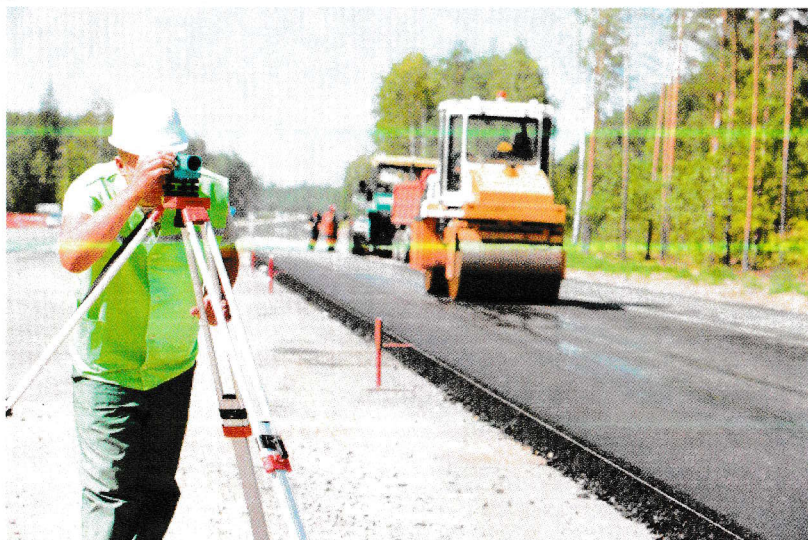


НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА

ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Сборник научных трудов по материалам национальной
Научно-технической конференции с международным участием



Новосибирск 2020

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА



SIBBUILD - СТРОЙСИБ - 2020

ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Сборник научных трудов
по материалам национальной
Научно-технической конференции
с международным участием

НОВОСИБИРСК - 2020

Материалы сборника научных трудов «ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» сформированы по материалам Национальной научно-технической конференции с международным участием, состоявшейся 18-21 февраля 2020 года в Сибирском государственном университете путей сообщения.

Организаторами данной конференции явились: Новосибирский государственный аграрный университет, Сибирский государственный университет путей сообщения, Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Российская Академия естественных наук, Российская Академия проблем качества, научно-технический и производственный журнал «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ».

При подготовке конференции и формировании сборника научных трудов приняли участие более ста научных и производственных работников России, Монголии, Украины, Белоруссии, Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Германии, Чехии и других стран. Основные вопросы и приведенные результаты исследований направлены на решение всей тематики конференции - комплексное рассмотрение вопросов получения качественных строительных материалов для транспортного и сельскохозяйственного строительства, а также внедрение инновационных разработок и ресурсосберегающих технологий в современном строительном материаловедении для обеспечения эффективности строительно-технологического комплекса. С этих позиций все работы представляют определенный интерес для руководителей и специалистов в области строительства и специальных материалов, а также научных работников, аспирантов и студентов.

Ответственный редактор

академик РАЕН,

д.т.н., профессор Пичугин А.П.

Технический редактор

Онищенко Н.В.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

д.т.н., профессор Лесовик В.С. (Белгород)

д.т.н., профессор Хозин В.Г. (Казань)

ISBN 978-5-965787-482-6

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2020

ОРГКОМИТЕТ И РЕДСОВЕТ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

ПИЧУГИН А.П., д.т.н., проф., академик

РАЕН - председатель (Новосибирск)

Сопредседатели

ДЕНИСОВ А.С., д.т.н., проф., академик

КУНЦ К.Л., к.т.н., доцент, декан СФ,

Члены оргкомитета и редсовета:

БЕЛАН В.И., д.т.н., проф. (Новосибирск)

БЕРДОВ Г.И., д.т.н., проф. (Новосибирск)

БЕРНАЦКИЙ А.Ф. д.т.н., проф. (Новосибирск)

БУРБАНОВ А.Ф., д.т.н., проф. (Москва)

ВЕРЕЩАГИН В.И., д.т.н., проф. (Томск)

ВОРОБЬЕВ В.С., д.т.н., проф. (Новосибирск)

ВЫРОВОЙ В.Н., д.т.н., проф. (Одесса, Украина)

ИВАЩЕНКО Ю.Г., д.т.н., проф. (Саратов)

ИЛЬЧЕНКО Л.В., к.т.н., проф. (Бишкек, Кыргызстан)

КОПАНИЦА Н.О., д.т.н., проф. (Томск, Россия)

КУДЯКОВ А.И., д.т.н., проф. (Томск, Россия)

ЛЕСОВИК В.С., д.т.н., проф. (Белгород)

ЛЯШЕНКО Т.В., д.т.н., проф. (Одесса, Украина)

МАНАКОВ А.Л., д.т.н., проф. (Новосибирск)

НИЗИНА Т.А., д.т.н., проф. (Саранск)

ОВЧАРЕНКО Г.И., д.т.н., проф. (Барнаул)

ПЛЕТНЕВ П.М., д.т.н., проф. (Новосибирск)

РУССУ И.В. д.т.н., проф. (Кишинев, Молдова)

СЕБЕЛЕВ И.М., д.т.н., проф. (Новосибирск)

СТОЛБОВИЧ А.Ю., д.т.н., проф. (Новокузнецк)

СУББОТИН О.С., д.арх., проф. (Краснодар)

ТРОФИМОВ Б.Я., д.т.н., проф. (Челябинск)

УРХАНОВА Л.А., д.т.н., проф. (Улан-Удэ)

ФИШЕР Х.В. д.т.н., проф. (Веймар, Германия)

ХОЗИН В.Г., д.т.н., проф. (Казань)

ХРИТАНКОВ В.Ф. д.т.н., проф. (Новосибирск)

ЧЕРНЫШОВ Е.М., д.т.н., проф. (Воронеж)

ЧУЛКОВА И.Л. д.т.н., проф. (Омск)

ЮМАШЕВА Е.И. главный редактор

журнала «Строительные материалы» (Москва)

ЯКОВЛЕВ Г.И., д.т.н., проф. (Ижевск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ

Д.В. Акст, А.Ю. Столбоушкин
(Новокузнецк, Россия)

Представлены результаты определения оптимальных составов шихты из марганецсодержащего техногенного и природного глинистого сырья для получения декоративного керамического кирпича матричной структуры. С использованием программного статистического комплекса установлены функциональные зависимости предела прочности при сжатии, водопоглощения и температуры обжига керамических образцов от содержания в шихте красящих техногенных добавок.

Ключевые слова: декоративный керамический кирпич, матричная структура, марганецсодержащие отходы, оптимальные составы шихты.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL MIXTURE COMPOSITION FOR DECORATIVE CERAMIC BRICK PRODUCTION WITH MANGANESE-CONTAINING WASTES

D. V. Akst, A. Yu. Stolboushkin
(Novokuznetsk, Russia)

The results of the determination of optimal mixture composition from technogenic manganese-containing wastes and natural clay raw materials for decorative ceramic brick production with matrix structure are represented. Using the software of the statistical complex, functional dependencies of compressive strength, water absorption and firing temperature to amount of the coloring technogenic wastes in mixture have been established.

Keywords: decorative ceramic brick, matrix structure, manganese-containing wastes, optimal mixture composition.

Для получения декоративного керамического кирпича в современных условиях используется большое количество различных способов и технологий, таких как рустикация, ангобирование, глазурование, плазмохимическая обработка, флеш-обжиг и другие [1-3]. Однако заводские технологии, как правило, отдают предпочтение традиционному объемному окрашиванию керамического черепка [4].

При окрашивании кирпича по всей массе изделия с применением рафинированных пигментов обычно возникают финансовые проблемы, связанные со значительным удорожанием производства. Кроме того, даже самые эффективные пигменты без использования специальных технологических приемов и соответствующего оборудования не гарантируют по-

лучения равномерной окраски и насыщенных оттенков черепка после обжига [5, 6].

Ранее проведенные авторские исследования по получению декоративных керамических материалов с матричной объемноокрашенной структурой [7] показали высокую эффективность разработанного способа в части формирования насыщенного цвета изделий. При этом вместо концентрированных импортных пигментов данный способ предполагает использование техногенных и природных сырьевых материалов с пониженным содержанием металлов-хромофоров (марганца, железа, ванадия, хрома и др.) [8, 9].

Формирование декоративного матричного слоя в керамике осуществлялось в соответствии с разработанными ранее общими принципами формирования строительных керамических композитов матричной структуры из техногенного сырья [10]. Окрашенный после обжига пространственный каркас был образован из красящих марганецсодержащих отходов вокруг базовой компоненты на основе легкоплавкого красножгущегося глинистого сырья. Результаты исследования вещественного состава и керамико-технологических свойств сырьевых материалов приведены в [11].

Целью исследования являлась разработка оптимальных составов шихты для получения декоративной стеновой керамики матричной структуры с использованием марганецсодержащих красящих отходов.

Для определения требуемого количества техногенного компонента, достаточного для выраженной окраски керамического черепка, которое исключает значительное ухудшение прочности и увеличение водопоглощения изделий, процентное содержание отходов изменялось в пределах 2,5 % до 10 % по массе шихты. Составы керамических шихт представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы керамических шихт

Сырьевой материал	Массовое содержание в составе шихты, %				
	100	97,5	95	92,5	90
Среднепластичное глинистое сырье	100	97,5	95	92,5	90
Марганецсодержащие отходы	—	2,5	5	7,5	10

Результаты физико-механических испытаний показали, что применение разработанного способа изготовления стеновой керамики [12] приводит к увеличению прочности керамических образцов с 10 % добавкой марганецсодержащих отходов в среднем на 10-15 % по сравнению с контрольными образцами без добавки, а водопоглощение при этом снижается с 13,2 % до 12,7 %, что свидетельствует об отсутствии вредного влияния 10 % добавки на процессы спекания керамики. В результате полученных

данных экспериментальных исследований был установлен оптимальный состав шихты для приготовления декоративного керамического кирпича из природного глинистого сырья с добавкой марганецсодержащих техногенных отходов, мас. %:

- ленинск-кузнецкая глина 90-95;
- марганцевая пыль газоочистки 5-10.

Для повышения достоверности результатов и оптимизации технологических параметров и режимов получения декоративной стеновой керамики, а также снижения количества погрешностей в расчетах была проведена математическая обработка полученных экспериментальных данных.

При обработке данных эксперимента в исследовании был использован программный пакет для статистического анализа «STATISTICA Advanced» (Dell, США) [13]. С привлечением статистических методов и алгоритмов определена функциональная зависимость между параметрами массива данных и выполнена графическая визуализация корреляционных матриц. Установлено и рассчитано соотношение между показателями физико-механических свойств декоративных керамических образцов и технологическими параметрами их изготовления как функциональная зависимость между тремя параметрами X, Y, Z вида:

$$z = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2, \quad (1)$$

где a, b, c, d, e, f – числовые коэффициенты.

Математическая обработка показателей физико-механических свойств окрашенных керамических образцов с различным количеством марганецсодержащих отходов в составе шихты проводилась на примере предела прочности при сжатии образцов и их водопоглощения (таблица 2). Корреляция показателей отслеживалась при изменении температуры обжига декоративной керамики.

Графическая интерпретация установленных функциональных зависимостей показана на рисунке.

По результатам математической обработки экспериментальных данных была определена зависимость предела прочности при сжатии ($R_{сж}$) и водопоглощения (W) для керамических образцов на основе среднепластичного глинистого сырья с добавкой марганецсодержащих отходов как функция приближения второго порядка:

$$R_{сж}(x,y) = 1,344x + 1,566y - 0,011x^2 - 0,0011xy - 0,0008y^2 - 753,078 \quad (2)$$

$$W(x,y) = 23,259 + 0,355x + 0,0078y - 0,0123x^2 - 0,0003xy \quad (3)$$

Таблица 2

Прочность при сжатии и водопоглощение керамических образцов из глинистого сырья и марганецсодержащих отходов при различных температурах обжига

Температура обжига, °С	Содержание марганцевой пыли газоочистки в составе шихты, %				
	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
<i>Прочность при сжатии, МПа</i>					
850	18,2	19,7	17,5	20,8	20,9
900	29,1	29,8	30,4	30,5	31,1
950	33,4	34,5	34,1	35,5	35,2
1000	37,9	38,8	39,2	41,5	41,7
1050	36,3	37,2	37,8	36,4	35,1
<i>Водопоглощение, %</i>					
850	14,8	14,8	14,8	14,6	14,4
900	14,1	13,9	14,3	14,0	13,8
950	13,2	13,4	13,3	12,9	12,7
1000	12,3	12,8	12,9	12,5	12,1
1050	12,1	11,9	11,8	11,4	11,3

В функциях второго порядка (2, 3) многочлены с числовыми коэффициентами близкими к нулю не показаны.

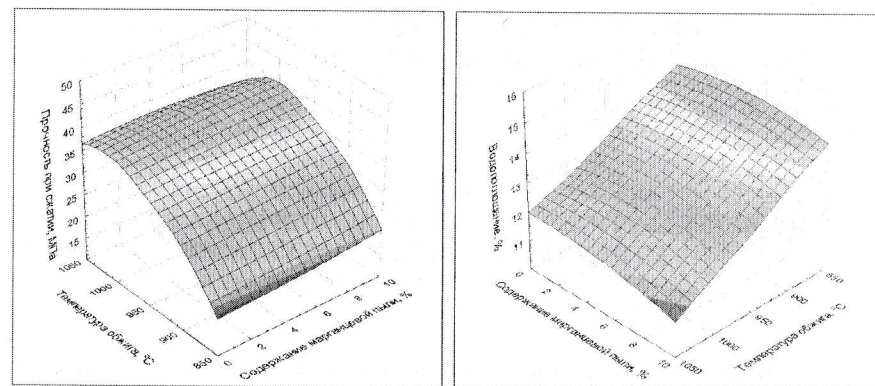


Рисунок. Графическая зависимость предела прочности при сжатии (слева) и водопоглощения (справа) от процентного содержания марганцевой пыли в составе шихты при различных температурах обжига керамических образцов

По результатам проведенных исследований с применением автома-

тизированного статистического программного комплекса для обработки экспериментальных данных установлены оптимальные составы и температура обжига гранулированных керамических шихт на основе глинистого сырья с марганецсодержащими отходами (мас.%): ленинск-кузнецкая глина – 90-93; марганцевая пыль газоочистки – 7-10; температура обжига – 970-1000 °С.

Благодарности. Исследования проведены при финансовой поддержке Федерального фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 12839ГУ/2018 от 26.04.2018 г. «Разработка декоративного керамического кирпича с использованием минеральных промышленных отходов»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болбеко, А.В. Применение ангобов в керамике / А.В. Болбеко, А.И. Бровикова, Н.А. Арвентьева // *Gaudeamus igitur*. – 2015. – № 1. – С. 52–54.
2. Салахов, А.М. Керамика вокруг нас / А.М. Салахов, Р.А. Салахова. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2008. – 160 с.
3. Rathossi, C. Effect of firing temperature and atmosphere on ceramics made of NW Peloponnese clay sediments: Part II. Chemistry of pyrometamorphic minerals and comparison with ancient ceramics / C. Rathossi, Y. Pontikes // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2010. – № 30. – P. 1853–1866.
4. Пищ, И.В. Методы окрашивания керамического кирпича / И.В. Пищ, Г.Н. Масленникова, Н.А. Гвоздева и др. // *Стекло и керамика*. – 2007. – № 8. – С. 15–18.
5. Мойсов, Г.Л. Разработка эффективных хромофорных добавок для выпуска цветного керамического кирпича на предприятиях Краснодарского края / Г.Л. Мойсов // *Строительные материалы*. – 2001. – № 10. – С. 16–18.

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ФТОРАНГИДРИТА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Л.А.Аниканова, А.И.Кудяков, О.В.Волкова
Томск, Россия

В работе представлены основные проблемы утилизации фторангидрита в качестве альтернативного ангидритсодержащего сырья в производстве эффективных гипсосодержащих стеновых и отделочных материалов. Показано, что причиной медленного освоения производства строительных материалов из фторангидритового сырья является недостаточная его изученность, нестабильность состава и свойств, неоднозначность научных результатов по физико-химическим процессам структурообразования

фторангидрита в измельченном состоянии, низкой активностью и прочностью затвердевшего камня. Разработанная авторами классификация фторангидритового сырья с учетом его вещественного, гранулометрического состава и применения позволяют систематизировать научные данные о его составе, свойствах с целью направленного использования при разработке технологических принципов и процессов изготовления композиционных материалов.

Ключевые слова: техногенные отходы, утилизация, фторангидрит, вещественный и гранулометрический состав, классификация

Abstract. The article presents the main problems of utilization of fluorogypsum which is used as an alternative anhydrite-containing raw material in the production of effective gypsum-containing wall and decoration materials. It is shown that the reason for the slow development of the production of building materials from fluorogypsum raw materials is its insufficient study, instability of the composition and properties, the ambiguity of scientific results on the physicochemical processes of structure formation of fluorogypsum in the ground state, low activity and strength of the hardened stone. The classification of fluorogypsum raw materials developed by the authors, taking into account its material, particle size distribution and application, makes it possible to systematize scientific data on its composition, properties for the purpose of directed use in the development of technological principles and processes for manufacturing composite materials.

Keywords: industrial waste, recycling, fluorogypsum, material and particle size distribution, classification

Динамика накопления техногенных отходов, образующихся в результате развития индустриального общества в настоящее время имеет четко выраженную негативную тенденцию, предопределяющую возможность загрязнения окружающей природной и градостроительной среды. При этом определяющую экологическую опасность представляют промышленные техногенные отходы химической, топливно-энергетической отраслей. [1-5] Одним из основных направлений утилизации отходов является строительно-технологическая утилизация, поскольку промышленность строительных материалов способна обеспечить масштабы потребления отходов, сопоставимые с масштабами их образования и замену природному нерудному сырью. До недавнего времени химическими предприятиями различных отраслей промышленности (химической, атомной, цветной металлургии) складировалось свыше полумиллиона тонн сульфаткальциевых отходов фтороводородных производств (фторангидрита) ежегодно [2,6,7] (таблица 1). Современная технология получения фтороводорода основана на серноокислотном разложении плавикового

прочности В15 (М200) на основе ПЦ 400–КД20, содержащего КД «ПЮ-УТ-1 + глиеж», после 50 циклов замораживания и оттаивания показал прочность 22,48 МПа, что больше 18,70 МПа прочности контрольных образцов, хранившихся в воде, что свидетельствует о высокой морозостойкости разработанных цементов с КД «ПЮУТ-1 + глиеж». Коэффициент стойкости мелкозернистого бетона через 25 циклов попеременного увлажнения и высушивания составил 1,18, отсутствие при этом спада прочности указывает на его достаточную стойкость климатическим колебаниям.

Практическое применение разработки может решить многие технологические, экономические, экологические проблемки не только отрасли, но и республики в целом.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Денисов В.В. Производство строительных материалов: учебное пособие / под ред. В.В. Денисова; Ростов на Дону: Феникс: Издат. центр Март, 2018. – 720с.
2. Акимова Т. А., Кузьмин А.П. «Природа-Человек-Техника». М., 2016. – 178 с.
3. Указ Президента Республики Узбекистан № 4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».
3. ГОСТ 16188-70. Добавки к цементам. Метод определения прочности.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Ахмет Д.В., Столбушкин А.Ю. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ	6
Аниканова Л.А., Кудяков А.И., Волкова О.В. ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ФТОРАНГИДРИТА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	10
Ахмед Ахмед А.А., Иванюк Д.М., Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Аласханов А.Х. ПЕНОБЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННОМ ГИПСОВОМ ВЯЖУЩЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТСЕВА ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА ДЛЯ 3Д-АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	17
Бернацкий А.Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ «ЦЕМЕНТНЫЙ КАМЕНЬ-КВАРЦЕВЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ»	22
Бик Ю.И., Приданова О.В. ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ	28
Бойко В.Г., Самохвалова В.Б. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ГОСТ 10060-12	31
Бурученко А.Е., Харук Г.Н., Бака Е.Р. ФОРМИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА КЕРАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВЫХ ОТХОДОВ И ЕЕ СВОЙСТВА	35
Верещагин В.И., Горбачев Д.В. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ СУСПЕНЗИЙ (ВКВС) БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ	41
Виноградов С.А., Бердов Г.И., Хританков В.Ф., Пичугин А.П., Пичугин М.А. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ТВЕРДЕНИИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, ФИКСИРУЕМЫЕ ДИЭЛЬКОМЕТРИЕЙ	44
Воробьев В.С., Пак М.В. СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ	51
Воронов В. В., Глаголев Е.С. МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ПЕНОБЕТОНОВ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ	55
Герасимов В.В., Черниченко А.А., Улитко Е.В., Ершов Е.С. УПРАВЛЕНИЕ СТРАТЕГИЕЙ РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	62