы мелкозернистого бетона

**\*Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-6689.2018.8.**

#### Библиографический список

1. Бойко, М. Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий [Текст] / М. Д. Бойко. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1975. – 336 с.
2. Определение прочности бетона: методы и их особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.navigator-beton.ru/articles/opredelenie-prochnosti-betona.html> . – Заглавие с экрана. – (дата обращения 09.10.2019)
4. Патент № 2686783 РФ, МПК E21C39/00. Способ определения сопротивляемости горных пород хрупкому разрушению / Л. Т. Дворников, В. А. Корнеев. – № 2018114343 ; заявл. 18.04.2018 ; опубл. 30.04.2019, Бюл. № 13.
5. Заявка 2019124165 РФ, МПК E 21 C 39/00 (2006.01). Способ определения сопротивляемости горных пород механическому разрушению [Текст] / Корнеев В. А. – заявл. 25.07.2019.
6. Расчеты на прочность в машиностроении Том II [Текст] / С. Д. Пономарев [и др.] ; под ред. С. Д. Пономарева. – М. : Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1958. – 974 с.
7. Сопротивление материалов / Г. С. Писаренко [и др.] ; под ред. Г. С. Писаренко. – Киев. : Вища школа. Головное изд-во., 1979. – 696 с.
8. Ржевский, В. В. Основы физики горных пород / В. В. Ржевский, Г. Я. Новик. – М. : Недра, 1978. – 390 с.
9. Латышев, О. Г. Разрушение горных пород / О. Г. Латышев. – М. : Теплотехник, 2007. – 672 с.
10. Ильницкая, Е. И. Свойства горных пород и методы их определения / Е. И. Ильницкая, Р. И. Тедер, Е. С. Ватолин, М. Ф. Кунтыш – М. : Недра, 1969. – 392 с.
11. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Свод правил по проектированию и строительству [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200037361> . – Заглавие с экрана. – (дата обращения 09.10.2019)
12. Корнеев, В. А. Устройство для определения прочностных свойств горных пород экспресс-методом [Текст] / В. А. Корнеев // Автоматизация и измерения в машино- приборостроении. – 2018. – № 4. – С. 88 – 94.

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ ФУНДАМЕНТА

Платонова С.В.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация. Внедрение облегченных фундаментов – реальный путь получения существенного экономического эффекта, уменьшения материалоемкости фундаментов. Массовое внедрение таких конструкций возможно только после тщательного экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния грунтового основания фундаментов, разработка на этой основе надежных методов прогнозирования поведения и и фундаментов, и их грунтовых оснований. Одной из разновидностей облегченных фундаментов, исследованных и экспериментально, и с применением различных методов, являются целевые фундаменты.*

*Ключевые слова: фундамент, экономический эффект, эксперимент.*

Для объективного выбора оптимального варианта проектных решений их необходимо сравнивать с учетом всего комплекса затрат. В качестве такого комплексного критерия выступают приведенные затраты.

По каждому варианту расчет представляет собой сумму текущих затрат и капитальных вложений, приведенных к одной размерности.

$$\Pi = E_n K + \Delta t \Pi_r E_n + \Theta,$$

где  $\Pi$  – приведенные затраты по сравниваемым вариантам, руб/год;

$K$  – единовременные затраты (сметная стоимость строительства), руб.;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности, принимаемый в среднем 0,15, 1/год<sup>-1</sup>

$\Delta t$  – разница в сроках строительства сравниваемых вариантов, руб,

$\Pi_r$  – годовая прибыль от деятельности предприятия, руб;

$\Theta$  – среднегодовые эксплуатационные затраты, руб/год.

$$\Delta t = \frac{T_{\max} - T_k}{T_{\max}},$$

где  $T_{\max}$  и  $T_k$  – трудоемкость монтажа соответственно по варианту с наибольшими трудозатратами и оцениваемому варианту, чел-ч.

$$\Pi_r = \alpha K E_n,$$

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий долю стоимости конструктивного элемента в полной стоимости объекта ( $\alpha = 2 \dots 4$ )

$$\Theta = K \Theta_{\text{тр}} / 100,$$

где  $\Theta_{\text{тр}}$  – норма годовых отчислений на текущие ремонты.

Нами рассмотрены четыре варианта фундаментов мелкого заложения (рисунок 1):

1. Вариант – ленточный бетонный фундамент, габаритные размеры 0,6x0,64x1 м с выступом 0,1x0,44x1 м
2. Вариант – ленточный однощелевой фундамент, габаритные размеры 0,6x0,64x1 м., щель – 0,2x0,44x1 м.
3. Вариант – ленточный бетонный фундамент, габаритные размеры 0,6x0,64x1 м
4. Вариант – ленточный однощелевой фундамент, габаритные размеры 0,6x0,64x1 м., щель 0,5x0,44x1 м.

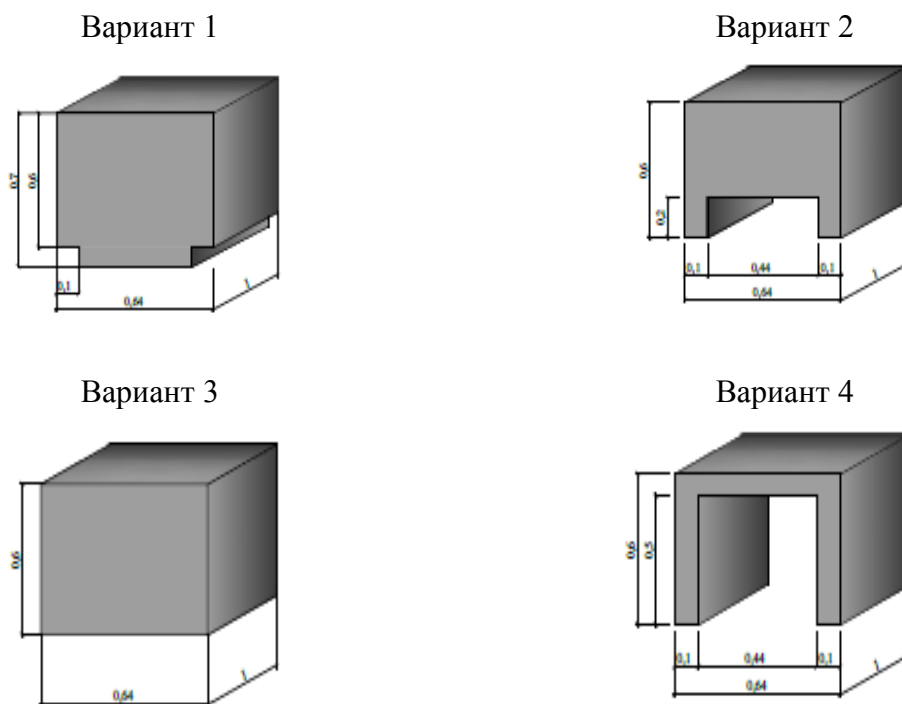


Рисунок 1 – Ленточные фундаменты мелкозаложения

### **Вариант 1**

$$\Delta t = \frac{170,9 - 170,9}{170,9} = 0$$

$$\Xi = K_{\text{ЭТР}} / 100 = 323 * 0,01 / 100 = 0,0323 \text{ т.р./год}$$

$$ПГ = \alpha_{\text{КЕН}} = 2 * 323 * 0,15 = 96,9 \text{ т.р.}$$

$$П_1 = 0,15 * 323 + 0,0323 = 48,48 \text{ руб./год}$$

### **Вариант 2**

$$\Delta t = \frac{170,9 - 126,8}{170,9} = 0,258$$

$$\Xi = K_{\text{ЭТР}} / 100 = 248 * 0,01 / 100 = 0,0248 \text{ т.р./год}$$

$$ПГ = \alpha_{\text{КЕН}} = 2 * 248 * 0,15 = 74,4 \text{ т.р.}$$

$$П_2 = 0,15 * 156 + 0,258 * 0,15 * 74,4 +$$

$$+ 0,0248 = 45,72 \text{ т.руб./год}$$

### **Вариант 3**

$$\Delta t = \frac{170,9 - 156,1}{170,9} = 0,087$$

$$\Xi = K_{\text{ЭТР}} / 100 = 301 * 0,01 / 100 = 0,0301 \text{ т.р./год}$$

$$ПГ = \alpha_{\text{КЕН}} = 2 * 301 * 0,15 = 90,3 \text{ т.р.}$$

$$П_2 = 0,15 * 301 + 0,087 * 0,15 * 90,3 + 0,0301 = 46,358 \text{ т.руб./год}$$

### **Вариант 4**

$$\Delta t = \frac{170,9 - 81,8}{170,9} = 0,52$$

$$\Xi = K_{\text{ЭТР}} / 100 = 166 * 0,01 / 100 = 0,0166 \text{ т.р./год}$$

$$ПГ = \alpha_{\text{КЕН}} = 2 * 166 * 0,15 = 49,8 \text{ т.р.}$$

$$П_2 = 0,15 * 166 + 0,52 * 0,15 * 49,8 + 0,0166 = 28,8 \text{ т.руб./год}$$

В составе локальных сметных расчетов (смет) стоимость материальных ресурсов определяется исходя из данных о нормативной потребности материалов, изделий (деталей) и конструкций (в физических единицах измерения: м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, т и пр.) и соответствующей цены на вид материального ресурса. Стоимость материальных ресурсов включается в состав сметной документации, независимо от того, кто их приобрел.

Стоимость материальных ресурсов может определяться:

- в базисном уровне цен – по сборникам (каталогам) сметных цен на материалы, изделия и конструкции - федеральным, территориальным (региональным) и отраслевым;
- в текущем уровне цен – по фактической стоимости материалов, изделий и конструкций с учетом транспортных и заготовительно-складских расходов, наценок (надбавок), комиссионных вознаграждений, уплаченных снабженческим внешнеэкономическим организациям, оплаты услуг товарных бирж, включая брокерские услуги, таможенных пошлин.

В данном расчете локальных смет стоимость определяется в базисном уровне цен и переведены в цены по состоянию на 09.11.2019 г.

Накладные расходы в локальной смете определяются от фонда оплаты труда (ФОТ) на основе: укрупненных нормативов по основным видам строительства, применяемых при составлении инвесторских сметных расчетов; нормативов накладных расходов по видам строительных, ремонтно-строительных, монтажных и пусконаладочных работ, применяемых при составлении локальных смет; индивидуальной нормы для конкретной подрядной организации.

№ п/п	Наименование	Варианты			
		1	2	3	4
1	Сметная стоимость, т.руб	328	247	301	166
2	Трудоёмкость, чел.час.	170,9	126,4	156,1	81,8
3	Приведённые затраты, т.руб/год	48,5	45,72	46,36	28,8

### Библиографический список

1. Платонова С.В. Рациональные конструкции малонагруженных фундаментов // С.В. Платонова, А.П. Криворотов, А.В. Лубягин Проектирование и строительство в Сибири. 2011. № 4 – С. 27.
2. Платонова С.В. Облегченные фундаменты для малоэтажного жилищного строительства / С.В. Платонова // Вестник сибирского государственного университета. – 2013. – с. 42 – 44.
3. Платонова С.В. Использование ленточных щелевидных П-образных фундаментов в малоэтажном строительстве / С.В.Платонова // Научно-практическая конференция «Проектирование, строительство и эксплуатация малоэтажного жилья в Западно-Сибирском регионе» – г. Новокузнецк, 2009. – С. 163 – 174.
4. Платонова С.В. Щелевидные фундаменты для малоэтажного жилищного строительства / С.В.Платонова // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания: Сборник материалов IX Молодежной международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Часть 1 – Новосибирск. – 2012. – С. 7-10.
5. Платонова С.В., Криворотов А.П. Влияние формы подошвы ленточного фундамента на напряженно - деформированное состояние нелинейно - деформируемого основания // Изв. вузов. Строительство. – 1995. – № 7 – 8. – С. 17 – 23.
6. Кожевникова С.В., Криворотов А.П. Определение экономичного типа фундамента. //Наука в условиях рынка. Материалы очно – заочной 13-й международной научно практической науковедческой конференции, 14 – 15 июля 1995г., Новосибирск – Новосибирск, 1995. – С. 49.
7. Платонова С.В. Актуальные проблемы развития малоэтажного строительства // VI Всероссийская научно – практическая конференция Социально-экономические аспекты современного развития России (ВК-43-99) февраль – Пенза, 2009г. – С. 87 – 89.

## РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЖЕСТКОГО ЗАЩЕМЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННОЙ КОЛОННЫ В ФУНДАМЕНТ

Житушкин В.Г., Казанцев В.Э.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,  
г. Краснодар, Россия

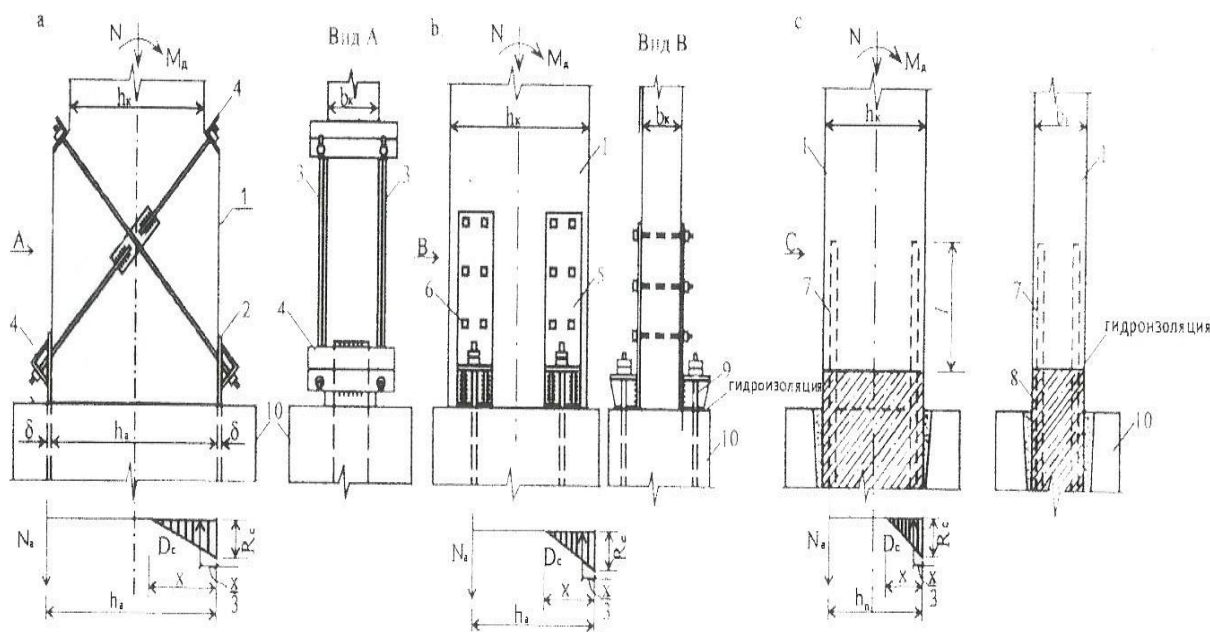
*Аннотация.* Конструкции узлов защемления деревянных колонн к фундаментам каркасных зданий требуют расхода металла, обладают многодельностью или податливостью. Последнее ведет к увеличению гибкости вертикальных конструкций. Предлагается выполнить жесткое защемление деревянных колонн в фундамент, с выводами формул по определению глубины их заделки.

*Ключевые слова:* колонна, защемление, фундамент, напряженное состояние, сжатие.

Деревянные колонны являются вертикальными элементами каркаса здания или сооружения и могут быть брусчатые, из цельной древесины или клееные.

В заделке колонны в фундамент (бетонный или железобетонный) действуют изгибающий момент, поперечная и продольная сжимающая силы.

Наличие сложного напряженного состояния в таком узле ведет к многодельности его конструкции (рисунок 1).



а) С применением анкерных полос и наклонных тяг;

б) С применением стальных траверс;

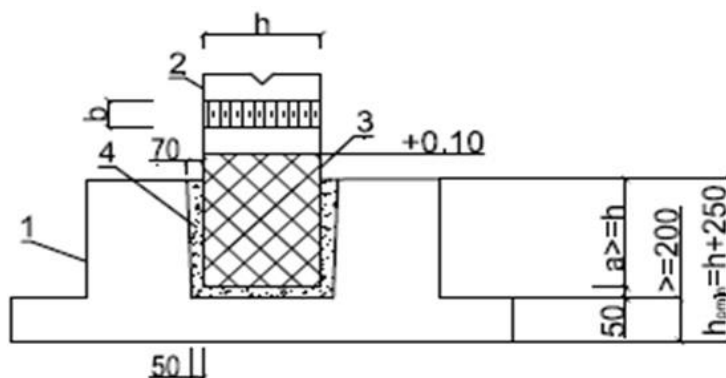
с) С применением вклеенных стальных стержней.

1 – клееная колонна; 2 – анкерная полоса; 3 – тяжи; 4 – уголок; 5 – траверсы; 6 – болты; 7 – вклеенные стержни; 8 – железобетонный элемент, заделанный в фундамент.

Рисунок 1 – Конструкция узлов защемления деревянных колонн в фундаментах [1]

Многосвязность соединения колонны с фундаментом, кроме многодельности, повышает его податливость, и тем самым – расчетную длину (высоту) вертикальной конструкции.

Предложен жесткий стык (защемление) деревянной колонны с фундаментом с помощью выемки (стакана) в фундаменте (рисунок 2), подобно бетонным конструкциям [6].



1 – фундамент стаканного типа; 2 – колонна с сечением  $b \times h$ ; 3 – обмазка эпоксидно-цементным компаундом (составом) по стеклоткани; 4 – бетон на щебне мелкой фракции или полимерный бетон.

Рисунок 2 – Конструкция жесткой заделки деревянной колонны в фундамент

Расчет глубины заделки колонны в стакан бетонного фундамента выполняем исходя из напряженного состояния (рисунок 3) и выводов, изложенных в [5]. Максимальные напряжения в древесине, определяемые по упругой стадии работы заделки равны:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \quad (1),$$

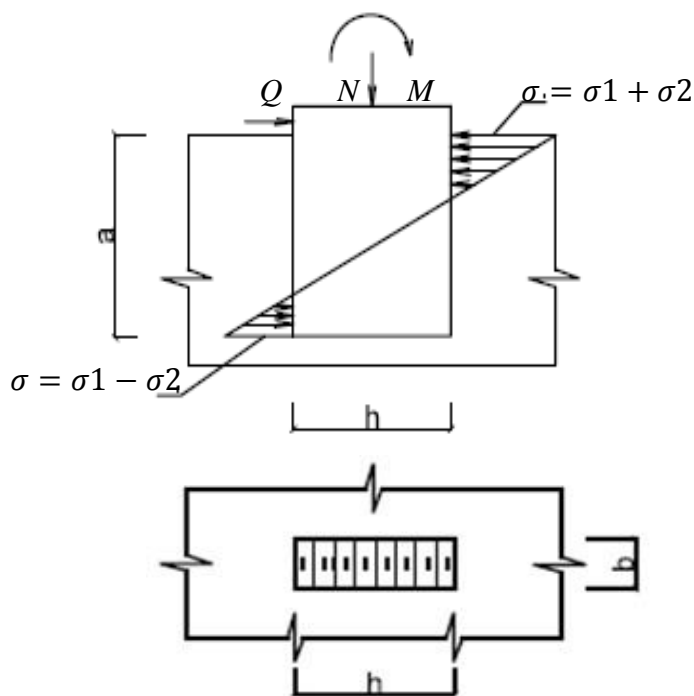


Рисунок 3

где  $\sigma_1 = \frac{M_k}{W}$  – напряжения от изгибающего момента;

$\sigma_2 = \frac{Q}{F}$  – напряжения от поперечной силы.

Изгибающий момент  $M_k = M + 0,5Qa$ ;

Момент сопротивления  $W = \frac{ba^2}{6}$ ;

Площадь, воспринимающая поперечную силу  $F=ba$ .

Подставляя указанные значения в уравнение (1), при  $\sigma = R_{cmq0}$  ( $R_{cmq0}$  – расчетное сопротивление древесины колонны на смятие поперек волокон), получим



$$R_{смq0} = \frac{6M_k}{ba^2} + \frac{Q}{ab} \quad (2)$$

Решая уравнение (2) относительно  $a$ , найдем:

$$a = \frac{Q}{2R_{смq0} * b} + \sqrt{\left(\frac{Q}{2R_{смq0} * b}\right)^2 + \frac{6M_k}{R_{смq0} * b}}, \quad (3)$$

где обозначения указаны ранее.

Пример замены конструктивного решения соединения клееной колонны, сечением  $b \times h=25 \times 100$  см с фундаментом (рисунок 4)

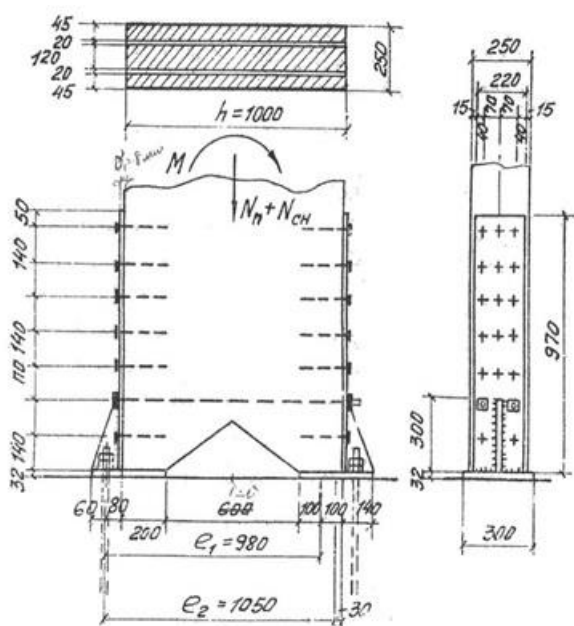


Рисунок 4 – Анкерное крепление колонны к фундаменту [2]

Расчетные сечения усилий:  $M=23480$  кгс м;  $N=34440$  кгс;  $Q=3030$  кгс. Древесина сосна 2-го сорта с  $R_{смq0}=18$  кг/см<sup>2</sup> таблица [3].

Глубина заделки колонны в фундамент, определяемая по формуле (3), оказывается равной 160 см :

$$a = \frac{Q}{2bR_{смq0} * m_n} + \sqrt{\left(\frac{Q}{2bR_{смq0} * m_n}\right)^2 + \frac{6M_k}{R_{см} * b * m_n}} =$$

$$= \frac{3030}{2 * 25 * 18 * 1,4} + \sqrt{\left(\frac{3030}{2 * 25 * 18 * 1,4}\right)^2 + \frac{6 * 2590000}{18 * 25 * 1,4}} = 160 \text{ см}$$

где  $M_k = M + 0,5Qa = 23480 + 0,5 * 303 * 1,6 = 25900$  кгс \* м;

$m_n = 1,4$  – коэффициент, учитывающий кратковременный характер нагрузки (ветровой), принимаемый в соответствии с таблицей [3]

Таким образом, стаканый тип закрепления деревянной колонны в бетонный фундамент позволяет упростить узел соединения и сделать его действительно жестким.

### Библиографический список

1. Конструкции из дерева и пластмасс / М.М. Гапоев и др. – М : АСВ, 2004. – с.203 – 204.
2. Клееные деревянные конструкции (Пример расчета и конструирования деревянного каркасного производственного здания) / Ф.П. Сивочкин. Новосибирск: Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта, 1971. – с. 27 – 30.
3. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции.
4. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80.
5. Проектирование каменных и армокаменных конструкций / А.И. Бедов, Т.А. Щепетьева. М.:АСВ, 2002. – с.189 – 190.
6. Железобетонные конструкции / Н.М. Леванов, Д.Г. Суворкин. М.: Высшая школа, 1985. – 274 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

Мельникова К.А., Гурьева В.А.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия

*Аннотация.* Главной задачей строительства является сохранение работоспособности жилых зданий в течение всего срока эксплуатации. Данная задача сложная, так как уровень несущей способности, как отдельных конструкций, так и зданий в целом, при воздействии на них сейсмических нагрузок, может изменяться скачкообразно, без какой-либо закономерности. Степень потери несущей способности зависит от характера полученных повреждений, а также физический износ конструкций, накопление повреждений, коррозия арматуры и др.

*Ключевые слова:* железобетонные конструкции, реконструкция, сейсмические районы, композиционные материалы, полиэфирный лист, традиционное усиление железобетонных конструкций.

В настоящее время в строительстве все большее значение приобретает реконструкция зданий и сооружений в сейсмических районах. Под реконструкцией понимается комплекс строительных работ и организационно-технических мероприятий, связанных с изменением основных технико-экономических показателей, а именно нагрузок, планировки помещений, строительного объема, общей площади зданий и инженерной оснащенности с определенной целью изменения условий эксплуатации, максимального восполнения потерь от физического и морального износа. [1]

Сейсмостойкость зданий зависит не только от правильно выбранных проектных решений, но и от правильно выполняемого производства работ и эксплуатации. Большое значение имеют вопросы, связанные с усилением конструкций при изменении сейсмостойкости или после землетрясения. Качество строительства играет огромную роль при обеспечении сейсмостойкости зданий и сооружений.

Для усиления железобетонных конструкций в сейсмических районах разработаны и применяются разнообразные способы, из которых согласно данным [2, 3] широко применяются следующие:

1) устройство внешних стяжек, подпоров, поясов, шпренгелей (приводящее к изменению архитектурного вида сооружений и значительным временным и материальным затратам);

2) увеличение геометрических размеров поперечных сечений конструктивных элементов (сопровождается увеличением собственного веса конструкций и увеличением строительной высоты);

3) приклеивание металлических пластин или их сварка.

Современные технологии позволяют восстановить и увеличить несущую способность конструкций без изменения их габаритных размеров, а также увеличить срок их службы в максимально короткие сроки и с минимальными трудозатратами. Это возможно благодаря применению в технологии усиления строительных конструкций новых материалов [4].

Одним из самых распространенных в настоящее время искусственных материалов является углеродное волокно [5], обладающее комплексом положительных свойств: высокая технологичность, высокая прочность и жесткость, высокий модуль упругости. На рисунке 1 можно увидеть различия в характере разрушения между не усиленной железобетонной колонной и усиленной композиционным материалом.

Здания с системой углеволоконного сейсмоусиления имеют преимущества перед зданиями с обычными антисейсмическими мероприятиями:

1) повышение надежности и безопасности – снижение сейсмической реакции во время землетрясения предотвращает повреждения и обрушения сейсмоизолированных зданий, защищая людей, материальные ценности и оборудование;

2) обеспечение бесперебойной работы жизненно необходимых систем производств – подача электроэнергии, функционирование водопроводной сети, систем пожаротушения и других инженерных коммуникаций и сооружений;

- а – испытание на сжатие железобетонной колонны без усиления;
- б – испытание на сжатие железобетонной колонны, усиленной композиционными материалами

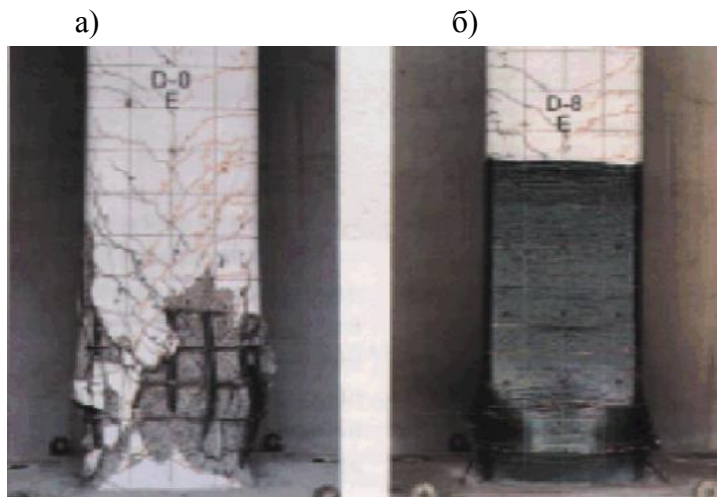


Рисунок 1 – Испытание железобетонной колонны

3) снижение стоимости зданий – в сравнении с традиционными антисейсмическими мероприятиями, проводимыми в зданиях, стоимость снижается на 5–20% в зависимости от сейсмичности района, этажности здания, конструктивного решения, степени ответственности и других показателей;

4) снижение стоимости эксплуатации здания — срок службы системы не менее 50 лет, а это единственные элементы сейсмозащиты, которые отвечают за сейсмостойкость дома.

Принцип сейсмоусиления конструкций углеволокном заключается в наклейке с помощью специального эпоксидного клея на поверхность конструкций высокопрочных холстов или ламинатов, а также сетки. Усиление как изгибаемых конструкций в растянутых зонах и на опираниях участках в зоне действия поперечных сил, так и сжатых, и внецентренно сжатых элементов [6].

Преимущества по сравнению с традиционными способами усиления:

- 1) высокие механические характеристики материалов;
- 2) сокращение временных затрат;
- 3) сокращение трудовых затрат (отсутствует необходимость привлечения тяжелой техники);
- 4) возможность выполнения работ без остановки функционирования объекта;
- 5) сокращение расходов на ремонт/ увеличение межремонтного периода;
- 6) возможность исправления ошибок при проектировании и строительстве;
- 7) не утяжеляют исходную конструкцию /сохраняют объемнопланировочные решения.

Одним из современных представителей композиционного материала, является полиэфирный лист. Полиэфирный лист по составу имеет: плотную решетку химически связанного полиэфира (thermoset, ни один термопластичный материал не имеет такой решетки); наполнитель из минерального сырья; стекловолокно повышенной длины (25 мм) придает материалу уникальную прочность; можно придать любую форму. По механическим свойствам: высокие механические свойства даже при очень низкой  $t^{\circ}$ : - 40 $^{\circ}$ с; прочность, проверенная временем: >40 лет; в любых условиях, высокая ударная прочность: молот >20дж – не трескается; жесткость: практически не деформируется и вмятин не образуется, прочность на сжатие. По термическим показателям: высокая термостойкость: >200 $^{\circ}$ с, высокая стабильность по размерам при любой температуре (низкий коэффициент термического расширения), низкая теплопроводность, защищающая от образования конденсата. При воздействии огня: естественная стойкость к воспламенению и распространению огня (ввиду низкого содержания органических веществ); не плавится, не образует капель, не разрушается под воздействием внешнего огня (высокой температуры); в случае возгорания: слабое выделение дыма, который не токсичен и не вызывает коррозию; высокий показатель самозатухания: GWFI >960 $^{\circ}$ с; в случае пожара обеспечивает сохранность внутреннего оборудования и его работоспособность; химический состав в соответствии со стандартом UL94-V0. Химическая и климатическая стойкость: высокая химическая стойкость, устойчив к кислотной-щелочной среде и растворителям; хорошо совместим с асфальтобетонным покрытием при укладке до-

рожного полотна; стойкость к климатическим воздействиям: температура, ультрафиолетовые лучи, влажность, озон, загрязнение воздуха; после нескольких лет использования на открытом воздухе возможно легкое изменение поверхности (несколько десятков микрон), при этом изначальная толщина полиэфирного листа не изменяется.

При разработке нового экономичного и эффективного метода укрепления железобетонных колонн полиэфирными листами, были проведены сейсмические испытания. Статические испытания на колоннах проводились с помощью восьми образцов на первом этапе и четырнадцати, и десяти на втором и третьем. Некоторые из колонн были усилены полиэфирным листом, с помощью которого стоимость модернизации будет значительно снижена по сравнению с традиционными методами.

Колонны, усиленные новым методом, могут выдерживать относительно высокую гравитационную нагрузку до 10% межэтажного дрейфа, в то время как обнаженные образцы без усиления одновременно теряет осевую грузоподъемность. На рисунке 2 можно увидеть испытываемые колонны, усиленные полиэфирным листом.

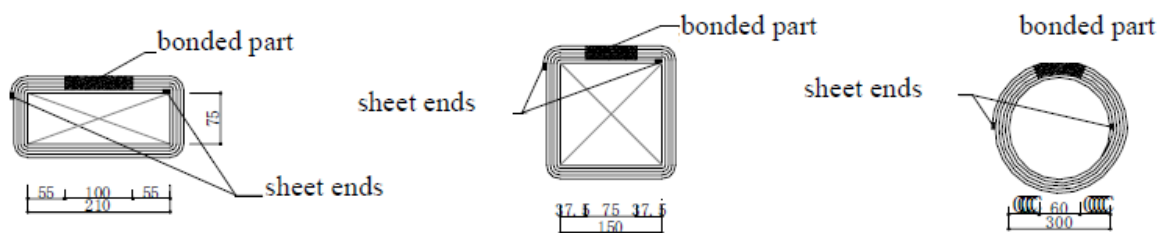


Рисунок 2 – Испытуемые колонны, усиленные полиэфирным листом

Таким образом, усиление углеволокном является эффективной технологией. Оно позволяет:

- существенно уменьшить последствия повреждений – вернуть несущую способность конструкции, а в ряде случаев повысить ее;
- защитить железобетон в ходе дальнейшей эксплуатации от влияния влаги и возникновения коррозии арматуры, от возможных механических повреждений;
- сократить сроки проведения реконструкции и рационализировать строительство.

Выбор наиболее подходящего решения для ремонта и восстановления конструкции может оказать существенное влияние на весь ее жизненный цикл или сооружения в целом. Разработка новых методов и материалов для усиления эксплуатационной надежности конструкций является одним из основных и перспективных направлений совершенствования реконструкции.

### Библиографический список

1. СП 13-102-2013\*. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – М.: ГОССТРОЙ РОССИИ, 2011. – 47 с.
2. Бадьин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий [Текст]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 85 с.
3. Келемешев А.Д. Обследование и усиление зданий: учебное пособие для студентов специальности 5В072900 [Электронный ресурс] – «Строительство». – Алматы: КазГАСА, 2011. – 98 с.
4. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами [Текст]. – М., ОАО «Издательство «Стройиздат», 2007. –181 с.
5. СТО 13613997-001-2011. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами [Электронный ресурс]. – «Зика Россия», М., 2011. – 55 с.
6. Нестеренко Ю.А. Современные методы усиления железобетонных конструкций // Молодежный Научный Форум: Технические и математические науки: Электр. сб. Ст. по мат. XVI Междунар. студ. науч.-практ. конф. № 9(16). (Дата Обращения: 03.05.2019).

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАСЧЕТА ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

Васильева Д.Е., Алешина Е.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* В данной статье представлены алгоритмы расчета прочности внецентренно сжатых элементов из каменной кладки. В частности, элементов прямоугольного и таврового сечения. Необходимость разработки алгоритмов связана с введением СП 15.13330.2012 [1], актуализированной редакцией СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции».

*Ключевые слова:* актуализация, модернизация, алгоритм, внецентренно сжатый элемент, сечение.

Основным видом нормативных документов в области строительства ранее были строительные нормы и правила (СНиП), обязательные для применения. В них был отражен накопленный в течение нескольких десятилетий опыт проектирования и строительства зданий и сооружений различного назначения.

В настоящее время в России организован пересмотр и актуализация ряда строительных норм и правил. В том числе и СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции». В связи с этим рекомендуется при разработке проектной документации ориентироваться на актуализированные редакции СНиП, а в проектных работах, которые уже ведутся, следует руководствоваться старыми редакциями СНиП, указанными в действующем Перечне N 1047-р.

Итак, модернизация расчета обусловлена выбором единых обозначений геометрических параметров сечений элементов каменных конструкций, что связано с введением СП 15.13330.2012 [1]. Идея введения единых обозначений обусловлена тем, что в разных нормативных документах, используемых при проектировании, указаны разные обозначения геометрических параметров сечения, что увеличивает риск получения ошибки и замедляет процесс расчета. А для того, чтобы овладеть методами расчета и конструирования, перед тем как использовать автоматизированные вычислительные программы, обучающемуся следует освоить ручные методы расчета строительных конструкций. Для удобства усвоения метода определения несущей способности внецентренно сжатых элементов алгоритмы расчетов разработаны в виде блок-схем. Такая форма алгоритмов расчетов нацелена на минимизирование ошибок при проектировании и сокращение времени вычисления.

При разработке алгоритмов расчета внецентренно сжатого элемента из каменной кладки прямоугольного и таврового сечений, ввиду сложности напряженно-деформированного состояния, учитывался ряд положений и допущений [3, 4]:

1. Расчет производится на действие расчетных нагрузок по первой группе предельных состояний.
2. Элемент испытывает четвертую стадию напряженно-деформированного состояния каменной кладки (разрушение вследствие разделения на отдельные призмы).
3. Растянутая зона (если имеется) исключается из работы.
4. Точка приложения продольной силы совпадает с центром тяжести сжатой зоны.

5. Эпюра напряжений в сжатой части сечения принимается прямоугольной.
6. Сжимающие напряжения принимаются равными расчетному сопротивлению кладки при сжатии  $R$ .
7. Неравномерность распределения напряжений по сечению элемента учитывается коэффициентом  $\omega$ .

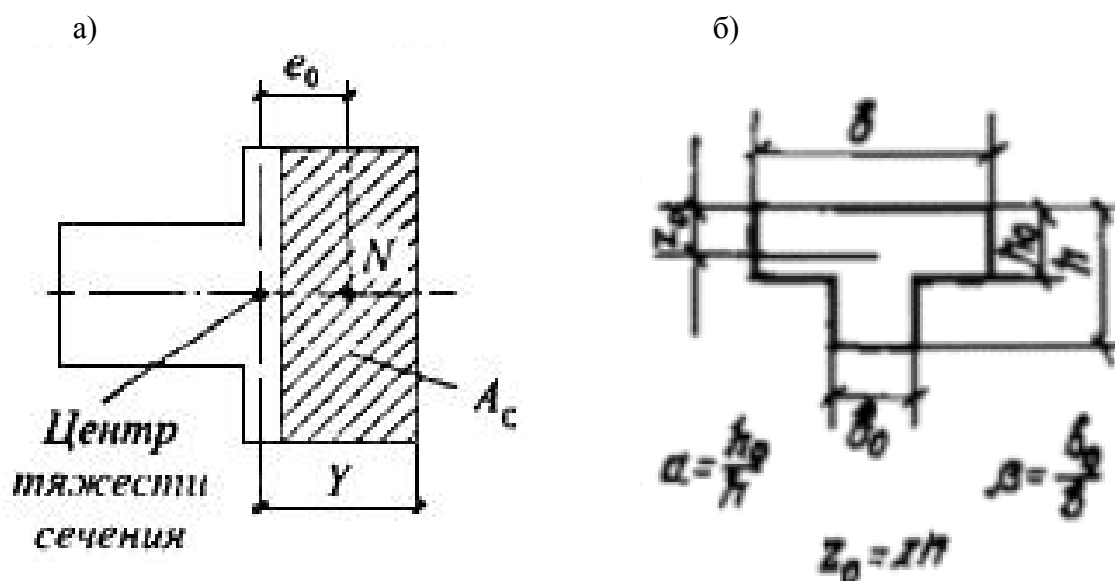
На внецентренное сжатие работают конструкции каменных зданий, в которых продольная сила  $N$  приложена с эксцентриситетом. Если в сечении одновременно действует центрально-приложенная сила  $N$  и изгибающий момент  $M$ , то это эквивалентно одной силе  $N$ , приложенной с эксцентриситетом относительно центра тяжести сечения. Характер напряженного состояния каменной кладки в основном зависит от величины эксцентриситета продольной силы  $e_0$ . Трещины в растянутой зоне не являются признаком разрушения.

Внецентренное сжатие в каменных конструкциях является наиболее распространенным видом напряженного состояния. Все стены и столбы зданий, перемычки, своды и т. п. подвержены внецентренному сжатию. В связи с этим изучению внецентренного сжатия каменной кладки уделялось большое внимание в исследованиях. Однако сложность явления, с которой пришлось встретиться при решении задачи, оказалась столь большой, что и до настоящего времени отсутствует строго разработанная теория внецентренного сжатия кладки, а практическое решение задачи свелось к разработке эмпирических расчетных формул.

На примере расчета несущей способности внецентренно сжатого каменного элемента таврового сечения рассмотрим, какие параметры подлежали унификации обозначений.

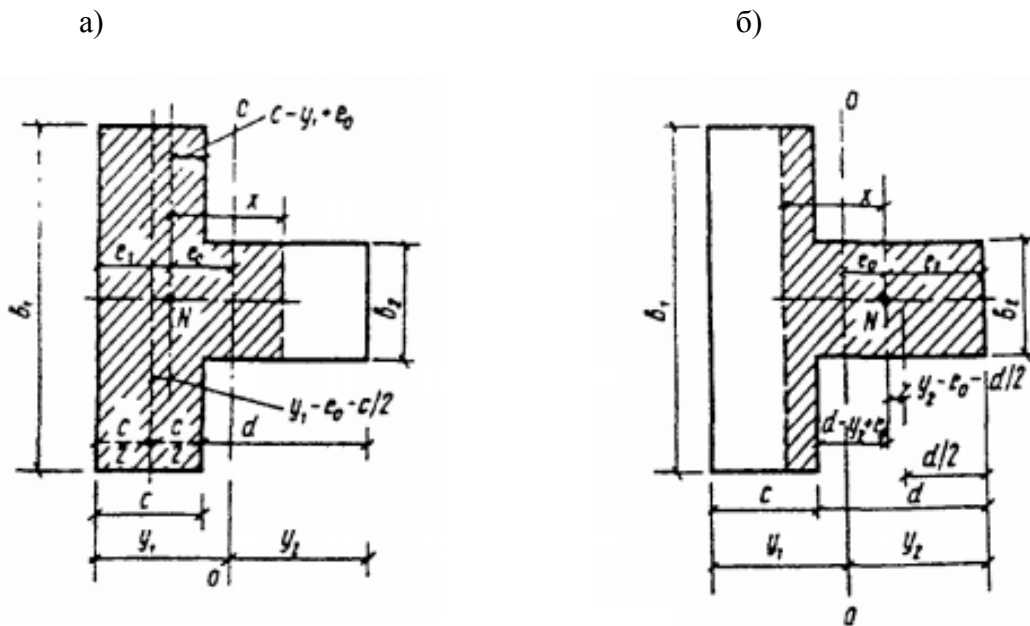
Во-первых, расстояние от наружной грани полки до центра тяжести сечения на рисунке 5 [1] обозначено « $Y$ » (рисунок 1, а), в приложении 5 [3] обозначено « $z_0$ » (рисунок 1, б), а в приложении 6 [3] обозначено « $y_1$ » (рисунок 2). Обозначения, введенные в алгоритм определения несущей способности внецентренно сжатого элемента таврового сечения (рисунок 3), максимально возможно повторяют обозначения из [1].

Во-вторых, в алгоритме заложен выбор методики расчета в зависимости от направления эксцентриситета продольной силы относительно центра тяжести расчетного сечения (рисунки 2, 3): в сторону полки или в сторону ребра таврового сечения.



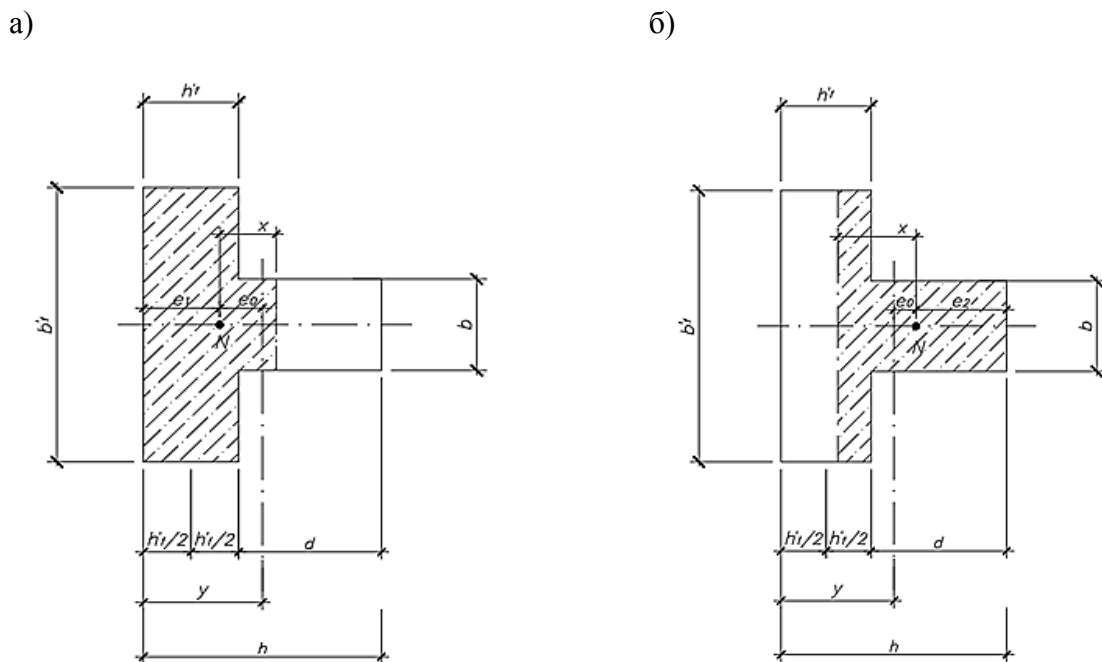
а) – в соответствии с [1, рис.5]; б) – в соответствии с [2, прил.5]

Рисунок 1 – Расчетное тавровое сечение при внецентренном сжатии



а) – эксцентриситет направлен в сторону полки;  
 б) – эксцентриситет направлен в сторону ребра

Рисунок 2 – Расчетное тавровое сечение при внецентренном сжатии в соответствии с [2, прил.6]

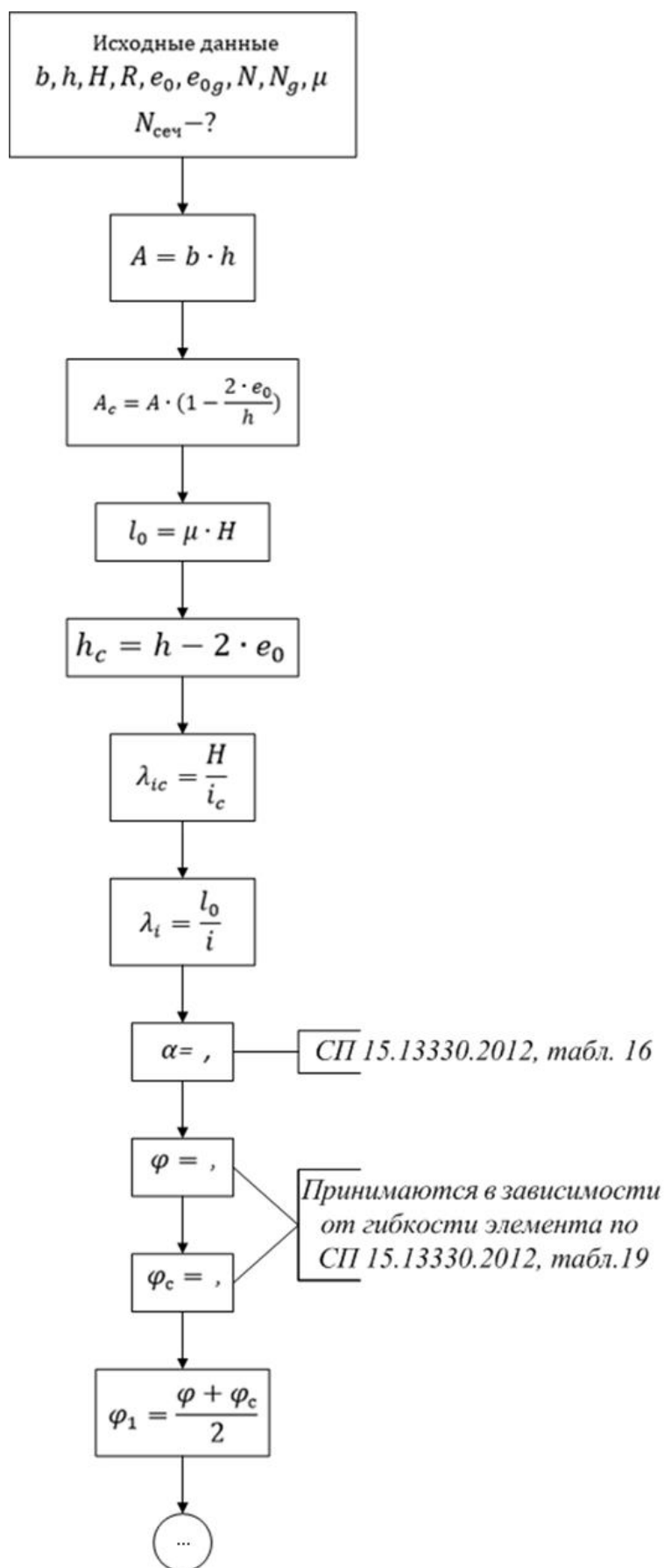


Обозначения геометрических параметров, принятые в алгоритме расчета:  
 а) – эксцентриситет в сторону полки; б) – эксцентриситет в сторону ребра

Рисунок 3 – Расчетное тавровое сечение при внецентренном сжатии.

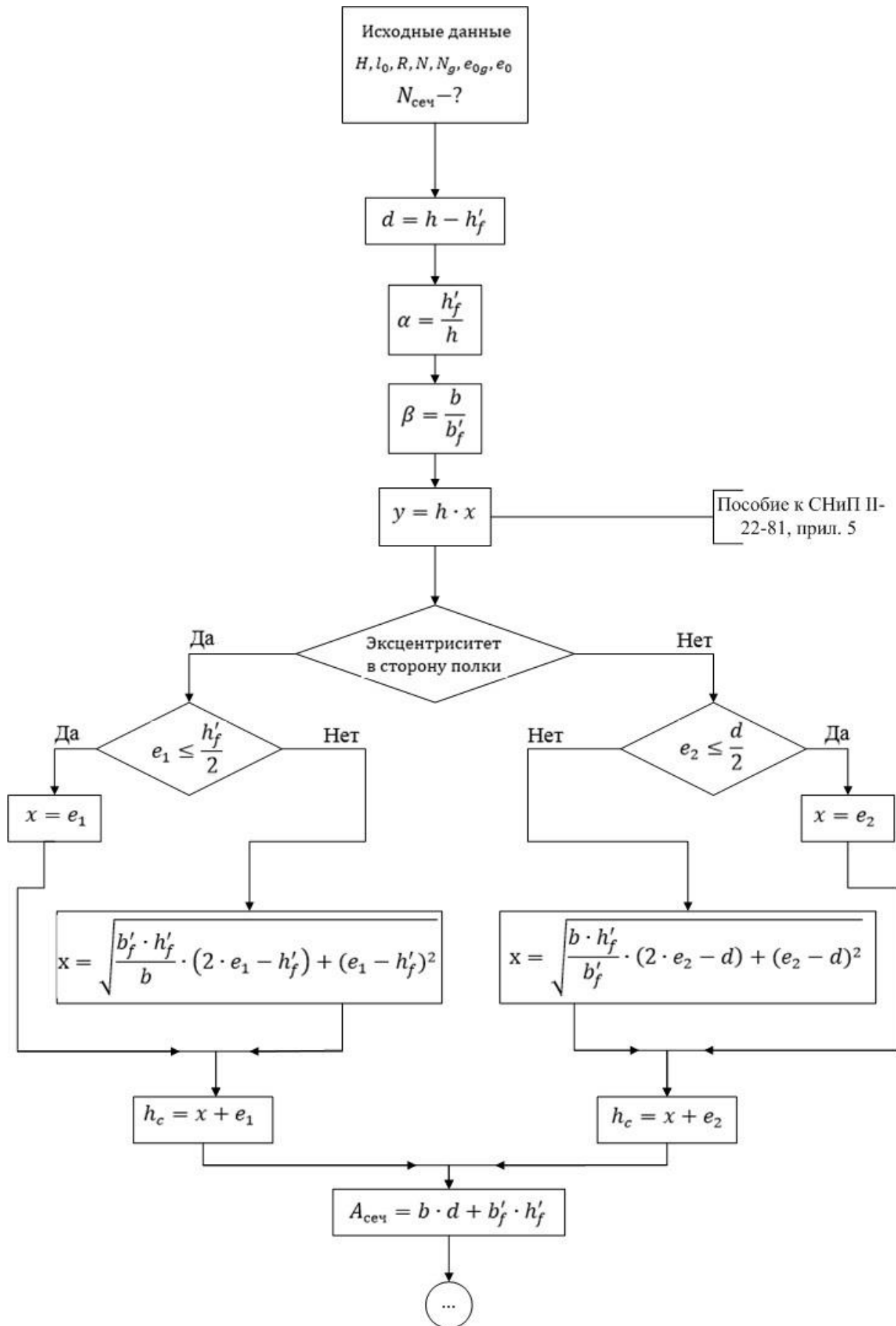
Таким образом, приведя геометрические параметры сечений к единообразию, алгоритмы расчета позволили оптимизировать учебный процесс и сократили время проектирования, потому как не приходится пользоваться несколькими источниками одновременно, при поиске нужных геометрических параметров. А самое главное, алгоритмы могут использоваться как в учебном процессе, так и на стадии реального проектирования.

**Фрагмент алгоритма расчета несущей способности внецентренно сжатого элемента из каменной кладки прямоугольного сечения**





**Фрагмент алгоритма расчета несущей способности внецентренно сжатого элемента из каменной кладки таврового сечения**



## Библиографический список

1. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП II-22-81. Утвержден Приказом Минрегион России от 29.12.2011 г. №635/8 и введен с 01.01.2013 г.
2. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81). – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 152 с.
3. Кумпяк О.Г. и др. Железобетонные и каменные конструкции. Учебник. – Москва: Издательство АСВ. – 2011. – 672 с.
4. Алешина Е.А., Саломатин Н.М., Захарова Н.В. Разработка и применение в учебном процессе алгоритмов расчета прочности центрально сжатых элементов из каменной кладки // Новая наука: теоретический и практический взгляд: международное научное периодическое издание по итогам международной научно-практической конференции, г. Ижевск, 4 апреля 2017 г. – Sterlitaмак: АМИ, 2017. – Ч.1. – С. 3 – 5.
5. Васильева Д.Е., Алешина Е.А. Разработка алгоритма расчета внецентренно сжатого элемента из каменной кладки // Сборник научных трудов: Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, 28 мая 2019 г. – Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2019. – С. 12 – 16.

## ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Каиркенов Х.К., Алешина Е.А., Аминова Л.Р.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* В данной статье рассматривается понятие технологии информационного моделирования зданий (BIM), использование облачных технологий в BIM, а также преимущества внедрения BIM-технологии, и несколько решений по реализации технологии информационного моделирования.

*Ключевые слова:* BIM360, Облачные технологии, ТИМ, Revit, BIM-технологии, Tekla, ArchiCAD

Аббревиатура BIM означает Building Information Modeling и с английского переводится как «Информационное моделирование зданий».

Учитывая название, легко догадаться, что технология BIM применяется в строительстве. Впрочем, каждый человек по-разному воспринимает данный термин.

Многие считают, что BIM – это название программного обеспечения. Другие думают, что нарисованное здание – это и есть BIM. Но такого простого определения дать нельзя.

BIM-технология основывается на создании трехмерной модели здания или сооружения, но в случае применения программного обеспечения, предоставляющего реализацию BIM-технологий, модель представляет собой не просто набор геометрических элементов и текстур.

На деле BIM-модель состоит из виртуальных элементов (компонентов), которые существуют в реальности и обладают при этом конкретными физическими свойствами. BIM-технология позволяет спроектировать здание, еще до начала строительства полностью просчитать и определить все процессы, которые будут в нем происходить.

На сегодняшний день BIM-технология получила толчок в развитии: если раньше для применения данной технологии было необходимо изучать множество программ, то сейчас есть комплексы, которые вбирают в себя большое количество функционала, такие как Autodesk Revit.

В 2019 году BIM встала на путь развития облачных технологий (рисунок 1), таким образом, компании всего мира начали внедрять в свои продукты облачные сервисы, которые позволяют предоставлять BIM-модель заказчику или застройщику; эти сервисы можно установить на смартфон, планшет и иметь постоянный, полный доступ к проекту в любой момент и из любой точки мира.

Самым первым и очевидным преимуществом BIM-технологии является 3D визуализация. Именно визуализация является самым распространенным способом использования технологии информационного моделирования. Это не только позволяет красиво подать проект заказчику, но и найти лучшие проектные решения взамен старых, избежать коллизии – как модели, так и проектные.

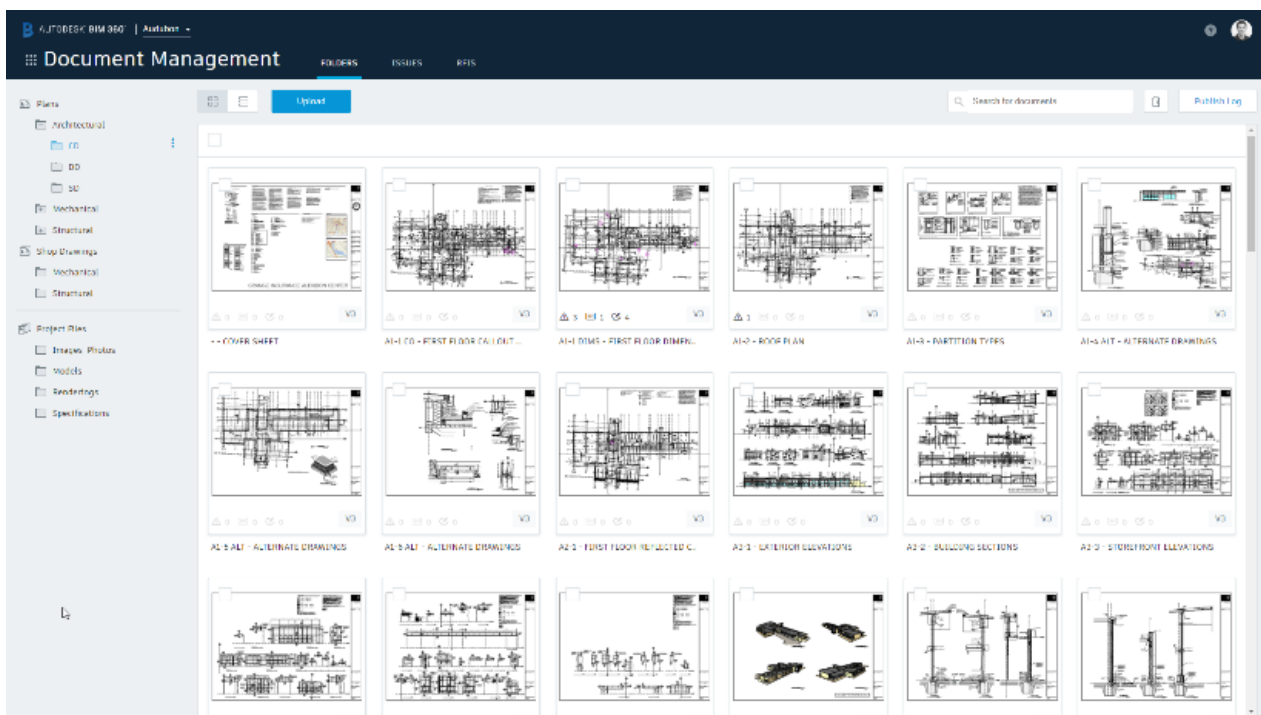


Рисунок 1 – Интерфейс облачного сервиса Autodesk BIM360

Второе преимущество – централизованное хранение данных в модели (рисунок 2), что позволяет эффективно и просто управлять изменениями. При внесении определенного изменения в проект, оно сразу отображается во всех представлениях: на планах этажей, фасадах, разрезах, спецификациях и т.д. Это также значительно повышает скорость создания проектной документации и снижает вероятность возникновения ошибки.

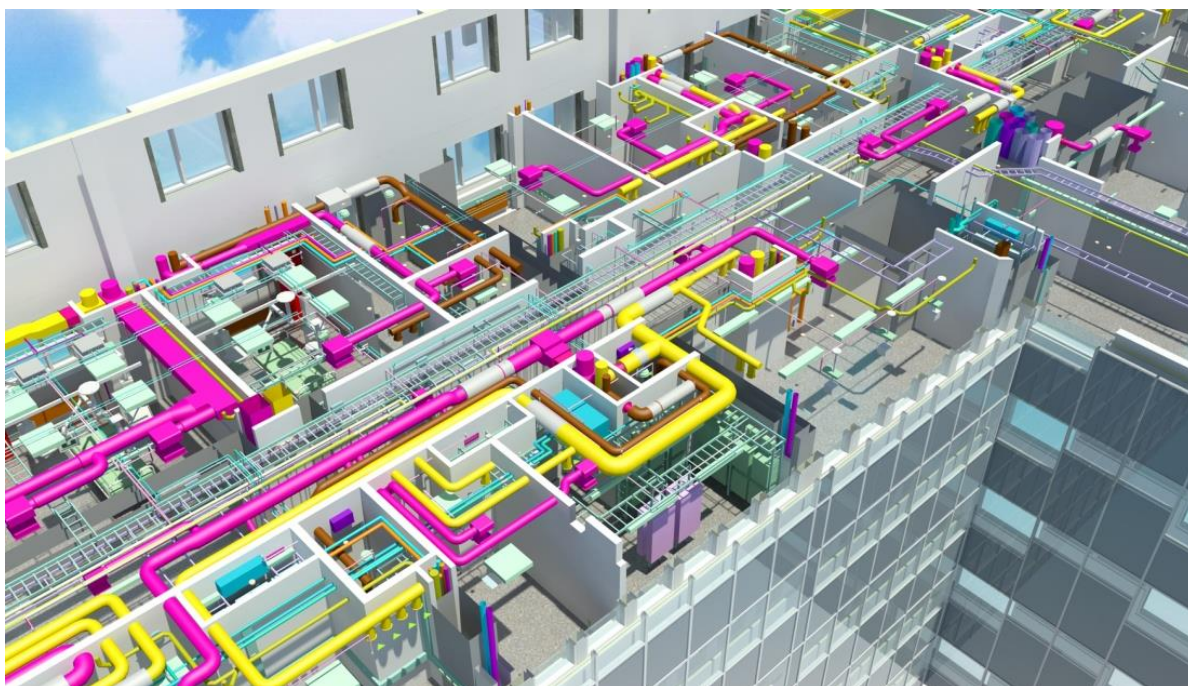


Рисунок 2 – BIM-модель с централизованным хранением данных

Управление данными – еще один плюс. Ведь далеко не вся информация, которая содержится в BIM-модели, может быть представлена графически. Поэтому модель также содержит каталоги спецификации, с помощью которых определяются трудозатраты на создание проекта. Финансовые показатели тоже доступны в модели. Так, сметная стоимость проекта определяется сразу после внесения изменений в проект. Но далеко не все комплексы позволяют реализовать данный функционал, например для Autodesk Revit была разработана отдельная надстройка.

Про экономию средств также нельзя забывать. Внедрение BIM-технологии в проектирование позволит снизить финансовые расходы и существенно сократить срок ввода объекта. По этой причине большинство строительных компаний пытаются использовать в своей практике современные методики информационного моделирования.

Самые популярные решения на базе BIM-технологии — это программы Autodesk Revit, ArchiCAD, Tekla Structures.

EcoDesigner – решение для расчета энергоэффективности зданий и энергетического моделирования. Программных комплексов для реализации BIM множество, но лишь некоторые из них смогли остаться на рынке и развиваться до реально удобных и функциональных.

BIM-технология позволяет создать многомерную модель объекта строительства, которая будет содержать всю информацию о нем. При этом данная модель может использоваться не только для строительства, но и для эксплуатации объекта. Поэтому совершенно неправильно думать, что BIM – это только графическая 3D-проекция. Спектр возможностей технологии очень широк. Информационное моделирование предполагает совершенно новый подход к созданию и управлению проектом на всех этапах его жизненного цикла. Благодаря этому технология позволяет избегать возможных переделок в проектировании, сокращать расходы на строительство, а главное – экономить время.

Правильное внедрение BIM позволит принимать экономически и технически целесообразные решения.

Данная технология также требует финансовых затрат. В частности, закупку программного обеспечения, оборудования, обучения, а также найма BIM-специалистов. Но эти затраты в будущем компенсируются за счет снижения расходов на проектирование и организацию строительства зданий и сооружений.

### **Библиографический список**

1. BIM-стандарт : площадные объекты / ООО «КОНКУРАТОР». – М.: 2016 – 176 с.
2. BIM-стандарт : промышленные объекты / ООО «КОНКУРАТОР». – М.: 2018 – 102
3. Autodesk | 3D Design, Engineering & Construction Software [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Autodesk. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
4. Каиркенов Х. К. Сравнительный анализ платформ Autodesk и Bentley Systems / Х. К. Каиркенов, Е. А. Алешина // Современные концепции техники и технологии: проблемы, состояние и перспективы : Международная онлайн-конференция. – Чебоксары : ЦНС «Интерактив плюс», 2019.

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ КУПОЛОВ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Екимова В.С.<sup>1</sup>, Разливин Д.А.,<sup>2</sup> Алешина Е.А.<sup>1</sup>, Алешин Д.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
<sup>2</sup>ООО «Углестринпроект»,  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* В данной статье представлено обоснование выбора конструктивного решения железобетонного ребристо-кольцевого монолитного купола, на основании результатов расчета модели в программном комплексе Лира-САПР.

*Ключевые слова:* армирование, железобетонный купол, ребристо-кольцевой купол, расчетная модель, оболочка.

На основе расчетной модели, созданной в программном комплексе Лира-САПР методом конечных элементов [6], разработано конструктивное решение трехэтажного здания – железобетонный ребристо-кольцевой монолитный купол с радиусом нижнего опорного кольца 15 метров, радиусом верхнего опорного кольца 2 метра, высотой купола 8 метров (рисунок 1).

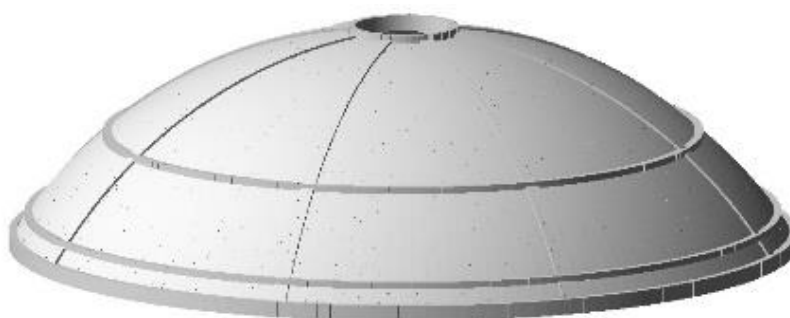


Рисунок 1 – Ребристо-кольцевой купол

При создании расчетной модели купола оболочка была разбита на 7200 конечных элементов: 180 секторов в плане и 40 сегментов в разрезе. Элементы были заданы четырехугольными пространственными пластинами, поверхность которых совпадала со срединной поверхностью оболочки. Опорные кольца и ребра жесткости были заданы пространственными стержнями. Сопряжение купола с несущей стеной было принято жестким [6].

С помощью программного комплекса сбор нагрузок от собственного веса несущих конструкций купола осуществлялся автоматически.

Сбор снеговой нагрузки выполнялся в соответствии с [5] по трем вариантам загрузки [6]. Был принят IV снеговой район. Коэффициент перехода  $\mu_1$  для первого варианта загрузки был принят равным единице. Для второго варианта загрузки коэффициент перехода  $\mu_2$  был принят переменным в зависимости от угла  $\beta$  и расстояния от центральной оси оболочки (рисунок 2) и рассчитывался по формуле (1) отдельно для каждой пластины.

$$\mu_2 = C_{r1} \cdot (z/r_1)^2 \cdot \sin \beta, \quad (1)$$

где безразмерная величина  $C_{r1}$  определялась по формуле (2) и была принята равной 2,549.

$$C_{r1} = 2,55 - \exp\left(0,8 - 14 \cdot \frac{f}{d}\right) \quad (2)$$

Для третьего варианта загрузки коэффициент перехода  $\mu_3$  был принят переменным в зависимости от угла  $\beta$  и угла касательной к оболочке  $\alpha$  (рисунок 2) и рассчитывался для каждой пластины по формуле (3).

$$\mu_3 = 3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot f}{d}} \cdot \sin 3\alpha \cdot \sin \beta \quad (3)$$

Ветровая нагрузка разгружает купол, поэтому в расчете не учитывалась.

Расчет был произведен для двух вариантов ребристо-кольцевого купола: с толщиной оболочки 50 и 100 миллиметров. На основании полученных результатов законструирован купол с толщиной оболочки 100 миллиметров.

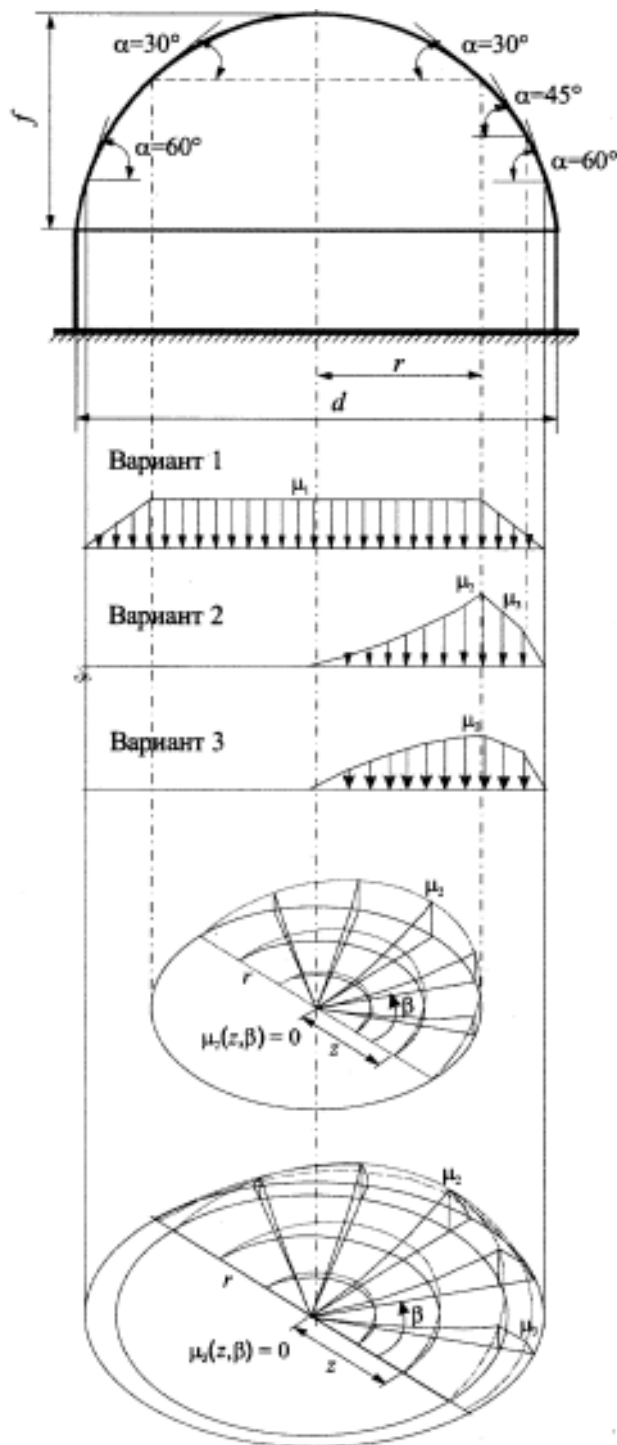


Рисунок 2 – Схемы загрузки купола снеговой нагрузкой [5]

Проанализировав результаты расчета, выбран оптимальный вариант армирования оболочки: принята сетка из арматуры класса А400 диаметром 6 миллиметров. Шаг кольцевой арматуры в сетке принят 200 миллиметров, шаг радиальной арматуры – 200 миллиметров по низу и 70 миллиметров по верху купола (рисунок 3).

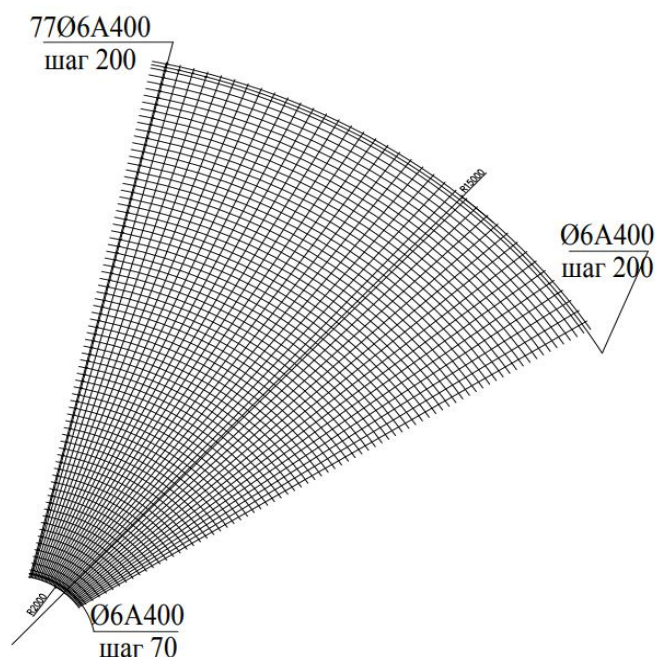


Рисунок 3 – Фрагмент армирования оболочки

Нижнее опорное кольцо сечением 300х600 миллиметров запроектировано с предварительно напряженной кольцевой арматурой класса А600 диаметром 14 миллиметров, с натяжением на бетон (рисунок 4, а). Ненапрягаемая продольная арматура нижнего кольца купола принята конструктивно, диаметром 12 миллиметров класса А400, поперечная – по расчету, диаметром 6 миллиметров класса А240 с шагом 200 миллиметров.

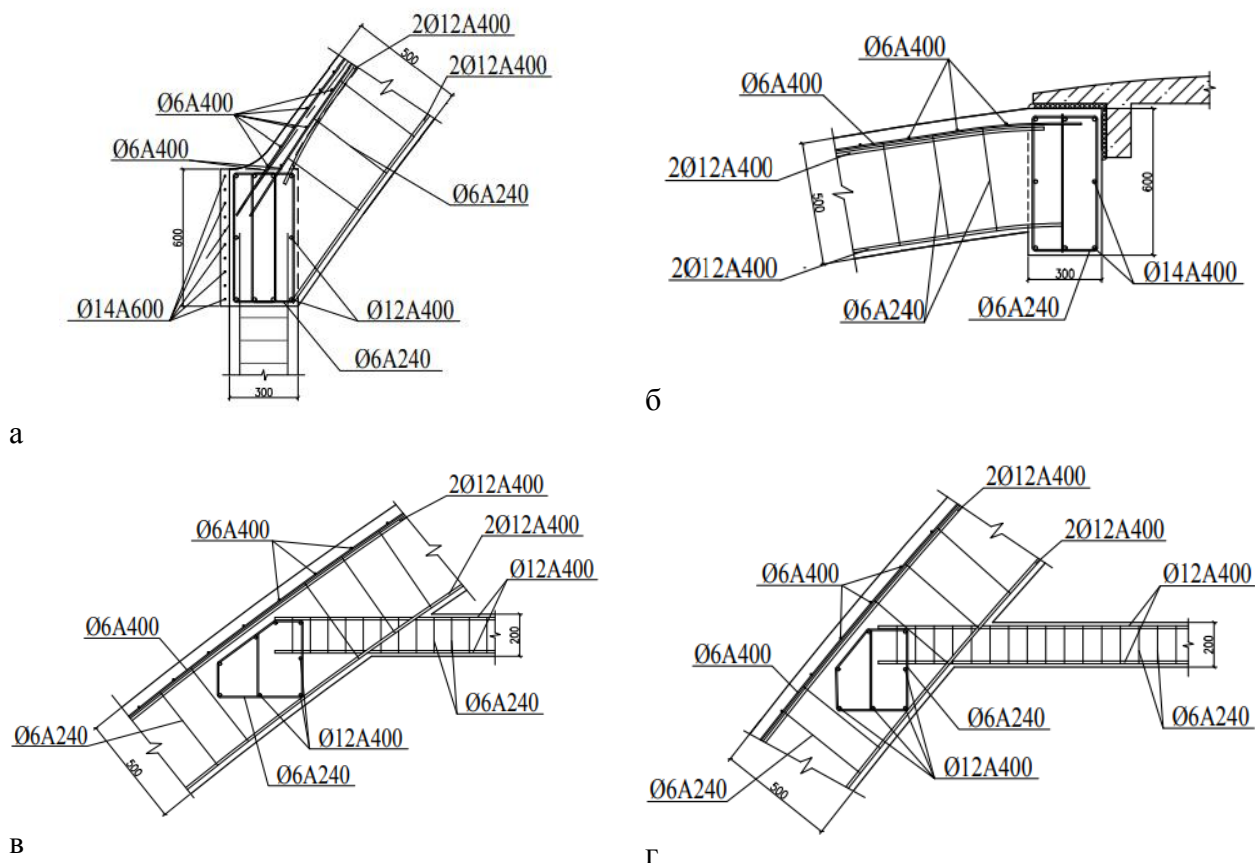
В верхнем опорном кольце сечением 300х600 миллиметров принята продольная арматура класса А400 диаметром 14 миллиметров, поперечная – класса А240 диаметром 6 миллиметров, с шагом 200 миллиметров (рисунок 4, б).

При конструировании были обозначены формы конструктивных элементов монолитного ребристо-кольцевого железобетонного купола трехэтажного здания. Поперечные сечения промежуточных колец приняты пятиугольной формы (рисунок 4, в, г). Армируются промежуточные кольца продольной рабочей арматурой класса А400 диаметром 12 миллиметров, поперечной – класса А240 диаметром 6 миллиметров, с шагом 200 миллиметров.

В ребрах сечением 200х500 миллиметров принята продольная рабочая арматура класса А400 диаметром 12 миллиметров, поперечная – класса А240 диаметром 6 миллиметров, с шагом 200 миллиметров (рисунок 4, а – г).

Монолитный купол опирается на монолитную стену через нижнее опорное кольцо, промежуточные кольца являются опорами монолитных перекрытий толщиной 200 миллиметров.





а – примыкание ребра жесткости к нижнему опорному кольцу; б – примыкание ребра жесткости к верхнему опорному кольцу; в – сопряжение ребра жесткости и промежуточного кольца в уровне перекрытия третьего этажа; г – сопряжение ребра жесткости и промежуточного кольца в уровне перекрытия второго этажа

Рисунок 4 – Армирование узлов

### Библиографический список

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – М.:СИ, 1991.
2. Колкунов Н.В. Основы расчета упругих оболочек. – М., 1972.
3. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Примеры расчета ж/б и каменных конструкций. – М., 2009.
4. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуал. редакция СНиП 2.01.07-85\*.
6. Разливин Д.А., Чапаева С.Г. Расчет ребристо-кольцевого купола в программном комплексе Лира-САПР // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017.– Вып. 21.– Ч. V. Технические науки. – с. 132 – 139.

## ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

**Матвеев А.А.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В статье рассмотрены общие задачи проектирования зданий и сооружений, требования, предъявляемые к инженерам-конструкторам и актуальность применения расчетных программных комплексов. Обозначены проблемы учета действующих нагрузок и воздействий на проектируемые здания и сооружения, выбора конструктивных решений проектируемых зданий и сооружений. Приведен пример проектирования промышленного здания и принципы его расчета.*

*Ключевые слова: инженер-строитель, задачи проектирования, здание, сооружение, расчетные программные комплексы.*

В настоящее время строительство по-прежнему базируется на двух основных принципах проектирования:

1. С одной стороны здание или сооружение необходимо запроектировать достаточно устойчивым к внешним нагрузкам и влияниям внешней среды, и внутренним нагрузкам и условиям производственной среды и технологического процесса;
2. С другой стороны достаточно экономичным с точки зрения расхода материалов, трудозатрат и эксплуатации.

Данные вопросы напрямую касаются инженера-строителя, проектирующего здание или сооружение. В его компетенции решать вопросы о том, как будет запроектировано здание или сооружение, какие материалы, изделия и конструкции будут применены и какая будет использоваться технология строительства будущего здания или сооружения.

Одной из проблем, встающей перед проектировщиком, становится выбор конструктивной схемы и правильный сбор внешних нагрузок, действующий на нее. Тут на помощь инженеру-строителю приходит свод правил СП «Нагрузки и воздействия», а также другая нормативная и техническая документация об особенностях проектирования и сбора нагрузок по типу проектируемого здания или сооружения.

Например, требуется запроектировать каркас здания, который мог бы обеспечить беспрепятственный производственный процесс и выдержать наиболее невыгодные сочетания таких нагрузок как: нагрузка от собственного веса элементов каркаса и других элементов, нагрузка от мостового крана в вертикальном и горизонтальном направлении, снеговая и ветровая нагрузки, нагрузки от веса промышленной пыли, сейсмического воздействия и другие нагрузки. И при этом для каждого элемента каркаса это сочетание нагрузок может быть разным и сильно отличаться по составу. Более того, нужно учитывать вероятность одновременного воздействия различных нагрузок во времени и принимать во внимание этот фактор. И как следствие, каркас здания был выбран металлическим, на отдельно-стоящих фундаментах с опоясыванием по контуру монолитным железобетонным цоколем. Жесткость такого каркаса обеспечивается: в поперечном сечении жестким примыканием колонн к фундаменту и

шарнирным соединением колонны и стропильной фермы покрытия; в продольном направлении жесткость каркаса обеспечивается наличием связевых блоков в торцах и в середине здания. Основой проектирования является расчет металлического каркаса здания с использованием расчетных программных комплексов. В проекте применены современные конструктивные решения облицовки здания трехслойными стеновыми панелями и вентилируемого фасада, использованы современные защитные покрытия для металла и бетона.

На данный момент благодаря развитию расчетных программных комплексов появилась возможность оперативно выполнять расчеты конструктивных схем, определять расчетные напряжения в сечениях элементов и, следовательно, определять наиболее выгодную конструктивную схему. В данном случае от инженера-строителя требуются умения грамотного использования программных комплексов со знанием принципов их работы, знание основ и правил проектирования для задания правильных свойств элементов расчетной схемы в программных комплексах, предусмотреть все возможные нагрузки и их сочетания, затем на основании полученных результатов произвести проектирование местных узлов и элементов.

Сегодня работа по проектированию зданий и сооружений переходит на новый уровень обеспеченности исходными данными, результатами расчетов и качеством проектирования, что дает толчок к дальнейшему развитию строительной промышленности, продвигая инженерную мысль дальше в постижении науки, техники и благоустройстве жизни.

### **Библиографический список**

1. Матвеев А.А. Вопросы усиления строительных конструкций. Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России: труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей редакцией И.В. Зоря, А.Ю. Столбоушкина, А.А. Оленникова. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 339 с. – С. 267 – 270.
2. Матвеев А.А., Максимова Н.И. Усиление строительных конструкций. Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Под общей редакцией С.М. Кулакова; СибГИУ – Новокузнецк, 2006.
3. Матвеев А.А. Знания – основа качества и безопасности в строительстве. Новые строительные технологии 2010: сб. науч. тр. / СибГИУ. Новокузнецк, 2010.

## **НЕСОВЕРШЕНСТВО КОНСТРУКЦИЙ ИЛИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ КАК ПРИЧИНЫ ДЕФЕКТОВ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Поправка И.А., Алешин Д.Н., Алешина Е.А., Столбоушкин А.Ю.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В данной статье рассмотрены дефекты строительных конструкций, причинами которых явилось несовершенство узлов и соединений элементов строительных конструкций. Несовершенство конструкций или конструктивных решений – это ошибки при проектировании и монтаже, которые приводят к образованию значительных местных напряжений и, как следствие, к образованию трещин или иных дефектов или повреждений. В данной статье приведены примеры несовершенных конструктивных решений узлов подъемных сооружений и сложных технических устройств по типу вагоноопрокидывателей, металлоконструкции которых относятся к строительным конструкциям.*

*Ключевые слова: строительные конструкции, проектирование, монтаж, несовершенство, ошибки, нарушения, дефекты, повреждения.*

При проведении работ по обследованию зданий и сооружений [1] одной из наиболее часто встречаемых причин возникновения дефектов и повреждений является несовершенство конструкции. Под понятием «несовершенство» в данной статье принимаются условия, при которых в узлах конструкций или в отдельных элементах строительных конструкций возникают заведомо дефектные места. Подробнее это означает, что в определенных местах конструкции или узлах соединения конструкций проектировщиком или монтажником (в зависимости от стадии производства) создаются места с повышенной концентрацией напряжений [2], то есть места, в которых даже при надлежащей эксплуатации конструкций будут возникать дефекты или повреждения. Это вызвано следующими ошибками или недочетами на всех стадиях строительства:

а) ошибки при проектировании (неточности в инженерно-технических расчетах, неверный подбор сечений и выбор строительных материалов, недопустимые конструктивные решения узлов конструкций и т.д.);

б) ошибки при сборке конструкций на заводе-изготовителе (особенно применимо к стальным конструкциям), такие как нарушение геометрии;

в) ошибки при монтаже, часто возникающие из-за недостаточного изучения проектной и рабочей документации или погрешностями при установке конструкций в проектное положение. Минимальное отклонение элемента от оси и нарушение основных габаритных размеров приводит к дефектам.

Но существует обратная сторона вопроса. С учетом новейших технологий и методов проектирования, многолетнего изучения и исследования фактической работы строительных конструкций, до сих пор невозможно дать точную оценку того, как поведет себя конструкция в реальных условиях. Очень сложно учесть все нагрузки и воздействия, которым подвергается конструкция при работе, особенно если рассматривать конструкции, работающие при циклическом нагружении. Встречаются случаи, когда в теории запроектированная конструкция полностью удовлетворяет всем требованиям, но на практике появляются дефекты в виде трещин или местных деформаций. Это тоже является своего рода несовершенством конструкции. Анализируя такие дефекты, накапливается практический опыт, с помощью которого можно совершенствовать и модернизировать строительные конструкции и узлы их соединения.

Для наибольшей наглядности в данной статье приведены примеры дефектов вследствие несовершенства в конструкциях подъемных сооружений и сложных технических

устройств, работающих при циклическом нагружении. Выбор именно такого примера обусловлен тем, что при циклической нагрузке концентраторы напряжений – это причина серьёзных дефектов, которые при развитии могут повлечь за собой разрушение конструкций.

На фото 1 представлен монтажный стыковой узел рамы вагоноопрокидывателя марки ВРС-125. Наблюдается появление трещины длиной 70 миллиметров в металле накладке по поясу рамы. Дефект вызван ошибками при монтаже конструкций: отсутствует зона без сварных швов в месте стыка элементов рамы, что привело к образованию значительных напряжений; кроме того допущена несоосность величиной до 20 мм элементов рамы. Конструктивное несовершенство стыка явилось причиной образования трещин.



Фото 1 – Конструктивное несовершенство монтажного стыкового узла рамы вагоноопрокидывателя марки ВРС-125.

Трещина длиной 70 мм в металле накладке по поясу рамы

На фото 2 представлен узел крепления элемента связи к фасонке. Дефект вызван ошибкой при проектировании: неверно выбран размер фасонки, что привело к образованию сходящегося угла между элементом связи и фасонкой. Как следствие, происходит разрушение элемента связи по всему сечению.

На фото 3 представлен узел крепления фасонки к поясу ездовой балки крана-перегрузателя. Наблюдается образование трещины в металле верхнего пояса ездовой балки. Дефект вызван ошибкой при монтаже: креплении вновь изготовленной фасонки к поясу ездовой балки. Не выполнены требования, указанные в рабочей документации на ремонт (рисунок 1); образован концентратор напряжения из-за резкого перехода от края фасонки к верхнему поясу балки. Как следствие, образовалась трещина в металле верхнего пояса ездовой балки.



Фото 2 – Конструктивное несовершенство узла крепления элемента связи к фасонке. Разрушение элемента связи по всему сечению



Фото 3 – Конструктивное несовершенство узла крепления фасонки к поясу ездовой балки крана-перегрузателя. Трещина в металле верхнего пояса ездовой балки

На рисунке 1 представлены конструктивные требования к узлу крепления фасонки к верхнему поясу ездовой балки. На узле 6 показан плавный переход от фасонки к верхнему поясу ездовой балки, что является одним из методов борьбы с негативным влиянием концентраторов напряжений.

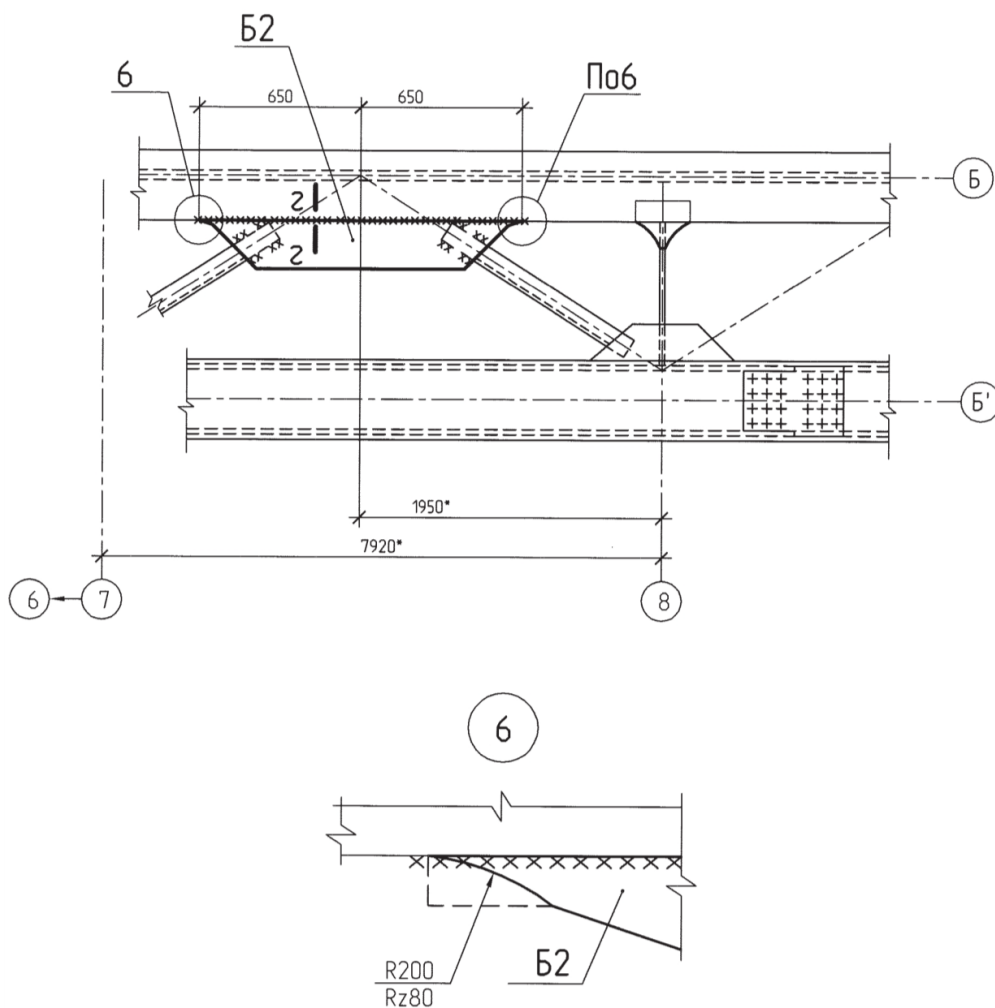


Рисунок 1 – Узел крепления фасонки к верхнему поясу ездовой балки (к фото 3)

### Библиографический список

1. 1 ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2014. – 55 с.
2. 2 Феодосьев В. И. Сопротивление материалов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – 592 с. – (Механика в техническом университете).
3. 3 Поправка И.А., Алешин Д.Н. Обследование и реконструкция несущих конструкций здания газоочистки 1-ой серии Иркутского алюминиевого завода в г. Шелехов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 16-18 мая 2017 г. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – Вып. 21. – Ч. 5: Технические науки. – 390 с. – С. 294-297.
4. 4 Поправка И.А., Алёшин Д.Н., Алёшина Е.А. Обследование и оценка технического состояния монолитного железобетонного перекрытия здания участка декомпозиции // Фундаментальные проблемы основных направлений научно-технических исследований: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Волгоград, 17 марта 2018 г.). - Стерлитамак: АМИ, 2018. – 115 с. – С. 84-88.
5. Поправка И.А., Алешин Д.Н. Результаты визуального и детального инструментального обследования здания участка декомпозиции алюминиевого завода // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. III. Технические науки. – 392 с. – С. 275 – 280.

## ВЫБОР СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Матвеев А.А.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В статье рассматриваются решения по проектированию зданий и сооружений. Унификация и типизация при проектировании позволяет сократить сроки создания объектов, уменьшить перечень конструктивных элементов, снизить стоимость изделий и конструкций, создать универсальность замены конструктивных элементов при строительстве, ремонтах и реконструкции зданий и сооружений, уменьшить трудозатраты при эксплуатации зданий и сооружений.*

*Ключевые слова: производственные здания, архитектурно – строительная унификация, промышленность, документация, проектирование.*

Формирование производственных зданий нового поколения, а также определение оптимальных направлений реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий требует поиска новых идей и решений в промышленной архитектуре, которые могли бы гибко реагировать на изменения технологии и всемерно способствовать сокращению инвестиционного цикла в строительстве. Наиболее реальное направление поиска - совершенствование архитектурно-строительной унификации и типизации на уровнях пространственно-планировочной структуры предприятия и внедрение в проектную практику принципов «свободного проектирования», выдвинутых видным архитектором и теоретиком И. Фридманом.

Созданная на первых двух этапах грандиозная и всеобъемлющая система типовой документации для строительства базировалась на особой методике американского архитектора Альберта Кана, суть которой состояла во внедрении в массовое возведение промышленных предприятий «скоростного поточно-конвейерного производства архитектурно-строительной проектной документации». Н.Н. Ким в своей работе отмечает, что «к середине 60-х годов XX столетия были разработаны проектные материалы в помощь проектировщикам в виде рабочих чертежей унифицированных типовых секций и пролётов. На базе этих материалов для ряда отраслей промышленности были созданы типовые проекты с заданной производственной программой и фиксированными архитектурно-строительными параметрами. Такую систему типового проектирования принято именовать «закрытой системой унификации».

Использование типовых проектов существенно облегчило труд проектировщиков, повысило качество проектной продукции и сократило сроки проектирования. Однако, с точки зрения многовариантного формирования производственных зданий в различных исходных ситуациях и особенно в условиях модернизации действующих предприятий, привязка типовых проектов сопровождалась крупными переработками, сопоставимыми с разработкой индивидуальных проектов. Поэтому область применения типовых проектов производственных зданий была ограниченной, что в конечном итоге обусловило преобладание традиционных методов индивидуального проектирования при создании технической документации для строительства промышленных предприятий с использованием Унифицированных типовых



серий и Унифицированных типовых проектов, «наиболее часто применяемым в строительстве зданий производственного назначения...».

Недостатки закрытой системы унификации архитектурно-строительных решений производственных зданий предопределили тенденцию постепенного перехода к «открытой системе унификации», сущность которой заключается в создании и использовании функциональных фрагментов (компонентов) для формирования производственных структур.

Основная идея свободного проектирования базируется на принципах использования «меню» унифицированных объектов, из которых можно свободно выбирать любую комбинацию.

Главное достоинство открытой системы заключается в создании широких возможностей многовариантной компоновки производственных зданий в различных исходных ситуациях – при новом строительстве и при реконструкции действующих производств.

Начиная с середины 70-х годов и вплоть до 90-х годов прошлого столетия, ЦНИИ Промзданий и отраслевые проектные институты в рамках «свободного проектирования» производственных зданий осуществили экспериментальные работы по созданию основ открытой системы унификации. Однако в силу объективных причин с начала 90-х годов эти работы были приостановлены.

В постановочном аспекте алгоритм формирования проектной документации осуществляется следующим образом: после получения необходимых исходных данных и их анализа авторы технологической части проекта подготавливают «технологическое задание» по составу помещений, требования к архитектурно-строительным параметрам и инженерному оборудованию. Практически все расчётные величины являются функциями заданной производственной программы. После получения и анализа данных о составе и площадях всех функциональных помещений из номенклатуры объектов унификации выбираются необходимые функциональные фрагменты и разрабатываются «имитационные модели» будущих производственных зданий.

Первым этапом компоновки является формирование производственной структуры путём варьирования фрагментов и их взаимоположения с размещением имитационной модели на генеральном плане и определением технологических, транспортных и пешеходных связей. Таким образом, создаётся имитационная модель на уровне предприятия или здания. После выбора окончательного варианта объёмно – пространственной структуры осуществляется компоновка помещений с помощью унифицированных планировочных нормалей. Рассмотренная модель является исходным материалом для выполнения проектно-сметной документации в автоматизированном режиме на исполнительном этапе проектирования.

В обобщённом виде процесс проектирования производственных объектов включает два главных этапа: поисковый этап, связанный с творческой деятельностью по формированию принципиальных проектных решений и исполнительный этап, когда осуществляется детализация проектных решений. Принципиальные схемы создания проектной документации: при традиционном индивидуальном проектировании поисковый этап по своей глубине и продолжительности продолжается практически в течение всего периода создания технической документации, так как требует участия наиболее квалифицированных специалистов в принятии принципиальных технических решений, в обратных связях, а также для многочисленных взаимных увязок и согласований проектных решений.

При проектировании с использованием объектов унификации поисковый этап сводится в основном к многовариантной компоновке производственных структур и их технико-

экономической оценке, после чего в автоматическом режиме выполняются необходимые текстовые и графические материалы.

Графическое сравнение методов индивидуального и «свободного проектирования» из унифицированных объектов показывает, что использование предложенных функциональных фрагментов обеспечивает чёткое разделение поискового и исполнительного этапов при создании проектной продукции. На основании этого сравнения можно прогнозировать определенное сокращение сроков проектирования с повышением качества проектных решений. Использование предложенных объектов унификации может упростить поисковый этап также и при реконструкции действующих предприятий, так как частично или полностью может отпасть необходимость разработки принципиальных инженерно-технических и строительных подсистем на объектах любой категории сложности.

Внедрение в проектно-строительную практику методов свободной компоновки производственных зданий из ограниченной номенклатуры объектов унификации создаёт условия для автоматизации проектных работ на уровне диалога «Человек – ЭВМ» взамен использования современных средств автоматизации в качестве быстродействующих «чертёжных» инструментов. Особенно это актуально для условий модернизации действующих производств, когда создание архитектурной концепции на основе комплексной диагностики исходной ситуации является наиболее сложной и трудоёмкой процедурой.

Перестройка мышления в направлении широкого использования методов «свободного проектирования» требует большого искусства и определённого времени для подготовки или переподготовки проектировщиков всех специальностей.

#### **Библиографический список**

7. Новиков В.А. Архитектурно-эстетические проблемы реконструкции промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1986. – 167 с.
8. Булгаков С.Н. Философия, концепция и принципы создания современных производственных зданий. URL: <http://www.gvozdk.ru/analit/1912.html> (дата обращения 23.09.2019).
9. Фридман И. Научные методы в архитектуре. – М., Стройиздат, 1983. – 160 с.
10. Нанасов П.С. Управление проектно-строительным процессом (теория, правила, практика) учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 160 с.
11. Меерович М.Г. Альберт Кан в истории советской индустриализации. // Проект Байкал, 2009, № 20.
12. Ким Н.Н., Маклакова Т.Г. Архитектура гражданских и промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1987. – 386 с.
13. Генин В.Е. Проектные решения административно-бытовых зданий реконструируемых предприятий. – Киев: Будивельник, 1987. – 119 с.
14. Матвеев А.А. Знания – основа качества и безопасности в строительстве. Новые строительные технологии 2010: сб. науч. тр. / СибГИУ. Новокузнецк, 2010.

## ЛЕГКИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ В КАРКАСАХ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Боброва Е.Е., Музыченко Л.Н.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В данной статье анализируются особенности проектирования промышленного здания с рамными несущими конструкциями. Рассмотрена рамная конструкция типа «Орск». Приведено сравнение вариантов проектирования одноэтажного однопролетного промышленного здания ждя строительства в сибирском регионе.*

*Ключевые слова: рамная конструкция, промышленное здание, сравнение вариантов, особенности проектирования, каркас, рама стойка.*

Выбор оптимального сечения несущих конструкций является основной задачей при проектировании здания гражданского или промышленного назначения, т.к. от этого зависит объем работ, расход металла, сроки возведения объекта и в конечном результате его стоимость.

При рассмотрении вариантов конструктивного решения здания был также проведен патентный поиск. Наиболее интересной является предложенная конструкция с использованием С-образных стальных пластинок. Две С-образные стальные пластины совмещены друг с другом, чтобы сформировать балку в прямоугольной трубчатой форме с помощью первых позиционирующих элементов, и первых позиционирующий элемент имеет проволочное отверстие. Таким образом, кабели или провода могут быть вставлены во внутреннюю часть балки через проволочное отверстие и защищены С-образными стальными пластинами. Кроме того, может быть предусмотрен зазор разделения между двумя С-образными стальными пластинами балки для вентиляции и теплоизоляции. При сложной системе электроснабжения, вентиляции это решение имеет не мало важное значение.

Для проектирования однопролетного промышленного здания размером 24х66м было выполнено сравнение следующих вариантов: однопролётное промышленное здание из рамной конструкции «Орск» и традиционного решения конструкции колонны из горячепрокатных двутавров и стропильной фермы пролетом 24м. Шаг несущих конструкций во всех вариантах равен 6м. Сравнение вариантов произведено по следующим показателям: себестоимость, расход материала на 1м<sup>2</sup> и приведенные затраты. По первому варианту данные показатели были меньше, и он был принят к дальнейшей разработке.

Основным элементом каркаса служат рамы замкнутого коробчатого сечения, состоящие из двух швеллеров №24, соединенные между собой листами с двумя продольными гофрами. Толщина этих листов 4мм. Швеллеры соединяются с листами сваркой. Высота сечения по наружным граням швеллеров составляет 750 мм. Для обеспечения работы коробчатого сечения на поперечный изгиб гофрированные листы подкреплены приваренными к ним поперечными ребрами из листа размером 60х6 мм. Эти ребра ставятся по длине стойки и ригеля рамы с шагом 2480мм.

Для опирания подкрановых балок на отметке 4,95м к стойкам рамы приварены консоли.

Стойка рамы крепится к фундаменту шарнирно, с помощью анкерных болтов. Монтажные стыки рамы в карнизном и коньковом узлах – жесткие, выполнены на фланцах из ли-

стойкой стали толщиной 20мм. Фланцы крепятся к стойке и ригелю рамы на сварке, а между собой фланцы соединяются на высокопрочных болтах диаметром 20мм.

Расчетная схема основной конструкции каркаса является однопролетная рама с шарнирным опиранием колонн на фундаменты, и жестким сопряжением ригеля с колонной.

Жесткость каркаса в продольном направлении обеспечивается постановкой вертикальных связей между стойками и системой прогонов по ригелям, в поперечном направлении – самой рамой.

Вертикальные связи по колоннам выполнены крестовыми из уголков. Настил кровли крепится к прогонам самонарезающими винтами. Крепление прогонов к ригелю рамы осуществляется на сварке.

Подкрановые балки приняты стальные, сварные, разрезные пролетом 6 м, опирающиеся на консоли рам. Подкрановые балки выполнены из стали С255 по ГОСТ 27772-88, имеют двутавровое сечение, высотой 750 мм, стенка принимается толщиной 10мм, размеры поясов 320х20мм.

Фундаменты под стойки рамы железобетонные, монолитные столбчатые из бетона В15, армирование подошвы А400, диаметром 12мм с толщиной защитного слоя 45мм. Глубина заложения принята из условия глубины промерзания грунта 2м. размеры подошвы 1,5х1,8м; по верхнему обрезу 0,9х1,2м. в зависимости от грунтовых условий могут быть на естественном основании или на сваях.

Применение коробчатой рамы типа «Орск» дало возможность сократить сроки и уменьшить приведенные затраты по сравнению с традиционным решением в целом на 16%.

### **Библиографический список**

1. Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учебн. заведений / [Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др.]; под ред. Ю.И. Кудишина. – 9-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 688 с.

2. Металлические конструкции : учебник для вузов : в 3 т. Т. 1 : Элементы конструкций / под ред. В.В. Горева. – 3-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2004. – 551 с. : ил.

3. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 2. Конструкции зданий: Учеб. для строит. вузов / В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др.; Под ред. В.В. Горева. – М.: Высш. шк., 2004. – 528 с., ил.

4. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. [Электронный ресурс]. – Актуализированная ред. СНИП II-23-81\*; введ. 2011-05-20 // Техэксперт : инф.- справ. система. – Электрон. дан. – Москва : Кодекс, 2017. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

5. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. [Электронный ресурс]. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* ; введ. 2011-05-20 // Техэксперт : инф.- справ. система. – Электрон. дан. – Москва : Кодекс, 2017. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

## РАМНЫЕ, СВЯЗЕВЫЕ И РАМНО-СВЯЗЕВЫЕ СИСТЕМЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

**Буцук И.Н., Музыченко Л.Н, Бараксанова Д.А.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Разнообразие конструктивных систем многоэтажных зданий связано прежде всего с поиском рациональных схем вертикальных несущих конструкций. Металлические несущие конструкции применяются в каркасных и смешанных системах, обеспечивающих большую свободу архитектурной планировки и возможность ее изменения при эксплуатации здания.*

*Ключевые слова: связи, системы, металл, рама, здание, эксплуатация, конструктив, жесткость, каркас.*

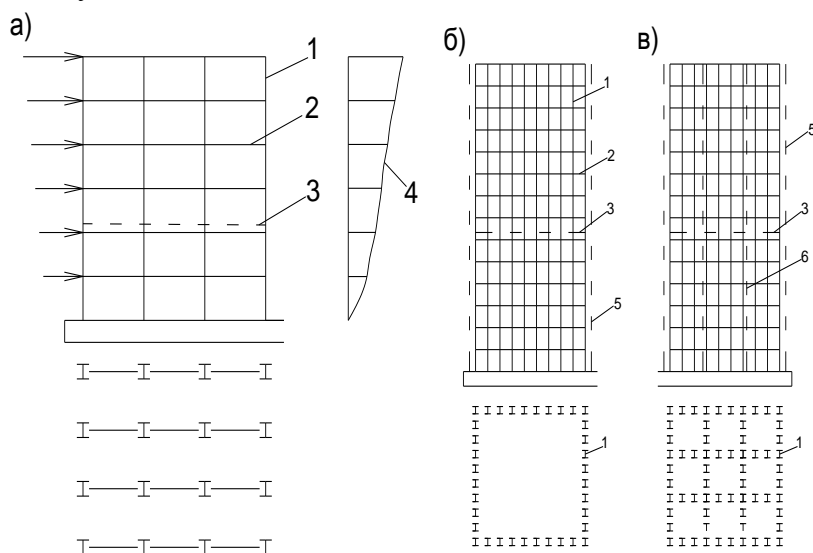
Каркасные и смешанные системы в зависимости от распределения функций в системе для обеспечения ее пространственной жесткости и устойчивости подразделяются на рамные, связевые, рамно-связевые. В зависимости от вида конструкций различают:

- 1) бескаркасные системы, состоящие из пластинок (стен), оболочек открытого и замкнутого профиля, объемных тонкостенных блоков;
- 2) каркасные системы, состоящие из стержней;
- 3) смешанные системы, состоящие из элементов бескаркасных и каркасных систем.

### Рамные системы

Рамная система (см. рисунок 1) состоит из жестко соединенных колонн и ригелей, образующих плоские и пространственные рамы, объединенные перекрытиями.

Жесткость системы определяется сопротивлением всех ее элементов, воспринимающих вертикальные и горизонтальные нагрузки, т. е. функции обеспечения жесткости распределены равномерно между элементами системы.



- а – обычная; б – с внешней пространственной рамой; в – секционно – рамная;  
 1 – колонна; 2 – ригель; 3 – плоскость одного из перекрытий;  
 4 – горизонтальные перемещения рамы; 5 – плоскость внешней грани;  
 6 – плоскость внутренней рамной сетки.

Рисунок 1 – Основные рамные системы

Перемещения рамной системы от горизонтальных нагрузок складываются из перемещений общего изгиба, обусловленных продольными деформациями колонн, как волокон заземленной в фундаменте рамной консоли, и перемещений сдвигового характера в виде относительных смещений ярусов рамы, вызванных местным изгибом колонн и ригелей, причем вклад сдвиговых смещений часто преобладает.

Элементы и узлы рамной системы трудно поддаются унификации, что связано со значительным изменением внутренних усилий по высоте каркаса. Вместе с тем, рамная система обеспечивает равномерную передачу нагрузок на фундамент и хорошо согласуется с архитектурно-планировочными требованиями.

В обычной рамной системе (см. рисунок 1, а) колонны регулярно расположены по всему плану здания с шагом 6—9 м и должны иметь небольшие габариты сечений, чтобы не стесняли внутренних помещений. В такой системе учет горизонтальных нагрузок приводит к заметному увеличению расхода стали, поэтому в зданиях высотой более 30 этажей подобные системы применяются редко. В горизонтальном прогибе верха рамы сдвиговые смещения составляют около 70—90%.

Пространственная жесткость и эффективность работы рамной системы существенно повышаются при размещении колонн только по контуру здания с образованием внешней пространственной рамы (см. рисунок 1, б). Впервые эта идея была реализована в проекте каркаса Дворца Советов.

Система с внешней пространственной рамой осуществлена в США в нескольких зданиях с прямоугольным и треугольным планом высотой 350—400 м. Ввиду большой ширины зданий система дополнена внутренними колоннами, воспринимающими только вертикальные нагрузки от шарнирно опертых перекрытий и инженерного оборудования, т. е. применена не в чистом виде.

Основное преимущество системы с внешней пространственной рамой состоит в повышении ее общей изгибной жесткости, так как при расположении колонн по контуру увеличивается момент инерции горизонтального сечения каркаса, и в снижении относительной доли сдвиговых смещений в общем прогибе каркаса до 30—40% в результате развития сечений ригелей и колонн в плоскости рамной грани и более частого расположения колонн (полезная площадь помещений при этом не уменьшается). Система отличается высокой жесткостью при кручении. Кроме того, конструктивные элементы внешней рамы могут выполнять функции наружной стены, и для ее устройства не нужен дополнительный каркас. Для системы применяются и другие названия: рамная оболочка, рамная труба.

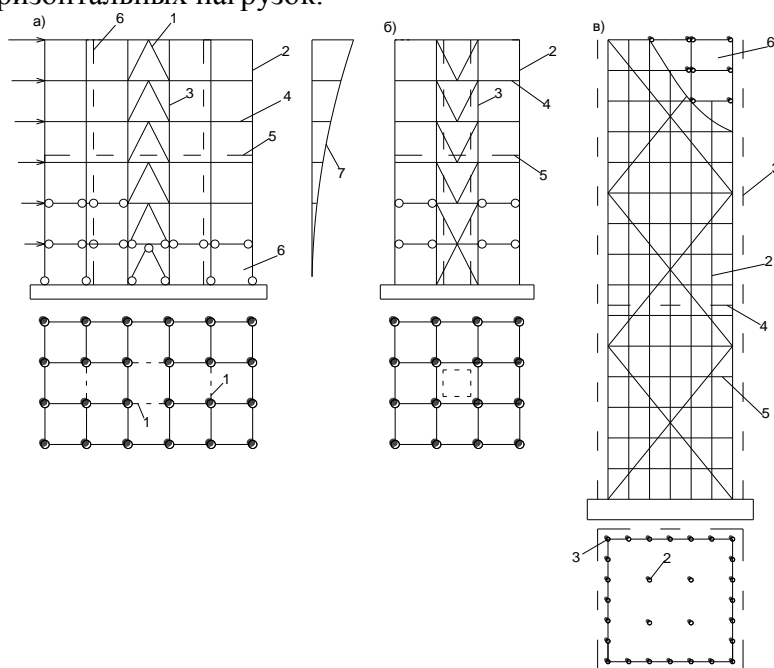
Дальнейшим развитием рамных систем является секционнo-рамная система (см. рисунок 1, в), структура которой в плане напоминает обычную рамную систему, а составляющие ее плоские рамы решены как грани системы с внешней рамой и имеют часто расположенные колонны (шаг колонн меньше размера секции в плане). Жесткость этой системы по сравнению с предыдущей повышается благодаря дополнительному сопротивлению внутренних рам. и более равномерному включению граней внешней рамы в работу на общий изгиб. Конструкции перекрытий в пределах отдельных секций опираются на рамы шарнирно, имеют пролет до 15—20 м и в связи с этим требуют повышенного расхода стали. Различные секции системы можно завершить на разной высоте, создавая ступенчатый объем здания без существенного усложнения конструкций. Пример осуществления такой системы — 109-этажное здание высотой 442 м в США.

### **Связевые системы**

Связевая система в чистом исполнении состоит из связевой конструкции и колонн, шарнирно присоединенных к ней ригелями (см. рисунок 2).

Функции обеспечения жесткости распределены в системе резко неравномерно: при действии горизонтальных нагрузок практически вся жесткость сосредоточена в связевой конструкции, работающей по схеме заземленной в фундаменте консоли. Колонны при условии шарнирного их присоединения к связевой конструкции настолько слабо сопро-

тивляются горизонтальным перемещениям системы, что их вкладом в ее жесткость можно пренебречь. Такие колонны сжаты от вертикальных нагрузок перекрытий и стен. Колонны, которые входят в состав связевой конструкции, воспринимают вертикальные и горизонтальные нагрузки, работая в качестве ее поясов. Ригели воспринимают непосредственно действующие на них вертикальные нагрузки и испытывают небольшие продольные усилия от горизонтальных нагрузок.



а – с диафрагмами; б – с внутренним стволом; в – с внешним стволом;  
 1 – диафрагмы; 2 – колонны; 3 – колонны – пояса диафрагмы; 4 – ригели;  
 5 – плоскость одного из перекрытий; 6 – фрагмент расчетной схемы по внутреннему ряду колонн; 7 – горизонтальные перемещения диафрагмы

Рисунок 2 – Основные связевые системы

Перемещения связевой системы от горизонтальных нагрузок определяются деформациями связевой конструкции и носят в основном изгибный характер (см. рисунок 2, а), хотя при некоторых конкретных схемах связевой конструкции (диафрагмы рамного типа, фермы с относительно податливой решеткой) возможны и значительные сдвиговые смещения.

Связевая система работает на горизонтальную нагрузку эффективнее рамной, так как большая часть колонн освобождена от внутренних усилий изгиба и требует меньшего расхода стали. Поэтому в ней проще унифицировать элементы и узлы, не входящие в связевую конструкцию.

Основные связевые системы:

- а) с диафрагмами;
- б) с внутренним стволом;
- в) с внешним стволом (см. рисунок 2, а - в).

**Диафрагмы** могут быть решены в виде плоских ферм, стенок жесткости (обычно железобетонных), мощных рам.

**Внутренний ствол** может иметь открытое или замкнутое поперечное сечение. Если в стволе совмещают функции жесткости системы и ограждения лифтовых и коммуникационных шахт, то стенки ствола целесообразно выполнять несущими железобетонными, воспринимающими вертикальные и горизонтальные нагрузки. Возможно решение ствола в виде стальной пространственной фермы или жесткой рамы.

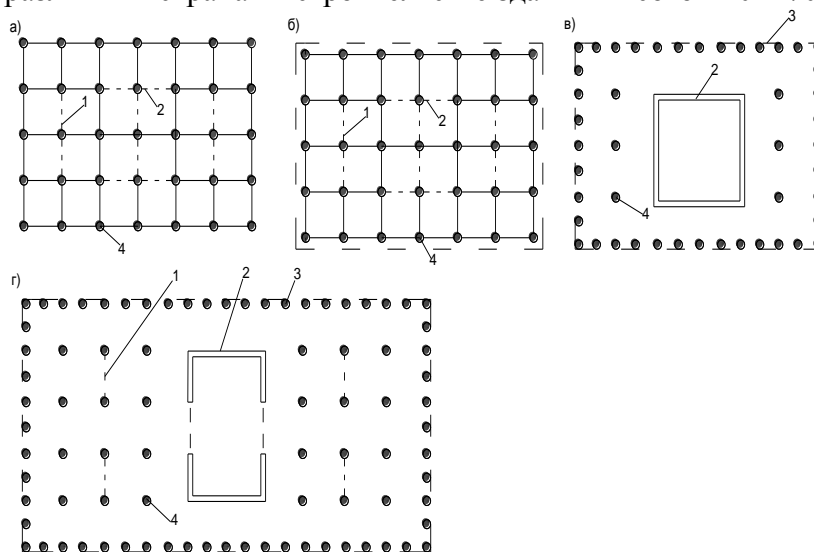
**Внешний ствол**, охватывающий все здание, наиболее эффективен с точки зрения обеспечения жесткости системы и восприятия горизонтальных нагрузок. В США построено несколько зданий высотой 26 – 100 этажей с внешним стволом в виде пространствен-

ной стальной фермы (см. рисунок 2, в), элементы которой выделены на фасаде. Внутренний каркас из ригелей и центрально-сжатых колонн поддерживает перекрытия и несущие стенки лифтовых шахт. В системе, состоящей из такого каркаса и внешней пространственной рамы, последняя выполняет роль внешнего ствола.

Кроме основных связевых систем применяются и их разновидности, сочетающие различные связевые конструкции (см. рисунок 3). При проектировании подобных систем важно установить целесообразное распределение материала между связевыми конструкциями системы, отвечающее нормативным требованиям к ее жесткости и несущей способности.

В системе с внутренним и внешним стволами (см. рисунок 3, в) можно увеличить пролет перекрытия и обойтись без внутренних колонн, передавая все вертикальные нагрузки на связевые конструкции и обеспечивая повышенную гибкость в использовании помещений; при этом внешний ствол частично выполняет функции наружной стены, а внутренний служит ограждением лифтовой шахты.

Такая система рациональна для каркасов общественных зданий и неоднократно применялась в различных странах в строительстве зданий высотой 40—70 этажей.



а – с диафрагмами и внутренним стволом; б – то же, с внешним стволом;  
в – с внутренним и внешним стволом; г – с диафрагмами, внутренним и внешним стволами;  
1 – диафрагма; 2 – внутренний ствол; 3 – внешний ствол;  
4 – колонны, воспринимающие вертикальные нагрузки.

Рисунок 3 – Сочетание основных связевых систем

### Рамно-связевые системы

Основные рамно-связевые системы аналогичны по своей схеме связевым (см. рисунки 2, 3), но отличаются от них рамным соединением колонн и ригелей, не входящих в связевую конструкцию.

Функции обеспечения жесткости системы распределены между ее связевой и рамной частями, однако в большинстве случаев соотношение жесткостей в системе таково, что ее связевая часть воспринимает 70—90% горизонтальных нагрузок.

Большинство высотных зданий, построенных в Москве в начале 50-х гг., имеют каркас рамно-связевой системы с жестким соединением ригелей и колонн. Моменты от горизонтальной нагрузки в узлах такого каркаса намного меньше, чем в чисто рамной системе, что облегчает унификацию узлов и ригелей. Однако узлы довольно сложны и трудоемки в изготовлении и монтаже. Поэтому в дальнейшем были разработаны рамно-связевые системы с примыканием ригеля к колонне, рассчитанным на восприятие 1/10—1/5 части полного балочного момента ригеля и допускающим образование шарнира пластичности. Переход к таким примыканиям облегчил унификацию узлов и ригелей и способствовал широкому распространению рамно-связевой системы в строительстве московских 20—30-этажных зданий.

Известны и другие рамно-связевые системы:



- 1) с жесткими включениями в виде сплошных панелей или связевых ячеек;
  - 2) с горизонтальными поясами жесткости в виде связевых ферм, решетчатых ригелей, балок-стенок;
  - 3) с пространственными ростверками из решетчатых или сплошных элементов.
- Они могут быть образованы на основе любой из рассмотренных выше систем.

На рисунке 4 показаны рамно-связевые системы с жесткими включениями. Отдельно расположенные жесткие включения слабо влияют на общий характер работы системы, но способствуют снижению сдвиговых смещений. Если жесткие включения составляют геометрически неизменяемую конфигурацию, то жесткость системы в целом существенно повышается.

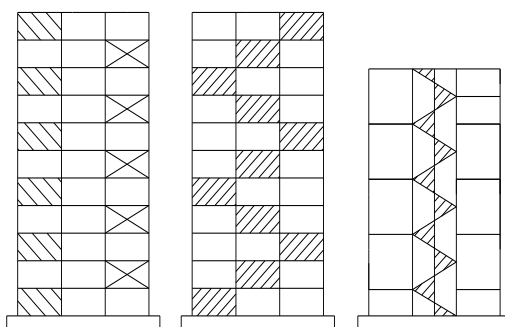
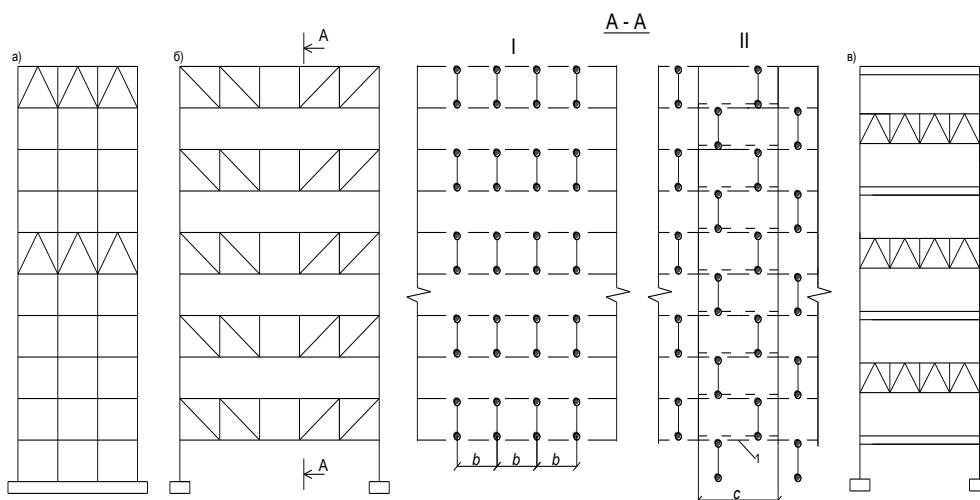


Рисунок 4 – Рамно – связевые системы с жесткими включениями

Возможные варианты рамно-связевых систем с горизонтальными поясами жесткости (см. рисунок 5). Пояса жесткости, дополняющие обычную рамную систему, снижают ее горизонтальные перемещения в результате повышения сопротивления относительно сдвигу смежных колонн и перекосу ячеек рамы и приближают эпюру осевых деформаций при общем изгибе системы к линейной. В производственных и общественных зданиях с увеличенными пролетами поясами жесткости являются решетчатые ригели высотой в этаж (см. рисунок 5, б), имеющие в местах проемов рамные вставки. При одинаковом расположении ригелей в соседних рамах (схема I) чередуются этажи с большой свободной площадью и стесненными условиями. Этот недостаток устраняется при шахматном расположении ригелей (схема II), которое обеспечивает на всех этажах достаточно крупные по размерам помещения в результате поочередного опирания плит перекрытия на верхние и нижние пояса ригелей и удвоения их шага.

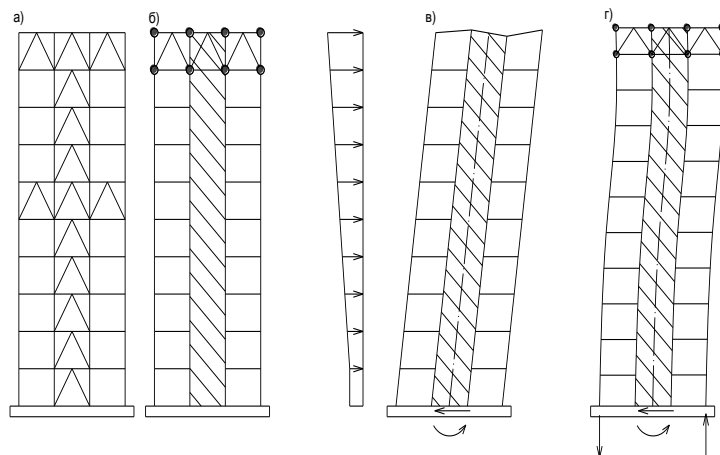


- а – пояса жесткости в обычной рамной системе; б – фермы – ригели через этаж;  
 в – фермы – ригели через два этажа;  
 I – с одинаковым расположением в соседних рамах;  
 II – с шахматным расположением в соседних рамах; с – ширина блока.

Рисунок 5 – Рамно – связевые системы с горизонтальными поясами жесткости

Если схема I близка по работе к рамной системе, то схема II образует в продольном сечении здания пространственную конструкцию ячеистой структуры. В условном блоке, выделенном на схеме II, смещенные ригели разных этажей объединены жесткими перекрытиями в непрерывную связевую конструкцию, хорошо сопротивляющуюся горизонтальным нагрузкам, перпендикулярным к продольному сечению здания. При высоком насыщении помещений техническими средствами и сильно развитом инженерном оборудовании, требующем осмотра, ремонта или замены, решетчатые пояса-ригели размещают в пределах технических этажей пониженной высоты, следующих через два обычных этажа (см. рисунок 5, в). Это дает возможность подвести все необходимые коммуникации к каждому этажу, сверху или снизу.

Пояса жесткости и ростверки, объединенные с вертикальными несущими конструкциями связевых систем, образуют новый вид рамно-связевых систем (см. рисунок 6). Особенность их состоит в том, что колонны, обычно не участвующие в работе связевой системы на горизонтальную нагрузку (см. рисунок 6, в), с помощью пояса или ростверка включаются в работу всей системы. Испытывая только продольные усилия растяжения и сжатия, подобно волокнам каркасной консоли, но не усилия изгиба, как в раме, колонны уравнивают значительную часть общего момента от горизонтальных нагрузок и разгружают основную связевую конструкцию. При этом горизонтальные перемещения системы уменьшаются на 30—40% и резко снижаются перекосы ячеек в верхней части здания (см. рисунок 6, г), неблагоприятно влияющие на ограждающие конструкции. Подобные пояса жесткости и ростверки целесообразны и в системах с несколькими диафрагмами или стволами, в том числе в системе с внутренним и внешним стволами, обеспечивая их взаимодействие, более рациональное распределение внутренних усилий и повышение жесткости системы в целом.



- а – сочетание поясов жесткости с вертикальной диафрагмой;  
 б – сочетание пространственного ростверка со стволом;  
 в, г – схемы деформирования без ростверка и с ростверком

Рисунок 6 – Рамно-связевые системы с поясами жесткости и ростверками

### Библиографический список

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 2 Конструкции зданий.: Учеб. для строит. вузов/В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов, Б.И. Белый и др.; Под ред. В.В. Горева. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 528 с.:ил;
2. Пуховский А.Б., Арефьев В.М., Ламдон С.Е., Лафишев А.З. Многоэтажные высотные здания. – М.: Стройиздат, 1997.

## **ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЯТИЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ**

**Нагих Ю.В., Панов С.А., Панова В.Ф.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация: Рассмотрен проект жилого дома с учетом строительства в сейсмическом районе, на примере среднестатистического города в Кузбассе. Описана характеристика района размещения объекта, для которого выполнены маркетинговые исследования рынка жилья. Даны результаты патентного поиска по выбору материалов для фундамента и стеновых конструкций. Проведен теплотехнический расчет для выбора эффективных конструкций, для проекта жилого пятиэтажного двухподъездного дома.*

*Ключевые слова: жилой дом, патент, бетон, сейсмостойкость, фундамент, стеновая конструкция, сырье, расчет, состав, свойства.*

Критерием строительства жилья является то, что оно должно быть доступным, т.е. дешевым, комфортным с улучшенными теплофизическими характеристиками, доступным для жителей среднего достатка. Установлено, что в Кузбассе оно должно быть сейсмостойким и экономически эффективным [1].

Цель: разработка проекта жилого дома с повышенной сейсмостойкостью и теплозащитностью стеновых конструкций, для жилого дома среднестатистического города в Кузбассе (на примере г. Калтана). Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи: выполнить маркетинговое исследование рынка жилья; дать характеристику места и объекта строительства; провести патентный обзор по выбору конструктива здания и сырьевых материалов для строительства.

Для маркетингового исследования взят рынок жилой недвижимости расположенный в г. Калтан, пос. Постоянный, квартал 12 – 19, сделана классификация объектов недвижимости, которая учитывает особенности местоположения и типа помещения. Были выделены следующие классы жилья: элитное жилье; бизнес-класс; эконом-класс.

Исследования показывают, что численность населения города Калтан, на 1 января 2018 года составляет 21186 тыс. чел. плотность населения – 791 чел./км<sup>2</sup>. Значительная часть трудоспособного населения Калтанского городского округа занята в экономике соседних муниципальных образований: городов Новокузнецка и Осинники, а также Новокузнецкого района. Средняя годовая зарплата в Калтане составляет 21,4 тыс. рублей. Покупательская способность населения сократилась на 3% по сравнению с предыдущими годами.

Учитывая вышесказанное, предложено запроектировать многоквартирный жилой дом в городе Калтан, пос. Постоянный, группа жилья «эконом-класса». Демографическая ситуация, уровень доходов населения, существование доступных программ софинансирования приобретения жилья на первичном рынке говорит о наличии платежеспособного спроса на объекты жилой недвижимости, только у жителей среднего дохода, имеющих возможность приобретения квартиры стоимостью не более 30 тыс. руб/м<sup>2</sup>.

Установлено, что сейсмическая интенсивность площадки размещения жилого дома составила 8 баллов. Участок граничит: с востока – с придомовой территорией многоквартирного жилого дома №65, с юга – с придомовой территорией многоэтажного жилого дома №61, с запада – с земельным участком жилого дома №61/1, с севера – со свайным полем и существующим фундаментом разрушенного здания. Рельеф участка имеет уклон с юга на север.

Запроектированный жилой дом, состоит из двух сблокированных между собой блок-секций длиной 21м каждая, с набором одно, двух и трехкомнатных квартир. Блок-секции дома запроектированы на основе перекрестно-стеновой конструктивной системы с шагом поперечных стен 3м и 4,5м. Шаг продольных стен принят 6м [2].

В результате анализа патентного исследования, был выбран конструктив сейсмостойкого фундамента, по патенту № 2005156 РФ 1725 РК. Для изготовления такого фундамента предложено использовать местное сырье портландцемент – ПЦ 500 и шлаковый заполнитель – отходы металлургии, из отвалов г. Новокузнецка [3]. Состав бетона: вяжущее – цемент I

42,5Н, крупный заполнитель – отвалный шлак фр. 10 – 20 мм, мелкий заполнитель – отработанная формовочная смесь (ОФС) отход литейного производства и граншлак, в соотношении 1:1, суперпластификатор – СЗ, вода.

Результаты расчета состава бетона на  $1\text{ м}^3$ , следующие: вяжущее цем I 42,5Н (М500) – 370кг; крупный заполнитель отвалный шлак (фр. 10...20мм) – 1383кг; мелкий заполнитель ОФС + граншлак=1:1 – 280кг; суперпластификатор СЗ – 1,2кг; вода 145л. [4, 5]. Предложено изготавливать конструкции в четырехместной форме (рисунок 1) по классической технологии получения железобетонной конструкции, из бетона марки 400.

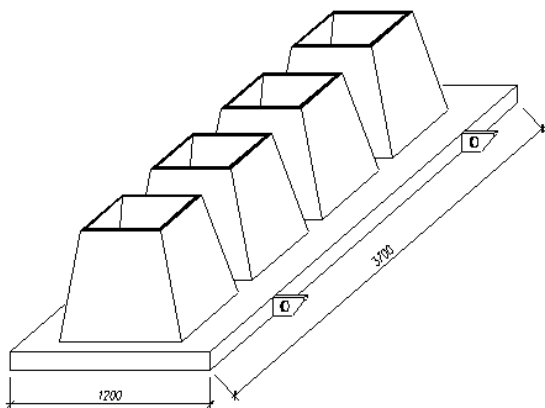


Рисунок 1 – Общий вид четырехместной формы для изготовления фундамента

Для увеличения шумовой защиты здания предложено использовать конструкции здания с элементами шумоглушения патент №2013158026/03. Каркас здания запроектирован с фундаментом в цокольном этаже с системой виброизоляции.

Для исследования выбора материала стеновой конструкции, предлагается рассмотреть 2 вида стеновых конструкций: керамзитобетонная и полистиролкерамзитобетонная панель. В результате сравнения двух видов стеновых конструкций в проекте принята трехслойная стеновая панель, изготавливаемая на НДСК из местных материалов.

Для повышения эксплуатационной надежности стеновой конструкции, предложено использовать сырьевые материалы: для наружного и внутреннего слоя керамзитобетон (80мм и 70мм) и промежуточного слоя утеплителя из полистеролбетона  $\delta=250\text{ мм}$ . Термическое сопротивление выбранной конструкции  $R^t_0=3,6$ , что соответствует требованиям СНиПа 23 – 02 – 2003 (Тепловая защита зданий). Установлено, что однослойная керамзитобетонная панель не удовлетворяет требованиям СНиПа, т.к.  $R^t_0<3,6$ . Поэтому полистиролкерамзитобетонная панель подходит для крупнопанельного строительства, выбрана для проектируемого здания [2]

**Выводы.** Выполненные маркетинговые исследования, показали, что для среднестатистического человека в городе Калтан, приобретение жилья возможно только у жителей среднего дохода, для которых доступна стоимость квартиры не более 30 тыс.руб/м<sup>2</sup>. В качестве объекта выбран пятиэтажный жилой дом, который состоит из двух блок-секций, расположенный в г. Калтан, пос. Постоянный.

Конструктив здания подобран с обеспечением сейсмостойкости здания до 8 баллов. Фундамент принят по типу неваляшки (патент № 2005156 РФ 1725 РК), изготавливаемый в четырехместной форме. Определен состав бетонной смеси на  $1\text{ м}^3$ .

Для повышенной теплозащиты здания и конструктива используются местные материалы и отходы металлургии, применение которых позволит улучшить экологию г. Новокузнецка и его районов.

### Библиографический список

1. Сейсмостойкое здание, сооружение [Электронный ресурс] - <http://www.findpatent.ru/patent/200/2005156.html> (Дата обращения 18.09.19г)
2. Орловский Б.Я., Орловский Я.Б. Архитектура гражданских и промышленных зданий. — М.: Высшая шко-ла, 1991. —304с.
3. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: монография / СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – 289.
4. Баженов, Ю. М. Технология бетона : учебник для студ. вузов, обуч. по строит. спец. / Ю. М. Баженов . – М. : Изд-во АСВ, 2007 . – 528 с.
5. Расчет состава тяжелого конструктивного бетона: Метод. Указ./Сост.: В.Ф. Панова – Новокузнецк, СибГИУ, 2000 – 24с.

## КУПОЛЬНЫЕ ДОМА В СОВРЕМЕННОМ ИНДИВИДУАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Музыченко Л.Н., Буцук И.Н.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация.* Купольный дом (или купольное домостроение) считается относительно новым направлением в жилой архитектуре, несмотря на многовековую историю купольных жилых конструкций. Дома купольного типа – это большая редкость, и их нечасто можно встретить на улицах городов. По этой причине не так много известно о том, какими преимуществами и недостатками обладают такие конструкции и насколько оправданно их строительство в сравнении с традиционными зданиями.

*Ключевые слова:* здание, купол, коннектор, каркас, утеплитель, мягкая кровля, стойки, нагрузка, кровля.

**История купольного домостроения.** Родоначальник купольного домостроения в современном виде Ричард Бакминстер Фуллер – американский архитектор, дизайнер, инженер и изобретатель. Он предложил революционную для своего времени идею купольного жилого дома. По версии Фуллера дом был полностью автономным, имел минимальное потребление ресурсов благодаря ряду изобретенных автором устройств и должен был решить проблему доступного жилья в послевоенной Америке. Дом, предложенный изобретателем, так и не получил массового распространения, было изготовлено всего 2 экземпляра, но сама идея купольных построек сотового типа или геодезических куполов активно применяется в архитектуре.

С 1970-х годов в Америке возникла новая волна увлечения купольным домостроением. Основными пользовательскими характеристиками, по которым люди выбирали купольный дом, были его необычный внешний вид, свободная планировка внутренних помещений из-за отсутствия внутренних опорных стен и колонн, возможность установки в сейсмически неблагоприятных районах, минимальные требования к фундаменту, относительная дешевизна постройки и эзотерическая составляющая.

Следующим этапом развития купольного домостроения можно считать основание Патриком Марсилли французской компании Domespace. В основе домов лежит стратодезический купол (конструкция из гнутых балок, имеющая осевую симметрию). Первый дом компании был построен в 1987-м. На данный момент проекты Domespace представлены на всех континентах.

**Особенности конструкции и ее возведение.** Для того чтобы придать дому купольную форму, используют специальный силовой каркас (см. рисунок 1), поверх которого монтируют защитное и декоративное покрытие. Внутренняя часть стен обязательно обшивается утеплителем. На этом же этапе занимаются прокладкой сетевых кабелей и прочими коммуникациями. Возведение межкомнатных перегородок и установка дверных и оконных проемов осуществляется при помощи стандартных технологий, которые применяются и в зданиях традиционной формы.

Чтобы обеспечить элементам каркаса надежное соединение, используют специальные крепления, которые называются коннекторы. Поскольку именно они принимают на себя всю основную нагрузку от использования дома, их выбору стоит уделить особое внимание. Необходимо выбрать и купить коннекторы для купольного дома высокого качества и не экономить на покупке.

Если возвести дом, площадь которого будет от 150 до 250 м<sup>2</sup>, то рекомендуется использовать стальную заготовку, толщина которой не менее 3-4 мм. В большинстве случаев этого достаточно, так как такие здания редко имеют более 2-х этажей, а нагрузка распределяется таким образом, чтобы не оказывать разрушительное воздействие на каркас.

**Материалы для строительства купольных домов.** В процессе строительства сферических домов, как правило, отдают предпочтение легким, экологически чистым и долго-

вечным материалам. Кроме того, они должны легко монтироваться и при этом полноценно выполнять свою роль.

Коннекторы для купольного дома (см .рисунок 2) – элементы, которые обеспечивают конструкции прочность в местах узловых соединений. Для того чтобы защитить эти участки от появления коррозии, их дополнительно покрывают грунтовкой и краской.

Рисунок 1 – Каркасная купольная конструкция на свайном фундаменте



Обязательно необходим изоляционный слой, в качестве которого чаще всего используют минеральную вату. Однако существует и другой вариант – вспененный полиуретан. Он более прост в монтаже и, в отличие от минеральной ваты, не пропускает влагу, что существенно облегчает работу. В качестве подложки для кровли используют плиту OSB, которая относится к категории 3 или 4. Для их производства используют древесную стружку, которая спрессовывается и скрепляется между собой при помощи синтетических смол. Такие плиты достаточно прочны для этой цели и чрезвычайно устойчивы к серьезным нагрузкам. Для оформления верхней части кровли используют гибкую черепицу, поскольку это единственный материал, который легко принимает любую форму и при этом просто и быстро укладывается.

Планировка купольных домов может быть любой. Используя, например, листы гипсокартона можно разделить имеющееся пространство так, как это будет удобно.

Для внутренней отделки могут быть использованы самые разнообразные материалы. Для создания оригинального интерьера купольного дома можно применять любые доступные материалы, сочетая и комбинируя их на свое усмотрение.



Рисунок 2 – Виды коннекторов

Как видно, все материалы, которые используются для возведения купольных домов, имеют малый вес и крайне просто поддаются монтажу и демонтажу. Поэтому готовый дом всегда можно разобрать, перевезти в другое место, и заново собрать, не повредив конструкцию и полностью сохранив все характеристики здания.

**Особенности планировки и возведения купольного дома.** Безусловно, планировка купольного дома будет несколько отличаться от привычной для нас. Однако это вовсе не означает, что необычная форма здания накладывает на владельцев какие-то ограничения или запреты.

Напротив, благодаря необычной форме стен, можно создавать самые необычные и оригинальные интерьеры. Поскольку вся мебель и декоративные элементы рассчитаны на размещение у стандартной стены, можно задуматься об индивидуальном изготовлении на заказ. Например, отлично смотрятся картины полукруглой формы, размещенные на стене. При необходимости обставить кабинет, можно задуматься о деревянной мебели, элементы которой будут в точности повторять форму стен, придавая помещению необычную атмосферу.

Что касается монтажа различных коммуникаций, то здесь будет играть роль только форма внутренних стен, а также особенности используемых отделочных материалов. Такой элемент, как камин вполне можно разместить в центре комнаты, сделав его главным элементом композиции и заодно решив проблему отсутствия ровной стены для его установки. Кроме того, это позволит сохранять максимальное количество тепла, которое он дает, не растрачивая его впустую на обогрев внешних стен.

Еще одна проблема, которая может возникнуть – открывание окон. Если они будут расположены достаточно высоко, то открывать их вручную будет просто неудобно. Для этой цели существуют автоматизированные системы, которые позволяют делать это при помощи электрических приводов.

Особое внимание стоит уделить и освещению купольного дома. Будет лучше, если источников освещения будет много, поскольку если использовать одну традиционную люстру под потолком, света может не хватать.

Помимо особенностей, с которыми приходится сталкиваться владельцам в процессе обустройства купольного дома, необходимо учитывать еще и ряд требований, которые предъявляются к любому жилому дому. Так, проект обязательно должен быть составлен с учетом всех норм противопожарной безопасности, а также согласно правилам строительства.

Нужно принять во внимание местность и тип грунта, на котором будет возведено здание. Большую роль играет уровень, на котором располагаются подземные воды, поскольку, несмотря на относительно небольшой вес конструкции, это все же жилой дом, который должен прочно стоять и со временем не поддаваться внешним разрушительным факторам.

Безусловно, в процессе строительства мы стремимся использовать самые натуральные и экологически чистые материалы. Но когда речь идет о реализации такого нестандартного проекта, как купольный дом, стоит обратить внимание на современные искусственные материалы. Во многих случаях они превосходят натуральные аналоги по целому ряду технических характеристик.

Стоит как следует продумать системы отопления и вентиляции, поскольку их обустройство имеет определенные нюансы, и для того, чтобы экономно распределить ресурсы, важно заранее изучить этот вопрос.

Для того чтобы построить прочный и надежный купольный дом, необходимо точно придерживаться предложенного алгоритма, поэтапно выполняя каждую операцию. Как и при строительстве любого традиционного дома, начинать необходимо с замеров и оборудования соответствующего фундамента, который станет надежной основой конструкции. После этого раскладывают основные элементы каркаса, которые будут выполнять несущую функцию и являются основой всего дома. В несущие вертикальные балки необходимо забить нагели. Прочность такого соединения обеспечивается за счет собственного веса элементов. По этой причине строительство продвигается крайне быстро, особенно учитывая тот факт, что в нижних частях досок предусмотрены специальные пазы.

После этого можно переходить к монтажу поперечных распорок и фиксации OSB плиты. Для этой цели отлично подойдут стандартные саморезы, которые обеспечат быстрое и надежное крепление.

В верхней точке, где сходятся все балки, для надежного крепления используют специальный диск (см. рисунок 3). В это же время осуществляют и обшивку нижних сегментов, что придает конструкции дополнительную устойчивость и прочность. После этого остается лишь установить верхние распорки и обшить каркас древесными плитами.

Рисунок 3 – Крепление каркаса купольного дома в верхней точке

**Особенности стратодезического купольного дома.** Стратодезический купольный дом представляет собой конструкцию, которая собирается из отдельных вертикальных стоек, собранных в верхней точке (см. рисунок 4). Такие строения отличаются от геодезических куполов, поскольку если параллельно со сборкой каркаса не осуществлять частичную обшивку, необходимой устойчивости у дома не будет, и он может просто сложиться.

При постройке небольшого дома, площадью около 52 м<sup>2</sup>, полная сборка занимает всего несколько часов. Однако, с учетом всех дополнительных отделочных работ, это может занять до 7 дней.



Рисунок 4 – Каркасная конструкция стратодезического купола



**Преимущества и недостатки домов сферической формы.** Кроме необычного внешнего вида преимуществ у сферических домов следующие:

Оптимальное использование пространства. Комнаты получаются с максимальной площадью пола и намного меньшей

площадью потолка. То есть, неиспользуемое пространство над головой меньше.

Меньшая внешняя поверхность стен по сравнению со стандартными прямоугольными конструкциями; Меньше поверхность — меньше рассеивается тепло зимой и поглощается тепло летом. То есть, содержание таких домов более экономично;

На купольных конструкциях осадки задерживаются в очень небольших количествах — они просто скатываются;

Конструкция легкая, фундамент под нее требуется облегченный. Обычно — ленточный, но хорош и свайный и свайно-ростверковый. На нестабильных грунтах возможно использование плитного фундамента;

В купол можно встроить любое количество окон. Это не повлияет на устойчивость конструкции;

Небольших размеров дом не имеет несущих стен внутри, так что расходы на строительные материалы минимальны. Купольные дома большой площади должны иметь или несущие стены, или колонны-подпорки. Но их располагать их можно почти в любом месте, что позволяет соотнести их с желаемой планировкой;

В строениях купольного типа удобно устраивать систему вентиляции, отопления и кондиционирования. Дело в округлой форме крыши, которая способствует естественному перемешиванию воздуха.

Недостатки тоже есть, и они довольно серьезные. Рассчитать купольные дома самостоятельно сложно. Расчет идет не в двух, а в трех плоскостях, а это совсем непросто;

Технология появилась не так давно, точного описания и инструкций нет;

Заказывать такой проект и строительство желательно у организаций, которые уже имеют опыт строительства сферических построек, а их не так много;



Остается больше отходов строительных материалов, так как продаются они, в основном, прямоугольными блоками/листами. Это снижает экономическую целесообразность, которая возникает из-за меньшей площади стен;

В геодезических куполах двери и окна необычной формы. Их делают под заказ, а это стоит дороже. Хорошая новость в том, что все больше фирм может взяться за такой заказ, а это приводит к снижению цены;

Ограниченный выбор материалов для наружной отделки. Для кровли идеально подходят только два варианта — мягкая черепица или деревянная дранка. Остальные материалы из-за своей формы или жесткости неудобны. Для наружной отделки стен можно использовать тот же материал, но добавляется еще штукатурка и покраска. Есть проекты, в которых стены и «кровля» сделаны из одного материала. Так что деление условное;

Из-за наличия скругленных стен ограничен и выбор отделочных материалов для стен в помещениях. Так крупноформатную керамическую плитку в ванной и кухне использовать не получится, а вот мозаика подойдет идеально, но она значительно дороже. При отделке вагонкой, площадь стены разбивают на участки небольшой ширины, которые разграничиваются вертикальными планками. Примерно также надо поступить при оклейке стен обоями, но смотрится это не так колоритно, как с вагонкой. Для отделки жилых и «сухих» технических помещений без проблем подходит декоративная штукатурка и покраска стен.

Применение технологии купольного строительства позволяет вполнине снизить затраты на строительные материалы и втрое сократить время возведения конструкции. Решение задачи упирается только лишь в техническое переоснащение строительных площадок, ведь все необходимые материалы уже и так давно используются в строительстве. В США и странах западной Европы данная технология успешно применяется еще с конца XX века. К счастью, теперь и на постсоветском пространстве заложен хороший и прочный фундамент для развития купольного домостроения.

Очевидная особенность купольных домов — сферическая форма. Сфера — самая прочная объемная фигура. Это целостная конструкция, в которой нет отдельных элементов. За счет этого купольный дом обладает высокими показателями прочности — разрушение даже 35% конструкции не приводит к его обрушению. Строение и аэродинамика куполов обеспечивают отличное огибание ветрами, и позволяет выдерживать большую снеговую нагрузку.

Все проекты купольных домов индивидуальны, владельцы используют разные материалы при строительстве, планировке, оформлении интерьера и экстерьера дома. Площадь полезного пространства в таком доме максимальна.

На сегодня купольные дома являются как самым продвинутым в технологиях, так, вероятно, и самым перспективным вариантом в области строительства радиусных домов.

### **Библиографический список**

1. Купольный дом [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Купольный\\_дом](https://ru.wikipedia.org/wiki/Купольный_дом), свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 08.02.2019)

2. Что нужно знать о Скайдоме [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://homeguide.ru/dvuhetazhnyj-sferichnyj-derevyannyj-po-tsene-nebolshoj-kvartiry-chtounuzhno-znat-o-skajdome/>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 08.02.2019)

3. Геодезический купол [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://homeguide.ru/dvuhetazhnyj-sferichnyj-derevyannyj-po-tsene-nebolshoj-kvartiry-chtounuzhno-znat-o-skajdome/>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 09.02.2019)

4. Купольный дом: технология возведения и особенности планировки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/kupolnyy-dom/>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 09.02.2019)

## **ПРОЦЕСС ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ ЗАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СИБИРИ**

**Зимин А.В., Буцук И.Н., Семин А.П., Музыченко Л.Н.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Жилищное строительство представляет собой сферу материализации трудовых, финансовых и других ресурсов в создании объектов жизнеобеспечения людей как главного социального фактора развития общества.*

*Ключевые слова: здание, застройка, проблема, оптимизация, территория, исследование, комплекс.*

В условиях прогрессирующего развития техногенной цивилизации проблема экологической безопасности урбанизированных территорий становится сегодня одной из важнейших общегосударственных задач. От ее решения зависит здоровье и благосостояние нынешних и будущих поколений, создание благоприятных условий для плодотворного труда и отдыха населения.

В результате исследования современных экологических проблем городской среды и анализа причин сложившейся обстановки выделены основные виды антропогенных воздействий, влияющие на состояние ее природных и техногенных компонентов, препятствующие восстановлению городских экосистем и требующие соответствующего регулирования.

При анализе влияния основных источников неблагоприятного антропогенного воздействия на компоненты городской среды выявлена существенная роль промышленных предприятий, на долю которых в отдельных городах приходится около половины от общего числа загрязнений.

Комплексное изучение негативных воздействий промышленного производства на окружающую городскую среду показывает, что сложившаяся неблагоприятная обстановка во многом определяется существенными недостатками архитектурно-строительных решений как отдельных зданий и сооружений, так и предприятий и целых промышленных районов, не учитывающих в должной мере современных экологических требований.

Выявлены типичные недостатки в градостроительном размещении предприятий; объемно-планировочных решениях предприятий, зданий и сооружений; в организации внешних и внутренних транспортных перевозок; в архитектурно-художественных решениях основных зданий и сооружений; в приемах благоустройства и озеленения площадок предприятия и прилегающих городских территорий и др., негативно влияющие на экологическую ситуацию в городе.

Среди множества факторов и их сочетаний выделены наиболее активно воздействующие на формирование и экологическое состояние городской среды. Важнейшими являются такие антропогенные факторы, как: технологические, градостроительные и архитектурно-строительные решения промышленных предприятий, зданий, сооружений и их комплексов.

С позиций системного подхода жилищное строительство можно рассматривать как целостную систему взаимосвязанных структурных составляющих, направленность которых имеет целью создание в кратчайшие сроки законченного строительством и принятых в эксплуатацию жилых домов и других объектов жизнеобеспечения. Степень разработанности проблемы определяется конкретизацией исходной постановки задач. Процесс управления формированием планов застройки развивающихся территорий может быть в первом при-

ближении представлен как задача формирования производственных планов строительного-монтажных предприятий.

С другой стороны, вопросы организации управления ходом выполнения работ, исполнителями которых являются организации, имеющие различный правовой статус и формы собственности, с учетом интересов каждого из контрагентов могут быть рассмотрены с позиции теории активных систем.

Процесс разработки календарных планов строительства комплекса объектов, определяющий взаимодействие различных подрядчиков, с учетом их возможности в заданные сроки приступить к выполнению своей части работ, модели возможности выполнения заданных объемов работ в договорные сроки на основе потоковой модели, а так же процессы, связанные с эффективной эксплуатацией объектов недвижимости на всех стадиях жизненного цикла, были реализованы в работах П.Н. Курочки.

Актуальность проблемы определяется необходимостью разработки новых подходов к формированию эффективного комплекса моделей, обеспечивающих оптимальную (по стоимости и использованию территории) застройку района с учетом ограничений на требуемую площадь жилых помещений, на площадь земельного участка, отведенного под строительство жилых зданий, архитектурного многообразия и степени рисков реализации предлагаемых проектов.

Для решения этих задач необходимо

1. Провести анализ существующих моделей и методов оптимизации планов застройки района.
2. Осуществить постановку задач минимизации затрат на строительство при ограничении на величину жилой площади и разработки методов их решения.
3. Выполнить постановку и разработку методов решения задач максимизации площади жилых помещений при ограничениях на стоимость строительства и площадь земельного участка.
4. Решить задачу оптимальной застройки района по критерию прибыли и разработать методы ее решения с учетом и дополнительных затрат на привязку проекта к земельному участку.
5. Разработать методы решения задачи частичной коммерческой застройки.

В настоящее время наблюдается общемировая тенденция изменения характеристик уличной среды, заключающаяся в том, что улицы должны были стать центрами городской жизни, местами культурного досуга, встреч и обмена знаниями, а не только выполнять функции транзитного пространства.

В процессе планирования жилой застройки важное значение имеет выбор типов жилых домов и их этажности, так как от рациональности такого выбора во многом зависит экономический успех реализуемого строительного проекта и возможность решения важнейшей социальной задачи: обеспечение населения жильем. В ходе реализации этого процесса необходимо предусмотреть квартиры различных типов. Определение потребительских предпочтений населения и размер спроса осуществляется по имеющимся статистическим данным, дающим группировку соответствующих данных по числу членов семьи. Расчетные потребности в квартирах различных типов служат основой для выбора типов домов, предлагаемых для возведения. Причем в этом случае требуемый эффект может быть достигнут как при использовании единственного типа дома, так и нескольких типов.

Анализ существующих моделей и методов оптимизации планов застройки района показал, что модельное обеспечение проблемы охватывает только процессы, связанные с общими планировочными приемами застройки и функционального зонирования. При этом все задачи рассматриваются с позиции интересов муниципального образования и потенциальных жителей проектируемого микрорайона. Но возводимые объекты являются объектами недви-

жимости, имеющей конкретных собственников, причем далеко не всегда и не все эти собственники как-то связаны с проектируемым микрорайоном: для большинства из них процесс участия в возведении микрорайона является инвестиционным процессом. Таким образом, существующие методы и модели не обеспечивают учет, с одной стороны, экономических факторов, связанных с выбором параметров застройки микрорайонов, а с другой - не позволяют учесть интересы всех сторон анализируемого процесса, в частности, собственников недвижимости. Таким образом, возникает необходимость разработки комплекса моделей и методов, обеспечивающих повышение эффективности планов застройки района на основе оптимизационного подхода.

В результате экономического роста изначально однородное экономическое пространство разделяется на развитый центр и остальную периферию, тормозя население и экономические ресурсы. Современная экономическая теория признает, что экономический рост сопровождается дифференциацией территорий по уровню экономического развития.

Экономический рост в Российской Федерации все более концентрируется на ограниченном числе территорий – агломераций и сделана ставка на поддержание этой тенденции.

Первыми ускоренный рост демонстрируют крупнейшие агломерации (Московская, Санкт – Петербургская). Потом темпы роста в них снижаются и рост идет за счет менее крупных агломераций (миллионников), у которых потенциал роста заметно меньше.

Заводы работающие на крупный рынок (внутренний или внешний) могут располагаться как в крупных, так и небольших городах.

Здесь роль играет только положение относительно транспортной структуры, обеспечивающей доставку сырья и комплектующих и вывоз продукции. В случае отраслей переработки больших объемов природных ресурсов значение имеет близость к источникам сырья.

Кроме того появление и внедрение новых технологий, а также оказывают влияние на экономическое развитие отдельных регионов.

В постсоветский период развитие городов стало учитывать рыночные критерии, в частности стоимость земли, и это дало толчок интенсивной реорганизации городских пространств. Низкодоходные (в расчете на единицу земельной площади) объекты переносятся на окраины или вообще за пределы городских территорий, замещаясь высокодоходными. Результаты этого процесса находят свое отражение в показателях экономического роста (в основном по разделам деятельности по операциям с недвижимым имуществом и строительству).

Анализ сложившейся ситуации, выбор рациональных и эффективных способов размещения объектов жизнеобеспечения, налаживания их взаимосвязей являются важнейшими как для отдельных регионов, так и страны в целом.

### **Библиографический список**

1. Курочка, П.Н. Методы оптимизации планов застройки района / П.Н. Курочка, А.И. Половинкина, М.А. Пинаева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2017. Т. 17. №2. – С. 134 – 140.

2. <http://neoeconomica.ru/article.php?id=736&fbclid=IwAR0EhmEcYHQDtDt2iEXxC56eJcRQQJQ-9yabQy5Vsg8NEmPcCuo9n-WXzmo> (дата обращения 30.09.2019 г.)

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Поправка И.А., Стакин В.Н., Исаев И.П.

*ФГБОУ ВО «Сибирский Государственный Индустриальный Университет»,  
ООО «Сибирская Проектно-Строительная Компания»,  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В данной статье рассмотрены актуальные проблемы в области обследования и оценки технического состояния зданий и сооружений. Для безопасной эксплуатации зданий и сооружений следует разобраться с тремя проблемами: во-первых, неопытностью инженерно-технического персонала; во-вторых, большой конкуренцией, сжатыми сроками работы и неверно поставленными задачами перед обследователем; в-третьих, приведением зданий или сооружений в недопустимое или аварийное состояние, несвоевременным обследованием и ремонтом дефектов и поврежденных силами заказчика.*

*Ключевые слова: обследование, оценка технического состояния, здания, сооружения, проблемы*

Строительство, если рассматривать его как направление и область науки, подразумевает в себе множество аспектов, таких как проектирование зданий и сооружений, исследование условий, в которых они эксплуатируются, исследование строительных материалов, изготовление строительных конструкций и изделий, а также изучение и обследование зданий и сооружений.

Целью обследования является предупреждение аварийных ситуаций, определение фактического состояния и работоспособности вновь возведенных и уже эксплуатируемых объектов, изучение действительной работы конструкций из новых и традиционных строительных материалов для корректирования существующих и разработки новых обоснованных методов расчета [1]. Но на пути этой цели встречаются три определенные проблемы:

### **1 Неопытность инженерно-технического персонала.**

Большинство ошибок – это человеческий фактор. Какими бы технологиями в наш век мы не обладали, все же использует эти технологии человек, которому по природе свойственно ошибаться. Но совершенно другая сторона вопроса – именно недостаточная квалификация работников отрасли. Речь идет об инженерах-обследователях. Нередко случается так, что обследователь пропускает опасный дефект конструктивного решения здания или сооружения, отмечая в своем отчете незначительные местные повреждения, не различая при этом, что есть причина, а что есть следствие повреждения. То есть, на сегодняшний день, задача обследователя найти как можно больше повреждений, не задумываясь над происхождением и причинами появления этих самых повреждений.

### **2 Большая конкуренция, сжатые сроки работы и неверно поставленные задачи перед обследователем.**

На данный момент сложилась такая ситуация, когда в стране появилось огромное количество компаний и фирм, специализирующихся на обследованиях зданий и сооружений, соответственно появилась огромная конкуренция. Заказчик выставляет тендер на открытые торги и в итоге выбирает компанию не с огромным опытом, а ту, которая предложит наиболее выгодные для самого заказчика условия, зачастую пренебрегая качеством работы. Еще одним негативным фактором служат сжатые сроки, которые ставит заказчик. Как следствие, для конкурирования на нынешнем рынке приходится понижать цену своих услуг. Недостаток средств и сжатые сроки отрицательно сказываются на качестве выполняемой работы, приходится пренебрегать более углубленным анализом обследуемых зданий и сооружений, стараясь не принести убыток компании. Также из-за сроков обследователи часто пренебре-

гают подготовительной фазой обследования, в которую входит изучение проектной, рабочей, исполнительной и эксплуатационной документации. Соответственно, перед обследователем стала задача не предупреждения появления повреждений и тем более аварий, а фиксация уже имеющихся повреждений и выдача рекомендаций по их устранению.

### **3 Несвоевременное обследование зданий и сооружений.**

Нередко здание или сооружение уже находятся в недопустимом или аварийном состоянии [2]. К такому состоянию приводят несколько факторов, например, грубые нарушения при эксплуатации. Нарушение правил эксплуатации – это в том числе отсутствие сезонных комиссионных осмотров, несвоевременный ремонт выявленных дефектов и повреждений, несоблюдение федеральных норм и правил в области промышленной безопасности (относительно к опасным производственным объектам). Халатное отношение к проектно-технической документации (утрача документации, отсутствие записей в журналах ремонтных работ и паспортах на здания и сооружения и т.д.). Также отрицательным фактором является ремонт собственными силами заказчика, без документации или рекомендаций, выданными специализированной организацией. Попытки заказчика продлить остаточный ресурс своих объектов собственными силами часто еще больше усугубляют их техническое состояние. Ремонты или усиления, выполненные рабочими без должной квалификации и без проекта, разработанного специалистами, усложняют работу инженера-обследователя. Поэтому следует своевременно обращаться в специализированные организации.

В заключение следует сделать вывод, что искажение целей и задач обследования в связи с обозначенными проблемами отрицательно влияет на безопасную эксплуатацию зданий и сооружений. При большой нормативной базе, множестве учебных и методических изданий, опыте, накопленном за годы развития направления обследования и оценки технического состояния зданий и сооружений, остро стоит вопрос о подготовке квалифицированных кадров, должном финансировании и адекватных сроках проведения работ по обследованию.

### **Библиографический список**

1. Тетитор А.Н., Померанц В.Н. Обследование и испытание сооружений. – Киев.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 207 с.
2. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2014. – 55 с.
3. Поправка И.А., Алешин Д.Н. Обследование и реконструкция несущих конструкций здания газоочистки 1-ой серии Иркутского алюминиевого завода в г. Шелехов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 16-18 мая 2017 г. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – Вып. 21. – Ч. 5: Технические науки. – 390 с. – С. 294 – 297.
4. Поправка И.А., Алёшин Д.Н., Алёшина Е.А. Обследование и оценка технического состояния монолитного железобетонного перекрытия здания участка декомпозиции // Фундаментальные проблемы основных направлений научно-технических исследований: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Волгоград, 17 марта 2018 г.). – Стерлитамак: АМИ, 2018. – 115 с. – С. 84 – 88.
5. Поправка И.А., Алешин Д.Н. Результаты визуального и детального инструментального обследования здания участка декомпозиции алюминиевого завода // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. III. Технические науки. – 392 с. – С. 275 – 280.

## Секция № 3 НОВЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

УДК 697.4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА ПРИ ПОМОЩИ ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Рафальская Т.А.

*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин) г. Новосибирск, Россия*

*Аннотация. Предложен способ расчета режимов работы тепловых пунктов систем теплоснабжения со связанной подачей теплоты, основанный на применении переменных параметров теплообменников. Данный способ позволяет произвести расчет переменных режимов работы системы теплоснабжения не прибегая к методу последовательных приближений. Предложенную методику можно применять для прогнозирования температур и расходов сетевой воды, а также для настройки программируемых регуляторов а тепловых пунктах.*

*Ключевые слова: система теплоснабжения, тепловая сеть, тепловой пункт, параметры теплообменников, система отопления, система горячего водоснабжения.*

**Введение.** Анализ современного состояния систем централизованного теплоснабжения выявил, что основными проблемами являются: износ основных фондов, применение устаревших оборудования и технологий, неэффективное использование тепловой мощности. Данные проблемы приводят к неэффективной работе систем теплоснабжения [1], сводя на нет преимущества комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Всё это требует разработки комплекса энергосберегающих мероприятий, в частности, новых способов центрального и местного регулирования систем теплоснабжения, применение схем тепловых пунктов со связанной подачей теплоты, что позволит добиться значительной экономии топливно-энергетических ресурсов. В то же время, применение новых технологий невозможно без расчета переменных режимов совместной работы местных теплопотребляющих систем, поскольку в определённых режимах работы система отопления может недополучать значительное количество теплоты [2], а также в аварийном режиме работы системы теплоснабжения [3].

Существующие методики расчета переменных режимов работы систем теплоснабжения [4, 5] были разработаны для схем теплообменников с несвязанной подачей теплоты, т.е. для случая, когда каждый теплообменник потребляет из теплосети необходимое количество теплоты и тепловые потоки не перераспределяются между теплообменниками в зависимости от режима работы. Кроме того, существующие теории расчета переменных режимов теплообменных аппаратов, основанные на применении постоянных параметров теплообменников в переменных режимах работы [4, 6, 7] имеют ограниченное применение, поскольку не учитывают влияние температур теплоносителей на коэффициент теплопередачи в теплообменнике. Существующие соотношения, определяющие изменение параметра теплообменника, привязаны к конкретному типу теплообменника и зависят от его конструктивных характеристик [5, 8]. В отдельных работах были сделаны попытки найти изменение параметров теплообменников, однако в данных работах рассматриваются только тепловые пункты с одноступенчатой схемой присоединения теплообменников и не учитывается применение различных графиков регулирования [9, 10].

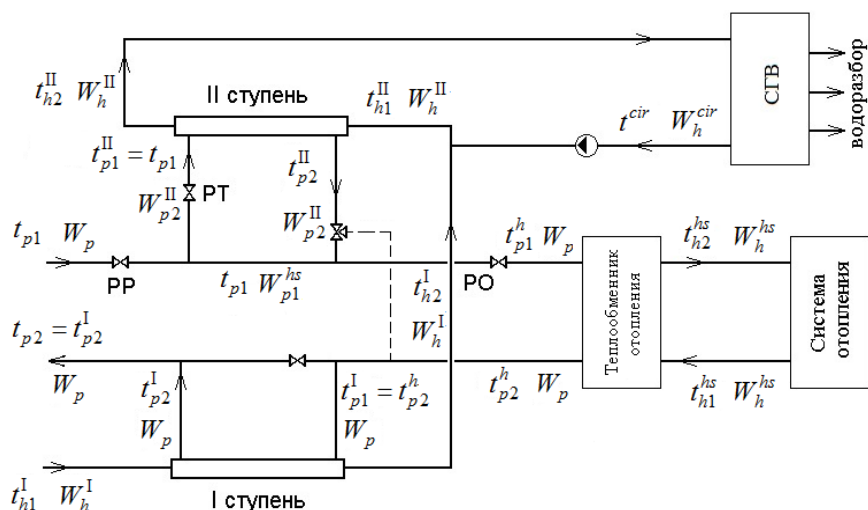
В наших работах были определены область применимости существующих теорий расчета [11], основанных на применении постоянных параметров теплообменников, разработана новая методика расчета, позволяющая рассчитывать переменные режимы работы систем теплоснабжения со связанной подачей теплоты [12], получены новые формулы для определения переменных параметров теплообменников в различных режимах работы [13]. В

то же время, расчет переменных режимов связанных теплообменников выполняется методом последовательных приближений и является достаточно трудоёмким и может быть выполнен только на ЭВМ; результатами расчета являются численные зависимости переменных температур и расходов теплоносителей, что затрудняет построение системы регулирования.

Поэтому, целью данной работы является построение методики расчета на основе применения переменных параметров теплообменников, позволяющей рассчитать переменные режимы работы теплового пункта напрямую, не прибегая к методу последовательных приближений.

**Методика расчета переменных режимов работы теплового пункта.** При помощи переменных параметров теплообменников, полученных в [13] можно определить основные характеристики переменных режимов работы при любом графике центрального регулирования и для любых схем тепловых пунктов.

В качестве примера были рассчитаны режимы ЦТП, обслуживающего 7 жилых зданий в г. Москва, с общим числом жителей 1900 чел. Расчетная тепловая мощность отопления  $Q_{oc}=2,2$  МВт, фактическая средненедельная тепловая мощность подогревателей СГВ  $Q_{hc}=0,55$  МВт. Схема присоединения подогревателей – двухступенчатая последовательная, с независимым присоединением системы отопления (рисунок 1).



Температуры сетевой воды:  $t_{p1}$  – в подающей магистрали теплосети;  $t_{p1}^h, t_{p2}^h$  – на входе и выходе отопительного теплообменника;  $t_{h2}^{hs}, t_{h1}^{hs}$  – в подающей и обратной магистрали системы отопления;  $t_{p2}$  – в обратной магистрали теплосети;  $t_{h2}^{II}$  – после подогревателя СГВ II ступени;  $t_{p1}^I$  – на входе в подогреватель СГВ I ступени. Температуры нагреваемой воды:  $t_{h1}^I$  – в холодном водопроводе на входе в подогреватель СГВ I ступени;  $t_{h2}^I$  – после подогревателя СГВ I ступени;  $t_{h1}^{II}$  – на входе в подогреватель СГВ II ступени;  $t_{h2}^{II}$  – после подогревателя СГВ II ступени;  $t^{cir}$  – в циркуляционной линии СГВ. Эквиваленты расходов сетевой воды:  $W_p$  – в тепловой сети;  $W_{p2}^{II}$  – на II ступень подогревателя СГВ;  $W_{p1}^{hs}$  – в подающей магистрали системы отопления. Эквиваленты расходов нагреваемой воды:  $W_h^I$  – в I ступени теплообменника СГВ;  $W_h^{cir}$  – в циркуляционной линии СГВ;  $W_h^{hs}$  – в СГВ. Регуляторы: РР – расхода; РТ – температуры нагреваемой воды на СГВ; РО – отопительный.

Рисунок 1 – Схема теплового пункта с двухступенчатой последовательной схемой присоединения подогревателей горячего водоснабжения при независимом присоединении системы отопления

Расчетный температурный график квартальной отопительной сети 120/70 °С, расход воды в отопительной сети 38 т/ч. Эксплуатационные данные приняты по [14].

При известных расходах теплоносителей можно определить температуру обратной сетевой воды. При установке у потребителей в тепловых пунктах двухступенчатых схем при-



соединения подогревателей горячего водоснабжения, температура воды, возвращаемой в тепловую сеть – это температура воды после теплообменника горячего водоснабжения I ступени. Из балансового уравнения теплообменника, температура обратной воды в зависимости от наружной температуры  $t_{ext}$  и времени  $z$ :

$$t_{p2}(t_{ext}) = Q_h^I(t_{ext}, z) / [\varepsilon^I(t_{ext}, z) W_h^I(z)] + t_{hl}^I, \quad (1)$$

где  $Q_h^I(t_{ext}, z)$  – тепловая мощность теплообменника I ступени, Вт;  $W_h^I(z)$  – эквивалент расхода нагреваемой (водопроводной) воды в I ступени теплообменника СГВ, Вт/К;  $t_{hl}^I$ , °С – температура воды в холодном водопроводе;  $\varepsilon^I(t_{ext}, z)$  – безразмерная удельная тепловая производительность теплообменника, определяемая по формуле [15]:

$$\varepsilon^I(t_{ext}, z) = \frac{1 - \exp \left[ -\Phi(t_{ext}, z) \sqrt{\frac{W_p}{W_h^I}} \left( 1 - \frac{W_h^I}{W_p} \right) \right]}{1 - \frac{W_h^I}{W_p} \exp \left[ -\Phi(t_{ext}, z) \sqrt{\frac{W_p}{W_h^I}} \left( 1 - \frac{W_h^I}{W_p} \right) \right]} \leq 1 \quad (2a)$$

или по формуле [4]

$$\varepsilon^I(t_{ext}, z) = \left( a \frac{W_h^I(z)}{W_p} + b + \frac{1}{\Phi(t_{ext}, z) \sqrt{\frac{W_h^I(z)}{W_p}}} \right)^{-1} \leq 1, \quad (2б)$$

где  $a=0,35$ ;  $b=0,65$  – постоянные коэффициенты, принимаемые по [4] для противоточной схемы движения теплоносителей;  $W_p$  – эквивалент расхода греющей (теплосетевой) воды, Вт/К, в первую ступень теплообменника СГВ идёт весь расход воды из теплосети.

Переменный параметр теплообменника определяется по формуле [13] с учетом того, что в I ступени теплообменника температура нагреваемой воды на входе  $t_{hl}^I$  принимается постоянной, а температура греющей воды  $t_{p1}^I$  – увеличивается с увеличением тепловой мощности теплообменника.

$$\Phi(t_{ext}, z) = \frac{Q}{\Delta t_c \sqrt{W_p W_h^I(z)}} \left[ \left( 0,2 - \left( \frac{W_p}{W_h^I(z)} \right)^{0,008 \frac{Q_c}{Q} + 0,18} \right) + \frac{Q_c}{Q} \left( \frac{W_p W_h^I(z)}{W_{pc} W_{hc}} \right)^{0,5} \right], \quad (3)$$

где  $Q_c$ ,  $W_{hc}$ ,  $W_{pc}$ ,  $\Delta t_c$  – установочные тепловая мощность, эквиваленты расходов греющего и нагреваемого теплоносителей и среднелогарифмический температурный напор в теплообменнике, определяемые при конструктивном расчёте.

Режимы работы ЦТП и результаты расчета в сравнении с эксплуатационными данными [14] показаны на рис. 2, обозначения – см. рис. 1. Расчетная температура обратной воды  $t_{p2}^{cal}(t_{ext})$  сравнивались с эксплуатационной температурой  $t_{p2}^{exp}(t_{ext})$  (рис. 2з).

Коэффициент корреляции определялся по уравнению

$$r = (n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i) / \left\{ \left[ n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 \right] \left[ n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 \right] \right\}^{0,5}, \quad (4)$$

где  $n$  – объём выборки;  $x_i$  – значения эксплуатационных величин;  $y_i$  – значения рассчитанных величин.

Коэффициент корреляции по температуре обратной воды  $r_t=0,985$ .

При известных температурах теплоносителей и неизвестных расходах, для определения переменного параметра теплообменника I ступени получена формула

$$\Phi(t_{ext}, z) = \frac{Q_c}{(t_{p1}^I - t_{hl}^I) (W_{pc} W_{hc})^{0,5}} \left\{ 2,6 - \left[ 1,26 + 0,02(t_{p1c}^I - t_{hlc}^I) \right] \left( \frac{\delta t_{min}}{\delta t_{max}} \right) \right\} + 1,6. \quad (5)$$

В формуле (5)  $t_{plc}^I, t_{hlc}^I$  – расчетные (установочные) температуры сетевой и водопроводной воды на входе в теплообменник;  $\delta t_{min} = t_{p1}^I - t_{h2}^I$ ;  $\delta t_{max} = t_{p2}^I - t_{h1}^I$  – меньшая и большая разность температур теплоносителей на концах теплообменника.

С использованием переменного параметра  $\Phi(t_{ext}, z)$  расход сетевой воды можно определить по формуле

$$W_p = W_h^I(z) \left[ \frac{\Phi(t_{ext}, z) \Delta t}{\delta t_{min}} \right]^2. \quad (6)$$

Расчетный расход сетевой воды  $G_p^{cal} = 3,6W_p / (c\rho)$ , т/ч, сравнивался с эксплуатационным расходом сетевой воды  $G_p^{exp}$  (рис. 2б). Коэффициент корреляции по расходу сетевой воды  $r_G=0,977$ .

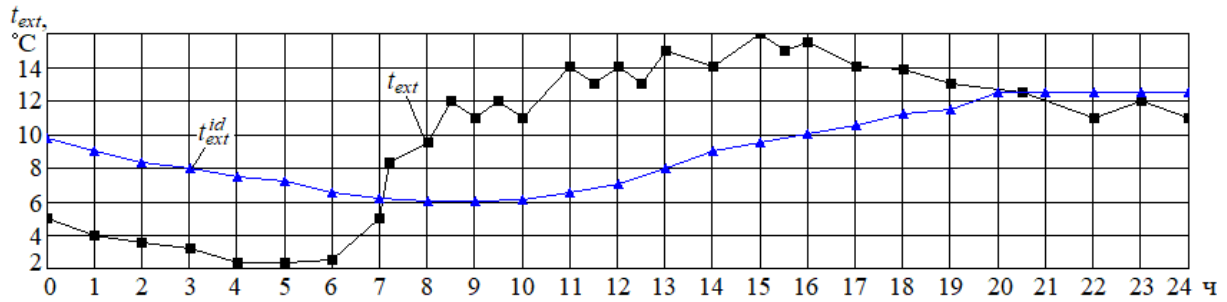


Рис. 2а. Температура наружного воздуха: текущая  $t_{ext}$  и по инерционному датчику  $t_{ext}^{id}$

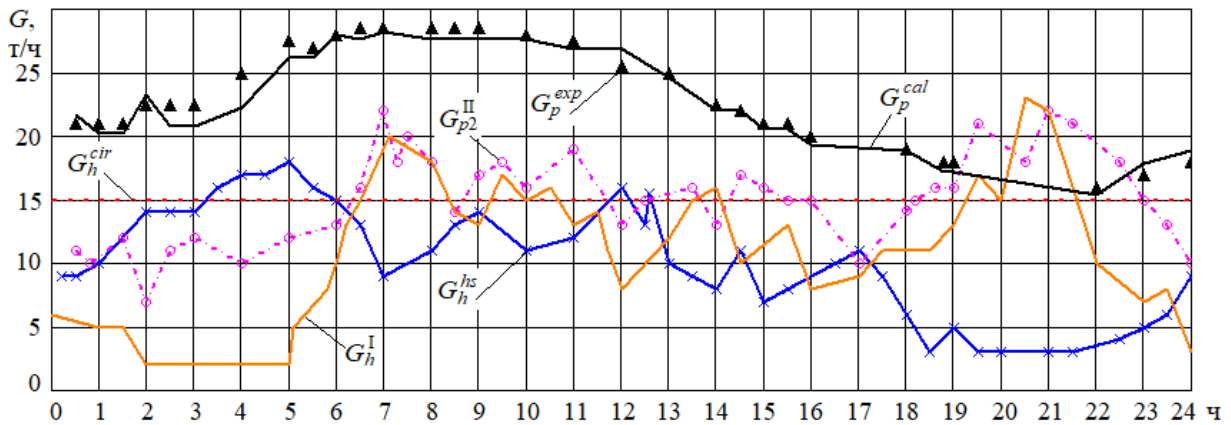


Рис. 2б. Расходы сетевой и водопроводной воды в ЦТП

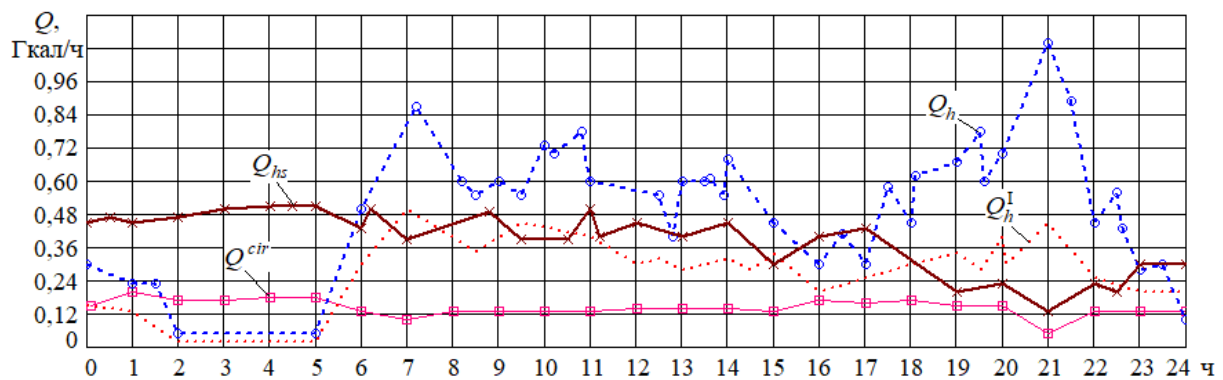


Рис. 2в. Тепловые потоки в ЦТП

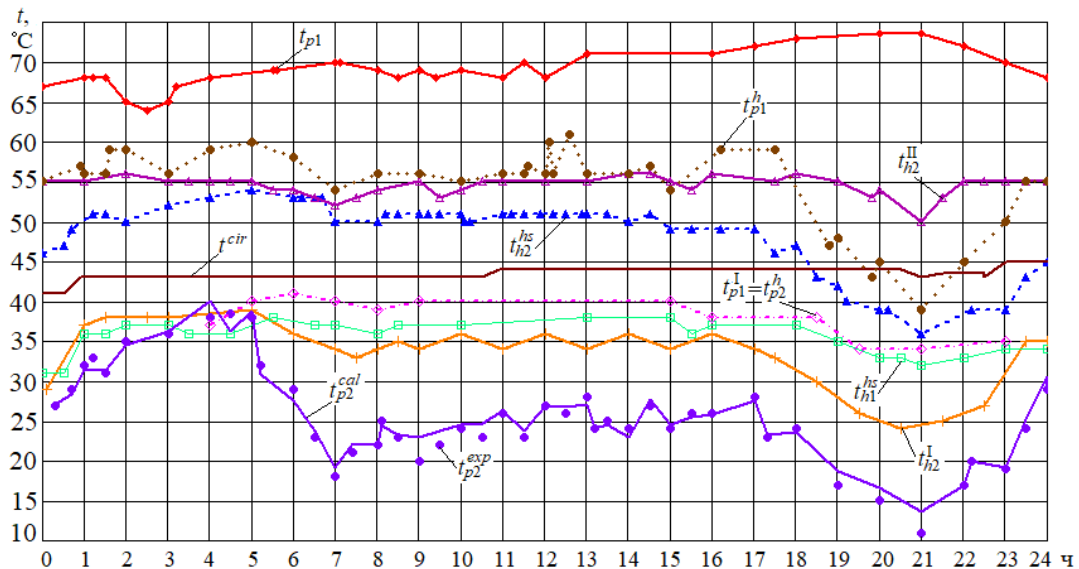


Рис. 2з. Температуры сетевой и водопроводной воды в ЦТП

**Заключение.** Анализ результатов показал, что корреляционная связь между переменными средняя и сильная, что говорит о достаточной точности полученных соотношений. Расчет по методике, с использованием переменных параметров теплообменников производится значительно проще и быстрее, чем методом последовательных приближений, что позволяет настроить систему регулирования и скорректировать нерациональные режимы работы тепловых пунктов.

#### Библиографический список

1. Рафальская Т.А. Исследование нарушений режимов работы тепловых сетей крупных систем теплоснабжения // Теплоэнергетика, 2017. – №4. – С. 85 – 90. – DOI: 10.1134/S0040363617010088.
2. Рафальская Т.А. Нарушения теплового режима зданий при высоких температурах наружного воздуха // Вестник СевКавГТИ. – 2016. – №2 (25). – С. 180 – 186.
3. Исследование теплозащиты наружных ограждений зданий при аварийном теплоснабжении / Рафальская Т.А., Мансуров Р.Ш., Березка А.К., Савенков А.А. // Вестник СамГТУ. Технические науки, 2017. – №3 (55). – С. 98 – 109.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
5. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 320 с.
6. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – Санкт-Петербург: «АВОК-Северо-Запад», 2005. – 400 с.
7. Кейс В.И., Лондон А.Л. Компактные теплообменники. – М.: Энергия, 1967. – 222 с.
8. Чистяков Н.Н., Грудзинский М.М., Ливчак В.И. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1988. – 315 с.
9. Самарин О.Д., Лушин К.И. Учет неравномерности водопотребления на горячее водоснабжение при оценке режима работы водоподогревателей // Энергосбережение и водоподготовка, 2017. – №2(106). – С. 38-41.
10. Kaubasi E., Kurt H. Simulation of heat exchangers and heat exchanger networks with an economic aspect // Engineering Science and Technology, 2018. Pp. 70-76.
11. Рафальская Т.А., Рудяк В.Я. О применимости соотношений с постоянными параметрами для расчета переменных режимов теплообменных аппаратов // Известия вузов. Строительство, 2018. – № 8. – С. 91-107. – DOI: 10.32683/0536-1052-2018-716-8-91-107.
12. Rafalskaya T.A. Investigating the Possibility of Using Low-Temperature Heat Supply with the Central Qualitative Regulation // Thermal Engineering, 2019, Vol. 66, No 11, pp. 858-867.
13. Рафальская Т.А., Рудяк В.Я. Влияние расходов теплоносителей на параметр теплообменника при переменных режимах его работы // Вестник МГСУ, 2019. – Том 14. – Выпуск 5. – С. 621 – 633. – DOI: 10.22227/1997-0935.2019.5.621-633.
14. Зингер Н.М., Бестолченко В.Г., Жидков А.А. Повышение эффективности работы тепловых пунктов. – М.: Стройиздат, 1990. – 188 с.
15. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача // М.: Высш. Школа, 1980. – 469 с.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО РЕГИСТРАЦИИ И ЗАЩИТЕ ДАННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Оленников А.А.<sup>1</sup>, Бабич А.В.<sup>1</sup>, Смирнова Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* В статье рассматривается техническое решение по регистрации и защите данных в современных автоматизированных тепловых пунктах жилых зданий. Представлен программный продукт, разработанный учеными Тюменского государственного университета, позволяющий регистрировать потребленное количество тепловой энергии зданиями, вести полную статистику о работе датчиков, регистрировать нештатные ситуации.

*Ключевые слова:* индивидуальный тепловой пункт, узел учета тепловой энергии, система погодного регулирования, GSM модем, сервер статистики, система диспетчеризации, программный продукт.

Важнейшей задачей современных организаций коммунального хозяйства является предоставление необходимых услуг населению (отопление, водоснабжение, канализация и т.д.) с максимальной эффективностью и минимальной себестоимостью. Особое внимание стоит уделить системам теплоснабжения жилых зданий: индивидуальным тепловым пунктам (ИТП), разводке системы отопления и горячего водоснабжения. На многих объектах, еще с советских времен, эти системы вообще не реконструировались, а только поддерживались в работоспособном состоянии. Даже по сей день можно встретить тепловые пункты с элеваторным смешением. Такие системы, как правило, были неэффективны с точки зрения рационального использования тепловой энергии, особенно, если ее подвергали реконструкции самостоятельно без согласований, заведомо увеличивая мощность отопительных приборов, ликвидировали замыкающие участки на стояках отопления и т.д. Все это приводило к разрегулировке системы отопления, в результате чего, многие квартиры недополучали тепловую энергию в требуемых количествах, либо наоборот испытывали перегрев.

Сегодня такие документы, как [1, 2] обязывают проектировать и эксплуатировать автоматизированные тепловые пункты (рисунок 1), которые включают в себя узел учета тепловой энергии (УУТЭ), и систему погодного регулирования (СПР). УУТЭ и СПР – комплекс приборов и устройств, обеспечивающих не только учет тепловой энергии, но и контроль, управление и регистрация параметров теплоносителя.

Рассмотрим ИТП нескольких жилых зданий города Тюмени объединенные общей диспетчерской. Конструктивно УУТЭ представляет собой набор «модулей», которые врезаются в трубопроводы. В состав УУТЭ входят: тепловычислитель ВЗЛЕТ ТСП-М ТСП-043, соединенный импульсными линиями с преобразователями расхода ЭРСВ-410М, датчиками температуры КТПТР-05 100П и давления СДВ-И-2,5-1,6-1,0-М; GSM или Ethernet модем для передачи данных на автоматизированное рабочее место.

Тепловычислитель регистрирует в энергонезависимых архивах такие данные как: время работы; 840 среднечасовых и 90 среднесуточных значений измеренных температур и давлений теплоносителя; 840 значений количества прошедшего теплоносителя и потребленной (отпущенной) тепловой энергии за каждый час; 90 среднесуточных значений измеренных температур теплоносителя; 90 значений количества прошедшего теплоносителя и потребленной (отпущенной) тепловой энергии за каждые сутки; 12 значений количества прошедшего теплоносителя и тепловой энергии за каждый месяц; нештатные ситуации (например отключение питания сети, выход из строя любого из преобразователей и т.д.).



Рисунок 1 – Автоматизированный индивидуальный тепловой пункт.

Система погодного регулирования состоит из: контроллера (ОВЕН ТРМ32); двух преобразователей температуры, установленных на подающем и обратном трубопроводе; двух преобразователей температуры наружного и внутреннего воздуха; регулирующего клапана с электроприводом, установленный на подающем трубопроводе; частотный преобразователь для повысительно-циркуляционного или смесительного насоса. Основное назначение СПР заключается в: снижении потребления тепловой энергии; регулировании теплоснабжения по температуре наружного воздуха, зонам суток и дням недели; повышение комфортности в помещениях; поддержание оптимального гидравлического режима систем отопления; корректировка отопительных графиков.

Таким образом индивидуальный тепловой пункт состоит из комплекса сложного инженерного оборудования, контрольно-измерительных приборов и автоматики. Управлять этими системами весьма непростая задача, особенно если речь идет об обслуживании множества ИТП. С одной стороны, необходимо поддерживать требуемые параметры микроклимата в помещениях, с другой – не допускать перегрева обратной магистрали тепловой сети и всевозможных нештатных ситуаций.

Вмешательство сторонних лиц в технологию работу этих систем может привести к серьезным последствиям (например, разрегулирование всей системы теплоснабжения здания, ее разморозка и т.д.).

Для решения поставленной задачи предлагается использовать систему диспетчеризации ИТП основу которой составляет программный продукт «Диспетчер ИТП», разработанный учеными Тюменского государственного университета. Со стороны клиента в ее состав входит шкаф управления ИТП, содержащий: УУТЭ; СПР; блок управления охранно-пожарной сигнализацией С2000-КДЛ (оповещает о возгорании в помещении ИТП, контролирует открытие шкафа и двери в помещении ИТП); источник резервируемого питания на 24 часа; GSM модем ПМ01 с выносной антенной. Со стороны диспетчерской: приемный модем, сервер сбора статистики, рабочий терминал диспетчера с программным обеспечением «Диспетчер ИТП».

На рисунке 2 представлена схема взаимодействия оборудования диспетчерской и ИТП с использованием GSM модемов.

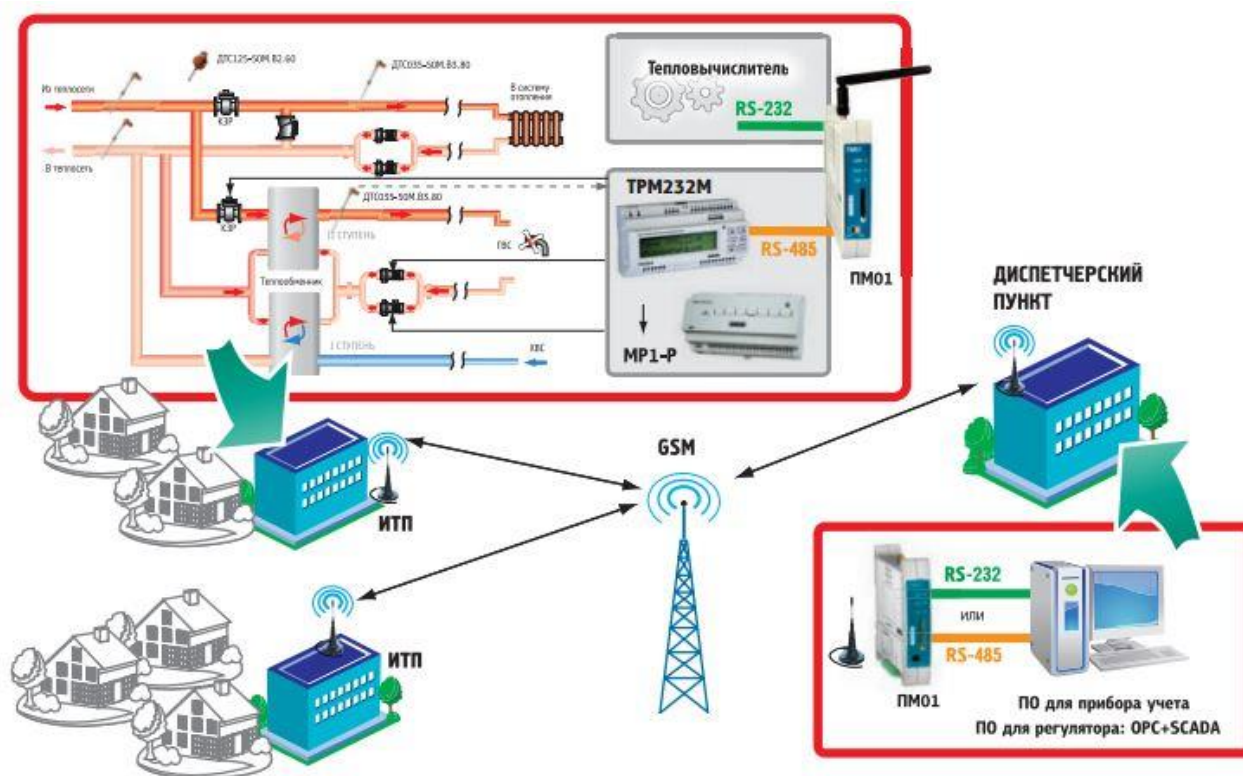


Рисунок 2 – Принципиальная схема взаимодействия абонентов с диспетчерской.

Управление работой модема ПМ01 осуществляется с помощью АТ-команд по последовательным интерфейсам (RS-485 и RS-232). Модем позволяет выдавать данные в оба интерфейса одновременно. Внешние устройства должны разделять во времени данные или команды, посылаемые ими в модем по интерфейсам RS-485 и RS-232. В нашем случае опрос устройств осуществляется в интервале 2 минут. При передаче данных с помощью GPRS модем обеспечивает поддержку TCP/IP и UDP протоколов.

Для обмена данными с сервером статистики по GPRS необходимо отправить в модем следующий набор команд [3]:

1. AT+CGATT=1 – подключение модема к сервису GPRS;
2. AT+CSTT="точка доступа", "имя", "пароль" – выбор GPRS сервиса для передачи данных, задание точки доступа в сеть GPRS, имени пользователя и пароля.
3. AT+CIICR – установка соединения с сервисом GPRS.
4. AT+CIFSR – получение локального IP-адреса.
5. AT+CIPSTART="TCP", "xx.xx.xx.xx", "порт" – установка соединения по TCP/IP протоколу с сервером по заданному номеру порту, где xx.xx.xx.xx – IP-адрес сервера;
6. AT+CIPSEND <данные> ctrl-Z – передача данных по установленному соединению.

После ввода команды AT+CIPSTART, в случае успешной установки соединения, модем выдаст отчет: CONNECT OK. Между вводом команды AT+CIPSEND и вводом данных следует дождаться ответа модема в виде символа ">".

На рисунке 3 представлен оконный интерфейс программы «Диспетчер ИТП», который позволяет: подключаться к ИТП абонентов; вести полную статистику о работе теплового узла, включая регистрацию нештатных ситуаций; формирование отчетов о потреблении тепловой энергии, а также управлять запорно-регулирующей арматурой.

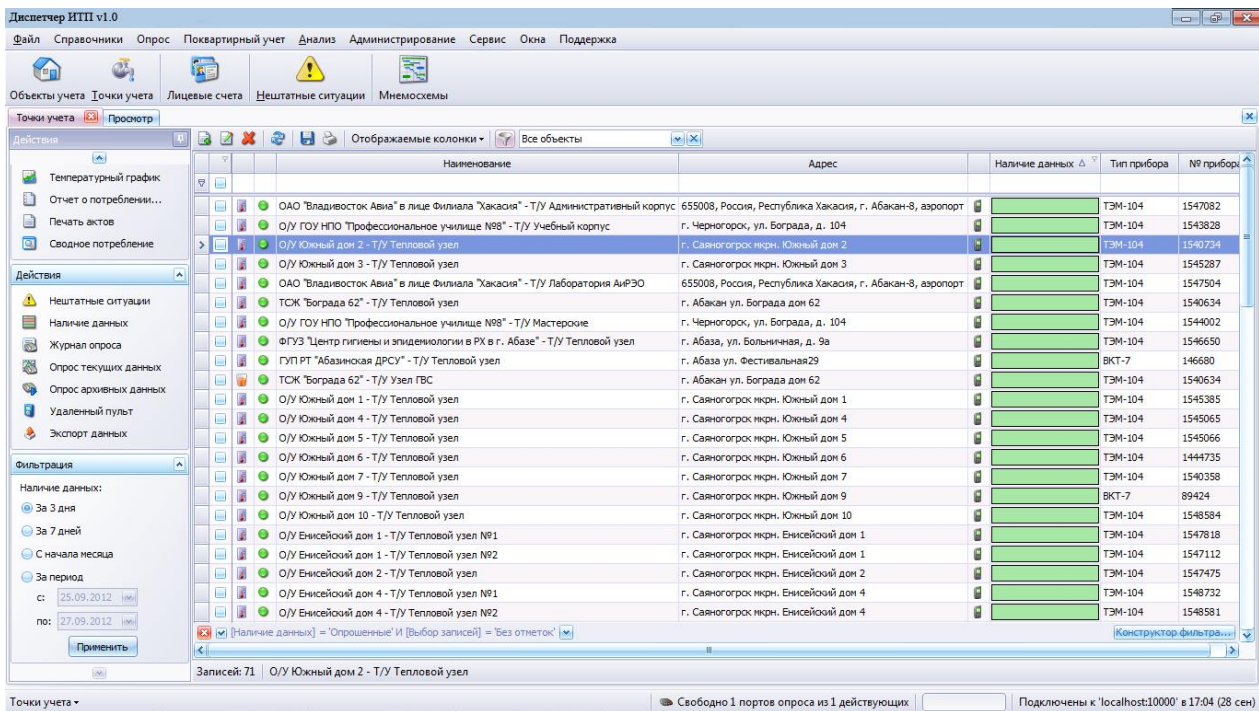


Рисунок 3 – Оконный интерфейс программы «Диспетчер ИТП».

Представленное техническое решение и разработанное программное обеспечение успешно используется в диспетчерской города Тюмени. Позволяет эффективно управлять теплоносителем, регистрировать и оповещать о нештатных ситуациях. На основании накопленных данных в расширяемой базе возможно предсказать бюджет на будущий отопительный сезон и возможные ремонтные компании.

### Библиографический список

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Редакция №34 от 26.07.2019.
2. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. Система нормативных документов. – М.: Госстрой России, 1996. – 87 с.
3. Руководство по эксплуатации GSM/GPRS модемом ПМ01 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.owen.ru/uploads/rie\\_pm01\\_2547.pdf](http://www.owen.ru/uploads/rie_pm01_2547.pdf) (дата обращения 29.09.2019).

## УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ВНУТРЕННЕЙ КИСЛОРОДНОЙ КОРРОЗИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

**Чапаев Д.Б., Чапаева С.Г.**

*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»  
(Сибстрин), г. Новосибирск, Россия*

*Аннотация. Представлены результаты исследований, выполненных в ходе создания расчетного комплекса по прогнозированию плановых ремонтов стальных трубопроводов водяных теплосетей: определение аппроксимирующей зависимости растворимости магнетита в теплосетевой воде от ее температуры и водородного показателя; уточнение методики расчета глубинного показателя внутренней коррозии трубопровода; оценка продолжительности безаварийной эксплуатации участка герметично изолированного со стороны грунта трубопровода с учетом скорости его внутренней коррозии (определенной по уточненной методике).*

*Ключевые слова: коррозия трубопроводов, растворимость магнетита, срок службы трубопроводов, тепловые сети, теплоснабжение.*

С целью создания расчетного комплекса по прогнозированию плановых ремонтов стальных трубопроводов водяных теплосетей нами были выполнены следующие задачи:

- определение аппроксимирующей зависимости растворимости магнетита в теплосетевой воде от ее температуры и водородного показателя  $C_{Fe}(t, pH)$  для значений  $C_{Fe}$ , найденных опытным путем, при  $t$  от 40°C до 150°C,  $pH$  от 8 до 10;
- уточнение методики расчета глубинного показателя внутренней коррозии  $I$ , мм/год, трубопровода;
- оценка продолжительности безаварийной эксплуатации участка герметично изолированного со стороны грунта трубопровода с учетом скорости его внутренней коррозии (определенной по уточненной методике).

Интенсивность внутреннего коррозионного износа рассматривалась при следующих допущениях:

- 1) коррозия протекает с кислородной деполяризацией;
- 2) в сетевой воде отсутствует углекислота  $CO_2$ . В присутствии  $CO_2$  коррозионный коэффициент кислорода в 3 раза выше. Коррозионная активность  $CO_2$  в отсутствие кислорода незначительна;
- 3) процессы коррозии под действием сульфат-ионов  $SO_4^{2-}$  и хлорид-ионов  $Cl^-$  не рассматриваются. Эти ионы интенсифицируют эффект кислородной и углекислотной коррозии и сами по себе корродируют металл;
- 4) материал трубы – сталь конструкционная углеродистая; 5) область определения  $t, ^\circ C, pH: t \in [40; 150], pH \in [8; 10]$ .

1. Одним из определяющих факторов, влияющих на интенсивность внутреннего коррозионного износа трубопроводов водяных теплосетей, является растворимость продукта коррозии – магнетита (его концентрация в насыщенном растворе на границе «металл–оксид»).

Для удобства выполнения расчетов на ПЭВМ данные по растворимости магнетита  $C_{Fe}$  в диапазоне температур, °C, и значений pH:  $t \in [40; 150], pH \in [8; 10]$ , представленные в [1, 2] в виде отдельных опытных точек, нами аппроксимированы и найдено уравнение поверхности  $C_{Fe}(t, pH)$ , мкг/кг:

$$C_{Fe}(t, pH) = 2 \cdot 10^{14} (pH^{-17,68} t^2 - 3 pH^{-16,01} t + 10^7 pH^{-20,77}) \quad (1)$$

Для примера на рисунке 1 представлен график функции  $C_{Fe}(t, pH)$  в области определения  $t \in [40; 150], pH \in [8; 10]$  в координатах  $C_{Fe} - t$  с изолиниями  $pH = 8; 8,3; 8,5; 8,7$ . Данные из [1, 2] показаны точками.



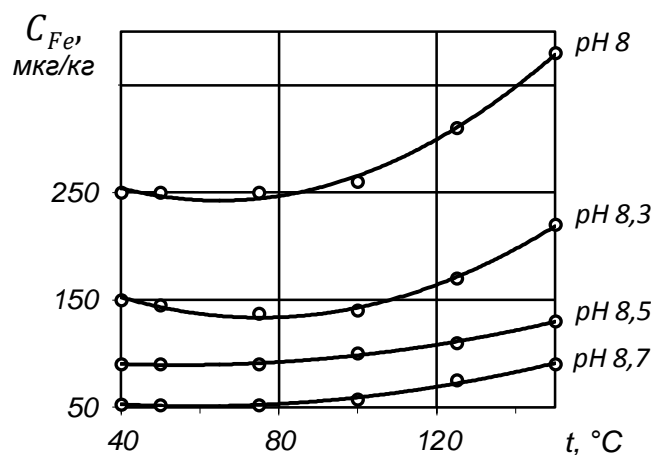


Рисунок 1 – Растворимость магнетита при  $pH \in [8; 8,7]$

Зависимость растворимости от температуры – параболическая, от водородного показателя – степенная.

Из рисунка 1 видно, что для любого значения  $pH$  существует такая температура теплоносителя  $t_o(pH)$ , при которой значение растворимости  $C_{Fe o}(pH)$  минимально. Эти значения легко найти из условия  $\forall pH \in [8; 10] \exists t_o(pH) \in [40; 150]$  :

$$\left( \frac{\partial C_{Fe}(t, pH)}{\partial t} = 0 \right) \wedge \left( \frac{\partial^2 C_{Fe}(t, pH)}{\partial t^2} > 0 \right)$$

Тогда 
$$\frac{\partial C_{Fe}(t, pH)}{\partial t} = 4 \cdot 10^{14} (pH^{-17,68} t - 1,5 pH^{-16,01}) = 0,$$

откуда получаем  $\forall pH \in [8; 10] \exists t_o(pH) = 1,5 pH^{1,67}$  :

$$C_{Fe o}(pH) = 4,5 \cdot 10^{14} pH^{-14,34} (0,44 \cdot 10^7 pH^{-6,43} - 1)$$

Функция  $C_{Fe o}(pH)$  при температурах  $t_o(pH)$  принимает минимальные значения, т.к.

$$\frac{\partial^2 C_{Fe}(t, pH)}{\partial t^2} = 4 \cdot 10^{14} pH^{-17,68} > 0.$$

Эти же значения  $t_o(pH)$  и  $\min C_{Fe o}(pH)$  можно получить, представив уравнение (1) в каноническом виде:

$$\left( t - \frac{b}{2a} \right)^2 = \frac{1}{a} \left( C_{Fe}(t, pH) - \left( c - \frac{b^2}{4a} \right) \right), \quad (2)$$

где  $a = 2 \cdot 10^{14} pH^{-17,68}$ ;  $b = 6 \cdot 10^{14} pH^{-16,01}$ ;  $c = 2 \cdot 10^{21} pH^{-20,77}$  .

Из (2) видно, что  $t_o = \frac{b}{2a} = 1,5 pH^{1,67}$  ;

$$C_{Fe o} = c - \frac{b^2}{4a} = 4,5 \cdot 10^{14} pH^{-14,34} (0,44 \cdot 10^7 pH^{-6,43} - 1)$$

2. Значение глубинного показателя внутренней коррозии  $\Pi$  трубопровода водяной тепловой сети предложено определять по формуле, мм/год:

$$\Pi = 3,6 \cdot 10^{-3} \frac{\tau_p \cdot \theta \beta C_{Fe}}{\rho_m \left( \frac{1}{k} + (1 - \chi) \left( \frac{h}{D} + \frac{1}{h_D} \right) \right)}, \quad (3)$$

где  $\tau_p$  – рассматриваемое время работы теплопровода за один год, в часах;  $\rho_m$  – плотность металла трубы, кг/м<sup>3</sup>;  $\theta$  – пористость пленки магнетита, в долях, равная 0,03 для температур теплоносителя от 40°C до 150°C;  $\beta$  – поправочный коэффициент, равный  $2,3 \cdot 10^4$  для

температур теплоносителя от 40°C до 150°C;  $C_{Fe}$  – растворимость магнетита, кг/м<sup>3</sup>;  $k$  – скорость реакции коррозии на границе «металл-оксид», м/с;  $\chi$  – доля магнетита в продуктах коррозии, равная 0,5;  $h$  – толщина плотного слоя магнетита, равная  $1 \cdot 10^{-3}$  м;  $D$  – коэффициент диффузии продуктов коррозии в порах оксида с границы «металл-оксид» на границу «оксид-теплоноситель», м<sup>2</sup>/с;  $h_D$  – коэффициент массопереноса продуктов коррозии с границы «оксид-теплоноситель» в поток теплоносителя, м/с.

Скорость реакции коррозии определяется по формуле Аррениуса, м/с

$$k = A e^{\left(\frac{-E_a}{R(273+t)}\right)} = 8,45 \cdot 10^{17} e^{\left(\frac{-17861}{273+t}\right)},$$

где  $A$  – предэкспоненциальный множитель, м/с;  $E_a$  – энергия активации реакции коррозии, Дж/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная 8,3145 Дж/(моль·К);  $t$  – температура теплоносителя, °С. Для углеродистой стали  $A = 8,45 \cdot 10^{17}$  м/с;  $E_a = 148500$  Дж/моль [3].

Коэффициент диффузии продуктов коррозии [3], м<sup>2</sup>/с

$$D = 1 \cdot 10^{-15} \frac{273+t}{\mu},$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость воды, Па·с;  $[t] \rightarrow$  °С.

Коэффициент массопереноса при турбулентном течении [3], м/с

$$h_D = \frac{D}{d_n - 2S} \left( 2,0 + a \operatorname{Re}^b \operatorname{Sc}^{\frac{1}{3}} \right),$$

где  $d_n$ ,  $S$  – наружный диаметр и толщина стенки трубы, м;  $\operatorname{Re}$ ,  $\operatorname{Sc}$  – числа Рейнольдса и Шмидта для потока теплоносителя;  $a$ ,  $b$  – безразмерные эмпирические коэффициенты, а также расчетные уравнения плотности воды (для  $\operatorname{Re}$ ,  $\operatorname{Sc}$ ) и динамической вязкости  $\mu$  представлены в [3].

Результаты расчета по формуле (3) значений  $\Pi$  показаны на рисунке 2.

Значение  $\Pi$  растет при повышении температуры теплоносителя, что связано с экспоненциальным ростом скорости реакции коррозии  $k$  на границе «металл-оксид», и заметно снижается с повышением  $pH$  (здесь сказывается степенная зависимость растворимости магнетита от  $pH$ ). При  $pH$  более 9,5 значением  $\Pi$  в расчетах срока службы трубопроводов можно пренебречь.

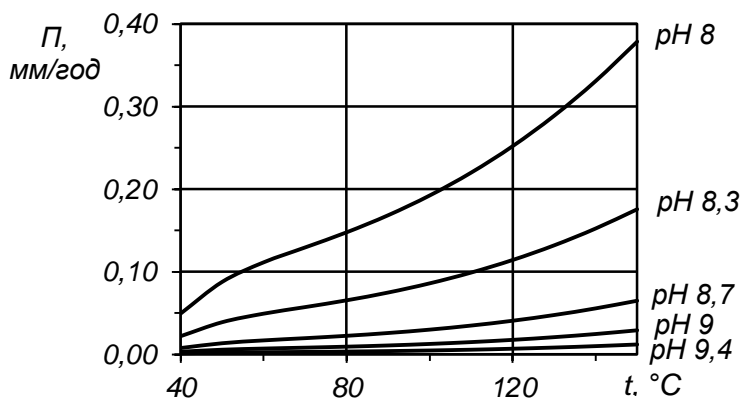


Рисунок 2 – Интенсивность внутренней равномерной коррозии

3. Продолжительность безаварийной эксплуатации участка герметично изолированного со стороны грунта трубопровода тепловых сетей в основном определяется коррозионным износом его внутренней поверхности. Расчет значений скорости коррозионного износа позволяет оценить срок службы  $\tau_c$  с целью прогнозирования плановых ремонтов по формуле:

$$\tau_c = \frac{S - S_{np}}{w_y \Pi}, \quad (4)$$

где  $S$ ,  $S_{np}$  – толщина стенки трубы, соответственно, по сортаменту и минимально-допустимая по прочностным характеристикам;  $w_y$  – язвенный фактор, учитывающий локаль-

ное увеличение глубинного показателя внутреннего равномерного коррозионного износа  $\Pi$  ( $w_r \approx 9 \forall pH \in [8,5; 9]$ ;  $w_r \approx 1 \forall pH \in [9,5; 10]$ , где  $pH$  – водородный показатель теплоносителя).

Значение  $S_{np}$  по СП 33.13330.2012 после подстановки в расчетные зависимости соответствующих значений коэффициентов надежности и условий работы трубопроводов городских водяных тепловых сетей, можно определить по формуле, мм:

$$S_{np} = \frac{1,15 p_{раб} d_n}{0,83 \sigma_m + 1,15 p_{раб}},$$

где  $p_{раб}$  – рабочее давление, МПа;  $d_n$  – наружный диаметр трубы, мм;  $\sigma_m$  – предел текучести металла трубы, МПа.

Наибольший интерес представляют не столько значения срока службы  $\tau_c$ , рассчитанные по формуле (4), ряда стандартных диаметров труб, сколько зависимость  $\tau_c$  от  $pH$  теплоносителя при различных значениях его температур  $t$ . Эти данные представлены на рисунке 3 для трубы  $d_n \times S = 108 \times 4$  мм для следующих исходных данных:  $\tau_p = 8400$  часов;  $\rho_m = 7800$  кг/м<sup>3</sup>; расход теплоносителя 40 т/час (скорость  $\approx 1,5$  м/с);  $p_{раб} = 1,6$  МПа;  $\sigma_m = 280$  МПа.

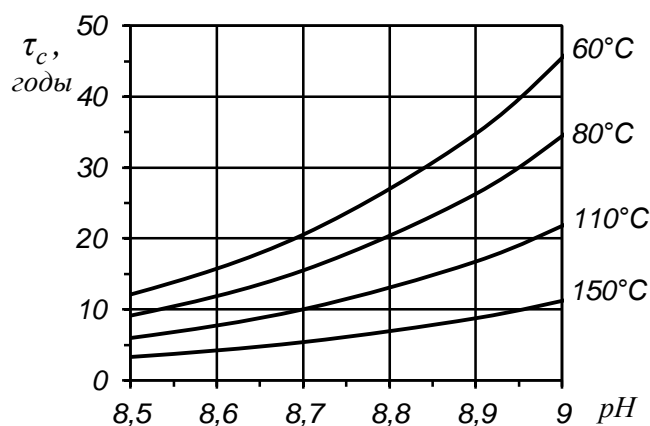


Рисунок 3 – Срок службы трубопровода с учетом коррозии

Если ориентироваться на среднегодовую температуру теплоносителя в теплопроводе, то рисунок 3 дает представление о необходимом минимальном значении  $pH$  теплоносителя, поддержание которого обеспечит заданный срок службы трубопровода.

Следует заметить, что полученные результаты являются предварительными, и для дальнейшего уточнения и апробации расчетной методики необходимо проведение дополнительных экспериментальных исследований внутренней кислородной коррозии водяных тепловых сетей, как в лабораторных условиях, так и в реальных условиях эксплуатации при различных водно-химических и гидродинамических режимах.

### Библиографический список

1. Кристенсен, О. Новые датские стандарты водоподготовки / О. Кристенсен, С. Андерсен // Водоочистка. – 2008. – № 6. – С. 56–60.
2. Маргулова, Т. Х. Водные режимы тепловых и атомных электростанций / Т. Х. Маргулова, О. И. Мартынова. – М. : Высшая школа, 1987. – 319 с.
3. Чапаев, Д. Б. Учет внутреннего коррозионного износа теплопроводов, транспортирующих однофазный теплоноситель (воду), при оценке их срока службы / Д. Б. Чапаев, А. А. Оленников, Е. А. Оленников, А. А. Захаров // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2017. – Т. 3. – № 3. – С. 99–109.

## ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕГАЗАЦИОННЫХ ТРУБ ЗАО НПП «АЛТИК» В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Чапаева С.Г., Чапаев Д.Б.

*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»  
(Сибстрин), г. Новосибирск, РФ*

*В рамках НИОКР проведена проверка прочностных и деформационных характеристик дегазационных стеклопластиковых труб, изготовленных ЗАО НПП «Алтик» методом косослойной продольно-поперечной намотки, на их соответствие требованиям в условиях эксплуатации шахтных выработок. Разработана методика и выполнен механический расчет дегазационного трубопровода с учетом ортотропной работы стеклопластика. Приведены некоторые результаты расчета.*

*Ключевые слова: дегазационный трубопровод, дегазация шахт, механический расчет трубопровода, стеклопластиковые трубы.*

В настоящее время композитные материалы, благодаря своим свойствам, являются одними из самых распространенных конструкционных материалов. Среди этих материалов можно выделить стеклопластик, главными компонентами которого являются армирующий материал из тонких высокопрочных стеклянных волокон и синтетическое связующее. Благодаря своим свойствам изделия из стеклопластика нашли применение в целом ряде отраслей.

Применение стеклопластиковых труб для дегазации шахт, по сравнению с традиционными металлическими, имеет целый ряд преимуществ: повышение производительности труда монтажников, т.к. стеклопластиковые трубы в 3 – 4 раза легче стальных; отсутствие коррозии и электрокоррозии; стойкость к агрессивным средам и длительный срок эксплуатации (до 25 лет); отсутствие отложений на внутренней поверхности в течение всего срока службы; низкое гидравлическое сопротивление движению перекачиваемой среды.

Нами проведена проверка прочностных и деформационных характеристик дегазационных труб из указанного материала на их соответствие требованиям в условиях эксплуатации шахтных выработок. В рамках решения данного вопроса по заказу ЗАО НПП «Алтик» выполнен механический (строительный) расчет дегазационного трубопровода из стеклопластиковых труб.

Расчет выполнялся в рамках НИОКТР «Технико-технологические и проектные решения, технико-экономическое обоснование применения в условиях угольных шахт, в том числе опасных по газу и пыли, дегазационных трубопроводов из стеклопластиковых труб и фитингов, выпускаемых ЗАО НПП «Алтик» по ТУ 2296-003-29726373-2015». Регистрационный номер АААА-А15-115121720026-0, дата регистрации: 17.12.2015.

Изготовление труб осуществляется методом косослойной продольно-поперечной намотки (см. рисунок 1). Данный метод, по сравнению с другими методами изготовления труб из стеклопластика, отличается высокой плотностью укладки армирующих волокон (массовая доля стекла до 80%) и возможностью менять соотношение количества продольных и поперечных волокон, что позволяет варьировать свойства материала в зависимости от эксплуатационных требований. Тем не менее, такая технология изготовления приводит к ярко выраженной ортотропности свойств стеклопластика. Механические и деформационные свойства стеклопластиковых труб могут значительно различаться в зависимости от технологии изготовления и производителя. Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик дегазационных труб производства ЗАО «Алтик» приведены в таблице 1.

Расчет выполнялся для дегазационных труб производства ЗАО «Алтик»  $\varnothing 154 \times 3$ ,  $\varnothing 195 \times 3,3$ ,  $\varnothing 230 \times 3,5$ ,  $\varnothing 315 \times 4$ ,  $\varnothing 416 \times 5$ ,  $\varnothing 495 \times 6$  длиной от 4 м до 6 м с шагом 0,5 м.

Прочностной и деформационный расчет дегазационного трубопровода из стеклопластиковых труб был разработан авторами [1, 2] в связи с его отсутствием в технической литературе; это связано, в том числе и с различием характеристик материала труб в зависимости от технологии изготовления.



Рисунок 1 – Технология изготовления трубы из стеклопластика

Таблица 1 – Характеристики дегазационных труб производства ЗАО «Алтик»

Характеристика	Нормативное значение, в направлении	
	продольном	кольцевом
Сопротивление растяжению, МПа	180	360
Сопротивление сжатию, МПа	37	200
Сопротивление срезу, МПа	80	—
Модуль упругости при сжатии/растяжении, ГПа	25	29
Коэффициент Пуассона	0,35	0,35
Коэффициент линейного температурного расширения, $1/^\circ\text{C}$	$2.4 \cdot 10^{-5}$	—
Допустимое значение прогиба, доля длины пролета	1/10	—
Объемный вес стеклопластика, $\text{кг/м}^3$	2000	
Объемный вес материала покрытия трубы, $\text{кг/м}^3$	1200	
Толщина внешнего защитного слоя, мм	0,3	

В качестве расчетной схемы трубопровода принята пятипролетная оболочка с шарнирно-подвижным закреплением опор (рисунок 2). Оболочка является срединной поверхностью рассчитываемой трубы. Длины пролетов одинаковые.



Рисунок 2 – Расчетная схема трубопровода

Согласно СП 20.13330.2011 и СП 33.13330.2012 и из опыта эксплуатации дегазационного трубопровода, произведен сбор нагрузок и приняты коэффициенты надежности по нагрузкам. Постоянные нагрузки: собственный вес материала трубы с коэффициентом надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1,1$ ; вес защитного покрытия  $\gamma_f = 1,2$ ; архимедова сила (газовоздушная смесь, транспортируемая по трубопроводу, легче воздуха). Длительные нагрузки: нагрузка от веса осевшей сланцевой пыли  $\gamma_f = 1,2$ ; вес конденсата  $\gamma_f = 1,2$ ; температурные деформации. Особые нагрузки: ударные от обрушения породы и сейсмические до 9 баллов.

Расчет проводился, согласно СП 20.13330.2011, в программном комплексе ПК Лира-САПР 2015 Academic Set с учетом ортотропной работы стеклопластика.

Так как конструкция фланцевых соединений не позволяет опирать трубу только на фланцы, то каждый участок трубопровода должен иметь минимум одну промежуточную опору, следовательно, максимальное возможное расстояние между промежуточными опорами может быть не более 6 м. Расчет проводился для длин пролета 3, 4, 5, 6 метров. В ПК Лира-САПР сформировано 23 загрузения постоянными, длительными и особыми нагрузками и

22 расчетных сочетания нагрузок (РСН) для каждого поперечного сечения и длины пролета. По результатам расчетов на обычные и особые РСН, напряжения в материале не превышали соответствующих расчетных значений.

Результаты расчета прогибов порожнего и загруженного обычными РСН трубопровода показаны на рисунке 3.

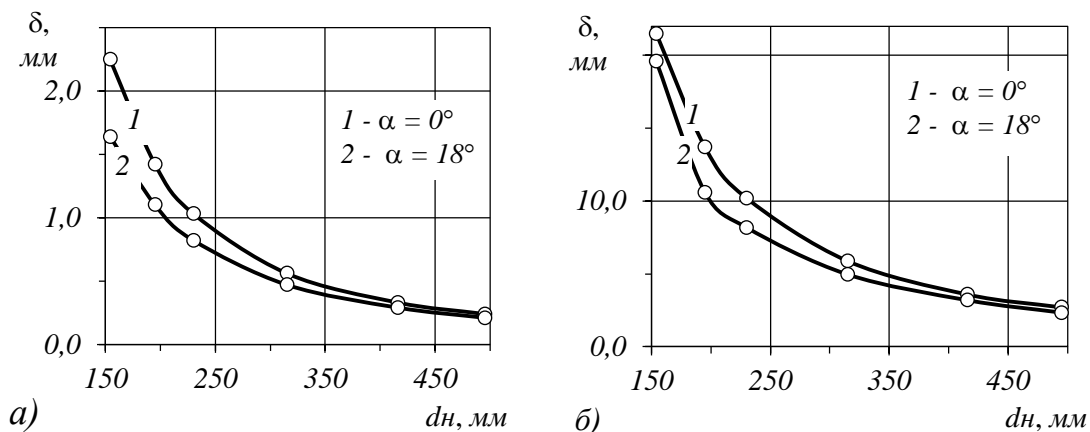
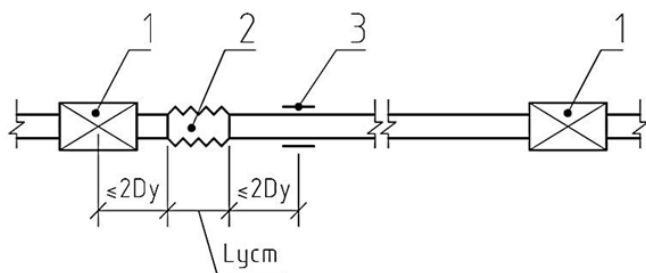


Рисунок 3 – Максимальные прогибы  $\delta$  порожнего (а) и загруженного обычными РСН (б) трубопровода в зависимости от угла наклона трубы  $\alpha$  и диаметра трубопровода  $dn$

Расчет на действие температурных нагрузок показал, что при длине трубопровода менее 50 метров, они не оказывают существенного влияния на напряженно-деформированное состояние трубопровода. При длине от 50 метров и более температурные деформации следует компенсировать за счет поворотов и изгибов трассы трубопроводов. При невозможности ограничиться самокомпенсацией, на трубопроводах необходимо устанавливать сильфонные или другие компенсаторы с компенсирующей способностью не менее 35 мм на каждые 50 метров трубопровода. Схема участка трубопровода с компенсатором представлена на рисунке 4.



- 1 - неподвижная опора
- 2 - компенсатор
- 3 - направляющая опора

Рисунок 4 – Компенсируемый участок трубопровода

Результаты расчета прогибов загруженного особыми РСН трубопровода показаны на рисунке 5.

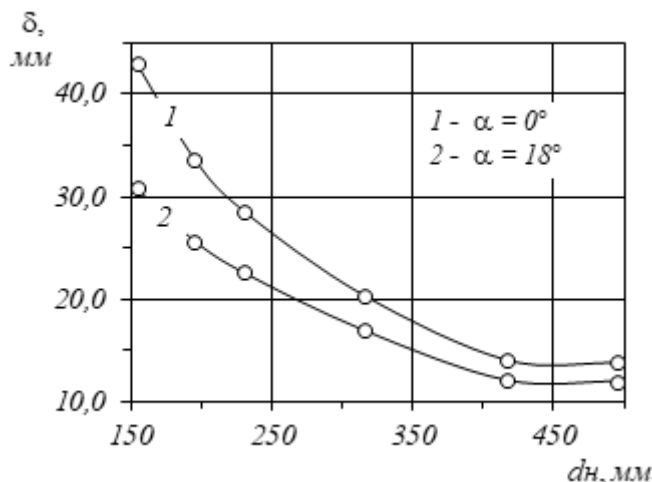


Рисунок 5 – Максимальные прогибы  $\delta$  загруженного особыми РСН трубопровода

Таблица 2 – Максимальная масса падающего груза для пролета 6 метров

Сечение трубы, наружный диаметр × толщина стенки, мм	Высота падения, м	Динамический коэффициент	Масса падающего груза, кг	Максимальное напряжение сжатия $\sigma_{сж}$ , МПа, при $R_n^- = 33,6$ МПа
Ø495×6	0,2	34,72	40	31,3
Ø416×5	0,2	37,05	20	28,8
Ø315×4	0,2	28,34	14	33,0
Ø230×3,5	0,2	23,19	8	33,2
Ø195×3,3	0,2	20,64	6	33,6
Ø154×3	0,2	19,84	3	32,7

*Примечание:*  $R_n^-$  – расчетное значение сопротивления сжатию.

Также был произведен расчет на особую нагрузку от падения породы и определена максимально допустимая масса падающей породы (в зависимости от сечения и пролета трубопровода), при которой максимальное напряжение сжатия не превышает расчетное значение. В таблице 2 представлены результаты расчета для пролета 6 м.

Для определения напряжений и деформаций (прогибов), возникающих от особой нагрузки (падение груза массой  $G$ ) использован динамический коэффициент, значение которого определяется по формуле:

$$k_{\delta} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_{cm}}}$$

где  $h$  – высота, с которой падает груз;  $\delta_{cm}$  – прогиб от статического приложения груза массой  $G$ .

Прогиб, возникающий от падения груза массой  $G$ , определяется по формуле:

$$\delta_{\delta} = k_{\delta} \cdot \delta_{cm}$$

Напряжения, возникающие в трубе в момент падения груза массой  $G$ , определяются по формуле:

$$\sigma_{\delta} = k_{\delta} \cdot \sigma_{cm}$$

Также произведен расчет на сейсмическое воздействие.

В результате даны рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации дегазационного трубопровода с различным углом наклона оси трубопровода.

### Библиографический список

1. Чапаева, С. Г. К вопросу о механическом расчете дегазационных трубопроводов из стеклопластиковых труб ЗАО НПП "Алтик" / С. Г. Чапаева, Д. Б. Чапаев // Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России : труды Всеросс. науч.-практич. конф. с международным участием. – Новокузнецк : СибГИУ, 2016 – С. 286–290.
2. Царев, С. А. К вопросу об оценке прогибов дегазационных трубопроводов из стеклопластиковых труб / С. А. Царев, С. Г. Чапаева, Д. Б. Чапаев // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всеросс. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : СибГИУ, 2016 – С. 191–193.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОДОПОДГОТОВКИ****Ланге Л.Р.***ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Представлен опыт оптимизации действующих сооружений водоподготовки на установке технологического моделирования процессов фильтрации. Приведена схема установки, смонтированная на действующих сооружениях. Приведены исследования местных фильтрующих материалов, коагулянтов и флокулянтов для условий источника водоснабжения р. Томь*

*Ключевые слова: фильтрация, технологическое моделирование, оптимизация, фильтрующая загрузка, реагенты.*

Физико-химические свойства исходной воды и коагулированной взвеси существенно влияют на ход технологического процесса ее очистки, в том числе и на процесс фильтрации. Вместе с тем, свойства воды различных водоисточников в значительной степени отличаются друг от друга. А между тем, проектные организации при проектировании фильтровальных аппаратов пользуются рекомендациями СНиП, где приводятся усредненные данные, которые не могут учесть всего многообразия свойств воды в данном конкретном месте.

Это приводит к тому, что одинаковые фильтровальные аппараты в одних случаях имеют скрытые резервы увеличения производительности, а в других – требуемая производительность не может быть достигнута без нарушения стандарта качества питьевой воды.

Природные воды представляют собой сложные системы, фильтрационные свойства которых не могут быть в полной мере описаны чисто математически. В этих условиях эксперимент является единственным средством получения надежных данных для проектирования и эксплуатации сооружений.

Задача моделирования состоит в том, чтобы, изучив ход технологического процесса при определенных выбранных параметрах, предсказать, как будет протекать процесс при других параметрах. Применение методов технологического моделирования позволяет рассчитывать оптимальный режим работы проектируемых и интенсифицировать работу действующих фильтровальных сооружений.

Однако технологические лаборатории, способные провести моделирование процесса фильтрации при проектировании конкретных очистных сооружений практически отсутствуют. Это перекладывает работу по оптимизации действующих фильтров на инженерно-технических работников станции.

Для проведения фильтрационного технологического анализа необходимо иметь специальную установку в составе технологической лаборатории.

Нами разработана установка для технологического моделирования процесса фильтрации, и совместно с персоналом Драгунского водозабора смонтирована на их станции очистки [1].

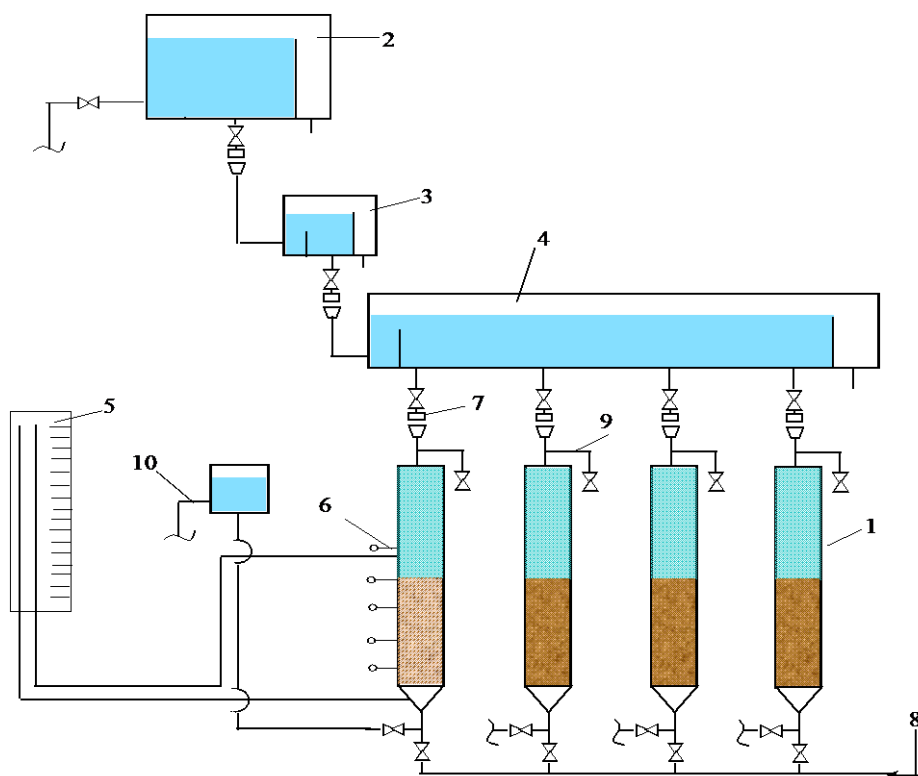
Установка (рисунок 1) состоит из четырех фильтровальных колонок, системы баков для подачи и распределения воды и пьезометрического щита. На установку предусмотрена подача сырой, хлорированной воды или после отстойника в зависимости от целей моделирования. Установка работает с постоянной скоростью, которая задается путем изменения диаметра шайб.

Использование нескольких баков постоянного уровня позволяет производить четкое дозирование реагентов, обеспечивать необходимый разрыв между вводами реагентов, регулировать режим перемешивания.

Фильтровальные колонки являются основным элементом установки. Колонки представляют собой стеклянную трубу диаметром 100 мм и высотой 3,5 м, равной высоте действующего на ВОС фильтра, что дает возможность разместить в ней достаточный для экспе-



риментов слой фильтрующего материала и иметь над загрузкой пространство для поддержания напора при увеличении гидравлического сопротивления в ней.



1 – фильтровальные колонки; 2 – верхний бак; 3 – промежуточный бак; 4 – распределительный бак; 5 – пьезометрический щит; 6 – пробоотборники; 7 – муфты с шайбами; 8 – подача промывной воды; 9 – отвод промывной воды; 10 – отвод профильтрованной воды

Рисунок 1 – Установка технологического моделирования процесса фильтрации

По высоте колонки на расстоянии 150 мм друг от друга установлены пробоотборники, которые служат для анализа изменения качества воды по слоям фильтрующей загрузки и располагаются в толще загрузки. Колонка оснащена пьезометрами для определения потерь напора по высоте загрузки.

В зависимости от целей исследований колонки загружаются разным или одинаковым материалом, но одна колонка всегда загружена материалом, взятым из действующего фильтра. По возможности, колонки загружаются наиболее однородным материалом на высоту не менее 1 м. Средний диаметр назначается из условия продолжительности фильтроцикла в течение рабочей смены и завершение его по ухудшению качества фильтрата. Скорость фильтрации назначается в пределах 6-10 м/час.

Технологическое моделирование позволяет оперативно на моделях отработать оптимальные режимы работы фильтров и методов реагентной обработки при любых изменениях качества воды в источнике.

Кроме того, на моделях апробируются и отрабатываются все новые инженерные решения по следующим направлениям:

- изучение фильтрационных свойств различных фильтрующих материалов и подбор оптимального гранулометрического состава;
- изучение различных способов реагентной обработки воды;
- изучение различных видов современных коагулянтов и флокулянтов с целью подбора наиболее эффективного и экономичного сочетания реагентов для обработки исходной воды при изменении ее физико-химического состава и температуры в различные периоды года.

С целью определения технологической и экономической целесообразности применения на Томской воде в качестве загрузки фильтров были исследованы следующие материалы: керамзит Мысковского завода; цеолит Пегасского месторождения; дробленый гравий;

кварциты «Горы Хрустальной» и Антоновского рудоуправления; альбитофир п. Горный Новосибирской области; горелые породы фирмы «Аргиллит» г. Киселевск [2, 3]. Проведены исследования процесса очистки с использованием коагулянта оксихлорида алюминия фирм «Семіра» (Финляндия), «Бопак» (Венгрия), АО «Органика» г. Новокузнецк, «Нива» г. Новосибирск. Исследовалось применение флокулянта ВПК– 402 как единственного реагента и как флокулянта в сочетании с оксихлоридом алюминия или серноокислым алюминием [4].

Результатом исследования свойств загрузки стала замена применяемого на Драгунском водозаборе керамзита Мысковского завода на горелые породы фирмы Аргеллит и оптимизация фракционного состава загрузки. Перегрузка фильтров в соответствии с рекомендациями технологической лаборатории позволила повысить эффект очистки на фильтре, увеличить его фильтроцикл, и, как следствие, уменьшить расход промывной воды.

По результатам исследований оксихлорида алюминия различных фирм в технологической лаборатории были установлены его оптимальные параметры при очистке Томской воды при температуре ниже 1<sup>0</sup>С. Наиболее эффективным в данных условиях является ОХА с высоким модулем основности – 5,6; с атомным соотношением Al/Cl – не менее 2,1; рН раствора – более 4,2. Это основные факторы, влияющие на количественный и качественный состав гидрокомплексов алюминия, которые в итоге определяет свойства конечного продукта гидролиза – гидроокиси алюминия и, следовательно, влияет на скорость и эффективность хлопьеобразования [4].

На основании исследований технологической лаборатории было изменено места ввода реагентов, введена аэрация воды в смесителе, применена контактная коагуляция на фильтрах и составлены оптимальные режимы работы фильтров [5.6.7].

Таким образом, создание на водоочистных станциях технологических лабораторий дает широкие исследовательские возможности, позволяет систематизировать экспериментальные и эксплуатационные данные и способствует их своевременному внедрению на действующих станциях.

#### **Библиографический список**

1. Ланге Л.Р. Технологическое моделирование процесса очистки природной воды. //Л.Р. Ланге, Б.М. Гохман // Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность: сб. трудов VIII междунар. науч.-практ. конф. Кемерово: изд. КемТИПП, СибГИУ, ИГАСУ, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2005. – С. 16 – 20.
2. Ланге Л.Р. Водоочистные фильтры. Конструкции, область применения, эксплуатация: учебное пособие для вузов / Л.Р. Ланге – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2004. – 146 с.
3. Ланге Л.Р. Опыт применения горелых пород в качестве фильтрующего материала //Л.Р. Ланге, Б.М. Гохман // Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность: сб. трудов IX междунар. науч.-практ. конф. Кемерово: изд. КемТИПП, СибГИУ, ИГАСУ, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2006. – С.33–36.
4. Ланге Л.Р. Реагенты, применяемые на водопроводных очистных сооружениях г. Новокузнецка для очистки питьевой воды / Л.Р. Ланге, В.В. Гридасов, М.П. Вагина //Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность: сб. трудов VII междунар. науч.-практ. конф. Кемерово: изд. КемТИПП, СибГИУ, ИГАСУ, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2004. – С.78–79.
5. Ланге Л.Р. Интенсификация работы водопроводных очистных сооружений /Л.Р. Ланге, Л.В. Ворон // Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России: труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей редакцией И.В. Зоря, А.Ю. Столбоушкина, А.А. Оленникова. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – С.235–240.
6. Гохман Б.М. Обследование водопроводных очистных сооружений /Б.М. Гохман, Л.Р. Ланге //Водоочистка. – 2010. – №6. – С. 38 – 40.
7. Ланге Л.Р. Опыт обследования и оптимизации работы водопроводных очистных сооружений /Л.Р. Ланге // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2015. – №1(11). – С.81 – 83.

**ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД****Ланге Л.Р.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Приведены исследования характеристик местных фильтрующих материалов. Показаны преимущества горелых пород, производимых в Кемеровской области. Материал обладает высокими фильтрационными свойствами, и может быть использован в фильтровальных сооружениях для очистки шахтных и других производственных стоков с целью последующего использования их для технического водоснабжения.*

*Ключевые слова: шахтные воды, производственные стоки, очистка, фильтрация, фильтрующие материалы, горелые породы, техническое водоснабжение.*

Кузбасс один из богатейших регионов России по запасам полезных ископаемых. Интенсивная добыча и переработка сырья на местных предприятиях привели к загрязнению поверхностных и подземных вод.

В крупнейшем промышленном центре области городе Новокузнецке по официальным данным ежегодно валовые сбросы в водоемосточники составляют свыше 70 тыс. т, из которых 45,8% - от предприятий угольной и металлургической промышленности.

В сложившихся условиях сложной экологической ситуации региона и страны в целом особую важность приобретает проблема охраны водных ресурсов от загрязнения неочищенными стоками угольной промышленности, предприятия которой характеризуются большим объемом сбрасываемых шахтных вод. В связи с нарастающим дефицитом свежей воды и увеличением количества сбрасываемых промышленных сточных вод остро встает вопрос очистки и использования последних для технического водоснабжения.

По действующим санитарным нормам и правилам шахтные воды должны проходить очистку до того, как будут сброшены в открытый водоем, поскольку содержат вещества в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые для рыбохозяйственных водоемов. Загрязнение шахтных и карьерных вод происходит в основном мелкодисперсными взвешенными частицами добываемого полезного ископаемого и вмещающих пород, которые образуются при бурении взрывных скважин и шпуров, дроблении пород взрывным способом, работе проходческих и очистных комбайнов, погрузочных и транспортных работах. В связи с высоким уровнем механизации горных работ происходит загрязнение шахтных и карьерных вод нефтепродуктами. В результате гниения деревянных крепей и других конструкций возникает бактериальное загрязнение шахтных и карьерных вод. Физико-химический состав этих вод отличается большим разнообразием, что определяется не только технологическими и производственными факторами, но и различным составом подземных и поверхностных вод в районах разработки полезных ископаемых [1, 2].

На большинстве угольных шахт и карьеров используется технология очистки производственных сточных вод с помощью гравитационного отстаивания. Как правило, отстаивание происходит многоступенчатое. Данная технология не позволяет снизить содержание взвешенных веществ до нормативных требований.

Содержание взвешенных веществ в сточных водах угольных шахт сильно отличается и составляет от 100 мг/л до 2500 мг/л. Применение исключительно отстойников является малоэффективным. К тому же они требуют значительных площадей, приводят к заболачиванию территории. Очистка таких отстойников очень трудоемка и практически невозможна в зимний период.

В то же время снижение расхода дорогостоящей и дефицитной питьевой воды для производственных нужд, связанных с хозяйственно-питьевым водоснабжением, возможно за счет использования шахтных вод. Очищенная вода может быть использована в процессе добычи угля для нужд комплексного обеспыливания, включающее нагнетание воды в горный

пласт с целью дегазации и предотвращения внезапных выбросов газа и пыли, а также интенсивного пылеподавления в процессе разработки. Так же, шахтные воды могут использоваться для устройства водяных заслонов на входящей и исходящей струях забоев, пластов или крыльев шахт, для орошения забоя при работе очистных и подготовительных комбайнов, а также транспортных средств, при бурении дегазационных скважин и шпуров с промывкой. Кроме того, значительный объем шахтной воды необходим поверхностным комплексам шахт и обогатительным фабрикам.

Современная схема очистки шахтных и карьерных вод от содержащихся загрязнений предполагает использование нескольких последовательных процессов:

- дозирование реагентов для протекания процессов коагуляции, нейтрализации и флокуляции, или использование электрокоагуляции перед гравитационным отстаиванием;
- флотационная обработка;
- доочистка на фильтрах;
- обеззараживание очищенной воды;
- обезвоживание шлама.

Завершающим этапом очистки шахтных вод является фильтрование. При фильтровании происходит и частичное обеззараживание. В процессе фильтрования из воды выделяются диспергированные частицы загрязнений, коллоидные частицы и значительная часть бактерий. Фильтрование может осуществляться на зернистых напорных или открытых фильтрах.

Основным рабочим элементом фильтровальных сооружений является фильтрующий слой, выполненный из зернистого материала. Правильный выбор вида и характеристик фильтрующего слоя определяют эффективность и технологические показатели работы сооружений.

При выборе фильтрующего материала исходят из его стоимости и возможности получения в районе расположения данной станции, при условии соответствия выбранного материала техническим требованиям.

К основным характеристикам зернистого фильтрующего материала относятся гранулометрический состав и неоднородность, механическая прочность, химическая стойкость, санитарно-гигиенические показатели, плотность, межзерновая пористость засыпки и форма зерна.

Технологические свойства фильтров во многом определяются пористостью фильтрующего слоя и формой зерна. Чем выше пористость, тем эффективнее работает фильтр. Особенно высокими фильтрационными свойствами обладают зернистые материалы, получаемые дроблением пористых кусковых материалов [3].

Наиболее распространенным фильтрующим материалом до недавнего времени являлся кварцевый песок – речной или карьерный. И сейчас проектировщики закладывают этот материал во вновь строящиеся объекты. Традиционно поставщиками кварцевого песка для фильтровальных сооружений являлись Волгоградский и Погранский (Ленинградская область) карьеры, но их запасы ограничены и к настоящему времени истощены. К тому же кварцевый песок не обладает высокими фильтрационными свойствами.

В Кемеровской области в г. Киселевске на шахте «Дальние горы» после ее закрытия создано предприятие по производству горелых пород в качестве фильтрующего материала [3,4].

Особенностью этого материала является то, что он образован в результате подземных пожаров без доступа воздуха тысяча лет назад из аргиллитов, алевролитов и песчаников и обладает постоянным качеством. Химический состав данных горелых пород: SiO<sub>2</sub> – 68,7%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 21,5%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,7%; MgO MnO и др – 5,6%.

На кафедре СибГИУ исследовались фильтрационные характеристики местных фильтрующих материалов. В таблице 1 представлен сравнительный анализ их основных показателей.

Предпочтительный выбор горелых пород фирмы Аргеллит в качестве фильтрующего материала для очистки шахтных вод обусловлен следующими факторами:

- материал имеет разрешение на применение в хозяйственно питьевом водоснабжении, поэтому может быть использован для очистки шахтной воды, которая будет использована для целей пылеподавления и орошения;

- обладает высокими фильтрационными свойствами, механической прочностью;
- готовится любых фракций по заявке потребителя и не требует дополнительных затрат на дробление и рассев.

Таблица 1 – Параметры фильтрующей загрузки

Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Насыпная объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %			Механическая прочность, %		
			макс.	мин	средн	измельчаемость	истираемость	суммар. износ
Кварцевый песок	2,6	1600	34	29	30	4,0	0,5	4,5
Керамзит дробленый	2,1	500	62	56	59	3,7	0,4	4,1
Горелые породы «Аргеллит» г. Киселевск	2,5	1250	60	52	56	0,4	0,1	0,5
Дробленый гравий	2,6	-	54	50	52	3,4	0,2	3,6
Альбитофир п. Горный, Новосибирской обл.	2,53	-	43	36	39	0,7	0,26	0,96

Кроме того, он хорошо зарекомендовал себя в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения практически всех городов Кемеровской области, а также в гг. Новосибирске, Омске, Барнауле, Красноярском крае и Иркутской области [5,6,7].

Горелые породы могут использоваться как в однослойных, так и двухслойных фильтрах в качестве нижнего слоя, так как имеют достаточно высокую плотность, а при необходимости и в качестве поддерживающих слоев.

**Вывод.** Применение высокоэффективного фильтрующего материала из горелых пород на стадии фильтрования позволит значительно увеличить эффективность извлечения мелкодисперсных и эмульгированных загрязнений, предотвратит сброс недостаточно очищенных шахтных вод в водоемы и даст возможность использовать их на нужды шахт, и одновременно снизит расходы дорогостоящей и дефицитной питьевой воды для нужд, связанных с хозяйственно-питьевым водоснабжением производства.

### Библиографический список

1. Ворон Л.В. Проблемы очистки шахтных вод /Л.В. Ворон, Л.Р. Ланге //Вестник Сибирского государственного индустриального университета.– 2015.– № 2 (12). - С. 76 – 79.
2. Ворон Л.В. Интенсификация работы очистных сооружений шахтных вод / Л.В. Ворон, Л.Р. Ланге // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2015. – С.387 – 390.
3. Ланге Л.Р. Водоочистные фильтры. Конструкции, область применения, эксплуатация: учебное пособие для вузов. / Л.Р. Ланге. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2004. – 146 с.
4. Ланге Л.Р. Опыт применения горелых пород в качестве фильтрующего материала /Л.Р. Ланге, Б.М. Гохман // Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность: сб. трудов IX междунар. науч.-практ. конф. Кемерово: изд. КемТИПП, СибГИУ, ИГАСУ, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2006. – С.33 – 36.
5. Ланге Л.Р. Опыт обследования и оптимизации работы водопроводных очистных сооружений / Л.Р. Ланге // Вестник СибГИУ – 2015. – №1(11). С.81 – 83.
6. Гохман Б.М. Обследование водопроводных очистных сооружений / Б.М. Гохман, Л.Р. Ланге //Водоочистка. – 2010. – №6. – С. 38 – 40.
7. Ланге Л.Р. Интенсификация работы водопроводных очистных сооружений /Л.Р. Ланге, Л.В. Ворон // Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России: труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей редакцией И.В. Зоря, А.Ю. Столбоушкина, А.А. Оленникова. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – С.235 – 240.

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Башкова М.Н., Савенко О.Ю.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* В работе проведен анализ возможности использования стеклопластиковых и металлических труб, применяемых при дегазации.

*Ключевые слова:* стеклопластик, трубы, дегазация

В настоящее время в России широко внедряется использование стеклопластиковых труб. Их производители заявляют, что стеклопластик, имея малое гидравлическое сопротивление, способен пропустить большее количество любой среды, будь то жидкость или газ [1-3]. Кроме того, производители заявляют, что стеклопластиковые трубы возможно использовать в любой отрасли, в том числе и строительстве.

Стеклопластиковая труба выполняется из уникального материала – стеклопластика с добавлением специальных компонентов: смолы, армирующих материалов. Стекловолокно является армирующим элементом, обеспечивающим необходимые прочностные характеристики, связующее вещество – это наполнитель, равномерно распределяющий усилия между армирующими волокнами и обеспечивающий их защиту от воздействий окружающей среды. [1].

Наиболее важными и в то же время отличающимися свойствами данного материала от металла являются:

- небольшой удельный вес,
- коррозионная и температурная стойкость, благодаря чему практически отсутствует внутренняя шероховатости труб,
- низкая теплопроводность,
- быстрота монтажа.

Но так же, как и любого другого материала у стеклопластика имеются и отрицательные свойства такие как [2]:

- хрупкость, стеклопластик уступает металлу по пределу прочности на разрыв и модулю упругости.
- образование канцерогенной пыли при механической обработке (при работе со стеклопластиком необходимо предусматривать соответствующие мероприятия).

Совокупность этих свойств позволяет получить экономическую выгоду от монтажа, эксплуатации и демонтажа стеклопластиковых трубопроводов по величине, в денежном выражении превышающую в несколько раз стоимость самого трубопровода (по сравнению с металлическим трубопроводом) [3].

Одной из возможных отраслей применения стеклопластиковых труб является горнодобывающая отрасль. В результате того, что шахтовый способ добычи угля является одним из самых опасных из-за выброса большого количества метана, в процессе добычи возникает потребность шахт в эффективной дегазации разрабатываемых угольных пластов. На отечественном рынке дегазационных труб, разрешенными к применению в условиях шахты, являются только стальные и стеклопластиковые трубы.

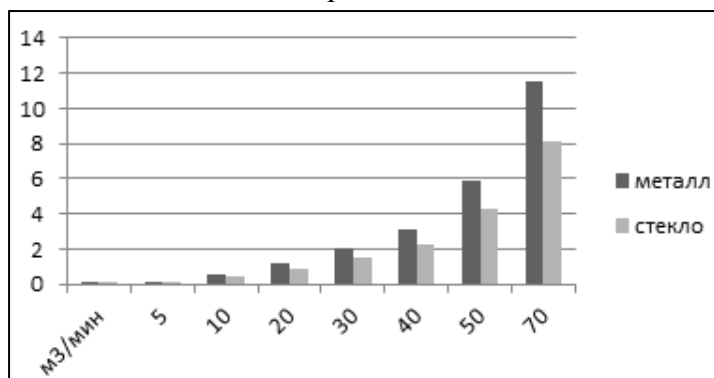
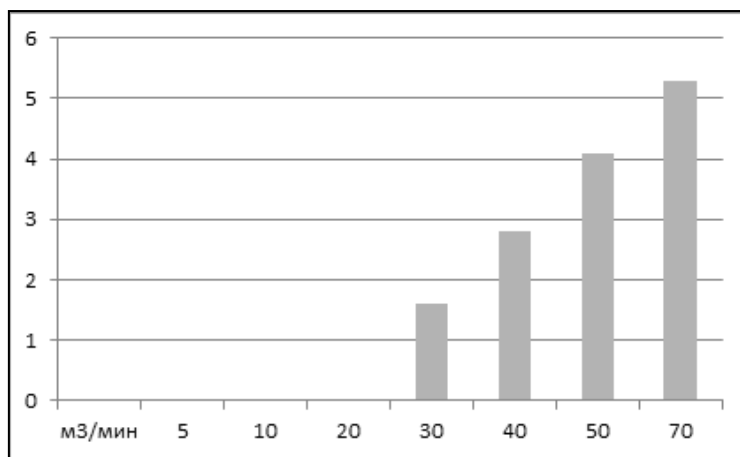


Рисунок 1 – Потери на трение, мм рт. ст. в зависимости от расхода, м<sup>3</sup>/мин

Рисунок 1 – Потери на трение, мм рт. ст. в зависимости от расхода, м<sup>3</sup>/мин

Рисунок 2 – Увеличение пропускной способности, % в зависимости от расхода, м<sup>3</sup>/мин



Сравнение по потерям на трение при использовании металлических и стеклопластиковых труб внутренним диаметром 200 и 195 мм соответственно на 100 м длины приведено на рисунке 1. На рисунке 2

показано увеличение пропускной способности стеклопластиковых труб в зависимости от расхода

На основании вышеизложенных сравнений качеств можно сделать вывод о том, что стеклопластиковые трубы для дегазационных сетей шахт технологически являются наиболее выгодным материалом, но проведенные для смеси метана и воздуха расчеты [4,5] показали, что:

1. Увеличение пропускной способности наблюдается там, где производится переход от металлических труб меньшего диаметра на стеклопластиковые трубы большего диаметра; в этих же случаях наблюдается и выигрыш по длине труб, т.е. при сохранении тех же потерь на трение, длина газопровода из стеклопластиковых труб может быть увеличена.

2. Там, где производится переход от металлических труб большего диаметра на стеклопластиковые трубы меньшего диаметра, потери на трение увеличиваются и выигрыша ни по пропускной способности, ни по длине газопровода нет. Исключение составляет переход с металлической трубы 200 мм на стеклопластиковую 195 мм при больших расходах порядка 40-100 м<sup>3</sup>/мин.

3. С увеличением диаметров труб потери на трение закономерно снижаются.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при использовании стеклопластиковых труб в инженерных сетях при транспортировке воды, как и при дегазации, нужно рассчитывать каждый конкретный случай.

### Библиографический список

1. Стеклопластик, его свойства и области применения: Электронный ресурс: <https://polimerinfo.com/kompozitnye-materialy/stekloplastik-svoystva.html> (дата обращения 20.04.2019г.)

2. Как выбрать стеклопластиковые трубы: специфика производства: Электронный ресурс: <https://soviet-ingenera.com/santeh/trubodel/stekloplastikovye-truby.html> (дата обращения 20.04.2019г.)

3. Стеклопластик против газа : [Электронный ресурс] : <https://dprom.online/chindustry/stekloplastik-protiv-gaza/> (дата обращения 20.04.2019г.)

4. Сравнительный анализ пропускной способности металлических и стеклопластиковых труб при строительстве дегазационных газопроводов / М. Н. Башкова, И. В. Зоря // Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России : труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 18-20 октября 2016 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – Вып. 1. - С. 205-207. – Библиогр.: с. 207 (5 назв.). – Режим доступа: <http://library.sibsiu.ru>.

5. Сравнительный анализ эффективности работы металлических и стеклопластиковых труб дегазационных газопроводов/ М. Н. Башкова, И. В. Зоря // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: научн. журнал / Сиб.гос.индустр.ун-т; под общей ред. В.Н.Фрянова.-Новокузнецк,2017. —№3.—с.481–483. – Библиогр.: с. 483 (6 назв.). – Режим доступа: <http://library.sibsiu.ru>.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Усольцев И.Е., Белозерова И.Л., А.П. Семин

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия

*Аннотация.* В данной статье рассматривается целесообразность использования тепловых насосов для отопления.

*Ключевые слова:* тепловые насосы, виды тепловых насосов, преимущества тепловых насосов.

Энергетика любой страны, является одной из базовых отраслей экономики. Рост экономики требует увеличения генерирующих мощностей, что может быть достигнуто путем строительства новых электростанций, а также путем рационализации использования уже действующих. В перспективе значительную роль в энергетике будут играть нетрадиционные и возобновляемые источники.

Большинство альтернативных источников энергии сложно назвать надежными. Те же солнечные электростанции отлично работают, когда ярко светит Солнце, давая максимум энергии, ветроэлектростанции в штиль вообще не дают электричества. С другой стороны, если использовать сразу несколько таких источников, то они могут заменять друг друга в случае отсутствия оптимальных условий для работы одного из элементов «зеленой» энергетической инфраструктуры государства или целого континента.

Нетрадиционная энергетика, находится в стадии активного развития, но проекты требуют больших инвестиций, поэтому процесс перехода на возобновляемые источники энергии происходит во всем мире довольно медленно. Хотя, в промышленно-развитых странах, доля альтернативной энергетики доходит до 55%. (Швеция – 55%, Финляндия – 41%, Дания – 36%, Франция и Германия – 16%)

Давление на страны мира со стороны «зеленых» на применение возобновляемых или экологически чистых источников энергии будет только возрастать – последний пример выступление девочки-активистки Греты Тунберг в ООН в сентябре 2019 года.

В этой связи, вопросы эффективного использования возобновляемых ресурсов рассматриваются как задача на ближайшее будущее. Применение тепловых насосов в альтернативной энергетике является принципиально новым решением проблемы теплоснабжения и позволяет в зависимости от сезона и условий работы достигать максимальной эффективности, так как они могут быть встроены и в существующие системы отопления и горячего водоснабжения, а также одновременно может служить источником тепла/холода для системы кондиционирования (воздушного отопления).

Тепловой насос представляет собой устройство, позволяющее переносить тепловую энергию от более нагретого тела к менее нагретому телу, увеличивая его температуру. В последние годы тепловые насосы пользуются повышенным спросом как источник альтернативной тепловой энергии, позволяющий получать действительно дешевое тепло, не загрязняя при этом окружающей среды.

Сегодня их выпускают многие производители теплотехнического оборудования, а общая тенденция такова, что в ближайшие годы именно

тепловые насосы займут лидирующие позиции в ряду отопительного оборудования.

Концепция тепловых насосов была разработана ещё в 1852 году выдающимся британским физиком и инженером Уильямом Томсоном и в дальнейшем усовершенствована и детализирована австрийским инженером Петером Риттер фон Риттингером. Но практическое применение тепловой насос приобрел значительно позже, а точнее в 40-х годах XX века, когда американский изобретатель-энтузиаст Роберт Вебер экспериментировал с морозильной камерой.



В 1940-х годах тепловой насос был известен благодаря своей чрезвычайной эффективности, но реальная потребность в нём возникла после нефтяного кризиса 1973 года, когда, несмотря на низкие цены на энергоносители, появился интерес к энергосбережению.

Тепловой насос состоит из следующих элементов:

- Компрессора, работающего от обычной электрической сети;
- Испарителя;
- Конденсатора;
- Капиллярных трубок;
- Терморегулятора;

– Рабочего тела или хладагента, на роль которого в наибольшей степени подходит фреон. Опять же, по требованиям «зеленых» более эффективный фреон заменяется на хладон – компонент, разработанный фирмой Дюпон.

Принцип действия теплового насоса можно описать с помощью Цикла Карно.

Поступающий в испаритель по капилляру газ (фреон) расширяется, его давление уменьшается, что приводит к его последующему испарению, при котором он, соприкасаясь со стенками испарителя, активно забирает у них тепло. Температура стенок снижается, что создает разницу температур между ними и массой, в которой находится тепловой насос. Как правило, это подземные воды, морская вода, озеро или масса земли. Не трудно догадаться, что при этом начинается процесс передачи тепловой энергии от более нагретого тела к менее нагретому телу, которым в данном случае, являются стенки испарителя. То есть, тепловой насос «выкачивает» тепло из среды низко-потенциального теплоносителя.

На следующем этапе хладагент всасывается компрессором, затем сжимается и под давлением подается в конденсатор. В процессе сжатия его температура возрастает и может составлять от 80 до 120 С, что более чем достаточно для отопления и горячего водоснабжения жилого дома. В конденсаторе хладагент отдает свой запас тепловой энергии, остывает, переходит в жидкое состояние, а затем и поступает в капиллярные трубки. Затем процесс повторяется.

Для управления работой теплового насоса используется терморегулятор, с помощью которого прекращается подача электроэнергии в систему при достижении в помещении заданной температуры и возобновление работы насоса при снижении температуры ниже заранее определенного значения.

Тепловой насос можно использовать в качестве источника тепловой энергии и устраивать с ним системы отопления, аналогичные системам отопления на основе котла или печи. Пример такой системы приведен на схеме ниже (см. рисунок 1).

Следует отметить, что работа теплового насоса возможна только при подключении его к источнику электрической энергии. При этом может ошибочно возникнуть мнение, что вся система отопления основана на использовании именно электрической энергии. В действительности, для передачи в систему отопления 1 кВт тепловой энергии необходимо затратить приблизительно 0,2-0,3 кВт электрической энергии.

Причем, можно рассмотреть возможность работы электрических систем теплового насоса от солнечных фотоэлементов, интегрированных с помощью инверторных систем в систему энергоснабжения жилого дома.

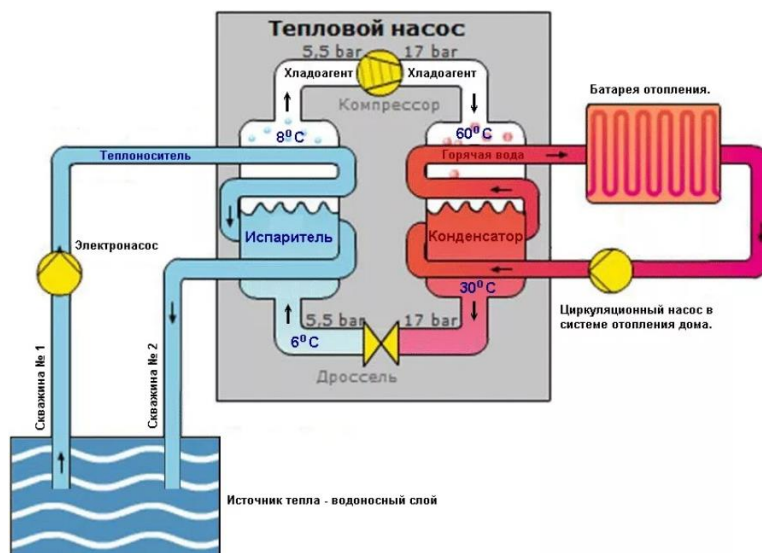


Рисунок 1 – Принцип работы теплового насоса

Современные тепловые насосы можно классифицировать в зависимости от источника низко-потенциального источника тепловой энергии, это может быть грунт, вода (в открытом или в подземном водоеме), а также наружный воздух.

Полученная тепловая энергия может передаваться воде и использоваться для устройства водяного отопления, и горячего водоснабжения, а также воздуху, и применяться для отопления и кондиционирования. Учитывая это, тепловые насосы делят на 6 видов:

- От грунта к воде (грунт-вода);
- От грунта к воздуху (грунт-воздух);
- От воды к воде (вода-вода);
- От воды к воздуху (вода-воздух);
- От воздуха к воде (воздух-вода)
- От воздуха к воздуху (воздух-воздух).

Каждый вид тепловых насосов имеет свои характерные особенности установки и эксплуатации.

Выбор того или иного вида насоса производится с учетом геологических особенностей местности: наличие открытых водоемов, подземных грунтовых вод, ровных открытых площадок и т.д.

Среди преимуществ теплового насоса следует выделить:

- Высокую эффективность;
- Возможность переключения с режима отопления на режим кондиционирования и его последующее использование летом для охлаждения помещений;
- Возможность использования эффективной системы автоматического контроля;
- Экологическую безопасность;
- Компактность (размер не более бытового холодильника);
- Бесшумность работы;
- Пожарную безопасность, что особенно важно для обогрева загородных домов.

Среди недостатков теплового насоса следует отметить высокую стоимость оборудования и сложность монтажа.

Однако, не смотря на высокие капитальные затраты, перед тепловыми насосами открываются хорошие перспективы.

Например, при отсутствии подвода газа в современных коттеджных и дачных посёлках для отопления домов в большинстве случаев стараются использовать электричество. Несомненно, это удобно, однако дорого. Для отопления дома электричеством требуется значительная выделенная мощность, и кроме этого, потребление электроэнергии для выработки тепла велико, что может вызвать отключение электричества и перегрузку локальных сетей. Кондиционирование дома также в большинстве случаев осуществляется с помощью электроэнергии. В результате чего затраты на отопление, горячее водоснабжение (ГВС), вентиляцию дома, кондиционирование достигают немалых сумм.

Исходя из вышеперечисленного, а также учитывая возможный рост стоимости невозобновляемых источников энергии (природный газ и уголь), дороговизны подключения к электрическим и тепловым сетям, тепловые насосы становятся хорошей альтернативой использованию газовых и электрических котлов.

### **Библиографический список**

1. Копп О. А., Семененко Н. М. Геотермальное отопление. Тепловые насосы. // Научно-методический электронный журнал «Концепт», 2017;
2. Лунева С. К., Чистович А. С., Эмиров И. Х. К вопросу применения тепловых насосов. // Журнал «Технико-технологические проблемы сервиса», 2013;
3. Тепловой насос // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978;
4. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоёв Земли (Монография). Издательский дом «Граница». М., «Красная звезда» — 2006. — 220с.

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ГАЗОМЕХАНИКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗВЕСТИ****Башкова М.Н., Кузьмин А.В.***ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. В работе проведен анализ возможности математического моделирования процессов газомеханики при производстве извести.*

*Ключевые слова: производство извести, реологические и механические характеристики.*

В настоящее время перед основными отраслями промышленности стоит задача коренного улучшения производства с целью снижения топливно-энергетических затрат, повышения производительности агрегатов и качества продукции. Шахтные печи являются одним из наиболее массовых технологических агрегатов для тепловой обработки кусковых материалов, от эффективности работы которых существенно зависят технико-экономические показатели различных производств, в том числе и строительной отрасли. В связи с этим разработка и внедрение рациональных тепловых режимов и конструкций слоевых печей для производства извести является одной из важнейших проблем развития современных и перспективных методов тепловой обработки сыпучих материалов, решение которой одновременно обеспечивает улучшение качества готовой продукции, экономию топлива и сокращение вредных выбросов в атмосферу [1].

Одной из причин, сдерживающих широкое развитие математического описания движения кусковых материалов, в том числе известняка, является отсутствие реологических и механических характеристик реальных шихт. Существующие методы решения поставленных задач основаны на установках трехосного сжатия. Они позволяют проводить компрессионные испытания и определять, в рамках модели линейно – деформируемого тела, такие характеристики деформируемости, как модуль деформации  $E$ , коэффициент бокового давления  $\nu$ , коэффициент Пуассона  $\nu$ . Кроме того, эти установки позволяют проводить стабильметрические испытания по схеме раздавливания образца и позволяют находить характеристики прочности – угол внутреннего трения  $\varphi$  и сцепление  $C$ . Из всего существующего многообразия методик проведения подобных экспериментов чаще всего выбирается методика "повторных сдвигов" на одной исследуемой пробе, являющаяся наиболее перспективной и экономичной в отношении времени, затрачиваемого на проведение испытаний [2].

Экспериментальные исследования, проведенные для известняка фракций 0-5 мм, 5-10 мм, 10-15 мм, а также смеси разных фракций известняка, позволяющих моделировать различную порозность слоя, позволили получить реологические свойства реальных шихт, а также зависимость модуля деформации от порозности  $E=f(\mathcal{E})$ , аппроксимированную степенной функцией. Авторы [3] отмечают, что расчётные данные по  $tg \varphi$  хорошо коррелируют с данными, имеющимися в литературе.

Полученные результаты по реологии слоя помогают перейти к математическому моделированию движения материалов. Проведение конечно-разностной аппроксимации дифференциальных уравнений, составляющих модель движения слоя известняка, методы задания граничных условий, алгоритм и программа решения задачи позволят рассчитать скорости движения материалов при помощи одного из наиболее эффективных методов - метода расчета поля функции тока, используя реологические соотношения, связывающие тензор напряжений с тензором деформаций. В дальнейшем это позволит оптимизировать конструкцию зоны обжига шахтной печи по производству извести, используя решение сопряженных задач газомеханики, движения материала, тепло – и массообмена.

**Библиографический список**

1. Монастырев, А.В. Производство извести. – Москва, 1972.
2. Попов, К.Н. Оценка качества строительных материалов (физико-механические испытания строительных материалов) : учебное пособие для вузов / под ред. К.Н.Попова. – Москва : АСВ, 1999. – 239 с.
3. Елпанов, В. Г. Экспериментальные исследования структуры слоя кусковых материалов / В.Г.Елпанов, А.К.Хисматулин, М. Н. Башкова, Я.М.Гордон, В.С.Швыдкий // Известия вузов. Черная металлургия. – 1990. – № 10. - С. 58 – 61.

## СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

**Збродько П.В., Баклушина И.В.**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Приведена информация об устройстве системы вентиляции служебного модуля “Звезда” на МКС. Рассмотрены устройства системы вентиляции жилой и приборной зоны.*

*Ключевые слова: международная космическая станция, служебный модуль, жилая зона, приборная зона.*

Для жизнедеятельности человека большое значение имеет качество воздуха. От него зависит самочувствие, работоспособность и в конечном итоге здоровье человека.

Служебный модуль “Звезда”- это один из модулей Международной космической станции (МКС). Модуль был запущен 12 июля 2000 года. Пристыкован к МКС 26 июля 2000 года. Российский служебный модуль включает все системы, необходимые для работы в качестве автономного обитаемого космического аппарата и лаборатории.

На борту СМ “Звезда” установлена усовершенствованная система вентиляции. Система вентиляции играет важную роль в работе станции МКС. Правильная ее работа обеспечивает комфортное пребывание космонавтов длительное время, без ущерба здоровью, а также бесперебойную работу оборудования. Система вентиляции служебного модуля орбитальной станции обеспечивает гарантированный обдув приборной зоны и комфортные параметры атмосферы жилой зоны станции с одновременным снижением энергопотребления системы [1].

Этот модуль первоначально разрабатывался для замены отработавшей свой срок космической станции «Мир», но в 1993 году было принято решение использовать его как один из основных элементов российского вклада в программу Международной космической станции. Российский служебный модуль включает все системы, необходимые для работы в качестве автономного обитаемого космического аппарата и лаборатории. Он позволяет находиться в космосе экипажу из трёх космонавтов, для чего на борту имеется система жизнеобеспечения и электрическая энергоустановка. Кроме того, служебный модуль может стыковаться с грузовым кораблём «Прогресс», который раз в три месяца доставляет на станцию необходимые припасы и корректирует её орбиту [2].

В жилой зоне охлажденный и осушенный воздух подается вентиляторами, или илико- которые являются основными побудителями воздушного потока в жилой зоне. В смесителях потоки воздуха перемешиваются с усреднением температуры и относительной влажности воздушной массы. Далее воздушный поток распределяется между объектами вентиляции: сначала подается в жилую зону, а за тем в бортовой компьютер. Примерно 65% выходящего из бортовых кондиционеров воздуха подается в жилую зону через вентиляционные решетки, которые обеспечивают равномерность поля скоростей по всему сечению. Таким образом, в результате смешения потоков воздуха и усреднения их скоростей воздух в жилой зоне по всему объему, в отличие от известных систем, имеет одинаковые параметры по температуре, скорости и относительной влажности. После прохождения жилой зоны или иливоздух попадает на пылезащитные фильтры, где очищается от пыли и загрязняющих его механических примесей или или подается в воздуховоды, в которых на входе в них воздуха установлены вентиляторы, которые обеспечивают движение воздуха по воздуховодам к бортовым конди-

ционерам. Один из вентиляторов бортового компьютера, а именно вентилятор в полости теплообменника, работает постоянно, а другой – в полости кондиционера – включается при необходимости осушки воздуха. На входе в бортовой кондиционер воздух имеет температуру выше комфортной за счет тепловыделений в жилой зоне членами экипажа, различными светильниками и т.д. и подмешивания к нему воздуха через воздухозаборные люки, где он забирает тепло от установленной там аппаратуры. После прохождения воздуха через бортовой кондиционер температура его понижается до комнатной (около 20°C). Каждый вентилятор и электродвигатель подключается своим автономным кабелем к ближайшей от места установки вентилятора розетке, при этом каждый вентилятор снабжен кронштейном с шаровым шарниром, позволяющим изменять направление потока воздуха. Часть воздушного потока, проходящего через жилую зону с помощью вентиляторов кают о воздуховодам, отбирается для вентиляции кают. В воздуховодах расположены регуляторы потока, позволяющие изменять расход воздуха в каюты. Из кают воздух через открытые двери или вентиляционные решетки, расположенные на дверях, поступает в жилую зону.

Приборная зона разделена воздухонепроницаемыми перегородками, в которой размещена аппаратура с большим уровнем тепловыделения. Охлажденный и осушенный воздух, выходящий через вентиляционные решетки с помощью вентиляторов, транспортируется в район потолка, где проходят воздуховоды по левому и правому борту и где расположена в основном вся аппаратура. После обдува аппаратуры воздух через заборные люки, которые снабжены защитными сетками, поступает в воздуховоды, и далее во входные штуцеры. Благодаря небольшой протяженности воздушного тракта (от пола до потолка) и небольшому расходу воздуха (~ 20% выходящего из бортового кондиционера воздуха) мощность вентиляторов, расположенных в полости незначительна, и, следовательно, энергопотребление их тоже небольшое.

То есть по сравнению с известными на сегодняшний день техническими решениями вновь созданная система вентиляции служебного модуля орбитальной станции обеспечивает надежную вентиляцию в приборной зоне рабочего отсека служебного модуля с гарантированным обдувом воздушными потоками с требуемыми уровнями скоростей и температур размещенных там приборов и аппаратов, что создает требуемый температурный режим их работы, обеспечивает комфортные параметры воздуха по всему объему жилой зоны и, кроме того, позволяет снизить энергопотребление системы вентиляции, что очень актуально для орбитальных станций [1].

#### **Библиографический список:**

1. Система вентиляции служебного модуля орбитальной станции. Авторы: Куликов Ю.Б.; Федотов В.К.; Цихоцкий В.М. [Электронный ресурс] <https://findpatent.ru/patent/214/2148539.html>. (дата обращения 20.05.2019г.)
2. Звезда (модуль МКС). [Электронный ресурс] [https://ru.wikipedia.org/wiki/Звезда\\_\(модуль\\_МКС\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Звезда_(модуль_МКС)). (дата обращения 20.05.2019г.)

## СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Сержантов Т.А., Баклушина И.В.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),  
г. Новокузнецк, Россия*

*Аннотация. Приведена информация по обеспечению членов экипажа МКС питьевой и технической водой. Рассмотрены системы регенерации воды в условиях микрогравитации. Отмечены возможные перспективы развития замкнутых систем очистки.*

*Ключевые слова: международная космическая станция, регенерация воды, очистка, санитарно-гигиенические процедуры, питьевая вода.*

Вода – то, без чего не может обойтись ни один человек. Она – основа жизни на Земле. Эпоха освоения космоса, наступившая с запуском первого искусственного спутника в 1957 году, лишь увеличила значимость воды для человека. В условиях замкнутого пространства, которое из себя и представляет Международная космическая станция, расход воды критически важен. Проведение качественных санитарно-гигиенических процедур – одна из ключевых задач обеспечения комфортных и безопасных условий функционирования экипажа.

Первые космические аппараты не имели замкнутой системы водоснабжения. Вся вода на борт изначально бралась с Земли, а также в дальнейшем осуществлялась её поставка с запуском отдельных космических аппаратов. В настоящее время очистительная система МКС перерабатывает около 60% всей жидкости на борту. В российском сегменте станции функционирует усовершенствованная система регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-2КМ. Производительность данной системы обеспечивает жизнедеятельность 6 членов экипажа [2].

Согласно действующим стандартам, для герметичного отсека космического летательного аппарата на осуществление санитарно-гигиенических процедур требуется от 0,2 до 7 литров воды на одного члена экипажа в сутки. Для сравнения, норма расхода воды на одного жителя жилого дома – 300 литров в сутки. Низкий показатель водопотребления на МКС связан с тем, что там не проводятся полноценные санитарно-гигиенические процедуры. Связано это с отсутствием соответствующего оборудования и методов полноценного умывания рук, лица и тела в условиях практически полного отсутствия гравитации [2].

Рассмотрим принципы действия систем регенерации воды:

1. Действие системы регенерации воды неразрывно связано с функционированием системы кондиционирования воздуха (СКВ). Воздух, который был охлажден, поступает обратно в СКВ, и влага, содержащаяся в нём, конденсируется на поверхностях аппарата. После этого она с помощью насоса по трубопроводу, протяженность которого составляет около 5 метров, поступает в систему очистки. Первый её элемент – блок очистных колонок, работающий по принципу адсорбционной очистки.

Есть примеси диссоциирующие. Они распадаются на ионы в воде, например, аммиак, соли металлов – в основном, это неорганические соединения – и для них используются ионообменные смолы. Этот процесс называется хемосорбция: ионообменные смолы химически связывают ионы примесей, выпадая в осадок. Для недиссоциирующих (спирты и другая органика) используется физическая адсорбция активированным углём или каталитическое окисление. На выходе российской Системы регенерации воды из Конденсата атмосферной влаги (СРВ-К) установлен сигнализатор проверки воды на электропроводность: если сигнала

лизатор не срабатывает, значит, все ионы поглощены, и вода считается пригодной для питья. В противном же случае вода признается технической. Питьевую воду затем кондиционируют: обогащают минеральными солями кальция, магния, натрия, добавляют йод. В результате получается вода даже чище той, что на Земле [3].

2. В настоящее время система, способная перерабатывать мочу в воду, функционирует только на американском сегменте МКС.

После того, как космонавты посетят туалет, их моча поступает в специальное дистилляционное устройство в виде барабана, представляющее составную часть системы регенерации воды (ECLSS). Вращаясь, устройство создаёт центробежную силу, отбрасывая мочу к стенкам, которые затем нагреваются до той температуры, пока из жидкости не начнёт выпариваться вода и конденсироваться во внешней камере барабана. Таким образом, из общего объема поступившей в систему мочи можно получить до 85% воды. Далее вода закачивается в бак, куда также поступает конденсирующаяся из воздуха влага. Под давлением вода из бака поступает в сепаратор, где удаляются запахи. Затем, как и в СКВ-2М, вода проходит различные фильтры, в том числе адсорбирующие и ионообменные. Следующий этап – поступление в камеру, где жидкость нагревается до 130°C, чтобы уничтожить все оставшиеся органические примеси, а после в неё добавляют йод для предотвращения размножения микробов. В конце следует процедура проверки на остатки примесей: вода, прошедшая проверку, поступает в специальные резервуары, откуда уже расходуется экипажем. Важно то, что вода, полученная таким способом, не используется в качестве питьевой.

Весной 2018 года на российском модуле МКС «Рассвет» была установлена экспериментальная система регенерации воды под названием СРВ-У-РС. Однако, по словам космонавтов, стабильной очистки воды добиться всё ещё не удалось, поскольку система даёт сбои [1].

В заключение стоит отметить, что современные российские системы регенерации воды позволяют обеспечить космонавтов на МКС водой на 63%. Биохимический анализ показал, что регенерированная вода не утрачивает своих исходных свойств, и полностью пригодна для питья. В настоящий момент российские ученые работают над созданием более замкнутой системы, что позволит обеспечить космонавтов водой на 95%. Существуют перспективы развития систем очистки, которые обеспечат на 100% замкнутый цикл.

### **Библиографический список**

1. На МКС не смогли преодолеть сбои в системе производства питьевой воды из мочи [Электронный ресурс] // [interfax.ru](http://interfax.ru). – 2018. – 17 мая. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/611628>. – Загл. с экрана. (дата обращения 20.05.2019г.)

2. Сальников Н.А., Николайкина Н.Е. Исследование очистки санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе водообеспечения летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. 2016. №225 (3). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ochistki-sanitarno-gigienicheskoy-vody-v-zamknutoy-sisteme-vodoobespecheniya-letatelnyh-apparatov>. . (дата обращения 20.05.2019г.)

3. Цена одной капли – как добыть воду на космическом корабле? [Электронный ресурс] // URL: <https://aboutspacejournal.net/2016/06/04/цена-одной-капли-как-добыть-воду-на-к/> (дата обращения 20.05.2019г.)

## SUMMERY

УДК 378.096

### **SIBGIU INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION: PRESERVING TRADITIONS, BUILDING THE FUTURE**

Aleshina E. A.

The article presents the main stages of creating and directions of development of the Architectural and construction Institute of the Siberian State Industrial University (ACI SibSIU). Photo materials of the Department of architecture of ACI SibSIU were used.

Key words: Architecture and construction Institute, Siberian State Industrial University.

#### **Section 1.**

### **ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING OF RUSSIA INDUSTRIAL REGIONS**

УДК 72.03 (571.17)

### **ARCHITECTURAL AND URBAN HERITAGE OF THE LAND OF KUZNETSK**

Blaginykh E.A., Terednickenko Z.M.

The evolutionary development of the architectural and urban planning culture of the land of Kuznetskaya has been shown for six historical periods, characteristic features and principles of formation of the architectural and artistic environment of the city of Kuznetskaya have been revealed.

Keywords: Spatial structure, architectural and urban planning heritage, Kuznetsk city.

УДК 711.417.2 (571.17)

### **SOCIALIST CITY. BEGINNING**

Zhuravkov M. Yu., Blaginykh E.A.

Designing cities in Siberia in the 1930s is a rather complex process, due to the General economic situation, the settlement system and the development of settlements. One of the most significant factors in the development of cities was the emergence of powerful city-forming impulses based on the plan of industrialization, economic and cultural development of Siberia, and, as a consequence, the concentration of population in these areas. . The factors and reasons for the emergence of such a phenomenon as a socialist city on the example of Novokuznetsk are presented, its Genesis and formation until the mid-twentieth century are presented.

Keywords: socialist city, garden city, General plan, New Kuznetsk.

УДК 727.3.03 (571.17)

### **HISTORY OF THE CREATION OF A COMPLEX OF EDUCATIONAL BUILDINGS SIBSIU IN NOVOKUZNETSK**

Magel V.I.

The article contains the materials of the study of the history of the creation, placement and architecture of the complex of educational buildings of the Siberian State Industrial University (SibSIU) ).

Keywords: Complex of educational buildings, SIBM, media, SibSIU.

УДК 332.1

### **OPTIMIZATION OF THE TERRITORIAL STRUCTURE OF THE CITY OF PROKOP- IEVSK TAKING INTO ACCOUNT THE PROGRAM «TERRITORY OF ADVANCED SO- CIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT»**

Naryzhnaya V.V., Grigoryeva T.I.

The article discusses ways to optimize the land resources of urban municipal territory taking into account the program «Territory of advanced social and economic development». The purpose of the article is to choose the most suitable land for the placement of an industrial enterprise which will create favorable conditions for social and labor adaptation of young people as well as improve the socio-economic efficiency of the municipality.

Key words: territorial optimization; social and economic development; problems of single-industry towns.



УДК 72.025:[725:622.271]

## **ARCHITECTURAL RENOVATION RESTORED COAL SECTION AREAS**

Blaginykh E.A., Drozhzhin R.A.

The work contains studies on the development of the concept of architectural renovation of the worked areas of the Berezovsky section as a platform for the implementation of urban projects within the framework of four main blocks: Transport and Communications, Architecture and Environment, Ecology, Culture and Sports.

Key words: Architectural renovation, infrastructure development, greening, sustainable development of territories.

УДК 721.011.12

## **EFFICIENCY OF THE RECONSTRUCTION OF HOUSING**

Matekhina O.V.

The work addresses the issues of obtaining housing that meets modern comfort requirements as a result of the reconstruction of the old Housing. Redevelopment allows to bring the space area in line not only with the existing standards of social housing, but also to get residential and auxiliary rooms of higher comfort.

Keywords: reconstruction, redevelopment, comfortable housing.

УДК 727

## **EXPERIENCE OF RECONSTRUCTION OF INTERIOR FLOW SIBGIU AUDIENCE - ARCHITECTURAL ACOUSTICS AND STYLE**

Ershova D.V.

The problems and the experience of reconstructing the interiors of the flow auditorium, the functional, architectural, artistic and technical tasks of reconstruction related to the formation of an aesthetically high-quality working environment for educational activities are considered. The results of the audience's design from sketches to implementation, the natural room acoustics calculations with recommendations for creating a diffuse sound field are presented.

Keywords: interior reconstruction, interior design, classroom, acoustic calculation, diffuse sound field, reverberation time, secondary reflections, architectural acoustics, architecture.

УДК 721.04.8

## **THE ORGANIZATION OF THE COGNITIVE AND ADVERTISING COMPLEX IN THE CAMPUS SIBSIU**

Nazarenko I.K., Matekhina O.V., Shevchenko V.V.

A conceptual design of a potential possible innovation of one of the components of the SibSIU campus is proposed - an elevated indoor transition from the main building to the metallurgical building, by placing a targeted photo gallery and a commemorative sculpture in honor of the 90th anniversary.

Keywords: stained-glass windows, photo stands, informative, institute, atrium, sculptural composition, in honor of the 90-th anniversary of the university.

УДК 72.025.5:711.611

## **RENOVATION OF THE EASTERN SQUARE IN THE CAMPUS SIBGIU**

Nazarenko I.K., Matekhina O.V., Shevchenko V.V.

A two-part outline design of potential urban-architectural and construction measures for socio-economic and cultural studies to complement the university's campus in connection with the upcoming celebration of its 90th anniversary has been proposed.

Keywords: existing components, reconstruction, renovation, walk of fame.

УДК 728.011.26+725.2 (571.16)

## **FEATURES OF THE ORGANIZATION MODERN RESIDENTIAL DEVELOPMENT**

Varlakova E.S., Blaginykh E.A.

The possibility of reconstruction of existing neighborhoods as the most important positive factor of qualitative urban transformation of Tomsk is considered.

Keywords: multifunctional residential complex, elements of urban environment.

УДК 692.23.699.86

## **ON THE ISSUE OF IMPROVING THE MOUNTING SYSTEMS OF CURTAIN WALLS**

D.E. Abramenzov, L.A. Ksendzova

The heat-shielding properties of facades with a ventilated air gap are affected by the thermal conductivity of the material and the dimensions of the brackets of the fastening system. It is shown that the maximum heat-shielding properties of the facade structure are achieved with the smallest number of brackets and their implementation from steel.

Key words: curtain walls, heat insulation, heat loss, heat protection, heat conduction, bracket.

УДК 728.011:[699.841:624.014]

**PROJECT OF A RESIDENTIAL HOUSE WITH METALL CONSTRUCTION  
IN SEISMIC DISTRICT**

Nezavitina.E.I, Panov C.A., Panova V.F.

The project of a residential high-rise building taking into account the construction in the seismic area. The methods of construction and organization of construction for the designed object are chosen. The characteristic of the area of object placement is described. A study on the relevance of the choice of a metal frame, as well as performed thermal calculation of external walls and selected the most effective design to provide the required thermal protection in the Siberian conditions of the designed object.

Keywords: design, multi-storey buildings, seismicity, construction, metal frame, concrete slabs, wall construction, calculation.

УДК 72.07

**GLOBALISM CONCEPT AND PSYCHOLOGICAL BASIS CREATIVITY  
IN THE PRACTICE OF MODERN ARCHITECTURAL EDUCATION**

Ershova D.V.

The problems of globalism and the national identification of architecture in the practice of work on final qualifying works in the direction of teaching "architecture", a bachelor's degree are considered. Factors of a psychological, intellectual nature and their impact on architectural creativity during training. Features of the development of creative skills while working on a graduation project.

Key words: globalism in architecture, national identification in architecture, psychology of creativity, preparation of architectural personnel, final qualification work of an architect, bachelor's degree.

УДК 378.14:[72+69]

**REFORMS OF ARCHITECTURAL EDUCATION. PROBLEM AND REALITY**

Osipov J.K.

It is shown that any reform in education, especially higher education, is a very painful process. As a result, it leads to a sharp decline in young people's interest in higher education in a wide range of specialties.

Keywords: education, architecture, reform.

УДК 349.6

**DESIGN OF EXPERIMENTS TO IMPROVE THE LEGAL COMPONENT OF TRAINING  
MASTERS IN THE DIRECTION OF «LAND MANAGEMENT AND CADASTRES»**

Ivanova L.M., Belkov A.V.

The article examines the issue of improving the legal training of masters in the direction of "land Management and cadastres". In order to assess the need for improvement, a scientific experiment is planned with the participation of undergraduates of KuzSTU in the direction of "land Management and cadastres". The form of the experiment - testing of undergraduates in 5 areas of law.

Keywords: land management, cadastre, master's, Kuzbass state technical University, scientific experiment, zemelinoe law, real estate law, forestry law, mineral resources, cadastral work.

УДК 349.6

**THE RESULTS OF THE EXPERIMENT CONDUCTED IN ORDER  
TO IMPROVING THE LEGAL COMPONENT OF TRAINING MASTERS  
IN «LAND MANAGEMENT AND CADASTRE»**

Ivanova L.M., Belkov A.V.

The article examines the issue of improving the legal training of masters in the direction of "land Management and cadastres". In order to assess the need for improvement, a scientific experiment was conducted with the participation of undergraduates of KuzSTU in the direction of "land Management and cadastres". The form of the experiment - testing of undergraduates in 5 areas of law. The results of the experiment are analyzed.

Keywords: land management, cadastre, master's, Kuzbass state technical University, scientific experiment, zemelinoe law, real estate law, forestry law, mineral resources, cadastral work.

## **Section 2.**

### **NEW MATERIALS, DESIGNS AND INNOVATIVE TECHNOLOGYS IN CONSTRUCTION**

УДК 691.4(571.1/.5)

#### **PROSPECTS FOR THE PRODUCTION OF BUILDING CERAMIC MATRIX COMPOSITES IN KUZBASS**

Stolboushkin A. Yu.

In view of the priority decisions of the political leadership of the Russian Federation, it has been shown the necessity of the ecological development of the Kuzbass region, which has hundreds of millions of tons of industrial waste. New drivers of construction and development of Kuzbass are given on the example of ceramic building materials. The expediency of the transition of resource-intensive production of building ceramics to new types of technogenic raw materials is noted. The low efficiency of traditional technological methods for producing bricks using technogenic raw materials is shown. It has been presented the relevance of the production of building ceramic matrix composites based on wastes of Kuzbass. The boundary conditions for creating ceramic matrix composites with structures of various types are given, including a cell-filled, a cellular with a glass-crystal frame, and volume-painted structures. The effectiveness of using the developed compositions and technologies for producing ceramic wall materials of a matrix structure is noted.

Key words: environmental safety, technogenic aluminosilicate raw materials, ceramic matrix composites, cellular ceramics with glass-crystal framework, volume-painted ceramics of matrix structure

УДК 624.148.

#### **PROSPECTS OF PRODUCTION OF GRANULATED FOAM GLASS BASED ON SILICA ROCKS OF THE SOUTHERN URALS**

Storozhenko G.I., Gritchin G.S.

The paper presents the results of laboratory studies and pilot tests of the production of foamed glass based on the silica clay from South Urals. It is shown that the granulated foamed glass can be commercially produced from widespread siliceous raw material, using home equipment.

Keywords: siliceous raw material, silica clay, granulated foamed glass

УДК 692:624.0273.

#### **THE POSSIBILITIES OF FITTING SMALL CONCRETE CONCRETE BY ADDITIVES OF DIRECTED ACTION**

Pichugin AP, Hritankov V.F., Pichugin M.A., Matus E.P.

The results of increasing the resistance of fine-grained concrete to the effects of water and negative temperatures are given. To this end, the coefficients of the linear temperature expansion of the material were first studied, after which the optimum prescription parameters were determined using wastes of chrysotile cement production (OCCP) and polymer compositions. Such additives allowed the use of fine-grained concretes in the construction of pavement and curb stones. There is good resistance to water and negative temperatures.

УДК 666.942

#### **PROSPECTS OF PRODUCTION OF COMPOSITE PORTLAND CEMENT AT CEMENT PLANTS IN SIBERIA**

Kozlova V.K., Kudyakov A.I., Karpova Y.V., Kusturin A.V.

The article deals with the use of dry ash, formed by flaring Kansk-Achinsk brown coal in the production of composite Portland cement cement plants in Siberia. The performed studies have shown that the use of a combined ash carbonate additive allows to obtain a defect-free cement stone with reduced carbonation shrinkage and increased resistance against sulfate and carbon dioxide corrosion.

Key words: Portland cement, composite Portland cement, high calcium ash, active mineral additives, destructive phenomena.

УДК 691.32

**USE OF METALLURGICAL WASTE AS RAW MATERIALS  
FOR PRODUCING CONCRETE OF VARIOUS PURPOSE**

Skipnikova N.K., Semenovskh M.A., Grigorevskaya D.K.

The paper presents research on the possibility of using metallurgical waste as aggregates for concrete. Their properties were investigated and optimal compositions of concrete mixtures were established for the production of fine-grained and heavy concrete.

Key words: concrete, metallurgical waste, raw materials, strength.

УДК 691-048.78

**ELECTROPHYSICAL METHODS  
OF OBTAINING INNOVATIVE BUILDING MATERIALS**

Volokitin G. G., Alekseev A. A., Glotov S. A.

The article presents research on the implementation of improving the operational reliability of asphalt and cement dispersed systems, using electrophysical methods of electrification of the surface of both filler and mineral binders. Methods for activation of filler and cement in the field of high-voltage corona discharge are presented. Graphs of the charge value of the surface of the mineral binder as a function of the electrical voltage at the electrodes are given. The optimal processing parameters were determined.

Keywords: corona discharge, asphalt concrete, cement concrete, surface charge, filler, and filler.

УДК 691.42

**TO THE QUESTION OF THE FROST RESISTANCE TEST ROAD CLINKER BRICK**

Kotlyar A.V., Terekhina Yu.V., Kotlyar V.D.

Abstract: The article discusses issues related to tests of road clinker bricks for frost resistance. It is shown that the test method indicated in GOST 32311-2012 «Clinker ceramic brick for paving. Technical conditions» is not entirely objective. The authors justify that for clinker bricks, taking into account frost resistance requirements and product operating conditions, the methods indicated in GOST 10060-2012 «Concretes. Methods for determination of frost resistance» for road concrete.

Keywords: clinker brick, frost resistance, tests, product brand, freezing, thawing.

УДК 691.022 : 72.04

**NEW TYPES AND TECHNOLOGIES OF FINISHING CONSTRUCTION STRUCTURES**

Panov S.A., Karpacheva A.A., Panova V.F.

The results of a laboratory experiment showing the production of translucent concrete using light-transmitting fiber and aggregate - burned rock are shown. Technologies for producing wall structures using cassette and 3D technology have been developed. The experience of using 3D technology in construction, the costs of manufacturing objects are considered. Laboratory models made. The signs of the use of light-conducting fiber for wall construction and small architectural forms are given. Recommended mixtures for concrete using local raw materials and industrial waste.

Key words: experiment, aggregate, wall structure, model, light-conducting fiber, cassette technology, 3D technology.

УДК 691.33, 624.131.38.

**INFLUENCE OF NANO-DIMENSIONAL ADDITIVES ON PROPERTIES  
REINFORCED-REINFORCED SOILS**

Pichugin A.P., Yazikov I.K., Chesnokov R.A., Bobylskay V.A.

Effective and cheap methods of strengthening soils with Portland cement with directional additives are considered. Inadequate water resistance and durability of ground-concrete on stretching during bending were noted. An integrated approach is proposed in the creation of reinforced-reinforced soils. The interaction processes in the systems "soil – Portland cement – ZHSH – OHCHP" in conjunction with the processed nanoscale compounds of the armature, which showed the effectiveness of the proposed technical solutions.

УДК691.327.33.2 (043.3)

**STUDY OF THE CONDUCTIVITY OF NON-AUTOCLAVING AERATED CONCRETE  
FROM NATURAL AND TECHNOGENIC RAW MATERIALS OF KYRGYZSTAN**

Kasymova M.T., Dyikanbaeva N.A. Oruzbaeva G.T.

The results of studies of the thermal conductivity of non-autoclaved aerated concrete based on natural and technogenic raw materials of Kyrgyzstan are presented. The influence of the structure of concrete and the coefficient of thermal conductivity of the raw materials used on the thermal conductivity of aerated concrete is established.

Keywords: non-autoclaved aerated concrete, thermal conductivity coefficient, filler, ash, limestone-shell rock, density, microstructure.

УДК 666.646

**CEMENT SYSTEMS USING WASTES OF THE METALLURGICAL INDUSTRY  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

Stanevich V.T., Nurkina M.N., Kudryshova B.Ch., Vyshar O.V.

The article is devoted to the use of blast furnace slags of ArcelorMittalTemirtau JSC in the cement industry. The paper considers the formation of cement-slag systems and investigated their quality indicators.

Key words: metallurgical slag, cement systems, clinker.

УДК 691.54

**APPLICATION OF ASH-SLACK WASTE OF CHP OF MONGOLIA  
IN THE CREATION OF THE ROADS**

Hadbaatar A., Mashkin N.A., Molchanov V.S.

The results of the study of the Ash-slag waste of the Erdenet and Darhan CHP of Mongolia as components of the ground-solo betonetons for strengthening the upper layers of the earthen of roads, the devices of the bases of road clothes and Shoulders. The topicality of the topic is connected with the growing need for road construction in local materials, while the disposal of ash waste.

Keywords: CHP of Mongolia, ash waste, chemical composition, astringent properties, road soil-building concretes.

УДК 666.973.6:691.147

**PRACTICE THE EXPERIENCE PRODUCTS FROM FIBROFOAMCONCRETE  
IN ROSTOV-ON-DON**

Morgun L.V., Morgun V.N., Bogatina A.Y., Kostylenko K.I.

The relevance of the work is based on the need of society in resource-saving materials. It is shown that 17 years of practical production of heat-insulating and structural-heat-insulating fiber-foam concrete allowed to significantly expand the range of products from autoclave-free gas-filled concrete. The building complex of Rostov-on-don received in addition to building blocks such products as window fillets, Windbloc, bridges civil buildings.

Keywords: fibropen concrete, compressive strength, bending tensile strength, facade insulation

УДК 666.3-184.4

**APPROBATION OF THE RESEARCHING METHOD OF THE TRANSITION LAYER  
OF THE NUCLEAR-SHELL OF CERAMIC MATRIX COMPOSITES  
USING EXAMPLE OF CARBON WASTE**

Fomina O.A., Stolboushkin A.Yu.

The results of testing a method for differentially studying the phase composition and the physicommechanical properties of the boundary transition between a dispersion medium and a dispersed phase of ceramic matrix composites are presented on the example of waste from the processing coally argillites and clay raw materials.

Key words: technogenic raw materials, coal waste, ceramic matrix composite, matrix, aggregated filler material

УДК 692:624.0273.

**CORROSIVE RESISTANCE OF PROTECTIVE-DECORATIVE  
COMPOSITIONS WITH NANODABABLES**

Pichugin A.P., Shatalov A.A., Smirnova O.E.

The chemical resistance of protective and decorative coatings of concrete and various stone materials is one of the necessary conditions for assessing the suitability of the material for anticorrosive coatings under the influence of

severe climatic influences and aggressive environments of agricultural production facilities. Positive principles of the formation of polymer-silicate protective compositions are shown in the article and the possibilities of improving their properties are determined.

УДК 54-148: 666.3.016

### **HIGH TEMPERATURE PHASE TRANSFORMATIONS IN SOLOGIANNI CHARGE, A MODIFIED FILTRATE OF SLUDGE WATER TREATMENT**

Shakhov S.A., Nikolaev N.Y.

Features of formation of phase composition of ceramics sologianni modified contained in the filtrate precipitate water treatment by a Sol silicate composition, the possible mechanisms of the formation of anortite - crystalline phase, for increasing strength of ceramic shard of pottery.

Key words: loam, ash, phase transformations, ceramics, anorthite.

УДК 662.73.

### **LONG-TERM ORGANOMINERAL COMPOSITES WITH DIRECTED ACTION ADDS**

Pichugin A.P., Smirnova O.E.

The article describes the properties of compositions based on flax bonfire and complex binder. The data of experiments on determining the effect of moisture on the compressive strength, the resistance of the stromal samples to alternate moistening and drying are presented.

Keywords: bonfire flax, heat insulation, properties, material.

УДК 691.4:666.3

### **THE INFLUENCE OF DISPERSITY OF MILLED OVERBOARDS OF CARBON MINING ON THE STRUCTURE OF CERAMIC WALL MATERIALS**

Kara-sal B.K., Chydyk S.A., Irgit B.B.

The effect of the dispersion of crushed mudstone overburden of coal mining on the structure of ceramic wall materials is established. It was revealed that the regulation of the dispersion of crushed overburden containing compacted clay minerals makes it possible to obtain ceramic wall materials of a porous and dense structure.

Key words: dispersion, overburden, mass, ceramic material, firing, structure.

УДК 622.6

### **SYNTHESIS OF WEAR-RESISTANT CERAMIC MATERIAL BASED ON THE SYSTEM $Al_2O_3-ZrO_2$ (3 mol.% $Y_2O_3$ ) WITH THE USE OF STRONTIUM ZIRCONATE PRECURSOR**

Pletnev P.M., Semantsova E.S.

The results for wear-resistant ceramic composite material based on ceramic matrix  $Al_2O_3 - ZrO_2$  (3 mol.%  $Y_2O_3$ ) strengthened by the formation of uniformly distributed plate hexagonal compounds  $SrAl_{12}O_{19}$  (platelet structures). The formation of planetary structures  $SrAl_{12}O_{19}$  is provided by the introduction of the precursor strontium zirconate before sintering the ceramic composite.

Key words: ZTA ceramics, aluminum oxide, zirconium dioxide, strontium aluminate, strontium zirconate, platelet.

УДК 666.7-1

### **COMPARISON OF THE BASIC CHARACTERISTICS OF CELLULAR CERAMIC SAMPLES OF PLASTIC AND SEMI-DRY PRESS**

Shevchenko V.V.

The results of laboratory studies of the physicomaterial properties and structure of cellular ceramics obtained by plastic molding and semi-dry pressing are presented. The obtained characteristics of cellular ceramics are compared by various preparation methods, the most suitable method for the production of ceramic cellular bricks is determined.

Key words: plastic molding, semi-dry pressing, cellular ceramics, granulated foam glass, heat-efficient ceramic materials.

УДК 666.974.4:[658.576.1:669.1]

**METHOD OF CALCULATING THE COMPOSITION OF A MULTI-FRACTION MIXTURE USING METALLURGICAL WASTE**

Panova V. F., Spiridonova I. V., Panov S. A.

Annotation the method of calculation of a three-component mixture with the use of metallurgical waste: crushed and granulated blast furnace slag, waste molding mixture of foundry production, waste of hardware production is Considered. The calculation is given as an example, which allows you to clearly understand the calculation methodology and analyze the data. The solidified mix allows to receive the maximum density of packing of fillers that provides high durability and wear resistance of concrete. The use of secondary mineral resources (BMP) provides environmental efficiency.

Keywords: mixture, waste, blast furnace slag, aggregates, environmental friendliness, calculation, composition.

УДК 666. 3. 022 : 539.2

**EFFICIENCY OF USE OF TECHNOGENIC AMORPHOUS SILICON DIOXIDE AS THE ACTIVATOR OF AGGLOMERATION OF POLYMINERAL CLAY RAW MATERIALS**

Zhenzhurist I.A., Musin I.R.

Efficiency of use as the activator of agglomeration of clay raw materials of amorphous silicon dioxide on the example of technogenic waste is shown: microsilicon dioxide, kremnegelya and natural diatomaceous earth. Addition to clay and silicic composition of a salt mineralizer, first of all NaCl, increases caking of composition and durability of material. Raised prochnost material it is received at compression formation and pressure of pressing of 25-35 MPas

Keywords: clays, microsilicon dioxide, kremnegel, diatomaceous earth, salt mineralizer, agglomeration

УДК 691.41

**FORMATION OF ANORTITO-VOLLASTONITE STRUCTURE OF CERAMICS WITH THE USE OF TECHNOGENIC RAW MATERIALS AND REFRACTORY CLAYS**

Buruchenko A.E., Kharuk G.N., Nepomniashchikh S.I., Sergeev A.A.

The effect of technogenic raw materials containing calcium carbonate on the formation of anorthite-wollastonite structure of ceramics obtained on the basis of refining waste and refractory clay is shown. Using the method of measuring the electrical conductivity of samples and x-ray phase analysis, physical and chemical processes occurring during firing, which provide high strength products, are determined.

Key words: technogenic raw materials, compositions, roasting, ceramic materials, sintering, properties.

УДК 691-4

**GROUND-CONCRETE COMPOSITE MATERIALS BASED ON SILICON-CLAY RAW MATERIALS AND ORGANIC-MINERAL CONNECTORS**

Ivaschenko Yu.G., Mameshov R.T.

This paper discusses the theoretical and technological aspects of the structure formation of building composite materials based on the Volga region siliceous-clay raw materials and organic-mineral binders. The research results showed a change in the indicators of adsorption and the cation exchange capacity of silicon-clay raw materials when modified with water-soluble resins. The work carried out on the study of structure formation and the nature of the influence of additives on this process creates the prerequisites for the development of effective compositions of unburned wall building materials.

Keywords: geopolymer, soil concrete, structure formation, acetone formaldehyde resin

УДК 691.3

**NEW GENERATION DECORATIVE TILES**

Kostin V. V., Rakov M. A., Klimova E.A.

Annotation. In Russia every year there are a number of tiles by a vibrocompression method. However, often these tiles do not meet the aesthetic requirements for their surface.

Keywords: decorative tiles, light-conducting concrete, physical and mechanical characteristics, manufacturing technologies

УДК 666.965.4

**THE INTRODUCTION OF COMBINED ASH ADDITIVES IS AN EFFECTIVE WAY TO IMPROVE THE QUALITY OF SILICATE BRICKS**

Kozlova V.K., Sarkisov Y.S., Bozhok E.V., Manokha A.M., Logvinenko V.V.

The article deals with the issues of improving the quality of silicate brick by introducing complex additives containing ash into the composition of the raw mixture. Studies show that the introduction of additives can increase the molding strength and compressive strength of the resulting brick. It is shown that the silicate brick made of silicate mass with additives is characterized by high resistance against carbon dioxide corrosion and significantly lower value of carbonation shrinkage.

Key words: silicate brick, complex additive, ash, carbon dioxide corrosion, carbonation shrinkage

УДК 691.5:666.9

**COMPOSITE MAGNESIUM BINDERS AND FINISHING MATERIALS FROM NATURAL MAGNESIUM SILICATES**

Lytkina E.V.

The paper presents studies to increase the water resistance of a magnesian binder and materials based on them. Trial samples of finishing materials with enhanced physical and mechanical characteristics were obtained.

Key words: magnesia binders, natural silicate fillers, waterproof binders, finishing materials, trioxhydrochloride.

УДК 691.544

**KINETICS OF THE EARLY STAGES OF CEMENT SYSTEMS HARDENING WITH INDIVIDUAL AND COMPLEX ADDITIVES BASED ON THERMALLY ACTIVATED POLYMINERAL CLAYS, CARBONATE ROCKS AND POLYCARBOXYLATE SUPERPLASTICIZER**

Nizina T.A., Balykov A.S., Volodin V.V., Korovkin D.I., Karabanov M.O.

Study was conducted on the effect of additives based on thermally activated polymineral clays, carbonate rocks, their thermally activated mixtures and polycarboxylate superplasticizer on the kinetics of the early stages of cement systems hardening. Optimum complexes of modifiers that allow directionally regulate the setting time and the rate of increase of the plastic strength of cement paste are revealed.

Key words: cement system, thermally activated polymineral clay, carbonate rock, polycarboxylate superplasticizer, hardening kinetics.

УДК 691.3:666.97:620.1

**INFLUENCE OF THE MICRO-DISPERSION MINERAL SILICON ADDITIVE ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE DRY MIXTURE ON THE CEMENT BASIS FOR 3D PRINTING**

Ilyina L.V., Semenova M.M.

The report examined the effect of a complex additive of silica fume and hyperplasticizer on the properties of fine-grained concrete mix and the strength of concrete. The optimal amount of complex additives was selected. The highest strength was achieved with the introduction of 5% MK at the initial stages of hardening and 20% MK at the later stages of hardening, together with 0.8% of hyperplasticizer. The speed of curing increases. The use of silica fume additive contributes to the production of quick-hardening high-strength concrete.

Key words: concrete, strength improvement, silica fume, fine-grained concrete, mineral additive, quick-hardening mixture

УДК 691.544

**INFLUENCE OF SUPERPLASTICIFICATORS ON THE KINETICS OF HARDENING OF WHITE PORLANCEMENT**

Baranov E.V., Shelkovnikova T.I., Baranova E.N.

For use in building materials, white Portland cement is usually used. Distinctive features of white Portland cement are a high alumina module, virtually no calcium aluminoferrites, higher fineness, etc. In this regard, the work presents the results of studies of the influence of various types of superplasticizers on the physicomaterial properties and kinetics of hardening of white Portland cement and determines the optimal dosages of various superplasticizers.

Key words: white Portland cement, plasticizing additives, cement paste, cement stone, water reducing effect, hardening kinetics.



УДК 691.421.24

## **VARIABILITY OF GRANULOMETRIC COMPOSITION OF CLAY ROCK OF KAMENSKY DEPOSIT**

Tacki L.N., Ilyina L.V., Kharitonova M.A., Filin N.S.

Abstract. The shortage of high-quality clay raw materials presents the need to assess the breeds used by brick factories to produce products that meet modern requirements. In connection with the deterioration in the quality of raw materials, it is of interest to determine the variability of its particle size distribution by the content of clay and sand fractions. This gives reason to determine the possible boundaries of variability of the particle size distribution of clay rocks.

Key words: clay raw materials, quality deterioration, particle size distribution, variability assessment.

УДК 691.32

## **CONCRETE WITH CARBONATE MICROFILLER**

Zolotukhina N.V., Lukitsova N. P., Borovik E.G.

The results of studies of the influence of the carbonate microfiller of the deposit "Grigoriopol Mine" of the Republic of Moldova on the average density, strength and frost resistance of concrete are presented. Using the three-factor design of the experiment, the dependences of the properties of concrete on the content of cement, carbonate microfiller and additive MasterGlenium 116 were established, which allows us to predict their values when varying the composition of the concrete mixture.

The possibility of obtaining fine-grained concrete with a strength of 44.7 MPa, water absorption of 1.3% and frost resistance F200 with a carbonate microfiller content of up to 5% was confirmed.

Keywords: concrete, carbonate microfiller, experiment planning, plasticizing additive, strength

УДК 691.327.333

## **NON-AUTOCLAVED GAS CONCRETE WITH LOW THERMAL CONDUCTIVITY**

Ignatova O.A., Ekimenko M.A.

The possibility of obtaining non-autoclaved gas concrete with the addition of aluminosilicate microspheres and the ash of a thermal power plant is substantiated. Technological methods for the production of gas concrete with improved properties have been developed. The use of aluminosilicate microspheres as a structuring additive allows to increase strength, improve thermophysical characteristics. The economic indicators of the resulting composition are calculated.

Key words: gas concrete, aluminosilicate microspheres, ash of thermal power plants, reduction of thermal conductivity

УДК 691.4 : 666.3/.7

## **THE INFLUENCE OF MINERAL ADDITIVES ON THE COMPOSITION AND PROPERTIES CLAY KAMENSKY FIELD**

Mametiev P.A., Shoeva T.E.

The results of experimental studies to determine the effect of the number of supplements albitophyre on the physico-mechanical properties and composition of the ceramic crock. It was found that the change in physical and mechanical depends on the increase in the phase of the anorthite.

Keywords: albitophyre, ultimate compressive, water absorption, average density, anortite

УДК 666.972

## **INFLUENCE OF CHLORIDES ADDITION ON CEMENT STRENGTH WITH DIFFERENT CONTENT OF ALUMINATES**

Ovcharenko G. I., Volobueva A.Yu., Hukalenko M.V.

The strength of stone from ordinary portland cement with a calculated aluminate content of 8.6% with the addition of 0.5–5.0% of calcium, nickel, iron, and aluminum chloride additives increases by 30–40%, while the same strength of cement stone for transport construction with an aluminate content of about 6% is increased by 10-20%. The effect of nickel, trivalent iron and aluminum chlorides additives is higher compared with calcium chloride. The maximum strength gain is shown by aluminum chloride, which provides for the synthesis of more calcium hydrochloride aluminate.

Key words: cement, aluminate content, chloride additives, stone strength.

УДК 666.972

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ADDITIVES ON THE STRENGTH OF PRESSED HYDRATED CEMENT**

Ovcharenko G.I., Bobrinok V.A., Maltsev V.V.

The effectiveness of small cement stone additives can be evaluated by determining the contact strength after pressing and subsequent aging. The effect of hydrated cement additives manifests itself in their different effects on the formation of silicon-oxygen radicals in the C-S-H phase. The formation of more polymerized (crosslinked) radicals or their loosening is detected by Raman spectroscopy. A correlation is observed between the strength of hydrated cement compacts with the additive after aging and the presence of more or less cross-linking tetrahedra, which explains the effect of individual small additives.

Keywords: hydrated cement, small additives, contact strength of a stone, silicon-oxygen radicals

УДК 666.972

**NON-SHRINKING CONCRETE FROM HIGH WORKABILITY MIXTURES BASED ON HIGH-CALCIUM ASH**

Ovcharenko G.I., Lobanova O.V., Sukhenko A.K., Lavrut A.S.

Concrete mixtures with P4 mobility can be converted into non-shrinkable materials using high-calcium ash and gypsum stone additives. Excessive expansion deformations can be smoothed out by adding silica fume.

Key words: non-shrinking concrete, high-calcium ash of thermal power station, gypsum, silica fume.

УДК 666.972.16

**COMPARATIVE STUDIES OF THE INFLUENCE OF SiC AND SiO<sub>2</sub> NANO-ADDITIVES ON CEMENT STRENGTH**

Ovcharenko G.I., Maltsev V.V.

The strength of a cement stone with the addition of nanoparticles of silicon carbide SiC, as well as colloidal silica in an amount of 0.1-2% increases by 30-35%, while the combined use of each of these additives with a superplasticizer C-3 shows a strength increase of about 40 %. However, with the introduction of these additives in an amount of more than 2%, there is a tendency to decrease the strength of cement stone despite the additional formation of C-S-H in the pozzolanic reaction..

Key words: cement, silica sol, carbide, SiC, nano-additives, stone strength.

УДК 691.53:666.96

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF ELECTROSEAST MELTING SLAG ON CONCRETE PROPERTIES**

Smirnova O.E., Ottochko S.Y.

The possibility of using electric steelmaking slag as a fine aggregate is considered. The main physicochemical properties of slag are determined. One-way analysis of variance was carried out to determine the effect of electric steelmaking slag during the partial replacement of sand on the strength and average density of concrete.

Key words: slag, strength, analysis of variance, concrete

УДК 691.3:[658.567.16669.16]

**CEMENTLESS CONSTRUCTION COMPOSITES BASED ON MECHANICALLY ACTIVATED SLAGS OF STEELMAKING**

Korneeva E.V.

Creation of composite materials using mechanically activated industrial raw materials relevant today as part of a large-scale task of construction and technological utilization of technogenic formations. The article is devoted to the study of the possibility of using industrial waste from mining and metallurgical enterprises of Kuzbass in the technology for the production of cementless slag concrete matrix matrix composites.

Key words: building composites, mechanically activated slag, matrix structure.

УДК 691.327 : 539. 4

**MODIFICATION OF ARTIFICIAL CONGLOMERATES  
BASED ON CEMENT BY MICRODISPERSED ADDITIVES**

Ilina L.V., Vologzhanina S.A

To improve the mechanical properties of the artificial conglomerates based on cement is the use of mineral additives. To ensure high efficiency of action of these additives are not only their properties, but the addition amount and dispersion. We discovered the following. Adding of silica fume in amount of 12 % increases the compressive strength of concrete up to 55 %; 5 % of diopside with 7,24 microns dispersion – up to 40.3 %; 7 % of diopside with 49,7 microns dispersion – up to 46,7 %; use of a complex additive – is 2.5 times higher than the control sample.

Keywords: mineral additives, mechanical strength, silica fume, concrete, diopside.

УДК 691

**TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF THE FACE BRICKS ON THE BASIS OF  
OPOKA-LIKE ROCKS ON THE TECHNOLOGY OF SOFT MOLDING**

Bozhko Yu. A.

The article presents the main results of scientific research and factory tests of facing bricks made by soft molding technology based on opal-cristobalite rocks. The description of soft brick moulding, its aesthetic characteristics, warrants the design, shapes and sizes. The main factor hindering the development of the scale of production of such bricks is the lack of suitable raw materials. Therefore, an urgent task is to find such raw materials and develop technologies for the production of bricks with improved performance and aesthetic appeal.

Keywords: face brick, opoka-like rocks, soft shaping, crushing, design, surface.

УДК 666.112.2

**DISSOLUTION OF SODIUM SILICATE-BULK  
USING HIGH-VOLTAGE ELECTRIC DISCHARGES**

Volokitin G.G., Glotov S.A., Alekseev A.A.

The possibility of producing liquid glass from a sodium silicate block based on the electro-hydraulic Yutkin effect has been investigated. In this case, a number of physical phenomena arise, such as shock, ultrasound, and sound waves, high local temperatures, high-speed fluid flows, and cavitation processes. The combination of these phenomena leads to dispersion of the silicate block and an increase in its reactivity. In comparison with a laboratory stationary autoclave, the energy consumption for producing liquid glass is 80 times less, the time for its production is 56 times less.

Keywords: silicate block, liquid glass, electric discharge, reaction mass, dissolution, reactor, density.

УДК 691

**CERAMIC STONES (BLOCKS) FROM TECHNOGENIC RAW MATERIALS  
OF COAL ROW**

Gaishun E. S.

The paper considers the feasibility of using waste of man-made raw coal in the production of ceramic stones(blocks). The feasibility study of the production of products of this type based on coal waste (cake, sludge, screening). The prospects of production of wall products of high efficiency are shown.

Keywords: technogenic raw materials of coal series, ceramic stones, compression molding, strength, density.

УДК 691.21

**INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE PROPERTIES  
OF NATURAL STONES**

Naumov A.

The results of studies on the effect of heat treatment on the physical and mechanical properties of flat plates of shale mined in the Rostov region are presented. It was found that the firing of the material at a temperature of 400-500 °C can change the color of the samples from gray to light brown and increase the bending strength.

Keywords: Natural stone, firing temperature, volumetric staining, strength, water absorption, frost resistance.

УДК 620.16

**ESTIMATION OF STRENGTH OF CONCRETE STRUCTURES  
AND BUILDING STONE BY EXPRESS METHOD**

Korneyev V.A.

Abstract. The article is devoted to the development of an express method for determining a strength of concrete structures and building stone. The advantages of the proposed method is the ability to take measurements in well conditions. This can be useful in the construction and reconstruction of ventilation and sanitation facilities. The express method has an analytical description that connects the strength and deformation properties of the material with the force of the indenter.

Key words: strength, express method, concrete, building stone, well.

УДК 624

**TECHNICAL AND ECONOMIC SUBSTANTIATION  
WHEN CHOOSING THE FOUNDATION**

Platonova S.V.

The introduction of lightweight foundations is a real way to obtain a significant economic effect, reduce the material consumption of foundations. The mass introduction of such structures is possible only after a thorough experimental study of the stress-strain state of the soil base of foundations, development on this basis of reliable methods for predicting the behavior of both foundations and their soil bases. One of the varieties of lightweight foundations, studied both experimentally and using various methods, are slotted foundations.

Key words: foundation, economic effect, experiment.

УДК 694.1

**CALCULATED SUBSTANTIATION OF THE RIGID CONSTRUCTION OF A WOODEN  
COLUMN IN THE FOUNDATION**

Zhitushkin V.G., Kazantsev V.E.

Designs of grounding nodes of wooden columns to the foundations of frame buildings require metal consumption, have a busy or pliable. The latter leads to an increase in the flexibility of vertical structures.

It is proposed to perform a rigid jamming of wooden columns in the Foundation, with the conclusions of the formulas to determine the depth of their sealing.

Keywords: column, pinched, Foundation, pressure, compression.

УДК 69.059.32

**MODERN METHODS OF REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE COL-  
UMNS IN SEISMIC REGIONS**

Melnikova K.A., Gurieva V.A.

The main objective of the construction is to maintain the efficiency of residential buildings throughout their entire life cycle. The given problem is difficult as the level of bearing capacity of both separate designs and buildings as a whole, at influence on them of seismic loadings, can change abruptly, without any regularity. The degree of loss of bearing capacity depends on the nature of the damage, as well as physical wear and tear of structures, accumulation of damage, corrosion of fittings, etc.

Key words: reinforced concrete structures, reconstruction, seismic areas, composite materials, polyester sheet, traditional reinforcement of reinforced concrete structures.

УДК 624:378.147

**DEVELOPMENT OF A CALCULATION ALGORITHM ECCENTRICALLY  
COMPRESSED ELEMENT MASONRY**

Vasilyeva D. E., Aleshina E.A.

This article presents algorithms for eccentrically compressed elements. In particular, brick pillars of rectangular and T-sections. The need for its development is associated with the introduction of SP 15.13330.2012 [1], and specifically with the updating of SNiP II-22-81 "Stone and stone-stone structures".

Keywords: actualization, modernization, algorithm, eccentrically compressed element, section.

УДК 62:69

## **THEORY OF INFORMATION MODELING TECHNOLOGY**

Kairkenov H.K., Aleshina E.A., Aminova L.R.

This article discusses the concept of building information modeling technology (BIM), discusses the use of cloud technologies in BIM, as well as the benefits of technology implementation, and several solutions for the implementation of information modeling technology.

Keywords: BIM 360, Cloud technologies, TIM, Revit, BIM technologies, Tekla, ArchiCAD

УДК 624.074.27

## **DEVELOPMENT OF STRUCTURAL SOLUTIONS OF MONOLITHIC DOMES BASED ON MODELS FOR CALCULATION**

Ekimova V.S., Razlivin D.A., Aleshina E.A., Aleshin D.N.

This article presents the justification for the choice of constructive solutions of reinforced concrete ribbed-ring monolithic dome, based on the results of the calculation of the model in the software package Lira-SAPR.

Key words: reinforcement, reinforced concrete dome, ribbed-ring dome, design model, shell.

УДК 624.01:004.942:624.07:69.07

## **ISSUES OF DESIGNING BUILDINGS AND STRUCTURES USING CALCULATED SOFTWARE COMPLEXES**

Matveev A.A.

The article considers the general tasks of designing buildings and structures, the requirements for design engineers and the relevance of the use of settlement software systems. The problems of accounting for the existing loads and impacts on the designed buildings and structures, the choice of design solutions for the designed buildings and structures are indicated. An example of designing an industrial building and the principles of its calculation are given.

Key words: civil engineer, design tasks, building, construction, design software systems.

УДК 69.059.22

## **IMPERFECTION OF STRUCTURES OR STRUCTURAL SOLUTIONS AS THE CAUSES OF DEFECTS ENCOUNTERED IN THE INSPECTION OF BUILDINGS STRUCTURES**

Popravka I. A., Aleshin D. N., Aleshina E. A, Stolboushkin A. Yu.

This article discusses the defects of design solutions, namely the imperfection of nodes and connections of building structures. Imperfection of structures or structural solutions are errors in the design and installation, which lead to the formation of significant local stresses and the formation of cracks or other damage. In this article, an example of such defects are components and design solutions used in lifting structures and complex technical devices such as car dumpers, metal structures which are related to building structures

Keywords: Building structures, design, installation, imperfection, errors, violations, defects, damage

УДК 624:69.05

## **CHOICE OF CONSTRUCTION STRUCTURES IN DESIGNING BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS**

Matveev A.A.

The article discusses the design decisions of buildings and structures. The unification and typification during the design allows to reduce the time needed to create objects, reduce the list of structural elements, reduce the cost of products and structures, create the universality of replacing structural elements during construction, repairs and reconstruction of buildings and structures, reduce labor costs in the operation of buildings and structures.

Key words: industrial buildings, architectural and construction unification, industry, documentation, design.

УДК 69.07

## **EASY METAL STRUCTURES IN ONE-STOREY INDUSTRIAL BUILDING FRAMES**

Bobrova E.E., Muzychenko L.N.

This article analyzes the design features of an industrial building with frame supporting structures. The frame structure of the "Orsk" type is considered. A comparison of design options for a single-story single-span industrial building awaiting construction in the Siberian region is given.

Key words: frame construction, industrial building, comparison of options, design features, frame, rack frame.

УДК 624.014:69.059.3

**FRAME, COMMUNICATION AND FRAMEWORK SYSTEMS  
OF MULTISTOREY BUILDINGS**

Butsuk I.N., Muzychenko L.N., Baraksanova D.A.

A variety of structural systems of multi-storey buildings is associated primarily with the search for rational schemes of vertical load-bearing structures. Metal supporting structures are used in frame and mixed systems, providing greater freedom of architectural planning and the possibility of its change during operation of the building.

Key words: communications, systems, metal, frame, building, operation, constructive, rigidity.

УДК: 728.011:[699.841:624.012.45]

**SELECTION OF EFFECTIVE BUILDING MATERIALS AND TECHNOLOGIES  
FOR CONSTRUCTION OF A RESIDENTIAL HOUSE**

Nagih Y.V.; k.t.n. docent Panov C.A.; docent Panova V.F.

The project of a residential building in earthquake-resistant areas of the city of Kaltan is considered. Performed a marketing study of the housing market. The characteristic of the area where the object is located is described. The results of a patent search for the choice of materials for the foundation and wall structures are given. A thermal engineering calculation was carried out to select effective designs.

Keywords: residential building, patent, concrete, earthquake resistance, foundation, wall construction, raw materials, calculation, composition, properties.

УДК 69.059.32

**DOME HOUSES IN MODERN INDIVIDUAL CONSTRUCTION**

Muzychenko L.N., Butsuk I.N.

The dome house (or domed housebuilding) is considered a relatively new direction in residential architecture, despite the centuries-old history of domed residential structures. Houses of dome type - it is a rarity, and they are not often found on the streets of cities. For this reason, not much is known about the advantages and disadvantages of such structures and how justified their construction is in comparison with traditional buildings.

Key words: building, dome, connector, frame, insulation, soft roof, racks, load, roof

УДК 69.059.32

**THE PROCESS OF OPTIMUM FORMATION OF PLANS FOR THE CONSTRUCTION  
OF INDUSTRIAL TERRITORIES IN SIBERIA**

Zimin A.V., Butsuk I.N., Semin A.P., Muzychenko L.N.

Housing construction is the sphere of materialization of labor, financial and other resources in the creation of life support facilities for people as the main social factor of society's development.

Key words: building, building, problem, optimization, territory, research, complex.

УДК 69.059

**ACTUAL PROBLEMS OF INSPECTION AND EVALUATION OF TECHNICAL CONDI-  
TION OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

Popravka I. A., Stakin V. N., Isaev I. P.

This article discusses the current problems in the field of inspection and evaluation of the technical condition of buildings and structures. For the safe operation of buildings and structures should deal with three problems: first, inexperience of engineering and technical personnel; secondly, a lot of competition, tight deadlines and incorrectly assigned tasks to the surveyor; thirdly, bringing buildings or structures in an unacceptable or emergency condition, untimely inspection and repair of defects and damage by the customer

Keywords: Inspection, assessment of technical condition, buildings, structures, problems

### **Section No. 3**

## **NEW CONCEPTUAL SEMEDIAS IN DESIGN AND RECONSTRUCTION OF THE LIFE SYSTEMS**

УДК 697.4

### **DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF WORK OF THE HEATING POINT BY USING VARIABLE PARAMETERS OF HEAT EXCHANGERS**

Rafalskaya T.A.

Abstract. A method for calculating the operating modes of heating points of heat supply systems with a connected heat supply based on the use of variable parameters of heat exchangers is proposed. This method allows the calculation of variable modes of operation of the heat supply system without resorting to the method of successive approximations. The proposed method can be used to predict the temperatures and flow rates of network water, as well as to configure programmable controllers in heating points.

Key words: heat supply system, heat network, heating point, parameters of heat exchangers, heating system, hot water supply system.

УДК 004.384

### **TECHNICAL DECISION ON REGISTRATION AND PROTECTION OF DATA OF INDIVIDUAL HEATER POINTS OF RESIDENTIAL BUILDINGS**

Olennikov A.A., Babich A.V., Smirnova E.V.

The article discusses the technical solution for registration and data protection in modern automated heating centers of residential buildings. A software product developed by scientists of the Tyumen State University is presented, which allows you to register the consumed amount of thermal energy by buildings, keep complete statistics about the operation of sensors, and register emergency situations.

Key words: individual heat point, heat energy metering unit, weather regulation system, GSM modem, statistics server, dispatch system, software product.

УДК 621.643 : 628.147.22

### **REFINING THE METHOD OF CALCULATING THE INTENSITY OF INTERNAL OXYGEN CORROSION OF PIPELINES OF HEAT NETWORKS**

Chapaev D.B., Chapaeva S.G.

The results of studies carried out during the creation of a calculation complex for predicting scheduled repairs of steel pipelines of water heat networks are presented: determination of the approximating dependence of the solubility of magnetite in heating water on its temperature and hydrogen index; clarification of the methodology for calculating the deep index of internal corrosion of the pipeline; assessment of the duration of trouble-free operation of a section of a pipeline that is hermetically isolated from the soil side, taking into account the rate of its internal corrosion (determined by an updated method).

Key words: pipeline corrosion, magnetite solubility, pipeline service life, heat networks, heat supply.

УДК 624.04

### **CHECKING THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF DEGASSING PIPES OF CJSC SPE "ALTIK" IN THE CONDITIONS OF COAL MINES**

Chapaeva S.G., Chapaev D.B.

In the framework of R&D, the strength and deformation characteristics of fiberglass degassing pipes manufactured by CJSC SPE "Altik" using oblique longitudinal-transverse winding were checked for their compliance with the requirements in the conditions of operation of mine workings. A technique was developed and a mechanical calculation of a degassing pipeline was performed taking into account the orthotropic operation of fiberglass. Some calculation results are presented.

Key words: degassing pipeline, degassing of mines, mechanical calculation of the pipeline, fiberglass pipes.

УДК 628.16

### **TECHNOLOGICAL MODELING OF THE WATER TREATMENT PROCESS**

Lange L.R.

The report discusses the optimization of existing water treatment facilities at the installation of technological modeling of filtering processes. The installation diagram mounted on existing facilities is shown. Studies of local filtering materials, coagulants and flocculants for the source of water supply of the Tom River are given.

Key words: filtration, technological modeling, optimization, filter loading, reagents.

УДК 628.3

### **LOCAL FILTERING MATERIALS FOR MINE WATER TREATMENT**

Lange L.R.

Research shows the characteristics of the local filter material. Advantages of the burned rocks made in the Kemerovo region are shown. The material has high filtration properties, and can be used in filtration facilities for the treatment of mine and other industrial effluents for subsequent use for technical water supply.

Key words: mine water, industrial effluents, purification, filtration, filter materials, burned rocks, industrial water supply.

УДК 622.864

### **ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE WORK OF METAL AND GLASS-PLASTIC PIPELINES**

Bashkova M.N., Savenko O.Yu.

The paper analyzes the possibility of using fiberglass and metal pipes used in degassing.

Keywords: fiberglass, pipes, degassing

УДК 697.3

### **USE HEAT PUMPS FOR HEATING INDIVIDUAL HOMES**

Usoltsev I.E., Belozerova I.L., Semin A.P.

This article discusses the feasibility of using heat pumps for heating.

Keywords: heat pumps, types of heat pumps, benefits of heat pumps.

УДК 669.162

### **ANALYSIS OF THE GAS-MECHANICAL PROCESSES IN THE PRODUCTION OF LIME**

Bashkova M.N., Kuzmin A.V.

The paper analyzes the possibility of mathematical modeling of gas mechanics processes in the production of lime.

Key words: lime production, rheological and mechanical characteristics.

УДК 622.6

### **SYSTEM VENTILATION ON THE BOARD OF INTERNATIONAL COSMIC STATION**

Sbrodtko P.V., Baklushina I.V.

Information about the ventilation system of the service module "Star" on the ISS. The ventilation system of the residential and the dashboard zone is considered.

Keywords: international space station, service module, residential area, instrument zone.

УДК 622.6

### **SYSTEM REGENERATION WATER ON THE BOARD OF INTERNATIONAL COSMIC STATION**

Serjantov T.A., Baklushina I.V.

Information is provided to provide ISS crew members with drinking and technical water. The water regeneration systems in microgravity conditions are considered. Possible prospects for the development of closed cleaning systems are noted.

Keywords: International Space Station, water regeneration, clean-up, sanitary procedures, drinking water.



## АВТОРСКИЙ АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абраменков Д.Э. ....	56	Игнатова О.А. ....	193
Алексеев А.А. ....	89, 231	Ильина Л.В. ....	179, 187, 223
Алешин Д.Н. ....	262, 268	Иргит Б.Б. ....	137
Алешина Е.А. ....	5, 253, 259, 262, 268	Исаев И.П. ....	293
Аминова Л.Р. ....	259	Казанцев В.Э. ....	247
Баклушина И.В. ....	324, 326	Казанцева Л.К. ....	76
Бабич А.В. ....	300	Каиркенов Х.К. ....	259
Балыков А.С. ....	174	Карабанов М.О. ....	174
Бараксанова Д.А. ....	277	Кара-сал Б.К. ....	137
Баранов Е.В. ....	183	Карпачева А.А. ....	98
Баранова Е.Н. ....	183	Карпова Ю.В. ....	83
Башкова М.Н. ....	318, 323	Кастюрин А.В. ....	83
Белозерова И.Л. ....	320	Касымова М.Т. ....	106
Бельков А.В. ....	67, 69	Климова Е.А. ....	166
Благиных Е.А. ....	10, 16, 33, 52	Козлова В.К. ....	83, 169
Бобринок В.А. ....	202	Корнеев В.А. ....	240
Боброва Е.Е. ....	275	Корнеева Е.В. ....	217
Бобыльская В.А. ....	103	Коровкин Д.И. ....	174
Богатина А.Ю. ....	119	Костин В.В. ....	166
Божко Ю.А. ....	227	Костыленко К.И. ....	119
Божок Е.В. ....	169	Котляр А.В. ....	94
Боровик Е.Г. ....	189	Котляр В.Д. ....	94
Бурученко А.Е. ....	156	Ксендзова Л.А. ....	56
Буцук И.Н. ....	277, 285, 290	Кудрышова Б.Ч. ....	110
Варлакова Е.С. ....	52	Кудяков А.И. ....	83
Васильева Д.Е. ....	253	Кузьмин А.В. ....	323
Волобуева А.Ю. ....	199	Лаврут А.С. ....	206
Вологжанина С.А. ....	223	Ланге Л.Р. ....	312, 315
Володин В.В. ....	174	Лобанова О.В. ....	206
Волокитин Г.Г. ....	89, 231	Логвиненко В.В. ....	169
Вышарь О.В. ....	110	Лукутцова Н.П. ....	189
Гайшун Е.С. ....	235	Лыткина Е.В. ....	172
Глотов С.А. ....	89, 231	Магель В.И. ....	21
Григоревская Д.К. ....	86	Мальцев В.В. ....	202, 210
Григорьева Т.И. ....	28	Маметьев П.А. ....	196
Гритчин Г.С. ....	76	Мамешов Р.Т. ....	161
Гурьева В.А. ....	250	Маноха А.М. ....	169
Дрожжин Р.А. ....	33	Матвеев А.А. ....	266, 272
Дыйканбаева Н.А. ....	106	Матехина О.В. ....	5, 37, 48, 50
Екименко М.А. ....	193	Матус Е.П. ....	80
Екимова В.С. ....	262	Машкин Н.А. ....	115
Ершова Д.В. ....	42, 62	Мельникова К.А. ....	250
Женжурист И.А. ....	152	Молчанов В.С. ....	115
Житушкин В.Г. ....	247	Моргун В.Н. ....	119
Журавков Ю.М. ....	16	Моргун Л.В. ....	119
Збродько П.В. ....	323	Музыченко Л.Н. ....	275, 277, 285, 290
Зимин А.В. ....	290	Мусин И.Р. ....	152
Золотухина Н.В. ....	189	Нагих Ю.В. ....	283
Иванова Л.М. ....	67, 69	Назаренко И.К. ....	48, 50
Иващенко Ю.Г. ....	161	Нарыжная В.В. ....	28

Наумов А.А. ....	237	Смирнова Е.В. ....	300
Незавитина Е.И. ....	59	Смирнова О.Е. ....	127, 135, 214
Непомнящих С.И. ....	156	Спиридонова И.В. ....	148
Низина Т.А. ....	174	Стакин В.Н. ....	293
Николаев Н.Ю. ....	130	Станевич В.Т. ....	110
Нуркина М.Н. ....	110	Столбоушкин А.Ю. ....	72, 123, 268
Овчаренко Г.И. ....	199, 202, 206, 210	Стороженко Г.И. ....	76
Оленников А.А. ....	300	Сухенко А.К. ....	206
Орузбаева Г.Т. ....	106	Тацки Л.Н. ....	187
Осипов Ю.К. ....	64	Терёхина Ю.В. ....	94
Отточко С.Ю. ....	214	Усольцев И.Е. ....	320
Панов С.А. ....	59, 98, 148, 283	Филин Н.С. ....	187
Панова В.Ф. ....	59, 98, 148, 283	Фомина О.А. ....	123
Пичугин А.П. ....	80, 103, 127, 135	Хадбаатар А. ....	115
Пичугин М.А. ....	80	Харитонова М.А. ....	187
Платонова С.В. ....	244	Харук Г.Н. ....	156
Плетнев П.М. ....	141	Хританков В.Ф. ....	80
Поправка И.А. ....	268, 293	Хукаленко М.В. ....	199
Разливин Д.А. ....	262	Чапаев Д.Б. ....	304, 308
Раков М.А. ....	166	Чапаева С.Г. ....	304, 308
Рафальская Т.А. ....	295	Чередниченко ..... Ж.М.	10
Савенко О.Ю. ....	318	Чесноков Р.А. ....	103
Саркисов Ю.С. ....	169	Чюдюк С.А. ....	137
Семанцова Е.С. ....	141	Шаталов А.А. ....	127
Семенова М.М. ....	179	Шахов С.А. ....	130
Семеновых М.А. ....	86	Шевченко В.В. ....	48, 50, 145
Семин А.П. ....	290, 320	Шелковникова Т.И. ....	183
Сергеев А.А. ....	156	Шоева Т.Е. ....	196
Сержантов Т.А. ....	326	Язиков И.К. ....	103
Скрипникова Н.К. ....	86		

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>3</b>
Алешина Е.А., Матехина О.В. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ СИБГИУ СОХРАНЯЯ ТРАДИЦИИ, СТРОИМ БУДУЩЕЕ.....	5
<b>Секция 1. АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ</b> .....	<b>10</b>
Благиных Е.А., Чередниченко Ж.М. АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ НАСЛЕДИЕ ЗЕМЛИ КУЗНЕЦКОЙ .....	10
Журавков Ю.М., Благиных Е.А. СОЦИАЛИСТИЧЕСКИЙ ГОРОД. НАЧАЛО .....	16
Магель В.И. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСА УЧЕБНЫХ ЗДАНИЙ СибГИУ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ .....	21
Нарыжная В.В., Григорьева Т.И. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ГОРОДА ПРОКОПЬЕВСК С УЧЁТОМ ПРОГРАММЫ «ТЕРРИТОРИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ» .....	28
Благиных Е.А., Дрожжин Р.А. АРХИТЕКТУРНАЯ РЕНОВАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА.....	33
Матехина О.В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАРОГО ЖИЛОГО ФОНДА	37
Ершова Д.В. ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ ИНТЕРЬЕРОВ ПОТОЧНОЙ АУДИТОРИИ СИБГИУ – АРХИТЕКТУРНАЯ АКУСТИКА И СТИЛЬ .....	42
Назаренко И.К., Шевченко В.В., Матехина О.В. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНО-РЕКЛАМНОГО КОМПЛЕКСА В СОСТАВЕ КАМПУСА СИБГИУ .....	48
Назаренко И.К., Матехина О.В., Шевченко В.В. РЕНОВАЦИЯ ВОСТОЧНОГО СКВЕРА В СОСТАВЕ КАМПУСА СИБГИУ .....	50
Варлакова Е.С., Благиных Е.А. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ.....	52
Абраменков Д.Э., Ксендзова Л.А. К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ КРЕПЛЕНИЯ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ.....	56
Незавитина Е.И.; Панов С.А.; Панова В.Ф. ПРОЕКТ ЖИЛОГО ВЫСОТНОГО ДОМА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ .....	59
Ершова Д.В. КОНЦЕПЦИЯ ГЛОБАЛИЗМА И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТВОРЧЕСТВА В ПРАКТИКЕ СОВРЕМЕННОГО АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ .....	62
Осипов Ю.К. РЕФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ. ПРОБЛЕМЫ И РЕАЛЬНОСТЬ .....	64
Иванова Л.М., Бельков А.В. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРАВОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ» .....	67
Иванова Л.М., Бельков А.В. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА, ПРОВЕДЕННОГО В ЦЕЛЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРАВОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ» .....	69
<b>Секция 2. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКЦИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ</b> .....	<b>72</b>
Столбоушкин А.Ю. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ В КУЗБАССЕ .....	72

<b>Стороженко Г.И., Казанцева Л.К., Гритчин Г.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕНОСТЕКЛА НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ПОРОД ЮЖНОГО УРАЛА.....</b>	<b>76</b>
<b>Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пичугин М.А., Матус Е.П. ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ С ДИСПЕРСНЫМИ И ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИМИ ДОБАВКАМИ .....</b>	<b>80</b>
<b>Козлова В.К., Кудяков А.И., Карпова Ю.В., Кастюрин А.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ НА ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДАХ СИБИРИ .....</b>	<b>83</b>
<b>Скрипникова Н.К., Семеновых М.А., Григоревская Д.К. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕТОНОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....</b>	<b>86</b>
<b>Волокитин Г.Г., Алексеев А.А., Глотов С.А. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....</b>	<b>89</b>
<b>Котляр А.В., Терёхина Ю.В., Котляр В.Д. К ВОПРОСУ ОБ ИСПЫТАНИЯХ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ДОРОЖНОГО КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА .....</b>	<b>94</b>
<b>Панов С.А., Карпачева А.А., Панова В.Ф. НОВЫЕ ВИДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....</b>	<b>98</b>
<b>Пичугин А.П., Язиков И.К., Чесноков Р.А., Бобыльская В.А. ГРУНТОБЕТОНЫ С ДИСПЕРСНЫМ И ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИМ АРМИРОВАНИЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....</b>	<b>103</b>
<b>Касымова М.Т., Дыйканбаева Н.А., Орузбаева Г.Т. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА ИЗ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ КЫРГЫЗСТАНА .....</b>	<b>106</b>
<b>Станевич В.Т., Нуркина М.Н., Кудрышова Б.Ч., Вышарь О.В. ЦЕМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....</b>	<b>110</b>
<b>Хадбаатар А., Машкин Н.А., Молчанов В.С. ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ МОНГОЛИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....</b>	<b>115</b>
<b>Моргун Л.В., Богатина А.Ю., Моргун В.Н., Костыленко К.И. ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ФИБРОПЕНОБЕТОНА В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ.....</b>	<b>119</b>
<b>Фомина О.А., Столбоушкин А.Ю. АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ ЯДРО–ОБОЛОЧКА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ПРИМЕРЕ УГЛЕОТХОДОВ.....</b>	<b>123</b>
<b>Пичугин А.П., Шаталов А.А., Смирнова О.Е. ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫЕ СОСТАВЫ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....</b>	<b>127</b>
<b>Шахов С.А., Николаев Н.Ю. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ЗОЛОГЛИНЯНОЙ ШИХТЕ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ФИЛЬТРАТОМ ОСАДКА ВОДООЧИСТКИ .....</b>	<b>130</b>
<b>Пичугин А.П., Смирнова О.Е. ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ С ДОБАВКАМИ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ .....</b>	<b>135</b>
<b>Кара-сал Б.К., Чюдюк С.А., Иргит Б.Б. ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ НА СТРУКТУРУ КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>137</b>

<b>Плетнев П.М., Семанцова Е.С. ПОЛУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ <math>Al_2O_3-ZrO_2</math> (3 мол.% <math>Y_2O_3</math>) С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕКУРСОРА ЦИРКОНАТА СТРОНЦИЯ .....</b>	<b>141</b>
<b>Шевченко В.В. СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯЧЕИСТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ПЛАСТИЧЕСКОГО И ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ .....</b>	<b>145</b>
<b>Панова В.Ф., Спиридонова И.В., Панов С.А. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВА МНОГОФРАКЦИОННОЙ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ .</b>	<b>148</b>
<b>Женжурист И.А., Мусин И.Р. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА В КАЧЕСТВЕ АКТИВАТОРА СПЕКАНИЯ ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ .....</b>	<b>152</b>
<b>Бурученко А.Е., Харук Г.Н., Непомнящих С.И., Сергеев А.А. ФОРМИРОВАНИЕ АНОРТИТО-ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ СТРУКТУРЫ КЕРАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ И ТУГОПЛАВКИХ ГЛИН.....</b>	<b>156</b>
<b>Иващенко Ю.Г., Мамешов Р.Т. ГРУНТОБЕТОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИСТО-ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СВЯЗУЮЩИХ .....</b>	<b>161</b>
<b>Костин В.В., Раков М.А., Климова Е.А. ДЕКОРАТИВНЫЕ ПЛИТКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.....</b>	<b>166</b>
<b>Козлова В.К., Саркисов Ю.С., Божок Е.В., Маноха А.М., Логвиненко В.В. ВВЕДЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ЗОЛОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА .....</b>	<b>169</b>
<b>Лыткина Е.В. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПРИРОДНЫХ СИЛИКАТОВ МАГНИЯ.....</b>	<b>172</b>
<b>Низина Т.А., Балыков А.С., Володин В.В., Коровкин Д.И., Карабанов М.О. КИНЕТИКА РАННИХ СТАДИЙ ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ И КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ТЕРМОАКТИВИРОВАННЫХ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ ГЛИН, КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И ПОЛИКАРБОКСИЛАТНОГО СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА.....</b>	<b>174</b>
<b>Ильина Л.В., Семенова М.М. ВЛИЯНИЕ МИКРОДИСПЕРСНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ КРЕМНЕЗЕМА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ НА ЦЕМЕНТНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ.....</b>	<b>179</b>
<b>Баранов Е.В., Шелковникова Т.И., Баранова Е.Н. ВЛИЯНИЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ НА КИНЕТИКУ ТВЕРДЕНИЯ БЕЛОГО ПОРЛАНДЦЕМЕНТА .....</b>	<b>183</b>
<b>Тацки Л.Н., Ильина Л.В., Харитоновна М.А., Филин Н.С. ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГЛИНИСТОЙ ПОРОДЫ КАМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....</b>	<b>187</b>
<b>Золотухина Н.В., Лукутцова Н.П., Боровик Е. Г. БЕТОН С КАРБОНАТНЫМ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕМ.....</b>	<b>189</b>
<b>Игнатова О.А., Екименко М.А. НЕАВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН С НИЗКОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ .....</b>	<b>193</b>
<b>Маметьев П.А., Шоева Т.Е. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ГЛИНЫ КАМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....</b>	<b>196</b>
<b>Овчаренко Г.И., Волобуева А.Ю., Хукаленко М.В. ВЛИЯНИЕ ХЛОДИДОВ НА ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТОВ С РАЗНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ АЛЮМИНАТОВ.....</b>	<b>199</b>

<b>Овчаренко Г.И., Бобринок В.А., Мальцев В.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ ПРЕССОВАННОГО ГИДРАТИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА .....</b>	<b>202</b>
<b>Овчаренко Г.И., Лобанова О.В., Сухенко А.К., Лаврут А.С. БЕЗУСАДОЧНЫЕ БЕТОНЫ ИЗ ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ ТЭЦ .....</b>	<b>206</b>
<b>Овчаренко Г.И., Мальцев В.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НАНОДОБАВОК SiC и SiO<sub>2</sub> НА ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТА .....</b>	<b>210</b>
<b>Смирнова О.Е., Отточко С.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА НА СВОЙСТВА БЕТОНА.....</b>	<b>214</b>
<b>Корнеева Е.В. БЕСЦЕМЕНТНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....</b>	<b>217</b>
<b>Ильина Л.В., Вологжанина С.А. МОДИФИЦИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА МИКРОДИСПЕРСНЫМИ ДОБАВКАМИ .....</b>	<b>223</b>
<b>Божко Ю. А. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИЦЕВОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ОПОКОВИДНЫХ ПОРОД ПО ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО ФОРМОВАНИЯ .....</b>	<b>227</b>
<b>Волокитин Г.Г., Глотов С.А., Алексеев А.А. РАСТВОРЕНИЕ НАТРИЕВОЙ СИЛИКАТ-ГЛЫБЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ .....</b>	<b>231</b>
<b>Гайшун Е.С. КЕРАМИЧЕСКИЕ КАМНИ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ УГОЛЬНОГО РЯДА .....</b>	<b>235</b>
<b>Наумов А.А. ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ КАМНЕЙ .....</b>	<b>237</b>
<b>Корнеев В.А. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СТРОИТЕЛЬНОГО КАМНЯ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОМ.....</b>	<b>240</b>
<b>Платонова С.В. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ ФУНДАМЕНТА .....</b>	<b>244</b>
<b>Житушкин В.Г., Казанцев В.Э. РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЖЕСТКОГО ЗАЩЕМЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННОЙ КОЛОННЫ В ФУНДАМЕНТ.....</b>	<b>247</b>
<b>Мельникова К.А., Гурьева В.А. СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ .....</b>	<b>250</b>
<b>Васильева Д.Е., Алешина Е.А. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАСЧЕТА ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КАМЕННОЙ КЛАДКИ .....</b>	<b>253</b>
<b>Каиркенов Х.К., Алешина Е.А., Аминова Л.Р. ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....</b>	<b>259</b>
<b>Екимова В.С., Разливин Д.А., Алешина Е.А., Алешин Д.Н. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ КУПОЛОВ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ.....</b>	<b>262</b>
<b>Матвеев А.А. ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ .....</b>	<b>266</b>
<b>Поправка И.А., Алешин Д.Н., Алешина Е.А., Столбоушкин А.Ю. НЕСОВЕРШЕНСТВО КОНСТРУКЦИЙ ИЛИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ КАК ПРИЧИНЫ ДЕФЕКТОВ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....</b>	<b>268</b>

<b>Матвеев А.А</b> ВЫБОР СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	272
<b>Боброва Е.Е., Музыченко Л.Н.</b> ЛЕГКИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ В КАРКАСАХ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ .....	275
<b>Буцук И.Н., Музыченко Л.Н, Бараксанова Д.А.</b> РАМНЫЕ, СВЯЗЕВЫЕ И РАМНО-СВЯЗЕВЫЕ СИСТЕМЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ .....	277
<b>Нагих Ю.В., Панов С.А., Панова В.Ф.</b> ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЯТИЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ .....	283
<b>Музыченко Л.Н., Буцук И.Н.</b> КУПОЛЬНЫЕ ДОМА В СОВРЕМЕННОМ ИНДИВИДУАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	285
<b>Зимин А.В., Буцук И.Н., Семин А.П., Музыченко Л.Н.</b> ПРОЦЕСС ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ ЗАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СИБИРИ .....	290
<b>Поправка И.А., Стакин В.Н., Исаев И.П.</b> АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	293
<b>Секция № 3 НОВЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ .....</b>	<b>295</b>
<b>Рафальская Т.А.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА ПРИ ПОМОЩИ ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕННИКОВ.....	295
<b>Оленников А.А., Бабич А.В., Смирнова Е.В.</b> ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО РЕГИСТРАЦИИ И ЗАЩИТЕ ДАННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ .....	300
<b>Чапаев Д.Б., Чапаева С.Г.</b> УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ВНУТРЕННЕЙ КИСЛОРОДНОЙ КОРРОЗИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ .	304
<b>Чапаева С.Г., Чапаев Д.Б.</b> ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕГАЗАЦИОННЫХ ТРУБ ЗАО НПП «АЛТИК» В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ..	308
<b>Ланге Л.Р.</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОДОПОДГОТОВКИ.....	312
<b>Ланге Л.Р.</b> ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД .....	315
<b>Башкова М.Н., Савенко О.Ю.</b> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ .....	318
<b>Усольцев И.Е., Белозерова И.Л., А.П. Семин</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ .....	320
<b>Башкова М.Н., Кузьмин А.В.</b> АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ГАЗОМЕХАНИКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗВЕСТИ .....	323
<b>Збродько П.В., Баклушина И.В.</b> СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ.....	324
<b>Сержантов Т.А., Баклушина И.В.</b> СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ .....	326
<b>SUMMERY .....</b>	<b>328</b>
<b>АВТОРСКИЙ АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ .....</b>	<b>345</b>

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ**

ТРУДЫ II ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

8–10 октября 2019 г.

Под общей редакцией

Столбоушкин А.Ю.

Алешина Е.А.

Матехина О.В.

Благиных Е.А.

Техническое редактирование  
и компьютерная верстка

Матехиной О.В.

Напечатано в авторской редакции в соответствии с представленным оригиналом

Подписано в печать 31.10.2019 г.

Формат бумаги 60 x 84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 20,70 Уч.-изд. л. 22,38 Тираж 300 экз. Заказ 264

Сибирский государственный индустриальный университет

654007 г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Издательский центр СибГИУ