

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



СТРОЙСИБ - 2017

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

**Международный сборник
научных трудов**

НОВОСИБИРСК - 2017

УДК 691(08)
ББК 38.3, я4
Р 443

Материалы Международного сборника научных трудов
**«ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ»**

сформированы по результатам проведения Международной научно-технической конференции, проведенной 14-17 февраля 2017 года в рамках работы Международной выставки «СТРОЙСИБ-2016 в МЕЖДУНАРОДНОМ ЭКПОЦЕНТРЕ. НОВОСИБИРСК

Организаторами данной конференции явились: Новосибирский государственный аграрный университет, Сибирский государственный университет путей сообщения, Российская Академия естественных наук, Российская Академия проблем качества, научно-технический и производственный журнал «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ» и Сибирский НИИ строительных материалов и новых технологий. При подготовке конференции и формировании сборника научных трудов приняли участие более ста научных и производственных работников России, Украины, Израиля, Кыргызстана, Казахстана, Молдовы, Монголии, Германии, Польши и других стран. Основные вопросы и приведенные результаты исследований направлены на решение всей тематики конференции - комплексное рассмотрение вопросов получения новых строительных материалов из местного сырья и отходов производства, 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, 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 Бурученко А.Е. (Красноярск)
д.т.н., профессор Хозин В.Г. (Казань)**

ISBN 978-5-94477-178-4

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2016

**ОРГКОМИТЕТ И РЕДСОВЕТ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

ПИЧУГИН А.П., д.т.н., проф., академик

РАЕН - председатель (Новосибирск)

КУНЦ К.Л., к.т.н., доцент - сопредседатель (Новосибирск)

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)

***БОКОВ К.В., президент Ассоциации строителей
и инвесторов Новосибирской области)***

БУРБЯНОВ А.Ф., д.т.н., проф. (Москва)

ВЕРЕЩАГИН В.И., д.т.н., проф. (Томск)

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

ДЕНИСОВ А.С., д.т.н., проф. (Новосибирск)

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

КОВАЛЬ С. В., д.т.н., проф. (Одесса, Украина)

КОВЛЕР К., д.т.н., проф. (Хайфа, Израиль)

КУРДЮМОВА В.М., д.т.н., проф. (Бишкек, Кыргызстан)

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

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

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

МАШКИН Н.А., д.т.н., проф. (Новосибирск)

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)

СОКОЛОВА Ю.А., д.т.н., проф. (Москва)

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

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

СУЛЕЙМЕНОВ Ж.Т., д.т.н., проф. (Тараз, Казахстан)

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

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)

ВВЕДЕНИЕ

Международный сборник научных трудов «ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ» подготовлен в качестве основных материалов в рамках проведения Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию Новосибирского государственного аграрного университета и 60-летию факультета Промышленного и гражданского строительства Сибирского государственного университета путей сообщения, организованной Новосибирским государственным аграрным университетом совместно с Сибирским государственным университетом путей сообщения, Российской Академией естественных наук, Российской Академией проблем качества и научно-техническим и производственным журналом «Строительные материалы». При подготовке конференции и формировании сборника научных трудов приняли участие более ста двадцати научных и производственных работников России, Украины, Израиля, Кыргызстана, Казахстана, Молдовы, Монголии, Германии, Польши и других стран.

В сборнике нашли отражение статьи, объединенные по следующей тематике.

1. Теоретические и методологические вопросы развития науки по оценке эффективности и долговечности строительных материалов.
2. Физико-химические исследования процессов, обеспечивающих эффективные показатели и качество строительных композитов.
3. Пути совершенствования технологического обеспечения строительных материалов за счет применения добавок направленного действия.
4. Экономико-организационные вопросы эффективного внедрения новых технологий в строительном комплексе.

По каждому из предложенных направлений представлены статьи и результаты проведенных исследований. По первому направлению следует отметить работы, выполненные в научных школах Одессы (профессор Выровой В.Н., Кучеренко А.А., Барабаш И.В.), Томска (профессора Кудяков А.И., Копаница Н.О. и др.), Красноярска (профессор Бурученко А.Е.), Барнаула (профессор Козлова В.К., Овчаренко Г.И.), Ачинска (Шепелев И.И.) Новосибирска (профессор Стенина Н.Г., профессор Бердов Г.И., профессор Плетнев П.М., профессор Пичугин А.П., профессор Шахов С.А.), Новокузнецка (профессор Столбоушкин А.Ю.) и др.

Физико-химическим процессам в материаловедении и ресурсосберегающих технологиях посвящены исследования профессора Иващенко Ю.Г. (Саратов), профессора Ковлера К. (Хайфа, Израиль), профессора Фишера Н.-Х. (Веймар, Германия), профессора Бердова Г.И., профессора Плетнева П.М., профессора Пичугина А.П., профессора Хританкова В.Ф. и др. (Новосибирск) и др. Новые направления технологического решения материаловедческих и

экономических проблем представлены профессорами Шаховым С.А., Плетневым П.М., Мосаковым Б.С., Кудяковым А.И. и др.

Применение добавок и технологических приемов для повышения качества строительных материалов, в том числе и на основе местного сырья и отходов производства, а также решению вопросов по обеспечению нормативной базы и экономико-организационных вопросов внедрения эффективных технологий в строительном комплексе посвящены работы научных университетских лабораторий и научно-проектных организаций Барнаула, Москвы, Кзыл-Орды (Казахстан), Новосибирска, Красноярска, Саратова, Томска, Одессы, Краснодара и др. городов.

Следует отметить, что большинство рассматриваемых вопросов и исследований направлены на решение главной проблемы, поставленной на Международной конференции, новым технологиям в строительном материаловедении, эффективному внедрению ресурсосберегающих процессов в современном строительно-технологическом комплексе. С этих позиций все работы представляют значительный интерес для широкого круга специалистов, научных работников, студентов, аспирантов, работников проектных организаций и производства.

Ответственный редактор

1. Теоретические и методологические вопросы развития науки по оценке эффективности и долговечности строительных материалов

Куниц К.Л., Новосибирск, Россия

60 ЛЕТ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА

В статье обобщен опыт научно-исследовательской деятельности сотрудников факультета промышленного и гражданского строительства Сибирского государственного университета путей сообщения, накопленный за шесть десятилетий существования факультета. Наиболее весомые результаты исследований достигнуты в области строительного материаловедения, строительной индустрии, ледотермики, систем инженерного оборудования населенных мест и промышленных предприятий, технологии, организации и экономики строительства.

Kunz K.L. (Novosibirsk, Russia)

60 years of joint scientific research

This article has summed up the experience of R&D activities of Siberian Transport University Civil Engineering Faculty's members over the past 60 years.

More significant results have been achieved with regard to construction materials and components science, construction industry, icethermics, engineering equipment system of locations and manufacturing enterprises, construction ,management, economics and technology.

Образованию самостоятельного факультета «Промышленное и гражданское строительство» в СГУПСе (НИИЖТе) 1 марта 1957 г предшествовала многолетняя, с 1932 года, работа по подготовке инженеров-строителей по специальностям «Здания» и «Водоснабжение». К тому времени сложились основные научные школы на кафедрах «Строительные конструкции и здания», «Гидравлика и водоснабжение», «Строительное производство», «Организация и экономика строительства», получившие дальнейшее развитие в последующие годы.

На кафедре «Гидравлика и водоснабжение» под руководством профессора Коржавина К.Н. в 1950–1980-е годы весьма результативно разрабатывалась проблема воздействия льда на опоры мостовых переходов, портовые, водозаборные сооружения, гидроэлектростанции и другие гидротехнические сооружения. Результаты исследований включились в строительные нормы и правила, использовались при проектировании многих крупных гидротехнических объектов в Сибири и на Дальнем Востоке.

В 70е – 90е годы сложилось новое научное направление, связанное с решением проблем водоснабжения и водоотведения населенных мест, промышленных предприятий и объектов железнодорожного транспорта в условиях Сибири. Особое внимание уделяется проблемам очистки природных вод

(руководитель – профессор, доктор технических наук Артеменок Н.Д.) и сток промышленных и транспортных объектов (руководитель – профессор, доктор технических наук Рязанцев А. А.).

С начала 80х годов активизировались исследования в области гидравлики русловых процессов (руководитель – доцент, кандидат технических наук Иващенко А.Т.), повышение устойчивости и надежности работы элементов систем железнодорожного водоснабжения (руководитель – доцент, кандидат технических наук Кунц К.Л.). С 2000х годов развернулись исследования в области водохозяйственных проблем в транспортном строительстве (руководитель – профессор, доктор географических наук Белоненко Г.В.).

Полученные результаты НИР активно внедрились в практику проектирования, строительства и эксплуатации десятков систем водоснабжения и водоотведения объектов различного назначения, особенно при освоении Западно-Сибирского нефте-газозоносного региона, включались в СНиП и другие нормативы и справочные документы.

На кафедре «Строительные конструкции и здания» наиболее интересные исследования велись в области истории архитектуры (руководитель – профессор, доктор архитектурных наук Горбачев В.Т.), разработки методов расчета конструкций из предварительно напряженного железобетона (руководитель – доцент, кандидат технических наук Пирожков Г.И.), разработки методов повышения надежности и усиления стальных конструкций зданий и сооружений (руководитель – профессор, доктор технических наук Казарновский В.С.), изучения проблем архитектурного пропорционирования (руководитель – доцент, кандидат технических наук Скуратовский Г.М.), разработки методов оценки технического состояния и усиления эксплуатируемых строительных конструкций (руководитель – доцент, кандидат технических наук Неустроев А.Я.).

На созданной в 1969 году самостоятельной кафедре «Строительные материалы» продолжились исследования по разработке рациональных технологий приготовления бетонных смесей (руководитель – профессор, доктор технических наук Шмигальский В.Н.), оптимизации работы бетоносмесительных машин (руководитель – профессор, доктор технических наук Мосаков Б.С.), разработке механо-технологических основ цементных бетонов (руководитель – профессор, доктор технических наук Ананенко А.А.), разработке методов антикоррозионной защиты строительных систем (руководитель – доктор технических наук Дубенчак В.Е.), влияния климата на долговечность бетона транспортных сооружений (руководитель – кандидат технических наук Актуганов И.З.), разработке и внедрению методов оценки технического состояния и снижения теплопотерь зданий и сооружений в суровых климатических условиях (руководитель – доцент, кандидат технических наук Васильковский А.П.).

На кафедре «Технология, организация и экономика строительства» большое внимание уделялось экономическому обследованию строительства железных дорог в Северной климатической зоне (профессора, доктора наук Комаров А.А., Одинцов Д.Г., Ткаченко В.Я.), оптимизации организационной и технологической деятельности строительных организаций, управлению проектами (руководитель – профессор, доктор технических наук Воробьев В.С.), формированию оптимальных комплектов строительных конструкций и машин с использованием вычислительной техники для строительства зданий и сооружений (руководитель – доктор технических наук Кузнецов С.М.), теории и практике оптимизации процессов приготовления бетонных смесей с заранее заданными свойствами (руководитель – профессор, доктор технических наук Мосаков Б.С.), безопасности в строительстве (руководитель – доцент, кандидат технических наук Шишко Ф.С.). Разработки ученых кафедры нашли широкое применение в практике строительства промышленных и транспортных объектов, в том числе железных дорог Сибири, Байкало-Амурской магистрали.

На кафедре «Химия» с приходом на заведование в 1974 году доктора химических наук профессора Кутолина С.А., человека исключительной одаренности и эрудиции, развернулись принципиально новые направления исследований, связанные с созданием кибернетических моделей в материаловедении. Кроме того, большой интерес представляли направления: «Философия, как рефлексия. Учение. Обучение. Творчество», «Рефлексивное литературоведение» и другие.

Начиная с 2010 года основные исследования проводятся в направлении изучения свойств и разработки методов использования техногенных отходов в строительстве, на транспорте и в сельском хозяйстве. Это направление исключительно перспективно, т.к. только в г. Новосибирске накоплены, например, несколько миллионов тонн обработанных и обезвоженных осадков городских канализационных очистных сооружений, которые могли бы эффективно использоваться в качестве сырья для стройиндустрии, удобрений для сельхозугодий и т.д. Эти исследования проводятся группой аспирантов под руководством заведующего кафедрой доктора технических наук Шахова С.А.

На кафедре «Графика» исследовательская работа носит научно-методический характер и направлена на разработку рациональных методик преподавания графических дисциплин, в том числе с использованием компьютерных технологий. Основы этой работы, заложенные еще в 30е – 50е годы доцентом Розниковым Л.Н., развитые в 60е – 80 е годы сотрудниками кафедры под руководством доцентов кандидатов наук Шведчикова А.И., Маслова Б.А., с успехом продолжают совершенствоваться современным поколением ученых, кандидатами наук, доцентами Андрюшиной Т.В., Самардак М.В., Болбат О.Б., Петуховой А.В., Жидковой Е.В., Шабалиной Н.К и др.

За прошедшие десятилетия учеными факультета были получены сотни патентов и авторских свидетельств на изобретения, изданы сотни монографий и учебных пособий.

Во все годы существования факультета в научную деятельность активно вовлекалась студенческая молодежь. Наиболее талантливые ребята продолжали обучение в аспирантуре, защищали кандидатские и докторские диссертации, пополняли ряды ученых и преподавателей в родном НИИЖТе, других вузах страны.

Гордостью факультета стали выпускники доктора технических наук, профессора Зиновьев Б.М., Митасов В.М., Назаренко П.С., Пангаев В.В., Паниюков Э.Ф. и многие другие ученые, внесшие значительный вклад в развитие отраслевой науки.

Среди студентов, увлекавшихся научными исследованиями, было немало и тех, кто ушел после окончания вуза на стройку, в проектные, пусконаладочные, эксплуатационные организации и сделал блестящую карьеру крупного руководителя производства: Минькин В.И. – президент Государственной корпорации «Трансстрой» (г.Москва); Лыков Д.Г. – генеральный директор СПАО «Сибкадемстрой»; Ланге Б.С. – генеральный директор НПО «Спецнефтегаз» (г.Москва), академик Российской инженерной академии; Писарев В.Г. – академик Всемирной Академии Комплексной безопасности, руководитель ведущего отдела корпорации «Атомстройэкспорт» (г.Москва); Теслевич А.М. – заместитель начальника Западно-Сибирской железной дороги; Багаев Ю.Г. – главный инженер Новосибирского водоканала; Низковских В.М. – генеральный директор СП «Росводоканал»; Шубин М.В. – мэр г.Обнинска, руководитель департамента Министерства атомной энергетики и многие, многие другие.

Исследовательская работа ученых факультета всегда тесно соприкасалась с их преподавательской деятельностью. Таким образом, студенты нередко знакомились с новейшими результатами научных исследований задолго до их опубликования, в т.ч. в составе СНиП и другой нормативной и справочной литературы, что, несомненно, способствовало повышению качества подготовки специалистов. В учебном процессе для проведения лабораторных работ активно использовались и приборы, оборудование и установки, на которых проводились экспериментальные научные исследования.

Таким образом, студенты осваивали, например, методы испытания строительных материалов и изделий на прочность, истираемость, измельчаемость, химическую стойкость, морозоустойчивость и другое.

После развала Советского Союза условия для научной работы ухудшились, т.к. бюджетное финансирование практически прекратилось, а объемы хозяйственных работ сократились в разы. Из института стали уходить молодые, талантливые и энергичные ученые. Так, только факультет ПГС с 1992 по 2000 гг. «потерял» около сорока перспективных научных сотрудников, что

нанесло урон факультетской науке, последствия которого ощущаются до сих пор.

Тем не менее, основные научные школы удалось сохранить и продолжить их развитие. Это удалось сделать, в основном, благодаря увлеченности наукой значительной части профессорско-преподавательского состава, работающего за счет так называемой второй половины рабочего дня, а в большей мере – на энтузиазме и преданности выбранному жизненному пути.

Коллектив факультета с оптимизмом смотрит в будущее, полон научных замыслов и желания претворять их в жизнь.

УДК691:624.04.004.63:338

*Г.Б.Фишер (Веймар, Германия)
А.П.Пичугин (Новосибирск, Россия)*

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ. ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Аннотация

Приведен обзор новых технических, технологических и рецептурных решений в области строительного материаловедения, проектирования и строительства различных зданий и сооружений. Отмечен интерес производства к возведению объектов по 3D технологиям, разработкам новых бетонов, стеновых и отделочных материалов. Отмечен всплеск исследований в области улучшения теплозащитных и шумопоглощающих характеристик материалов и изделий для жилищного строительства, а также для защиты объектов от коррозионного и атмосферного разрушения.

*G.B.Fisher (Weimar, Germany)
A.P.Pichugin (Novosibirsk, Russia)*

EFFECTIVE TECHNOLOGIES IN BUILDING MATERIALS. DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE

Abstract

An overview of the new technical, technological and prescription decisions in the field of building materials, design and construction of various buildings and structures. Marked interest in production facilities to erection of 3D technologies, development of new concrete, wall and finishing materials. Marked surge of research into the improvement of heat-shielding and sound-absorbing properties of materials and products for housing construction, as well as for the protection of facilities from atmospheric corrosion and destruction.

Рассматривая различные технологии строительного комплекса России с точки зрения эффективности рецептур и технологических приемов, необходимо, прежде всего, сделать оценку и анализ состояния строительной отрасли

и науки, определить пути и направления развития промышленности строительных материалов, наметить научный подход к решению проблемы повышения качества и конкурентоспособности отечественных строительных материалов. Важным составляющим и результирующим фактором может стать стратегия завоевания рынка отечественными строительными материалами и технологиями, в т.ч. в перспективах использования бетона и железобетона, новых керамических изделий, композиционных материалов и изделий на основе или с использованием полимеров и наноразмерных добавок и компонентов в современном отечественном строительстве на основе научного подхода к повышению эффективности.

С этих позиций требуется определить перспективные направления использования различных видов материалов и совершенствования их свойств. Как показывают новейшие разработки в развитии промышленности вяжущих веществ специального назначения с использованием техногенных отходов, новые виды заполнителей для бетона, современные искусственные пористые заполнители и изделия изменяют технологические приемы, повышают надежность конструкций, открывают возможности для конструирования и возведения уникальных и красивых объектов самого широкого спектра. Внедрение эффективных сухих строительных смесей широкой номенклатуры позволило повысить качество монтажных и отделочных работ, сократить сроки возведения зданий и сооружений. Новые теплоизоляционные материалы способствовали снижению массы строительных объектов, что отразилось на стоимости и сроках строительства при соблюдении соответствия требованиям СНиП по теплотехнике. При этом расширились возможности использования новых научных разработок в области получения теплоизоляционных материалов на основе либо с использованием техногенного сырья. Широкое распространение получило пеностекло, в т.ч. на основе щелочных алюмосиликатных пород и отходов промышленности, а также теплоизоляционные материалы на основе жидкого стекла из силикат-глыбы и из микрокремнезема.

Большие наработки имеются в области эффективного использования отечественных и зарубежных современных стеновых и кровельных материалов, применение которых показало свою эффективность в сравнении с традиционными материалами. Следует отметить расширенное производство пластмассовых материалов и изделий, свойства и преимущества которых подтверждены десятилетиями. Полимерные строительные материалы отличаются эстетичностью, гигиеническими характеристиками, универсальностью, широким спектром окраски, видов и номенклатуры. Особенно это нашло распространение при внутренней и внешней отделке стен зданий, устройстве кровель, окон, покрытия полов, облицовки потолков т.д. Появились новые очень красивые и долговечные материалы отечественного и зарубежного производства для внутренних отделочных и санитарно-технических работ. В этой связи следует выделить мембранные технологии строительных

материалов на основе полимеров для кровельных и гидроизоляционных работ, которые за последние годы широко внедряются даже в условиях сурового климата Сибири. Проявился новый взгляд на использование деревянных конструкций в современном малоэтажном строительстве. Разработка целого шлейфа защитных и модифицирующих композиций от биоповреждений древесины и возгорания позволила наметить новые перспективы применения не только пиломатериалов, но и отходов древесины.

За последние три-четыре года разработаны сотни уникальных рецептов и технологических решений. Среди них особенно следует отметить прогресс в деле продвижения 3D-технологий, которые все увереннее выходят на строительный рынок. Особенно отличились в этом деле китайские специалисты, построившие двухэтажный жилой дом менее, чем за сутки. Интересные решения в этом направлении приведены ниже.

3D-печать конструкций из бетона: долгожданный выход на рынок. Буквально на днях британский университет Лафборо объявил о начале перспективного сотрудничества со строительной компанией Skanska из Швеции и с архитектурной фирмой Foster + Partners по разработке и дальнейшей коммерциализации технологии 3D-печати из бетона.

Landscape House: 3D-технологии в современном строительстве. Специалисты компании Universe Architecture представили новое решение для использования технологии 3D-печати в сфере строительства.

Строительство домов из глинистого раствора при помощи 3D-принтера. Итальянские специалисты тщательно исследовали потенциал применения аддитивного производства в сфере строительства, и представили уникальную разработку - 3D-принтер, при помощи которого можно возводить доступное жилье из глинистого раствора.

Много новаций и рациональных технических решений получило направление «Умный дом» с НИ-ТЕСН технологиями, которые постепенно проникают в нашу жизнь. Среди них следует отметить следующие.

Дом, выдерживающий ураганы: инновация из Великобритании Специалисты известной британской компании Extremis Technology разработали и представили проект дома под названием Hush2 - это здание собирается всего за пару часов, и способно выдерживать самые сильные порывы ветра.

Дом с защитой от наводнений: технология из Великобритании Специалисты из архитектурной компании Baca Architects представили уникальное решение – в настоящее время они заняты строительством дома-амфибии, который, по их словам, будет способен подниматься в период наводнения без риска деформации конструкции, а затем становиться на своем месте, когда вода спадает.

Уникальный дом-конструктор: проект Ивана Овчинникова. Дом, проект которого разработал руководитель бюро BIO-architects Иван Овчинников, едва ли можно назвать дачей - речь идет о полноценном жилье, расположенном всего на 25 квадратных метрах.

Сборные дома от Филиппа Старка. Известный французский архитектор и дизайнер Филипп Старк совместно со специалистами словенской компании Riko разра-

ботал и представил новую линейку сборных домов премиум-класса под названием Starck & Riko.

Технология строительства домов без фундамента: инновация из Германии

В рамках принципиально новой технологии, сборка жилого дома осуществляется прямо на стройплощадке, с использованием специальных конструкционных компонентов, которые изготавливаются в производственных условиях.

Самое экологичное здание в мире: норвежский проект. Реконструированное здание будет производить больше энергии, чем потреблять.

Надувной бетон: инновация в сфере домостроения Известный архитектор Николо Бини недавно представил уникальную технологию строительства купольных домов из обычного бетона, но без межпанельных стыков и швов.

«Круглые» дома: новая жизнь древней традиции В древности люди не случайно строили свои жилища округлой формы, поскольку такие дома были безопасными и удобными. Однако использование новейших технологий вдохнуло в эту традицию поистине новую жизнь.

Преимущества энергоэффективных зданий. Строительство энергоэффективных зданий является одним из самых важных направлений строительной отрасли, набирающим все большую популярность во многих странах.

Дом из прозрачного бетона. Уникальный материал, разработанный немецкими учеными, включает мелкозернистый бетон и оптическое стекловолокно, однако, как и обычный бетон, это материал необыкновенно прочен и долговечен.

TALL PLASTIC: инновация в сфере жилого строительства. Уникальная технология позволит строителям возводить жилые дома, дороги и, в целом, всю инфраструктуру исключительно из вторично переработанной пластмассы.

Большое количество работ и исследований направлено на совершенствование качества бетона и бетонных изделий. В этом направлении работают почти все лаборатории мира, поражая новизной рецептур и использованием новых ранее не применяемых ресурсов. К ним относятся, к примеру, следующие.

Технология Мрамор из бетона. Фирма «Камелот НН» предлагает уникальную технологию для производства изделий из сверхпрочного бетона - имитация натурального камня, продажа форм .

Бетонный купол по новой технологии. Специалисты Венского технологического университета представили инновационную систему, позволяющую расширять бетонную конструкцию по принципу шара, и после затягивать ее при помощи стального троса.

«Зеленый бетон» для фасада здания. Сотрудники политехнического университета Каталонии (Испания) предложили инновационную разработку – специальный бетон, поддерживающий жизнедеятельность растений на фасадах домов.

Встроенные ветрогенерирующие панели. Встроенные ветрогенераторы отличаются от обычных компактностью и достаточно высокой производительностью.

CarbonCure: инновационные бетонные блоки. Американская компания CarbonCure разработала инновационный, но, в то же время, достаточно логичный и простой способ сокращения выбросов CO₂ методом использования углекислого газа в процессе обработки известняка, а также в производстве блоков для отверждения цемента и прочих компонентов.

Экологически чистый цемент: инновация в сфере производства строительных материалов

Принципиально новая смесь цемента, по словам разработчиков технологии, может способствовать сокращению так называемого углеродного следа от производства строительного бетона более, чем на 40 процентов.

Производство бетона на основе отходов биотоплива. Принципиально новый вид строительного бетона, как утверждают его разработчики, отличается от своих аналогов более высокой прочностью, а также наличием минимального углеродного следа.

Инновационный материал - нанопокрывание для каменных полов и бетона. Специальное нанопокрывание для каменных полов и бетона надежно гарантирует уменьшение изнашиваемости поверхностей, а также придает материалам грязеотталкивающие качества.

Защитное самозаживляющее покрытие для бетона: новая разработка. Трещины - пожалуй, самая серьезная опасность для любого бетонного покрытия, в том числе, для стен зданий и для дорог.

Технология переработки бетонного мусора. Переработка миллионов кубометров строительного мусора, в том числе, является весьма масштабной проблемой – немецкие ученые предложили свой вариант решения.

Ежегодно отрабатываются и совершенствуются технологии возведения зданий из традиционных материалов и изделий, что способствует повышению эффективности строительства и улучшению качества строительно-монтажных работ. Особенно это касается отделочных работ и материалов. Кроме того, рациональные технологии повсеместно внедряются в отечественную практику домостроения.

Достоинства финской технологии строительства. Технологию строительства так называемых финских домов специалисты относят к одной из самых востребованных технологий в настоящее время. Финские дома полюбили благодаря своей прочности, красоте и экологичности. Преимущество финской технологии кроется в использовании высокотехнологичных материалов – клееного бруса или оцилиндрованного бревна.

Структурно-изолированные панели из дерева и соломы. На рынке появился уникальный строительный материал - качественные, полностью готовые к установке структурно-изолированные панели (СИП), выполненные из доступных, быстро возобновляемых натуральных материалов: дерева и соломы.

Эластичная фанера Woodskin: новый отделочный материал. Разработан и представлен новый уникальный материал на основе технологии из России – эластичная фанера Woodskin, которая состоит из нескольких трехсторонних элементов.

Сэндвич-панели для экологического строительства. Производством экологически чистых структурно – изоляционных панелей (СИП-панелей) сейчас занимается американская компания NatureBuilt Wall Systems.

Преимущества бамбуковых обоев. Бамбуковые обои — уникальный натуральный отделочный материал, сравнительно недавно появившийся на рынке строительных материалов и уже завоевавший заслуженную популярность.

Кирпичный фасад Novabrick и его преимущества. Основные преимущества кирпичного фасада Новабрик

Строительные панели из переработанного денима: новая технология. На рынке появился уникальный материал - конструкционные панели, предназначенные для внутренней и внешней отделки, которые выполнены из переработанных джинсов и кусков джинсовой ткани.

Фасадная система Bioskin: новые технологии в высотном строительстве Фасадная система Bioskin одержала победу в отраслевом конкурсе Tall Building Innovation 2014, который каждый год проводится при поддержке Совета по высотным зданиям и городской среде (CTBUH).

Блоки Smart Brick: для быстрого, качественного и экономичного строительства

Специалисты компании Kite Bricks представили на рынке принципиально новую разработку – уникальные строительные блоки, имеющие все шансы стать настоящей революцией в сфере строительства мостов, зданий, тротуаров, автомобильных дорог.

Усовершенствованная строительная глина: инновация из Малайзии. Малайзийские ученые активно работают над созданием способов улучшения качества и технических показателей глины, используя для этого метод смешивания материала с промышленными отходами.

Не стоит на месте проблема улучшения качества теплоизоляционных и звукопоглощающих материалов. В этом направлении большинство стран работают над решением комплексной задачи по звукопоглощению (шумозащите) и теплоизоляции зданий и сооружений. Большинство разработок нашли свое эффективное продолжение в производстве, а некоторые, например такие, как легкие крупнопористые бетоны с интегральным расположением крупного заполнителя и регулируемой пористой структурой ждут, когда на них обратят внимание практики. Среди известных рецептур и технологий последних лет можно отметить следующие.

Панели InSoFast EX: инновационное решение для теплоизоляции. Инновационные теплоизоляционные материалы InSoFast EX 2.5 и DuPont Tyvek ThermaWrap R5.0 разработаны специально для обшивки стен, и являются достойной альтернативой минеральной вате, пене и древесине.

Пеноматериал из древесины: новая технология для эффективной теплоизоляции

На рынке появилась уникальная разработка, имеющая все шансы стать эффективной альтернативой используемым сегодня теплоизоляционным материалам - пеноблоки из древесины, обработанной особым образом.

Пена из дерева: новый вид теплоизоляции. Сейчас каждый владелец жилых помещений знает, что использование теплоизоляции в постройках позволяет существенно сократить затраты на электроэнергию или газ, которые используются для обогрева. Несомненно, самым распространённым теплоизоляционным материалом считается пенопласт, ввиду его дешевизны и простоты укладки на поверхность стен, однако этот материал имеет недостаточную экологичность, он боится высоких температур и атак грызунов.

Пенофол – утеплительные материалы нового поколения. Пенофол-отражающие изоляционные материалы обладают более высокими по сравнению с другими изоляциями пароизоляционными и теплоизоляционными свойствами.

Преимущества утеплителя «Экотермикс». Напыляемая теплоизоляция из пенополиуретана набирает популярность, в том числе и в европейских странах, где вопросам развития энергосберегающих технологий уделяют особо пристальное внимание.

Теплоизолятор Корунд – надежная и прочная защита. По своей консистенции теплоизоляция Корунд напоминает густую краску, которая образует после высыхания эластичную и очень прочную полимерную пленку с высокими теплоизолирующими свойствами.

Энергосберегающие краски. Инновационные краски для внутренних работ с содержанием диоксида титана способны существенно снизить расход электрической энергии, что связано с уникальными свойствами материала.

Эластичная штукатурка сохраняет тепло в доме. Эластичная штукатурка является инновационной разработкой ульяновских ученых.

Преимущества теплых карбоновых полов. Теплый карбоновый пол является инновационным способом обогрева помещений и пространств. В основе технологии лежит использование инфракрасного обогревателя, где в качестве нагревательных элементов выступают графитово-серебряные стержни.

«Изоллат» - инновационное теплоизоляционное покрытие. Инновационное теплоизоляционное покрытие «Изоллат» широко применяется в ремонтных работах для покрытия фасадов, стен, крыш, трубопроводов и оборудования промышленного назначения.

Уникальные конструкции для повышения теплоемкости окон. Уникальные оконные вставки из акрила устанавливаются на уже имеющиеся основы без использования инструментов и элементов крепежа, и позволяя существенным образом повысить показатели теплоемкости окон с сохранением их внешнего вида.

Энергосберегающая система остекления Eco-Facade. Инновационная энергосберегающая система остекления Eco-Facade, разработка европейского архитектурного бюро Paarhammer, была удостоена престижной награды Selector Best New Product Award по итогам отраслевой выставки DesignBuild, прошедшей в Мельбурне.

Новые уникальные тепло-, звукоизоляционные, saniрующие штукатурки Термоум. Появилась в продаже новая торговая марка штукатурок с уникальными потребительскими свойствами, позволяющая по-новому подойти к вопросу утепления жилья

Микро-перфорированный поглотитель звука: новая технология для шумо-изоляции. Специалисты из института Фраунгофера представили новый, уникальный компонент - эстетичный и без проблем адаптируемый к любым условиям перфорированный поглотитель звука.

Широкий спектр исследований представлен в области изоляционных и кровельных материалов и изделий. Здесь, наряду с расширением рецептур и географии производства и внедрения мембранных технологий и материалов, намечилась новая тенденция по повышению энергоэффективности защитных покрытий и приданию им новых ранее не имевшихся свойств. Используя наноразмерные добавки, некоторые отходы и вторичное сырье, авторы получают новые уникальные материалы, композиции и изделия.

Изоляционный материал нового поколения: дешево, эффективно и необычно. Группа молодых специалистов, студентов Портлендского государственного уни-

верситета, разработала и представила необычную технологию производства качественного изоляционного материала на основе парафинированных и тщательно измельченных упаковочных картонных коробок.

Кровли с зеркальным покрытием для охлаждения зданий. Специалисты из Стэнфордского университета разработали инновационный многослойный, ультратонкий нанопотонный материал.

Плитка из переработанной бумаги: инновация из США. Облицовочная плитка, производство которой открыто под торговой маркой Slate-ish, изготавливается из ламинированной переработанной бумаги - той самой, которая получила широкое применение в изготовлении шкафов, перегородок для ванн, столешниц.

Инновационные солнечные крышные установки для коммерческих зданий. Специалисты американской компании Sollega разработали и представили инновационный продукт — гибридный стабилизированный массив FastRack510, состоящих из солнечных панелей высокой эффективности.

Штукатурка с функцией регулирования уровня влажности: инновация из Швейцарии. Специалисты из швейцарской компании Sto AG при участии федеральной лаборатории по материаловедению и технологиям Empa представили инновационную штукатурку.

Металлические сплавы с памятью формы: инновация в строительстве Уникальные металлические сплавы обладают способностью в условиях нагревания возвращаться в изначальную форму, причем, даже после серьезной деформации.

Дорожное покрытие из переработанного пластика. Не так давно американское предприятие Purus-North America представила на рынке инновационный продукт собственной разработки – уникальную систему дорожного покрытия, получившую название EcoRaster.

Сланцевая композитная черепица: инновация в сфере кровельных материалов. Специалисты известной компании DaVinci Roofscapes разработали и представили эстетичную, эффектную, устойчивую к износу альтернативу традиционным кровельным материалам.

В Иркутске укладывают наноасфальт. Власти Иркутска в течение этого года планируют использовать при дорожно-ремонтных работах так называемый наноасфальт – в прошлом году успешно были проведены первые испытания инновационного материала при ремонте дорог на улице Воронежской.

Модификатор асфальтобетонов «Унипрем». Асфальтобетон с модификатором «Унипрем» повышает срок службы дорожного покрытия в два раза.

Новейшие напольные покрытия представила компания Forbo Flooring Компания Forbo Flooring выпустила на рынок коллекцию новых флокированных напольных покрытий для жилых комнат, коммерческих и общественных помещений.

Технология переработки старых мониторов в плитку. Считается, что старые мониторы и телевизоры с электронно-лучевыми трубками не подлежат утилизации, однако американские разработчики предложили уникальную технологию переработки их в стеклянные плитки.

Использование макулатуры для строительства. Целлюлоза, которая является основной составляющей частью бумаги и бумажных изделий, обладает высокими изолирующими свойствами – именно это свойство целлюлозы разработчики предлагают использовать при создании новых изоляционных материалов.

Инновационные дверные системы для патио Centor 200. Компания Centor, один из ведущих европейских производителей аппаратных дверных систем, презентовала новую продукцию – инновационные дверные системы для патио Centor 200 оснащены встроенными ширмами и экранами, отличаются высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками.

«Умное окно» - альтернатива жалюзи и шторам. Смарт-стекла или так называемые «умные окна» делаются из высокотехнологичного стекла, которое может менять степень тонировки, становится полностью прозрачным, а также регулировать расход тепла и поступление солнечного света.

Резиновая черепица. Сейчас строительные компании и производители предлагают самые разные варианты кровельного покрытия – одним из самых экономичных и современных является резиновая черепица.

Паркетные полы с искусственным эффектом «зебрано». Зебрано – это экологический вид африканской древесины, имеющий эффектный рисунок в виде чередования контрастных по оттенкам полос. Такой рисунок можно воспроизвести и искусственным способом.

Инновационное антикоррозийное покрытие для стальных поверхностей. Порошковое покрытие нового поколения под маркой Alesta ZeroZinc для стали, выпущенное компанией DuPont, обеспечивает надежную и экологически чистую защиту от коррозионных явлений.

Дороги из старых автомобильных шин – инновация от компании «Лаурита». Американская компания «Лаурита» выступила с инновационным предложением – использовать при сооружении автомагистралей старые автомобильные покрышки.

Самоочищающееся стекло: без пыли и грязи. Самоочищающееся стекло – уникальная разработка японских ученых, которая начала активно продвигаться в строительной отрасли.

Кроме новых разработок и рецептов в практику строительного материаловедения успешно внедряются ранее забытые или малоизвестные технологии, которые в новых условиях, благодаря оригинальным подходам и добавкам получили одобрение производителей. К таким «новациям» можно отнести возобновление на одном из заводов Ленинградской области, на запущенной в действие высокотехнологичной линии по выпуску клинкерного кирпича и керамической продукции до 25 миллионов штук кирпича в год. Нельзя не отметить и следующие наработки ученых и экспериментаторов.

Кирпича из отходов бумажной промышленности: инновация из Индии. Индийские ученые разработали и представили уникальный метод производства бумажных кирпичей из переработанных отходов.

Тротуарная плитка Grey to Green - экологичная инновация. Принцип технологии Grey to Green, название которой буквально можно перевести как "Серый к Зеленому", является достаточно простым, и даже удивительно, что такой метод был изобретен относительно недавно.

Дизайнерское архитектурное стекло - новый отделочный материал от GlasPro. На строительном рынке представлена новая линия структурного цветного стекла GlasPro CS, которое, как утверждают его разработчики, может быть использовано в самых разнообразных приложениях.

Строительная сейсмоткань Sisma Calce: новая разработка. Принципиально новая сейсмическая ткань, выпускаемая под торговой маркой Sisma Calce, может быть использована для оклеивания стен старых зданий для предотвращения их повреждения либо разрушения от землетрясений.

Влагоотталкивающий стеновой материал: инновация из США. Специалисты из США разработали и представили инновационный влагоотталкивающий материал, предназначенный для использования в качестве защитной оболочки для стен сооружений и зданий.

Жидкая проникающая гидроизоляция Максибетон. Представлен инновационный гидроизолирующий материал проникающего действия для бетона, отличающийся особой простотой нанесения.

Однако следует отметить чрезмерно робкое проникновение новых технологий и рецептур строительного материаловедения в практику строительства. Особенно это касается возможности применения местных сырьевых ресурсов для получения стеновых и отделочных материалов; укрепленных грунтов для основания дорог, техногенных отходов, являющихся ценным сырьем для разработки и производства строительных материалов нового поколения. Достаточно широко и подробно изучены свойства и технологии получения эффективных строительных материалов на базе местного сырья и отходов промышленного производства для изготовления эффективных материалов и конструкций на базе местных сырьевых и вторичных ресурсов, но практика не использует этот замечательный резерв для повышения эффективности строительного производства. Надеемся, что проектировщики и производственники учтут наши пожелания и обратят внимание на новые эффективные материалы и технологии для строительства.

УДК 691

Н.Г. Стенина (Новосибирск, Россия)

КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ МАТРИЦЫ

Аннотация

Создание композиционных строительных материалов с заданными свойствами рассмотрено в контексте решения проблемы природы вяжущих свойств. Консолидация тонкодисперсных минеральных ингредиентов может быть обеспечена за счет генерации вяжущих свойств в системе целенаправленно подобранных компонентов. В качестве ингредиентов многокомпонентной системы предусмотрено использование техногенных отходов.

Ключевые слова: техногенные отходы, консолидация, строительные материалы

Creating a composite building materials with desired properties discussed in the context of solving the problem of the nature of binding properties. Consolidation of fine mineral ingredients can be achieved by generating a binding properties in a system specifically se-

lected components. As the ingredients of the multicomponent system provided for the use of man-made waste.

Key words: industrial waste, consolidation, construction materials

Происходящие в настоящее время глобальные климатические изменения обуславливают исключительную перспективность Западносибирского региона для строительства. Это ставит на первое место решение задачи обеспечения строительного процесса необходимыми материалами. Однако основные источники минерального сырья имеют не всегда достаточные запасы и, главное, качество минерального сырья часто не отвечает необходимым технологическим критериям. Особенно это касается месторождений глины, основного материала для производства строительного кирпича и керамики.

Создание композиционных материалов является решением этой проблемы. Бетон, искусственный камень, является наиболее известным и самым древним представителем композиционных материалов. Хотя считается, что технология современного бетона была предложена в 1844г. (И. Джонсон), есть сведения об использовании особого полимерного бетона еще при строительстве древнеегипетских пирамид. Разработка новых композиционных материалов и их использование на всех стадиях строительного процесса происходит все более нарастающими темпами в последние десятилетия. Причиной этого являются объективные факторы индустриализации: 1) истощение природной минерально-сырьевой базы, 2) резкая интенсификация строительства, 3) новые требования к строительным материалам, 4) геометрический рост объемов техногенных отходов и необходимость их утилизации.

В результате комбинации всех этих факторов появилось огромное число новых композиционных материалов, используемых как в основных несущих конструкциях зданий, так и в качестве отделочных материалов. При этом нашли применение отходы энергетики (золы), добычи полезных ископаемых (силикатный материал), металло- и деревообработки (металлическая и древесная стружка, опилки) и других отраслей промышленности:

В разнообразных технологиях композиционных материалов (включая бетон) главным моментом является процесс консолидации тонкодисперсных компонентов в консолидированную матрицу, т.н. искусственный камень. Это происходит благодаря вяжущим свойствам используемой системы ингредиентов. В строительном материаловедении, как в науке о процессах создания строительных материалов, вопрос о природе вяжущих свойств не является решенным. Возникновение вяжущих свойств связывается с определенным ингредиентом системы. Классическим примером является цемент как носитель вяжущих свойств в системе бетона. Это определяет эмпирический уровень современного строительного материаловедения, что ограничивает рамки его развития в обоих направлениях: научном и технологическом. Выход из этой ситуации возможен благодаря использованию т.н. «природных технологий». Проблемы современного индустриального общества делают такую по-

становку вопроса остроактуальной, и это касается не только строительной отрасли.

В качестве природной технологии для строительного материаловедения выступает геологический процесс. Земное минеральное вещество находится в процессе непрерывного изменения. Глубинная магма, выливаясь на поверхность, застывает и превращается в консолидированную породу. Под действием внешних факторов этот скальный материал разрушается (т.н. процесс «выветривания»), превращаясь в рыхлые осадочные породы. Их основные составляющие: глины, пески, известняки – являются главным минеральным сырьем строительной индустрии. В ходе геологической эволюции данные рыхлые массы претерпевают метаморфизм, процесс структурно-химического изменения, в результате которого происходит их консолидация и образуются сланцевые породы. При дальнейшем развитии метаморфизма, уже на магматической стадии (плавление), формируются граниты.

Граниты являются самым распространенным типом скальных пород Земной коры. Они имеют высокую плотность ($2.400\text{--}3.000\text{кг/м}^3$), полнокристаллическое строение, изотропную структуру и относятся к самым прочным природным материалам. Механические параметры гранитов значительно превышают те же для самого прочного кирпича. Например, прочность на сжатие соответственно – 300МПа и менее 150МПа . Гранитный материал выдерживает без разрушения 200 циклов замораживание-оттаивание; кирпич, максимум, 15 циклов, и т.д.

Таким образом, по всем эксплуатационным характеристикам природный каменный материал намного превосходит искусственный. Из этого, вытекает естественный вопрос, **каков природный механизм консолидации тонкодисперсных составляющих в монолитный материал?** Ответ на него предполагает проведение комплексных физико-химических исследований. В то же время, очевидным фактом, исходя как из самой сути природных процессов минералообразования, так и технологий строительного материаловедения, является неизменное участие воды в процессе преобразования тонкодисперсных компонентов в консолидированную матрицу. Более того, является доказанным, что вода играет в этом процессе ключевую роль. Следовательно, установление механизма преобразования и консолидации природного минерального вещества позволило бы ответить на вопросы о природе вяжущих свойств и сделать максимально целенаправленными строительные технологии.

Ответ на этот вопрос был получен в результате многолетних исследований природных минералов и процессов их преобразования [1]. Ключевая роль аква-комплекса $[2\text{SiO}_3 - \text{OH}_2 - \text{M}^{n+}2\text{M}^{m+}\text{O}^{\cdot}_4]$ (Рис.1) как закона эволюции минерального вещества пород была обоснована, кроме физико-химических, всем комплексом геолого-минералогических и геохимических данных.

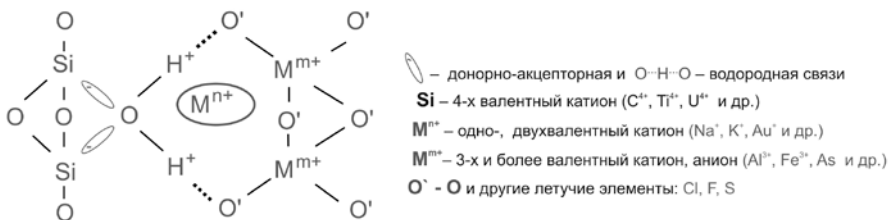


Рис.1 Кристаллохимическая схема аква-комплекса

Показано, что аква-комплекс является универсальной кристаллохимической ячейкой («основным строительным кирпичиком») минерального вещества, ответственным за: 1) многообразие минеральных видов (без исключения все минералы являются производными аква-комплекса); 2) структурно - химическое изменение вещества пород (аква-комплекс является интермедиатом минеральных реакций); 3) существование геохимических ассоциаций (устойчивых ассоциаций элементов); 4) образование гранитного расплава (аква-комплекс является «элементарной ячейкой» гранитного расплава (Рис. 2б); 5) конвертацию энергии в минеральных системах.

Последнее, энергетическое, свойство аква-комплекса является главным. Именно необходимость минеральной системе в преобразовании ее энергии является причиной «жизни», т.е. изменения Земного вещества. Это свойство позволяет выстроить все геологические процессы в единую эволюционную последовательность и объяснить образование месторождений полезных ископаемых, как рудных, так и нерудных (нефти и газа, алмазов).

Аква-комплекс в его конкретном кристаллохимическом виде (Рис.1) является решением проблемы связывания воды в минеральной (алюмосиликатной) системе. Это решение дает ответ на вопрос о природе вяжущих свойств. Классическим примером здесь является искусственная система цемента. Кальций (Ca) и кремний (Si) являются ее базисными химическими элементами, вследствие чего данная система имеет название «C — S» (по первым буквам главных элементов). Ключевое значение в этой системе имеет искусственное соединение Ca с Si. В результате этой реакции, происходящей при температуре около 1300°C, образуются минералы цементного клинкера. В процессе соединения («затворения») с водой клинкерных минералов при стехиометрических соотношениях ингредиентов (т.н. паста, или система «C — S — H») происходит связывание тонкодисперсных минеральных частиц в монолитную матрицу. Процесс имеет несколько стадий: схватывание, твердение и упрочнение. В конечном итоге объем вещества уменьшается, происходит «усадка» (Рис. 2).

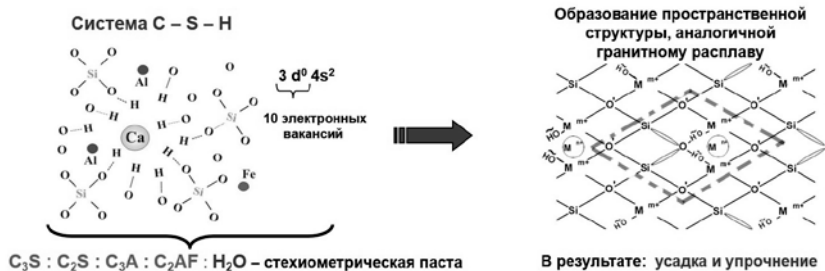


Рис. 2 Процессы в системе «C — S — H» с точки зрения аква-комплекса

Концепция аква-комплекса раскрывает механизм происходящих в системе «C — S — H» преобразований следующим образом. Во-первых, кальций и кремний являются элементами-антагонистами по отношению к химическому связыванию с водой, т.е. по отношению к их вхождению в динамическую структуру аква-комплекса. Причиной является то, что единая энергетическая структура аква-комплекса – интермедиата требует от входящих в него элементов возможности обмениваться валентными электронами, Поэтому кремний легко связывается с водой, являясь главным структурообразующим элементом аква-комплекса (Рис.1). Са (также Sг и Ва), из-за особенностей строения своих внешних электронных оболочек, не могут связываться с водой в структуре аква-комплекса. Как следствие, кальций не может занять положенную для него позицию M^{n+} в правой части аква-комплекса. Этим обусловлено, особое место кальция в метаболизме живой и в изменении минеральной материи. Этим также объясняется небольшое количество природных минералов – силикатов кальция и необходимость огромных энергетических затрат в искусственном получении клинкерных минералов.

При введении в систему «C — S» воды происходит следующее. Кальций, имея на своей предпоследней электронной оболочке 10 свободных мест (электронных вакансий), может получить их от атомов водорода. Поэтому вокруг атома кальция образуется водородно-протонная атмосфера (Рис.2а), соответственно, оболочка из водородных (H — O) связей, имеющих окислительно-восстановительную природу. На многих примерах жизни как живой, так и минеральной материи было показано [1, 2], что инверсия окислительно – восстановительного (Redox) потенциала обладает энергетическими и информационными свойствами.

Все стадии, происходящие в системе C — S — H являются энергоемкими и вопрос об источнике энергии, обеспечивающим схватывание, твердение и упрочнение является до сих пор открытым. В этой ситуации представляется единственно логичным предполагать, что именно Redox является источником энергии, обеспечивающим структурно-химические преобразования в данной

системе. В результате происходит ее упорядочение и образование пространственной сетки, подобной структуре гранита, природного скального материала (Рис. 2б). С этим связан такой феномен в технологии производства бетона как усадка.

Практическим подтверждением данного механизма консолидации в системе бетона является его поведение при эксплуатации. Конкретно, объяснение причин техногенных катастроф крупномасштабных бетонных сооружений. [3]. С точки зрения сказанного выше, причиной необъяснимых взрывов бетона является его, как искусственного материала, ограниченная энергетическая емкость. Она обусловлена тем, что бетон, в отличие от природных гранитов и других силикатных пород, имеет сетку из регулярно расположенных в структуре атомов кальция. Именно они, поскольку не могут входить в аква-комплексы, не дают использовать этот интермедиат для удаления избытка поступающей из окружающей среды энергии. При определенных условиях, главное – состав пород, сооружение объектов в тектонически напряженных зонах (плотины ГЭС) может приводить к накоплению энергии деформации в бетоне и, при достижении критических напряжений, взрыву материала. Этим объясняется известный феномен: «конфликт скала – бетон».

Природа вяжущих свойств, трактуемая в свете концепции аква-комплекса, имеет перспективу конкретного практического приложения для целенаправленного создания композиционных материалов. Понимание технологической роли минеральных ингредиентов с точки зрения максимальной реализации вяжущих свойств в системе является основой создания новых композиционных материалов с заданными свойствами при максимальном удешевлении технологии процесса. Это может быть достигнуто путем использования техногенных отходов.

Особый интерес представляет разработка бесцементной технологии на основе использования только техногенных отходов камнерезной, деревообрабатывающей и энергетической (зола) отрасли. Окислительно-восстановительная природа вяжущих свойств дает основание предполагать, что в результате комбинации минеральных и органических составляющих в системе может происходить генерация энергии, консолидирующей тонкодисперсные компоненты. В этом случае возникает возможность не использовать дорогостоящие традиционные вяжущие.

Литература

1. Stenina N.G. Evolution of the Mineral Matter of the Earth: Theory and Implications. Energy paradigm of geological processes. [Scientific electron book: www.steninageo.com] Novosibirsk: Academic Publishing House “GEO”, 2013, 414 p.

2. Stenina N.G. Redox as a link between organic and inorganic matter: its role in mineralization // Proceedings of the 7th SGA Meeting. 2003. Millpress Rotterdam Netherlands p. 857–860

3. Стенина Н.Г. Строительная индустрия в свете решения проблемы связывания воды в силикатном веществе. 2914. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин) 48 с.

*Кучеренко А.А., Барабаш Т.И., Кучеренко Р.А.
(Одесса, Украина)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БЕТОНА РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Аннотация.

Разработан метод системно-технологического расчетно-экспериментального моделирования бетона. Он предназначен для теоретического изучения взаимодействия одних компонентов в среде других или полуфабрикатов в среде режимов (технологических характеристик) перерабатывающего оборудования. Область применения – разработка компьютерного бетоноведения и решение технологических задач.

Annotation.

The method of systematic and technological computational and experimental modeling of concrete. It is designed for the theoretical study of the interaction of some components in the environment or other semi-finished products in the medium mode (Performance) processing equipment. Scope - Development of computer betonovedeniya and solving technological problems.

Метод системно-технологического расчетно-экспериментального моделирования (СТРЭМ) бетона предназначен для изучения взаимодействия одних компонентов бетона в среде других или полуфабрикатов в среде параметров (режимов) перерабатывающего технологического оборудования. В общем случае система «объект-среда» – это определенная взаимосвязь объекта и среды друг с другом и взаимодействие друг на друга с возникновением нового качества у одного из них или у обоих. Объектом может быть, например твердый компонент от частицы (атома и др.) до бетона (колонна и др.). Средой - параметры или режимы (процессы) тех технологических аппаратов, в условиях которых находится и преобразуется объект или тех условий в которых эксплуатируется объект. Практически это совокупность изучаемого объекта со средой его обитания.

Технологических - это множество локальных систем в технологической последовательности производства бетона. Последовательно, по технологической цепочке, изучая частные системы (например «добавка-вода затворения»), которая определит поведение добавки в воде и изменение воды под

действием добавки, перейти к технологически следующим локальным системам (например «бетон-среда»), что определит стойкость его в условиях эксплуатации. На базе частных систем создать целостное представление о технологии бетона и о бетоне. А их сумма, совокупность, позволяет определить оценку целостности, единству, эффективности всего технологического процесса создания бетона и самого бетона, полученного как продукта. Этот метод требует определенной идеализации принятых в расчетах свойств и параметров объекта (условный диаметр зерен, частиц и т.п.), а иногда и среды (температура, влажность и т.п.).

Расчетно-экспериментальное – это значит на базе известных или заданных составов, свойств и т.п. объекта и среды теоретически рассчитать их взаимодействие (физические подвижки, химические преобразования, соотношение компонентов и др.). Найти оптимальные составы (смеси, бетона и т.п.) или технологические режимы (параметры оборудования, среды и т.п.). Экспериментально подтвердить результаты расчета или откорректировать изучаемую систему «объект-среда».

Согласно принятого нами подхода к созданию твердого тела в условиях интенсивной раздельной технологии первым технологическим переделом на нашем пути - приготовление водного раствора добавок. В качестве добавки принимаем высокомолекулярное соединение (ВМС), которое в высокооборотном механоактиваторе смешиваем с водой затворения. В результате получаем систему **«ВМС-Н₂О»**. Последовательность развития системы «ВМС-Н₂О» начинается с погружения порошка ВМС в воду затворения. Хаос этого периода смешивания выражается в флокуляции и неоднородности распределения добавки в объеме воды затворения. Это 1-ый (подготовительный) период, когда вязкость системы в механоактиваторе максимально высока. По мере перехода хаоса в порядок наступает 2-ой (стабилизационный) период, когда вокруг каждого мономера появляется равномерный, максимальный, толщиной 222-228 нм, слой воды затворения, - вязкость системы «ВМС – Н₂О» минимальна. 3-ий (коллоидный) период работы механоактиватора, когда уже мономер диспергирует на мелкие (группы атомов, звенья) и возможно еще более мелкие (отдельные) атомы.

Если в качестве ВМС принять лигносульфонат технический (ЛСТ) и ввести еще твердую добавку, например микрокремнезем (МК) или нанокремнезем (НК), возникнет новая система «микрокремнезем-водный раствор ЛСТ». Изучаем состояние системы **«МК-раствор ЛСТ»**.

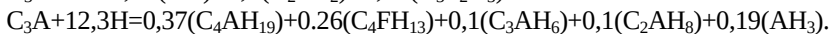
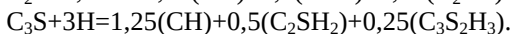
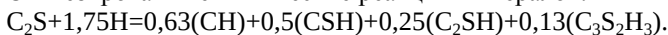
Совместно с заполнителем возникнет новая система, когда заполнитель смешивается с водной суспензией ЛСТ и МК.

Система **«минералы цемента-вода затворения»**, т.е. гидратация ведущих минералов и получение стабильных новообразований – далеко не решена. Нанотехнологический подход требует значительно больше знаний не только о виде и количестве, но и о свойствах новообразований. Много раз-

ных реакций гидратации для одного минерала при полной неизвестности сколько минералов и по какой реакции гидратируют. Разные условия получения новообразований и разное количественное и качественное соотношение их. Нет четких физико-механических характеристик новообразований и т.п. Однако нам удалось (в первом приближении) установить количество ведущих новообразований цемента (гидроминералов) и синтезированные реакции их получения.

К основным (ведущим) новообразованиям можно отнести: моногидросиликаты кальция (CSH и C_2SH); полигидросиликаты кальция ($C_2S \cdot H_2$ и C_3SH_3); алюмоферриты кальция (C_4AH_{19} и C_4FH_{13}); этtringит ($C_3ACs_3H_{32}$); и портландит – $Ca(OH)_2$.

Синтезированные химические реакции минералов:



Система «**минерал-гидроминералы**». Когда бетоноведение «встретит» с нанотехнологией необходимость в знании этого неизбежна как и то, что кроме марки цемента прочность бетона придется оценивать по количеству тех или иных гидроминералов (по факту), а не по марке цемента (что сопровождается большим количеством условностей, вмонтировать которые в нанотехнологию бетоноведения практически невозможно).

Активность цемента должна быть связана с активностью минералов (степенью и скоростью гидратации) и с количеством и качеством гидроминералов. От бетоноведов нанотехнология потребует совершенно другого оборудования и метода оценки качества исходного сырья и продукции. И работы в этом уже должны идти сейчас. Поэтому, как бы странно это не звучало (в перспективе это будет обычным делом), но уйти от марки цемента можно с учетом полученных зависимостей.

Точность расчетов превышает 99%, что вполне отвечает во-первых справедливости закона сохранения масс веществ, во-вторых правильности выбранных основных новообразований гидратированного цемента и в третьих методике расчета как минералов так и гидроминералов цемента на 1 м³ бетона.

Система «**зерна цемента-воды затворения**». Процесс создания бетона (твердого тела) химико-физический: гидратация минералов цемента в среде воды затворения с возникновением гидроминералов, сближение гидроминералов друг с другом на расстояние их атомарного взаимодействия, их атомарное взаимодействие (синтез) и структурообразование. На микроуровне, табл.1, по мере диспергации зерен цемента и увеличения их количества при постоянном расходе воды, действительно частицы сближаются и все больше контактируют друг с другом. Говорить же о количестве контактов и эффек-

тивности внешних воздействий не представляется возможным из-за отсутствия данных в этой области.

Можно только предположить, что микроуровень может обеспечить контакты и синтез зерен (десятки микрометров), которые еще будут разрушаться, диспергировать, создавать новые частицы, но тогда связь их будет преждевременной.

Таблица 1. Количество минералов и новообразований ПЦП/А-Ш-500, обеспечивающих необходимую марку бетона нормального твердения

Вещества	Количество веществ в кг/м ³ для бетона марок					
	200	300	350	400	450	500
Расход основных минералов						
C ₂ S	27	37	42	46	52	64
C ₃ S	107	147	166	184	207	253
C ₃ A	18	25	28	31	36	43
C ₄ AF	31	43	49	54	58	74
CaSO ₄ ·2H ₂ O	15	20	23	25	29	35
H ₂ O _{х.с.}	67	91	103	114	129	158
Сумма расхода	265	363	411	454	511	627
Приход основных новообразований						
CSH+C ₂ SH	25	35	39	44	49	60
C ₂ SH ₂ +C ₃ S ₂ H ₃	89	122	138	153	173	211
C ₄ AH ₁₉	24	33	37	41	46	56
C ₄ FH ₁₃	40	55	62	68	77	94
C ₃ FCs ₃ H ₃₁	36	49	55	61	69	84
Ca(OH) ₂	50	68	77	85	96	118
Сумма прихода	264	362	408	452	510	623

Однако расчеты, табл. 3, свидетельствуют о продолжении этого процесса (возможно очень длительное время) за счет самодиспергирования зерен цемента и от этого самоуплотнения, самоупаковки и необходимого приближения друг к другу на расстояние, обеспечивающее синтез.

Таблица 2. Трансформация системы «порошок цемента-воды затворения» в свежеприготовленном бетоне (микроуровень)

Характеристика объекта (порошка)			Изменение свойств среды (воды)		
Рамер зерен, мкм	S _{уд} , Sx10 ³ , см ² /г	Возникшая поверхность, Fx10 ¹⁴ , мкм ²	Масса H ₂ O в монослое на зернах, г,	Число слоев H ₂ O, шт	Расстояние между зернами, мкм
80	0,75	0	2,4	62000	47,5
40	1,5	45,9	4,8	31000	23,9
20	3	91,9	9,5	15500	12
5	12	282	38	4000	3
1	60	826	190	800	0,6

Границей перехода размеров зерен к более эффективным по степени диспергации является размер зерна в пределах 20-40 мкм.

При одном и том же расходе воды затворения и при сохранении одного и того же объема свежееотформованного бетона продолжение диспергации зерен цемента способствует возникновению (раскрытию) новых поверхностей, повышению удельной поверхности частиц геля и резкому увеличению числа контактов между ними. Это, в свою очередь, требует смачивания. А при постоянном расходе воды (так как смесь уже уплотнена) смачивание раскрывшихся новых поверхностей может произойти только за счет уменьшения толщины водных оболочек на соседних твердых частицах геля. На микроуровне диспергация зерен цемента сопровождается резким повышением удельной поверхности их (в 80 раз). Однако воды затворения достаточно и для смачивания этих зерен и для обеспечения подвижности смеси. И даже при условии, когда все зерна цемента продиспергировали до условного диаметра 1 мкм, водная оболочка между соседними зернами (0,6 мкм) столь велика, что синтеза зерен такой системы «порошок Ø1 мкм – вода затворения» не произойдет. Это все еще гелевые контакты частиц.

Система «**наночастицы-вода затворения**». Начинается уход от гелевых контактов частиц к расстояниям атомарного взаимодействия их, табл.3.

Таблица 3. Трансформация гелеобразной системы «цементный порошок-вода затворения» в твердую «цементный камень-окружающая среда» (наноуровень)

Изменение свойств объекта				Изменение свойств среды	
Размер частиц, нм	$S_{уд}, \times 10^3, \text{ м}^2/\text{г}$	Поверхность частиц, м^2	Масса H_2O в монослое на частицах, л	Число слоев H_2O , шт	Расстояние между частицами, нм
100	0,06	735×10^4	1,9	78	60
10	0,6	735×10^5	19	8	6
1	6	735×10^6	190	0,8	0,6
0,8	7,5	923×10^6	238	0,62	0,48
0,7	8,6	105×10^7	272	0,54	0,42
0,6	10,2	127×10^7	326	0,45	0,36
0,5	11,7	148×10^7	380	0,39	0,3

Атомарное взаимодействие частиц геля начинается при расстоянии между ними $\leq 0,4$ нм. Какая же величина частиц при этом должна быть? Наши расчеты (см. таблица 4) показывают, что при принятом составе бетона частицы должны быть примерно с условным диаметром менее 1 нм. А это в сумме составляет 3 минерала, в составе которых около 9 оксидов CaO . Здесь дисперсность частиц такова, что принятые нами 190 л воды на 380 кг цемента

исчерпаны. Для периода синтеза нужны еще более мелкие частицы, но для них потребуется в 2 раза больше расхода воды (380 л/м^3). Это нереально и в тоже время свидетельствует о том, что далеко не все зерна цемента превращаются в нужные нам частицы менее 1 нм. Должны ли мы? Тоньше водная оболочка – ближе частицы друг к другу. Приближается момент предатомарного (около 0, 4 нм), а затем и атомарного ($\leq 0,4 \text{ нм}$) взаимодействия твердых частиц (кристаллов) геля и создание единого пространственного кристаллического каркаса бетона.

Система **«синтез-твердое тело»**. Прорастание гелеобразной фазы кристаллами, т.е. кристаллизация, скорее более ценна не «армированием» геля, а сближением растущего кристалла с частицами геля (а этих частиц с соседними) на расстояние атомарного взаимодействия и синтеза с ними, т.е. увеличение объема конструируемого из них твердого вещества. Кроме того, прорастающие длинные и другой более сложной формы, кристаллы в среде геля также приближаются друг к другу на расстояние атомарного взаимодействия и срастаются, возможно образуя единый, сросшийся по контактам, пространственный каркас. Так прорастающие кристаллы по всей своей поверхности через атомарное взаимодействие обрастают кристаллическими частицами геля, а последние с соседними себе подобными (минеральными зернами). Сравнивая химическое строение минералов и гидроминералов можно придти к выводу: остов у них единый, нередко как бы сохраняется. Он состоит из многовалентных, с сильными связями, элементов (Si, Al, Fe и др.) в сочетании с кислородом. У гидроминералов остов окантовывают (окружают) низковалентные, с менее прочными связями, функциональные группы (H^+ , OH^- и др.). Наличие последних определяет постоянное изменение состава гидроминералов в условиях изменяющегося состава окружающей среды (перекристаллизация, потеря химически связанных молекул H_2O и др.). Все в движении, в сближении и в синтезе пока есть вода затворения.

Управление и контроль качества бетона.

Система «бетон-окружающая среда».

Когда воды недостаток гель-фаза становится прерывистой и остается в среде кристаллического каркаса. Под действием сил гравитации, капиллярных и др. она может мигрировать внутри массива бетона. Были новообразования в виде отдельных кристаллов и кристаллогидратов (как порошок) в среде воды. По исчерпанию воды стал гель в среде сросшейся кристаллической решетки. А прочность бетона – это количество и качество контактов и сростков. Получаем кристаллический каркас (бетон хрупкое тело) внутри которого гелеобразная фаза, т.е. водная среда с дисперсно-распределенными в ней твердыми частицами на расстоянии друг от друга больше атомарного взаимодействия. И когда в геле часть воды испарится или поглотится не гидратированными частями зерен цемента, концентрация твердых частиц повысится, они приблизятся на расстояние атомарного взаимодействия. Начнется синтез их,

который уже может вызвать перекристаллизацию имеющихся новообразований. Итак, гидратация минералов (порошок) в гидроминералы (гидропорошок), плотная упаковка твердых частиц (гидропорошка и др.) за счет: внешних воздействий, самодиспергирования зерен цемента, поглощения раскрывшимися поверхностями воды затворения и снижения толщины водной прослойки и приближения частиц друг к другу на расстояние атомарного взаимодействия и атомарное взаимодействие частиц – основной механизм создания твердого тела (бетона). Рост прочности во времени – это скорее преобразование гелеобразной фазы в кристаллическую, тесно связанного со скоростью этого процесса.

Жесткие бетонные смеси приходят к уровню атомарного взаимодействия за счет мощных средств уплотнения (вибрации с пригрузом, прессования и др.). В подвижных бетонных смесях с большим количеством воды затворения и слабыми средствами уплотнения частицы геля приближаются друг к другу на расстояние атомарного взаимодействия и за счет диспергации зерен цемента отбора ими излишней воды затворения и более плотной упаковки их. В самоуплотняющихся бетонных смесях, где внешнее воздействие уплотнения отсутствует, сближение частиц на расстояние атомарного взаимодействия идет только за счет диспергирования имеющихся зерен цемента. Этот случай и описан в данной статье.

Ускорение твердения бетона – это не обязательно ускорение химических реакций и образование большого количества тяжелых веществ, которые быстрее выпадают в осадок, самоуплотняются, приближаются на расстояние атомарного взаимодействия частиц и быстрее идет набор прочности. Химический процесс присутствует, но не он главный. В порошковой технологии бетона важнее химического физический процесс дальнейшего (уже под действием воды затворения) превращения микропорошка (зерен цемента) в нанопорошок. В тот порошок, который даст максимальную удельную поверхность зерен цемента. Раскрывшиеся поверхности воспримут на себя максимум воды затворения (отношение свободной воды к расходу цемента упадет). А при постоянном расходе воды это даст минимальные водные прослойки, обеспечивающие зону атомарного взаимодействия частиц геля. Это же обеспечит и ускоренное создание твердого тела (бетона). Таким образом, ускорителем твердения должна быть и добавка-диспергатор зерен цемента. Под действием его зерна цемента (при $V=Const$) от своего $S_{уд} \approx 3 \times 10^3 \text{ см}^2/\text{г}$ должны разваливаться до $S_{уд} \approx 3 \times 10^6 \text{ см}^2/\text{г}$, чтобы сближаться на расстояние атомарного взаимодействия твердых частиц. Гашение извести – отличный способ диспергирования зерен цемента и качество извести в минералах, на что сегодня мы мало обращаем внимания, является определяющим.

ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА РАСТВОРЯЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОДЫ ЗАТВОРЕНИЯ

Аннотация.

Рассмотрено влияние обработки воды ультразвуком в условиях пониженного гидростатического давления на процесс растворения CaCO_3 и цемента. Установлено, что, хотя вода в целом в химическом отношении инертна, кавитационная обработка приводит к увеличению растворяющей способности воды затворения.

Ключевые слова: вода затворения, цемент, кавитация, кавитационный пузырь, ультразвук.

Abstract.

The influence of water treatment with ultrasound in a low hydrostatic pressure on the dissolution process of CaCO_3 and cement. It is established that, although water in General, chemically inert, cavitation treatment leads to an increase in dissolving ability of the mixing water.

Key words: mixing water, cement, cavitation, cavitation bubble, ultrasound.

В настоящее время в строительной отрасли России ведущая роль отводится цементным бетонам, что подтверждается ростом объемов их производства. К цементным бетонам предъявляются все более повышенные требования к их эксплуатационным характеристикам при минимальных расходах материальных и энергетических ресурсов. Вопросы экономии портландцемента, как дорогостоящего компонента бетона, неразрывно связаны с проблемой повышения прочности и улучшение ряда других свойств.

Одним из способов увеличения прочности цементных композитов является активация воды затворения. Вода в цементных композитах инициирует протекание различных химических реакций, поэтому она существенно влияет на свойства цементных систем и является важной составляющей в формировании их структуры. Согласно современным представлениям вода является микрогетерогенной анизотропной системой, в которой всегда присутствуют ультратонкие частицы и газовые пузырьки, а молекулы воды находятся в непрерывном поступательном движении, определяющем уровень их внутренней связи.

В настоящее время к числу доступных способов активации воды затворения следует отнести кавитационное воздействие [1-3]. Кавитация представляет собой средство локальной концентрации энергии низкой плотности в высокую плотность энергии, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных пузырьков. На стадии развитой кавитации в жидкой среде, возникает ряд специфических физических эффектов: ударные волны, акустические течения, позволяющие за счёт перемешивания обрабатываемой среды повысить однород-

ность ультразвуковой обработки, микроструи жидкости, которые способствуют изменению структуры и свойств вещества и материала.

Эффективность активации воды в значительной степени зависит от условий, при которых происходит кавитационная обработка. Ранее [4] было показано, что чем меньше гидростатическое давление, тем меньше критическое давление, при превышении возникает кавитация. Соответственно, с уменьшением давления становится меньше и критический радиус, так называемый нижний порог кавитации. В результате диапазон кавитирующих пузырьков по радиусу расширяется, давая возможность большему числу пузырьков захлопываться, и тем самым интенсифицировать процессы, протекающие в жидких средах. С учетом этого целью работы являлась количественная оценка влияния кавитационной обработки воды ультразвуком в условиях пониженного гидростатического давления на растворяющую способность воды затворения.

Материалы и методы.

Для проведения исследований использовались в качестве среды носителя – дистиллированная и водопроводная вода. Для кавитационной обработки применяли ультразвуковой технологический аппарат УЗТА 1,0/22, генерирующий ультразвук мощностью 1000 Вт, с частотой ультразвуковых колебаний 22 кГц. Содержание водорастворимых солей в растворе и в водной вытяжке определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105» с использованием методик ПНД Ф 14.1:2:4.157-99 и ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000.

Результаты и их обсуждение.

В отличие от большинства других жидкостей вода является идеальным растворителем для диссоциирующих веществ. Многостороннее по своему характеру влияние воды как растворителя проявляется в двух аспектах. С одной стороны, вода – это полярный растворитель, т.е. жидкость с высокой диэлектрической проницаемостью, чисто физически снижает кулоновское взаимодействие зарядов. С другой стороны, за счет дипольных взаимодействий, образования водородных связей и комплексов разного типа (эффект сольватации) молекула воды может стабилизировать ионы любого заряда.

В работе [5] показано, что энергия, выделяющаяся в парогазовой смеси внутри кавитационного пузырька в водных растворах при воздействии ультразвуковых колебаний, приводит к возбуждению и расщеплению молекул воды на радикалы Н и ОН. Проведенные нами эксперименты по изучению влияния ультразвуковой обработки рН воды также свидетельствуют, что кавитационное воздействие при интенсивности ультразвука более 20 Вт/см² и пониженном гидростатическом давлении (10 кПа) достаточно для разрыва химических связей. После 5 мин ультразвукового воздействия рН воды со-

ставило 7,86. Дальнейшее воздействие, как показал эксперимент, не приводит к изменению числа ионов в воде.

Измерение диэлектрической проницаемости дистиллированной воды после воздействия на нее ультразвуковых колебаний в течение 30 мин при пониженном гидростатическом давлении показало, что ослабление сил притяжения между ионами, приводит к изменению диэлектрической проницаемости дистиллированной воды на 8 %: с $\epsilon=80$ для необработанной воды, до $\epsilon=86$ для воды, прошедшей кавитационную обработку. Увеличение диэлектрической проницаемости воды, согласно закона Кулона, уменьшает электростатическую силу притяжения между молекулами, следовательно, ослабляет водородную связь. С учетом этого, растворяющая способность воды при одной и той же температуре, но с разными диэлектрическими проницаемостями, должна отличаться.

Для проверки данного предположения были выполнены эксперименты по изучению влияния воды, обработанной ультразвуковыми колебаниями на процесс растворения CaCO_3 и цемента. В ходе экспериментов готовили 1 % водные суспензии CaCO_3 . С помощью титрования 0,1N раствором соляной кислоты в присутствии метилоранжа по истечению 28 суток было определено содержание угольной кислоты в растворах. В суспензии на воде предварительно обработанной ультразвуком содержание CO_2 составило 97 мг/дм³, в то время как в суспензии на воде необработанной ультразвуком лишь 16 мг/дм³. Содержание угольной кислоты в воде после обработки ультразвуком большее равновесного количества, поэтому часть угольной кислоты будет взаимодействовать с CaCO_3 переводя его в более растворимый в воде гидрокарбонат кальция:



Об увеличении растворяющей способности обработанной ультразвуком воды свидетельствуют и результаты определения методом капиллярного электрофореза ионов Ca^{2+} в 10 % суспензии из Искитимского цемента ПЦ400-Д20. По сравнению со суспензией на основе водопроводной воды, в суспензии из воды, подвергавшейся ультразвуковой обработке при пониженном гидростатическом давлении, отмечено увеличение ионов Ca^{2+} на 12%.

Таким образом, исследование влияния кавитационной обработки при пониженном гидростатическом давлении на процесс растворения CaCO_3 и цемента показало, что, хотя вода в целом в химическом отношении инертна, наличие ионов H^+ и OH^- делает ее активной. При этом отмеченное ускорение процесса растворения кальцийсодержащих соединений приведет к изменению кинетики появления гидратных новообразований в жидкой фазе при затворении портландцемента. Так как состав жидкой фазы в значительной степени определяет условия формирования фазовых и морфологических особенностей кристаллогидратов, то, следовательно, кавитационная обработка воды затворения способна влиять на формирование структуры и, как следствие, на прочностные характеристики цементного камня.

Литература

1. Зубрилов С.П. Физико-химические аспекты ультразвуковой активации вяжущих материалов: автореф. дисс. ...докт. техн. наук / С.П. Зубрилов. - М., 1975. - 40 с.
2. Акустическая технология бетона / И.Н. Ахвердов [и др.], под ред. И.Н. Ахвердова. - М: Стройиздат, 1976. - 114 с.
3. Агранат Б.А. Ультразвук в порошковой металлургии / Б.А. Агранат, А.П. Гудович, Л.Б. Нежененко – М: Металлургия, 1986. – 168 с.
4. Шахов С.А. Влияние параметров ультразвукового воздействия на дезагрегацию ультрадисперсных порошков / С.А. Шахов, Е.В. Рогова, У.К. Жабасбаев // Техника и технология силикатов, 2016 . - Том 23. - № 2. - С. 14-18.
5. Гончарук В.В. Использование ультразвука при очистке воды / В.В. Гончарук, В.В. Маляренко, В.А. Яременко // Химия и технология воды, 2008. - Т. 30. - № 3. – С. 253-277.

*Шепелев И.И.¹, Бочков Н.Н.¹,
Алгебраистова Н.К.², Жижяев А.М.³
(Ачинск, Красноярск, Россия)*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГИДРОФОБИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Аннотация

Предложена новая методика определения степени гидрофобности минеральных порошков, основанная на пенной флотации. Методика позволяет получить за сравнительно короткое время количественный показатель гидрофобности поверхности минерального порошка, что может обеспечить более эффективное ее применение на практике для определения оптимального расхода реагента - гидрофобизатора. Представлены результаты исследования свойств асфальтобетонных смесей, приготовленных с использованием активированного минерального порошка из отходов производства.

Ключевые слова: минеральный порошок, активирующая смесь, пенная флотация, гидрофобность, пенообразователь, смесь жирных кислот.

PHYSICAL AND CHEMICAL RESEARCHES OF PROCESS HYDROPHOBITION OF THE MINERAL POWDER WITH THE PURPOSE OF RECEPTION QUALITATIVE PARAMETERS ASPHALT-CONCRETE

The new technique of definition of a degree of water repellency of the mineral powders, based on foamy flotation is offered. The technique allows to receive a quantity indicator of water repellency of a surface of a mineral powder that can provide its more effective application in practice for definition of the optimum charge of a reagent - hydrophobic for rather short time. Results of research of properties asphalt concrete the mixes prepared with use of the activated mineral powder from production wastes are presented.

Keywords: mineral powder, activating mixture, foam floatation, hydrophobic behavior, foaming agent, fatty acid mixture

Активация минерального порошка влияет на структурообразование асфальтобетона, которое во многом обуславливает прочность асфальтобетона, его плотность, теплостойкость и долговечность. Улучшение структурно-механических свойств асфальтобетона могут быть достигнуты в результате физико-химической активации минерального порошка с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ), в том числе приготовленных из производственных отходов [1, 2].

В настоящих исследованиях в качестве минерального порошка использовалась измельченная вскрышная порода Мазульского известнякового рудника – отход глиноземного производства АО «РУСАЛ Ачинск». Согласно проведенному рентгенофазовому анализу основной минерал известняка Ма-

зульского рудника - кальцит (CaCO_3). В подчиненных количествах, до 10% от основной фазы, присутствуют кварц (SiO_2), доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) и каолин ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Отмечено также наличие небольших количеств пирротина (Fe_7S_8). Измельчение известняковой породы проводили в шаровой мельнице кирпичного завода ООО «ДПМК «Ачинская» с получением зернового состава минерального порошка согласно ГОСТ 32761-2014. В качестве поверхностно - активных веществ (ПАВ) – гидрофобизаторов минерального порошка, были исследованы различные отходы: производства растительного масла (погоны дезодорации марки ЖК-1), пенообразователь для пожаротушения (ПО-1), отход жирового производства (*фосфатид*), *отход рафинации растительного масла (соапсток)*, отход производства (кубовый остаток перегонки бутадиена - абсорбент А-2). Определение гидрофобности активированного минерального порошка осуществляли с применением пенной флотации, для этого пробу исследуемого минерального порошка массой 50 грамм подавали в камеру лабораторной флотомашины, дозировали реагент–гидрофобизатор и осуществляли флотацию.

Для определения количественного показателя степени гидрофобности активированного минерального порошка была разработана методика, основанная на использовании результатов пенной флотации минерального порошка. Для определения степени гидрофобности (Γ) применяли следующее выражение [1]:

$$\Gamma = M_1 / M (1)$$

где: M_1 – масса сфлотированного минерального порошка, г;

M – общая масса исследуемого минерального порошка, загружаемого во флотокамеру, г.

На основе показателей пенной флотации была определена степень гидрофобности минерального порошка из вскрышных пород Мазульского известнякового рудника, которая приведена на рис.1.

Наиболее эффективно в качестве гидрофобизатора минеральных порошков применение погонных дезодорации марки ЖК–1. При расходе этого реагента 1,5 % обеспечивается увеличение выхода пенного продукта на ~15,5 % (с 68,2 до 83,8 %). При этом была достигнута степень гидрофобности минерального порошка 0,96 ед.

Важную роль при изучении гидрофобных свойств минеральных порошков имеет зерновой состав, который показывает относительное содержание в них частиц с различными размерами. Испытания активированного минерального порошка, полученного из вскрышных пород Мазульского известнякового рудника, показали, что по зерновому составу данные пробы соответствуют нормативным требованиям [3].

Повышение эксплуатационных характеристик асфальтобетонной смеси может быть достигнуто также путем обработки минерального порошка активирующей смесью ПАВ и каучукового вяжущего (рис.2). В качестве ПАВ

был применен отход производства растительных масел – soapstock, который дешевле в 8–10 раз, применяемой в практике oleиновой кислоты.

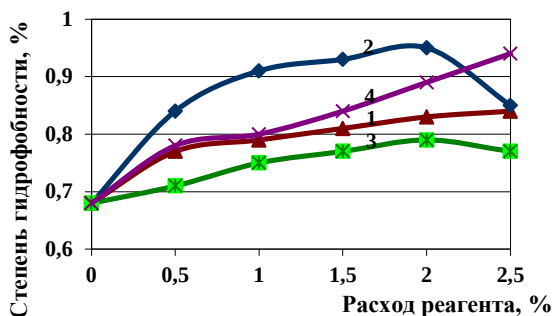


Рис.1. Изменение степени гидрофобности минерального порошка из известняка Ма-зульского известнякового рудника в зависимости от расхода реагента: 1 - пенообразователь ПО-1; 2- поганы дезодорации ЖК-1; 3 - олеат натрия; 4 – фосфатид.

При введении данного активированного минерального порошка в состав асфальтобетонной смеси происходит взаимодействие между измельченным известняком, органическими и минеральными составляющими данной смеси, что приводит к формированию прочных контактов между всеми компонентами асфальтобетона.

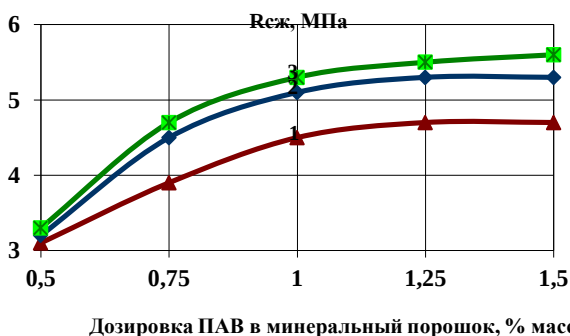
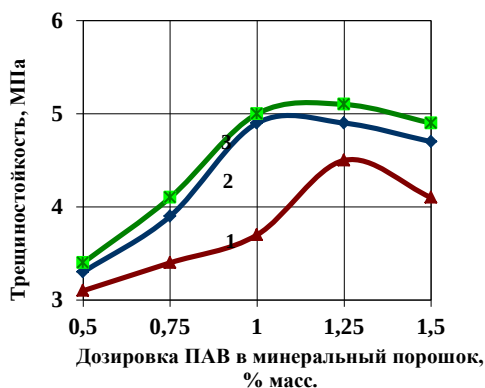
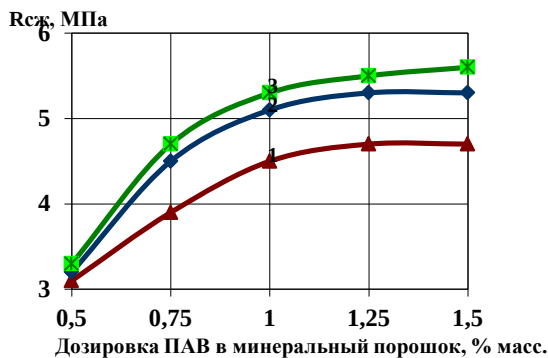


Рис.2. Изменение прочности при сжатии асфальтобетона в зависимости от дозировки ПАВ в минеральный порошок, активированный: 1 – soapstockом; 2 – поганами дезодорации ЖК-1; 3 – смесью soapstockа и абсорбента А-2(50:50)



По результатам проведенных исследований был предложен состав щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси (табл.1) с использованием активированного минерального порошка, приготовленного из отходов глиноземного производства, удовлетворяющий ГОСТ 31015-2002. Разработанный состав асфальтобетонной смеси рекомендован для промышленного опробования.

Результаты проведенных исследований позволили ООО «ДПМК «Ачинская» обеспечить выпуск промышленных партий активированного минерального порошка, полученного из вскрышных пород Мазульского известнякового рудника с применением в качестве активатора отходов масложирового производства - погонов дезодорации марки ЖК-1. Для опытной апробации разработанного состава проведены промышленные испытания технологии производства и укладки в дорожное покрытие щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси, приготовленной с использованием активированного минерального порошка. Для этого была изготовлена промышленная партия активированного минерального порошка в количестве 450 тонн. Опытный участок длиной 4000 м и шириной – 8 м был расположен в районе п. Рыбное Уярского района Красноярского края на автомобильной дороге М–53 «Бай-

кал». Как показали испытания образцов щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси (ЩМА-20), приготовленной с использованием минерального порошка, активированного погонями дезодорации марки ЖК–1, они имели более высокие значения по прочности при сжатии (3,5 МПа при 20°С), сдвигоустойчивости, трещиностойкости, что обеспечивало улучшенные эксплуатационные характеристики дорожного покрытия по сравнению с ранее применяемым ЩМА.

Таблица 1. Состав щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси

№ п/п	Наименование материала	Состав минеральной части АБС, % (битум сверх 100 %)	Состав минеральной части АБС, % (битум в 100 %)	Дозировка материалов кг на 1 тонну
1.	Щебень фр. 10-20	64,6	61,2	612
2.	Щебень фр. 5-10	8,7	8,3	83
3.	Щебень фр. 0-5	14,7	13,9	139
4.	Активированный минеральный порошок МП-1	12,0	11,4	114
5.	Стабилизирующая добавка СД-3	0,4	0,4	4
6.	Битум БНД 90/130 с добавкой 0,2% «Амдор-10»	5,2	4,8	48

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Известные методы определения гидрофобности минерального порошка в отличие от предлагаемой методики не могут оценить количественный показатель степени гидрофобности и сильно зависят от субъективного фактора. Применение предлагаемой методики количественного определения степени гидрофобности минерального порошка с использованием пенной флотации достаточно легко осуществимо в лаборатории и сокращает время определения гидрофобности с 24 до 0,25-0,5 часа.

2. Изменение гидрофобных свойств минерального порошка может быть достигнуто в результате их физико-химической активации ПАВ, приготовленными из отходов производства. Исследованиями установлено, что оптимальная степень гидрофобности для изучаемых проб минерального порошка из вскрышных пород Мазульского известнякового рудника обеспечивается при расходе реагента на основе отходов масложирового производства марки ЖК-1 от 1 до 1,5%.

3. Исследования физико-механических свойств асфальтовяжущего на минеральном порошке, активированном погонями дезодорации марки ЖК–1, показали изменение в структурообразовании асфальтовяжущего, выразившиеся в более длительной водостойкости асфальтобетона на минеральном по-

рошке, активированном погонами дезодорации марки ЖК–1. Кроме того, применение дорожной одежды из щебеночно-мастичного асфальтобетона с использованием активированного минерального порошка, позволило улучшить шероховатость покрытия и обеспечить требуемые значения коэффициента сцепления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бочков Н.Н.** Исследование гидрофобности активированного минерального порошка с применением пенной флотации / Н.Н. Бочков, Н.К. Алгебраистова, И.И. Шепелев, А.М. Жижаев –// «Вестник ТГАСУ», 2015, №2, с.194-203

2. **Шепелев И.И.** Применение отходов глиноземного производства с целью улучшения эксплуатационных свойств дорожных смесей» / И.И.Шепелев,

А.М. Жижаев, Н.Н.Бочков –// «Вестник ТГАСУ», 2015, №1, с.182-193.

3. ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия. Разработан ФГУП «Союздорнии» и ГП «Росдорнии». Дата введения 01.10.2003г.].

REFERENCES

1. **Bochkov N.N.** [Study of hydrophobic behavior of the activated mineral powder with help of foam flotation] / N.N.Bochkov, N.K.Algebraistova, I.I.Shepelev, A.M.Zhyzhaev // Vestnic TGASU, 2015, №2. (rus). .-Pp.194-203.

2. **Shepelev I.I.** [Using of alumina plant wastes to improve of the road mixture operating properties] / I.I.Shepelev, A.M.Zhyzhaev, N.N.Bochkov // Vestnic TGASU, 2015, №1. (rus). .-Pp.182-193

3. GOST R52129-2003. [Mineral powder for asphalt-concrete and organo-mineral mixtures] Explored by FGUP «SoyuzdorNII» and GP «RosdorNII». From 01.10.2003.].

УДК 691:699.84

Панова В.Ф., Панов С.А., Камбалина И.В.
(Новокузнецк, Россия)

ОПЫТНЫЕ И КОСВЕННЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Приведена классификация теплоизоляционных материалов, описаны лабораторные методики определения марки неорганических и органических материалов различного структурного строения: ячеистого, зернистого, волокнистого. Рассмотрены математические зависимости расчета коэффициентов теплопроводности для таких

материалов. Установлено изменение теплопроводности в пределах температур от 0 до + 300 °С и при увеличении влажности испытываемых материалов.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, строение, свойства, марка, теплопроводность, расчет, температура, влажность.

V. F. Panova, S. A. Panov, I. V. Kambalina
(Novokuznetsk, Russia)

EXPERIENCED AND INDIRECT METHODS FOR DETERMINING OF THE BASIC PROPERTIES OF THERMAL INSULATION OF BUILDING MATERIALS

The classification of insulating materials is shown . We describe laboratory methods for determining the grade of inorganic and organic materials of different structural construction: cellular, granular, fibrous. The mathematical calculation based on thermal conductivity is examined. Mathematical dependences of the thermal conductivity in the temperature range from 0 to + 300 ° C and with increasing of humidity of test materials are given.

Keywords: insulating materials, structure, properties, brand thermal conductivity calculation, temperature, humidity.

Теплоизоляционные изделия занимают одно из основных мест среди других строительных материалов. Строителям, исследователям необходимо иметь информацию по свойствам материалов, особенно по теплопроводности, но при этом не имея специальных приборов или оборудования.

Цель работы: привести математические зависимости определения основных свойств теплоизоляционных материалов без использования сложных и дорогих приспособлений.

Теплоизоляционными материалами имеют коэффициент теплопроводности λ не более 0,175 Вт/м°С и относительно небольшую среднюю (или насыпную) плотность $\gamma \leq 500$ кг/м³ ($\rho_n \leq 500$ кг/м³). В зависимости от вида исходного сырья различают неорганические и органические материалы.

По структуре различают материалы ячеистые (газобетон, пенобетон, пеностекло, пенопласты и т.п.), зернистые (керамзит, вспученный перлит и т.п.) и волокнистые (минеральная вата, асбест и т.п.).

По форме они подразделяются на рыхлые (минеральная вата, вспученный перлит, подсолнечная лузга и т.п.), плоские (плиты, маты, кирпичи и т.п.), фасонные (цилиндры, полуцилиндры и т.п.) и шнуровые (жгуты, шнуры и т.п.).

В зависимости от средней или насыпной плотности в кг/м³ материалы имеют марки: 15, 25, 35, 50, 75, 100, 125, 125, 175, 200, 225, 300, 350, 400, 450 и 500.

По теплопроводности при температуре 25 °С они имеют классы:

- класс А-материалы низкой теплопроводности, $\lambda \leq 0,06$ Вт/м°С;
- класс Б-материалы средней теплопроводности, для которых, коэффициент теплопроводности находится в пределах: $0,06 < \lambda \leq 0,115$ Вт/м°С;
- класс В-материалы высокой теплопроводности, коэффициент теплопроводности находится в пределах: $0,115 < \lambda \leq 0,175$ Вт/м°С.

Неорганические материалы ячеистого строения. Теплопроводность можно определить по формуле (1):

$$\lambda = 0,02559 \left\{ \left[0,81 \cdot \log \frac{d}{0,14} + 0,215(d - 0,14) \right] \sqrt[3]{\frac{0,35}{\gamma_0}} + 5 \cdot \gamma_0^{1,1} \cdot 1,68^{\gamma_0} + 1 \right\} \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности ячеистого материала в сухом состоянии при средней температуре $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$, Вт/м $^\circ\text{C}$; γ_0 – относительная средняя плотность материала, безразмерная величина; d – средний диаметр ячеек, мм, определяется по формуле (2):

$$d = \frac{10(1 - \delta)}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

где n – количество открытых ячеек на 1 см ^{2} поверхности разреза материала. Можно определить прямым подсчетом с использованием выделенной площади лупы;

δ – толщина стенок ячеек в долях от наружного диаметра ячеек (наружный диаметр ячеек принят за единицу), определяется по формуле (3):

$$\delta = 1 - \sqrt[3]{P_y} \quad (3) \quad P_y = \frac{\gamma_c - \gamma}{\gamma_c} \quad (4)$$

где P_y – условная пористость ячеистого материала (отношение объема обнаруженных ячеек к объему всего материала), можно определить по формуле (4), γ – средняя плотность ячеистого материала, г/см ^{3} ; γ_c – средняя плотность стенок ячеек ячеистого материала, г/см ^{3} .

Рекомендуется применять усредненные значения γ_c : для газобетона – 1,5 г/см ^{3} , для пенобетона – 1,51 г/см ^{3} , для пеностекла – 2,6 г/см ^{3} .

Формула (1) применима для сухих неорганических материалов ячеистого строения с диаметром ячеек до 4 – 5 мм в диапазоне средней плотности материала от 300 до 1800 кг/м ^{3} и средней температуре $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$.

При изменении температуры в пределах от 0 до $+300^\circ\text{C}$ значение коэффициента теплопроводности неорганического материала ячеистого строения может быть установлено по формуле (5):

$$\lambda_t = \lambda + \frac{\Delta t \cdot (t - 25)}{100} \quad (5)$$

где λ_t – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м $^\circ\text{C}$, при температуре t в интервале от 0 до 300°C ; Δt – прирост коэффициента теплопроводности материала, Вт/м $^\circ\text{C}$, на каждые 100°C повышения температуры, определяется по формуле (6):

$$\Delta t = 0,00756 \cdot (1,75 \cdot \gamma_0^2 + 1) + 0,01221 \cdot (d - 0,14) \cdot 0,55^{\gamma_0} \quad (6)$$

При содержании влаги до 15 – 20 % по объему значение коэффициента теплопроводности неорганического материала ячеистого строения может быть установлено по формуле 7:

$$\lambda_w = \lambda \cdot \left(1 + \frac{\Delta w \cdot w_0}{100} \right) \quad (7)$$

где λ_w – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м°C, влажность которого w_0 не превышает 20 % по объему; Δw – прирост коэффициента теплопроводности λ (принятого за единицу) на каждый процент объемного влагосодержания материала, %, определяется по формуле (8):

$$\Delta w = 8 \cdot \left(\frac{1}{\gamma_0^{0,3} \cdot 5,7^{\gamma_c}} + 1 \right) + 7,12(d - 0,14)^{0,8} \cdot 0,05^{\gamma_0} \quad (8)$$

Неорганические зернистые материалы. К этой группе относятся материалы с насыпной плотностью от 300 – 500 кг/м³ (с зернами пористого строения) до 1500 – 1800 кг/м³ (с зернами из плотных каменных пород), средней насыпной плотностью не более 500 кг/м³.

Марка теплоизоляционного сыпучего материала зернистого строения устанавливается исходя из его насыпной плотности. Сыпучий материал с высоты 10 см засыпается в мерный цилиндр 1-5 литров. Исходя из объема материала в насыпном состоянии V_n , л, и его массы m , кг, устанавливается насыпная плотность ρ_n , г/см³, по формуле (9):

$$\rho_n = \frac{m}{V_n} \quad (9)$$

Коэффициент теплопроводности неорганических сыпучих материалов зернистого строения определяют по формуле (10):

$$\lambda = 0,02559 \cdot \left[0,85 \cdot \log \frac{d}{0,06} + 0,1 \cdot (d - 0,06) + 5,92 \cdot \rho_n + 0,727 \cdot \rho_n^3 + 1 \right] \quad (10)$$

где λ – коэффициент теплопроводности ячеистого материала при средней температуре $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$, Вт/м°C; ρ_n – насыпная плотность материала в сухом состоянии, г/см³; d – средний диаметр зерен сыпучего материала (формула 11), мм.

$$d = 0,5 \sqrt[3]{\frac{100}{\sum \frac{a_n}{(d_n + d_{n+1})^3}}} \quad (11)$$

где a_n – содержание, % по массе, в сыпучем материале зерен, ограниченных по крупности ситами с размерами ячеек d_n и d_{n+1} , мм (или зерен, попавших на поддон после прохождения через сито с минимальными размерами ячеек).

При изменении температуры в пределах от 0 до $+300^\circ\text{C}$ значение коэффициента теплопроводности может быть установлено по формуле (5), но в этом случае прирост коэффициента теплопроводности материала Δt , Вт/м°C, на каждые 100°C повышения температуры определяется по формуле (12).

$$\Delta t = 0,00756 \cdot (\rho_n \cdot 2,45^{\rho_n} + 1) + 0,04405 \cdot (d - 0,06)^{1,1} \quad (12)$$

где d – средний диаметр зерен сыпучего материала, мм.

При содержании влаги до 15 – 20 % по объему значение коэффициента теплопроводности определяется по формуле (7), но в этом случае прирост

коэффициента теплопроводности материала (принятого за единицу) на каждый процент объемного его влагосодержания Δw , %, следует определять по формуле (13).

$$\Delta w = 5,8 \cdot \left(\frac{1,78}{\rho_n^{0,3} \cdot 13^{\rho_n}} + 1 \right) + 1,48 \cdot (d - 0,06)^{0,9} \quad (13)$$

Неорганические материалы волокнистого строения. Марка стеклянной и минеральной ваты устанавливается исходя из ее насыпной плотности. Волокнистый материал укладывается в 5-ти литровый цилиндр вровень с краями. Сверху на материал помещается диск с массой, обеспечивающей давление на материал 0,002 МПа (из расчета 20 г на 1 см²). Под нагрузкой вату выдерживают 5 мин, после чего диск снимают и измеряют оседание материала с точностью до 0,1 см. Подсчитывают значение насыпной плотности по формуле (14):

$$\rho_n = \frac{m}{V_y} \quad (14)$$

где m – масса материала, уложенного в 5-литровый цилиндр, г; V_y – объем материала после уплотнения, см³, определяется по формуле (15):

$$V_y = \frac{5000 \cdot (h_n - h_o)}{h_n} \quad (15)$$

где h_n – первоначальная высота материала, уложенного в цилиндр, см; h_o – оседание материала в цилиндре под действием приложенного давления, см.

Полученные результаты насыпной плотности следует выразить в кг/м³ и в г/см³.

Коэффициент теплопроводности подсчитывается по формулам (16, 17): для стеклянной ваты:

$$\lambda = 1,163 \cdot [0,043 + 0,06 \cdot (\rho_n - 0,15) + 0,00025 \cdot (d - 3)] \quad (16)$$

для минеральной ваты:

$$\lambda = 1,163 \cdot [0,047 + 0,055 \cdot (\rho_n - 0,15) + 0,00015 \cdot (k - 10) + 0,0005 \cdot (d - 3)] \quad (17)$$

где λ – коэффициент теплопроводности при средней температуре (25±5)°С, Вт/м°С; ρ_n – насыпная плотность ваты в сухом состоянии после уплотнения под давлением в 0,002 МПа, г/см³; d – средняя толщина волокна ваты, мкм; k – содержание включений в минеральной вате в виде корольков, % по массе.

Формулы (16) и (17) предназначены для определения значений коэффициента теплопроводности стеклянной и минеральной ваты с насыпной плотностью 150 – 350 кг/м³ и толщиной волокон от 3 до 15 мкм при содержании корольковых включений в минеральной вате не менее 10 % по массе и средней температуре (25±5)°С.

При изменении температуры в пределах от 0 до +300°С значение коэффициента теплопроводности может быть установлено по формуле (5), но в

этом случае прирост коэффициента теплопроводности материала Δt , Вт/м⁰С, на каждые 100⁰С повышения температуры должен определяться по формуле (18):

$$\Delta t = 0,009886 \cdot \left[2,55 \cdot \rho_n^2 - 1,6 \cdot \rho_n + 0,0325 \cdot (d - 3)^{0,85} \cdot \left(\frac{0,325}{\rho_n} \right)^{0,75} + 1 \right] \quad (18)$$

где d – толщина волокон материала, мкм.

При содержании влаги до 10 % по объему значение коэффициента теплопроводности может быть установлено по формуле (7), но в этом случае прирост коэффициента теплопроводности материала (принятого за единицу) на каждый процент объемного его влагосодержания Δw , %, следует определять по формуле (19):

$$\Delta w = \frac{1}{\rho_n}, \quad (19)$$

Органические волокнистые материалы. К ним относятся: древесные опилки (отход деревообрабатывающей промышленности) и подсолнечная лузга (отход от переработки продукции сельского хозяйства).

Марка устанавливается исходя из его насыпной плотности, определяется как и для сыпучего материала зернистого строения, и подсчитывается по формуле (9).

Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м⁰С, определяется по формуле (20):

$$\lambda = 0,02908 - 0,01489 \cdot \rho_n + 0,9351 \cdot \rho_n^2 - 0,7187 \cdot \rho_n^3, \quad (20)$$

где ρ_n – насыпная плотность материала в сухом состоянии, г/см³.

Формула (20) может использоваться при подсчете коэффициента теплопроводности для материалов рассматриваемой группы с насыпной плотностью от 125 до 300 кг/м³ при средней температуре (25±5)⁰С.

При содержании влаги до 15 – 20 % по объему значение коэффициента теплопроводности может быть установлено по формуле (7), но в этом случае прирост коэффициента теплопроводности материала (принятого за единицу) на каждый процент его объемного влагосодержания Δw , %, следует определять по формуле (21):

$$\Delta w = 96 \cdot \rho_n^{1,5} - 100 \cdot \rho_n + 20 \quad (21)$$

Итак, используя математические расчеты можно определить основной показатель теплопроводности для материалов различной структуры и пористости без использования сложных и дорогих приспособлений и оборудования.

*С.А. Лукьянчиков, А.И. Кудяков, (Томск, Россия),
Kovler, K.. (Хайфа, Израиль)*

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Аннотация: Статья посвящена повышению эффективности технологии бетонов с максимальным использованием местного сырья и с минимальными вложениями по переоснащению имеющегося на предприятиях стройиндустрии стандартного парка оборудования для их приготовления. Рассматриваются вопросы трещиностойкости высокопрочных бетонов и способы ее повышения. Предлагаются алгоритм использования технологических приемов, позволяющих получить требуемые свойства бетонных смесей и бетонов, с наиболее эффективным использованием сырьевых материалов и оборудования.

Ключевые слова: Бетонная смесь; бетон; подвижность бетонных смесей; модифицирующие химические добавки; прочность; фибра.

The article is dedicated to increasing the effectiveness of technologies concrete with maximum use of local raw materials and a minimal investment to refurbish the existing enterprises of building industry standard fleet of equipment for their preparation. The problems of fracture toughness and high strength concrete ways to improve it. The proposed algorithm for the use of technological tricks to get the desired properties of the concrete mix and concrete, with the most efficient use of raw materials and equipment.

Keywords: Concrete mix; concrete; mobility concrete; modifying chemical additives; strength; fiber.

Для удовлетворения постоянно возрастающих требований потребителей, все чаще, предполагается использование высокопрочных бетонов (класс по прочности В60 и выше). При этом, современные технологии строительного производства, ориентированы на применение высокоподвижных и даже самоуплотняющихся бетонных смесей. На предприятиях стройиндустрии из малоподвижных (ОК до 5 см) и жестких бетонных смесей изготавливается весьма ограниченный объем железобетонных изделий.

Эффективность технологии бетонов будет повышенной, если она позволит максимально использовать местное сырье с минимальными вложениями по переоснащению имеющегося на предприятиях стройиндустрии стандартного парка оборудования для их приготовления [1,2].

С целью уменьшения себестоимости изделий заводы стремятся применять местные заполнители, которые не всегда удовлетворяют требованиям нормативных документов (например, Томский ДСК, совместно с ТГАСУ решает задачу получения высокопрочных бетонов на заполнителях пониженно-

го качества). Все это вызывает серьезные дополнительные вопросы при организации технологии таких бетонов.

При создании технологии бетона большое влияние оказывает правильное представление о состоянии, строении, функциональном назначении каждого компонента и сочетании их, т.е. научно-обоснованный выбор модели изготавливаемого материала. Хорошо выбранная модель служит в качестве основного инструмента при реализации теоретических и практических задач по созданию ресурсо- и энергосберегающих технологий бетона с заданными свойствами.

Получение бетонов с прочностью близкой или равной прочности крупного заполнителя предполагает наличие в них «активного механического каркаса» из зерен заполнителя с заполнением межзерновых пустот композицией (растворной частью) с равной или большей прочностью. Анализ известных научно обоснованные технологических решений и собственных наработок показывает, что формирование оптимальной структуры бетона необходимо осуществлять на макроуровне (размер агрегатов (зерен) более 7×10^{-5} м) и микроуровне (размер зерен менее 7×10^{-5} м). Бетон из хорошо перемешанной, нерасслаиваемой смеси, на макроуровне имеет стереорегулярную структуру, т.е. структуру с равномерно распределенными по объему компонентами. На микроуровне бетон имеет неоднородность фазового состава, морфологии составляющих, пор (трещин) по размерам и распределению их в объеме и т.д.

Именно по этой причине теоретическое значение прочности бетона, определенное по энергии разрыва химических связей между атомами (по расчетам Н.Н. Семенова) в 40 раз выше, чем прочность обычного бетона [4]. Это говорит о большом резерве в получении высококачественных бетонов и изделий на их основе за счет направленного регулирования процессов подготовки исходных компонентов и формирования структуры [3, 5].

Исходя из принятой модели, и анализируя известные научно обоснованные технологические решения по организации рациональной технологии бетона с высокими эксплуатационными параметрами, формирование оптимальной структуры бетона необходимо осуществлять по следующим направлениям:

1. Регулирование структуры на микроуровне:

- выбор вяжущего, добавок, обеспечивающих требуемую скорость структурообразования и качественную характеристику бетона на микроуровне;
- учет фактора влияния основного компонента бетона (заполнителя) на формирование микроструктуры бетона;
- физико-химическая, механическая, электроимпульсная и т.д. модификация исходных компонентов, формирующих микроструктуру бетона;
- физическое, физико-химическое, тепловое воздействие на отформован-

ное изделие с целью регулирования скорости структурообразования бетона, и его конечных характеристик.

2. Регулирование структуры на макроуровне:

- выбор основного структурообразующего компонента - заполнителя, обладающего высокой прочностью, однородностью, стабильностью по времени и экономичностью с точки зрения стоимости относительно других компонентов бетона;

- создание каркасной структуры за счет правильного проектирования зернового состава с малой межзерновой пустотностью;

3. Установление требуемого количества агрегатов (компонентов), образующих микроструктуру и макроструктуру композиции.

Реализация разработки технологической модели предполагает всестороннее изучение качественных характеристик сырьевых материалов и возможности имеющегося в распоряжении производителя бетона технологического оборудования. На основе полученных данных составляется алгоритм разработанных или предполагаемых к разработке технологических приемов, позволяющих получить требуемые свойства бетонных смесей и бетонов, с наиболее эффективным использованием сырьевых материалов и оборудования.

Использование вышеизложенных принципов позволило разработать технологическую модель приготовления бетонной смеси для условий максимального использования местного заполнителя, в том пониженного качества, которая совершенствуется в настоящее время. Научно обоснованы составы с различными минеральными и органическими, пластифицирующими, структурорегулирующими и микроармирующими добавками, совокупность технологических приемов приготовления и комплексной модификации компонентов и готовой бетонной смеси, позволяющие минимизировать влияние вредных примесей и пониженного качества сырьевых материалов при обеспечении требуемого уровня и стабильности качества бетона.

Разработанная технологическая модель прошла промышленную апробацию при выполнении комплексного проекта «Разработка и запуск в производство технологии строительства энерго-ресурсосберегающего жилья экономического класса на основе каркасной универсальной полносборной архитектурно-строительной системы (КУПАСС)», в рамках Постановления Правительства РФ № 218 (исполнители Томский ДСК, совместно с ТГАСУ). Решалась задача получения бетонов класса по прочности В60 на местных крупных заполнителях с прочностью 90-105 МПа и местных средних песках, с ограничениями по критерию выбора модификаторов – «доступность», «цена», «стабильность» и по критерию оборудования – «действующие технологические линии ТДСК». Составы и свойства бетонов, изготовленных в промышленных условиях на действующих линиях Томского ДСК приведены в табл. 1.

Таблица 1 Свойства модифицированных бетонных смесей и бетонов

Состав по журналу испытаний (в названии – вид добавки)	Расход цемента ПЦ500 Д0	ОК, см	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут.		Класс по прочности	Примечание
			7	28		
Контрольные К1	582	7	40,3	58,7	B45	
Контрольные К2	605	20	39,2	56,8	B45	
5 Контрольные с фиброй	580	7	51,5	68,4	B50	Фибра из минерального волокна
6 Контрольные с фиброй	600	20	48,6	65,7	B50	Фибра из минерального волокна
1 МС 3100	595	6	74,9	89,1	B65	Изменен порядок перемешивания
2 МС 3100	570	7	70,0	84,6	B60	
1 МС 1190	595	23	68,4	82,2	B60	
2МС 1190	595	7	71,2	85,5	B60	
3 МС 1190 м	595	22	73,5	85,7	B60	Фибра из мин.волокна
3 МС 1190 п	595	23	71,9	83,0	B60	Фибра из полимерного волокна.
4 МС 1190 п	575	8	68,7	80,1	B60	Фибра из полимерного волокна
4 Alphalith 2030	570	8	67,1	81,9	B60	
5 Alphalith 2030	595	20	59,9	79,1	B60	
1 Полипласт 3 МБ	595	7	63,5	79,9	B60	Изменен порядок перемешивания
2 Полипласт 3 МБ	570	8	58,5	76,7	B55	
5 Glenium 315	575	8	65,3	79,2	B60	
1 С-3	590	8	64,7	80,4	B60	Изменен порядок перемешивания
2 С-3	585	7	64,0	78,6	B60	
2 С-3*	585	8	65,8	83,7	B60	Изменен порядок перемешивания
2 С-3 м	595	8	65,5	79,5	B60	Фибра из минерального волокна
1 С-3 п	595	9	64,1	79,0	B60	Фибра из полимерного волокна
1 S-3 М	605	9	65,7	79,6	B60	Изменен порядок перемешивания
1 Alphalith 2BV	600	18	60,0	75,6	B55	
2 Alphalith 2BV	575	8	55,2	74,7	B55	
Штайнберг PFM-ISOMA	595	7	57,0	75,0	B55	
Штайнберг F-10	595	7	57,6	74,7	B55	
Штайнберг F-10*	595	7	61,2	78,9	B60	Изменен порядок перемешивания

Конкурентная способность технологии обеспечивается современными методами управления процессами на всех этапах цикла жизнедеятельности модифицированного бетона и хорошо вписывается в системы менеджмента качества по ГОСТ Р ISO 9001-2015 на современных высокоэффективных предприятиях стройиндустрии. Организация технологии не требует высоких капитальных вложений по переоснащению технологических линий для приготовления бетонных смесей и применения дорогих и дефицитных материалов.

Согласно разработанной технологической модели, всесторонне изучаются качественные характеристики сырьевых материалов и возможности имеющегося в распоряжении производителя бетона оборудования. На основе полученных данных составляется алгоритм действий, позволяющий получить требуемые свойства бетонных смесей и бетонов, с наиболее эффективным использованием имеющихся возможностей. Производится выбор необходимых технологических приемов (способы подготовки сырьевых материалов, порядок загрузки и режимы перемешивания компонентов), вида модификаторов и, по необходимости, дополнительных компонентов смеси, режимов уплотнения и ухода за твердеющим бетоном.

В предлагаемой технологии впервые предлагается системный подход к решению задач мобильного управления процессами разработки и изготовления бетонов высокого, ранее не достигаемого, уровня и стабильности качества по прочности, морозостойкости и коррозионной стойкости, с использованием разработанных авторских методик и технологических приемов, учитывающих свойства сырьевых компонентов, моделирующих состояние их в бетонных смесях и бетонах. На основе авторского банка инновационных технологических наработок научно обосновывается совокупность приемов, назначаются оптимальные, по критерию цена-качество, режимы, в том числе вид модификации, для обеспечения требуемого уровня и стабильности качества бетона.

Дифференцированный учет свойств сырьевых компонентов при назначении вида и режимов их модификации позволяет минимизировать влияние пониженного качества сырья при обеспечении требуемого уровня и стабильности качества бетона без больших капитальных вложений по переоснащению стандартного парка оборудования для приготовления бетонных смесей.

Как уже говорилось, современные строительные технологии предполагают довольно высокую подвижность бетонных смесей при относительно низком водосодержании, что повышает вероятность трещинообразования, если не принимать специальных мер.

Известно, что усадочным явлениям в большей степени подвержены бетоны из высокоподвижных бетонных смесей с повышенным содержанием тонкодисперсной составляющей (например, вяжущего в высокомарочных бетонах), что и имеет место в рассматриваемом случае.

Трещинообразование в бетонах – серьезная проблема, наряду с лежащи-

ми в основе феноменами – усадка, ползучесть. Большой объем исследований посвящен этой сложной проблеме, однако, усадка является явлением, пока не до конца понятым. В исследованиях Константина Ковлера [6, 7] глубоко рассматриваются основные вопросы усадки бетонов, с акцентом на химическую, аутогенную усадку и усадку при сушке, которые очень важны как для высокопрочных бетонов, так и для бетонов обычной прочности. Им доказано, что высокопрочные бетоны более чувствительны к трещинообразованию, нежели обычные, но этот процесс может быть ослаблен выдерживанием бетона или введением добавок, снижающих усадку. Рассматривается усадка бетонов при изменении влажности, что приводит к изменению поверхностного и капиллярного натяжению, смещению межслоевой воды и расклинивающему давлению; при химических реакциях (гидратация/усадка при сушке, термальная усадка, разбухание при затвердении, усадка при карбонизации и т.д.). Большинство изменений объема, связанных с химическими процессами, происходят из-за воздействия температуры, поскольку химические реакции обычно ускоряются с повышением температуры и замедляются при ее снижении.

Анализ методов снижения усадки и проводимые эксперименты показывают, что наиболее эффективными и доступными являются: модификация цемента, использование добавок и волокон, правильный подбор состава смеси и методы выдерживания бетона. Установлен интересный факт: при введении мелкой фибры из минерального волокна, помимо снижения усадочных явлений и повышения прочности при изгибе, повысилась прочность бетона на сжатие. Выдвинута рабочая гипотеза, что это связано с компенсацией волокнами фибры растягивающих усилий в образце в горизонтальном направлении, возникающих при приложении вертикальной сжимающей нагрузки. В настоящее время проводятся исследования по подтверждению данной гипотезы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Долгосрочная целевая программа «Развитие промышленности строительных материалов и индустриального домостроения в Томской области на период до 2020 гг.» Подготовленной творческим коллективом ТГАСУ и администрацией Томской области.
2. Кудяков А.И., Лукьянчиков С.А., Душенин Н.П., Ушакова А.С., Дубосаров Д.И. Высокопрочные бетоны для зданий на основе универсальной полносборной каркасной системы (КУПАСС). В сборнике: Перспективные материалы в технике и строительстве (ПМТС-2013). Материалы первой Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2013. - С. 396-368.
3. Лукьянчиков С.А., Лукьянчикова А.С. Обогащение местных заполнителей пониженного качества для производства бетонов методом химической активации. (С.181-186) // Актуальные проблемы современности: Междуна-

родный научный журнал. №2 (12) - 2016 . - Караганды: РИО «Болашақ-Баспа», 2016. - 246 с..

4. Ахвердов И.Н. Высокопрочный бетон. - М.:Госстройиздат, 1961.- 163 с.

5. Кудяков А.И., Плевков В.С., Белов В.В., Невский А.В., Кудяков К.Л. Технология и состав углеродофибробетона с повышенной однородностью прочностных показателей // Вопросы материаловедения, 2016, №1, С.66-72.

6. Kovler, K., Chapter 7 “Effect of Internal Curing on Autogenous Deformation”, *RILEM Report 41 "Internal Curing of Concrete"*, Edited by K. Kovler and O.M. Jensen, RILEM Publications S.A.R.L., Bagneux, France, 2007, pp. 71-104.

7. Kovler, K., Chapter 8 “Effect of Super Absorbent Polymers on the Mechanical Properties of Concrete”, *RILEM State of the Art Reports 2 "Application of Super Absorbent Polymers (SAP) in Concrete Construction"*, Edited by V. Mechtcherine and H.-W. Reinhardt, Springer, 2012, pp. 99-114.

***Б.С.Мосаков, (Новосибирск, Россия),
И.Л.Чулкова (Омск, Россия)***

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОНОМИИ ЦЕМЕНТА В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация

Вопрос экономии цемента всегда являлся достаточно важным в строительной сфере. Со времени начала применения цемента разрабатывалось множество методов его экономии. Однако все эти методы требовали достаточной квалификации от исполнителей, соответствующей производственной дисциплины. В статье приведены достаточно простые и эффективные способы экономии цемента. Одним из таких является метод гидромеханической активации цемента.

Cement saving has always been important enough in the construction field. Since the beginning of the application of the cement developed many methods of conservation. However, all these methods required qualification of performers appropriate discipline. The article contains enough simple and effective ways to save cement. One such method is Hydro-mechanical activation of cement.

Высокие темпы развития цементной промышленности обусловили неправильную тенденцию к неэкономному расходу ценнейшего строительного материала. Это выразилось в переходе к пластичным и даже литым смесям, снижению требований к заполнителям и переходу на чрезвычайно упрощенные методы определения состава бетона. Не спасает положение и применение сухих смесей, как зарубежного, так и отечественного производства. Чрезвычайно важно то обстоятельство, что бетоны с минимальным расходом вяжущего практически не имеют усадочных трещин, а, следовательно,

лучше сопротивляются различного рода атмосферным, физико-химическим и механическим воздействиям. Добиваться изготовления бетона с минимальным содержанием цемента нужно не только и не столько для снижения расхода дефицитного вяжущего, сколько с целью повышения качества бетона, особенно при повсеместном распространении монолитного домостроения.

Технические условия на производство и приемку общестроительных и специальных работ требуют, чтобы проверка качества цемента и бетона проводилась с учетом методов, изложенных в соответствующих ГОСТ. При этом оказывается, что цемент расходовать в бетонах можно через значительное время после доставки его на стройку, так как около месяца требуется на получение полных данных о вяжущем и столько же на проверку марки бетона (при нормальном его твердении).

Однако в связи с длительностью официальных сроков лабораторного определения состава бетона результаты его нередко поступают на производство с опозданием. В свое время была предложена методика предварительного подсчета состава бетона, которая не требует точного знания марки цемента [2.3]. По результатам первых же пробных испытаний величина (В/Ц), а также и все расходы компонентов уточняются.

В нормативных указаниях отмечается, что приготовление бетона и раствора без предварительного подбора их состава запрещается. Составы бетонных и растворных смесей должны подбираться, а при их приготовлении дозироваться по весу и корректироваться в процессе производства с учетом фактической активности применяемого цемента, влажности и объемной массы заполнителей, изменения температурных условий твердения и т.д. Следовательно, работа по оптимизации составов различных бетонов является чрезвычайно важной, так как от ее результатов зависит не только экономичность изделий, но также их качество и долговечность.

Введение пластифицирующих и воздухововлекающих добавок в оптимальных количествах позволяет также снизить расход вяжущего на 10 – 25%. Уменьшение количества воды на 1л экономит около 2 кг цемента. Достичь экономии цемента можно также путем применения добавок, ускоряющих твердение бетонов. Реализация концепции получения бетонов нового поколения с улучшенными эксплуатационными свойствами, соответствующими отдельным видам бетона (сверхвысокой прочностью, высокой водонепроницаемостью и большой морозостойкостью), невозможна без использования комплексных химических добавок-модификаторов [1]

Применение высокомарочных вяжущих позволяет для получения равнопрочных бетонов увеличить В/Ц, а следовательно, снизить расход цемента. Однако этот путь неприемлем для бетонов низких и средних марок ($R_6 \leq 300$), ибо минимальный расход вяжущего у них диктуется условиями получения плотного материала и составляет 200 - 250 кг/м³. Для таких бетонов оптимальные пределы $R_{ц}/R_6 = 1,7 - 2,5$. В случаях превышения этого соотноше-

ния для экономии цемента следует вводить тонкомолотые добавки в количестве, определяемом расчетом.

Топливные шлаки и золы в качестве микро заполнителей в бетонных смесях сочетают в себе достоинства инертных тонкомолотых (малая водопотребность и усадка бетона, низкая экзотермия) и активных минеральных добавок, так как обладают определенной гидравлической активностью.

Домол золы, увеличивая ее реакционную поверхность и повышая тем самым активность, не вызывает увеличения водопотребности бетонных смесей. Это объясняют тем, что сегрегированные (сплавленные) зерна золы удерживают значительное количество капиллярной воды, зажатой в промежутках между ними. При разрушении агрегатов в процессе домола количество удерживаемой объемной воды в целом уменьшается, несмотря на увеличение удельной поверхности. Такое явление вполне закономерно, поскольку количество адсорбционно удерживаемой воды на оплавленной поверхности зерен золы во много раз меньше количества капиллярной воды, удерживаемой агрегированными частицами. Согласно нормативным указаниям при замене 50% цемента (по массе) наполняющей добавкой удобоукладываемость бетонной смеси, измеренная по осадке конуса, не должна снижаться более чем на I см. Чем выше качество цемента и чем мельче его помол, тем больше микро заполнителя может быть в него введено и тем быстрее он будет затвердевать.

Пущолановые породы (трепелы, опоки и им подобные) обладают большой водопотребностью. Их использование в качестве микро заполнителей требуют значительного повышения водоцементного отношения бетонов и растворов. Поэтому пущолановые материалы не могут считаться хорошими микро заполнителями в бетоне. Введение любого микро заполнителя не должно вызывать существенного повышения водопотребности бетонной смеси, оцениваемой по ее удобоукладываемости.

В результате многочисленных исследований установлено, что если в твердеющую систему портландцемент – вода начать вводить микро заполнитель, скорость твердения и прочность системы, особенно в начале испытания, будут возрастать до тех пор, пока все частицы микро заполнителя не покроются продуктами гидратации клинкерных частиц.

Известен положительный эффект применения добавок микро заполнителей в бетонах разных составов. Введение в бетоны микро заполнителей в относительно небольших количествах и с достаточно высоким расходом цемента позволяет несколько уменьшить расход цемента без заметного ухудшения физико-механических свойств бетона. В бетоны тощих составов микро заполнители целесообразно вводить в таком количестве, чтобы на имеющимся уплотняющим оборудовании достигалась наибольшая плотность бетона. При этом обеспечиваются требуемые показатели физико-механических свойств тощих бетонов при низком расходе цемента.

В обычные бетоны следует вводить относительно небольшое количество микро заполнителя, заменяя им часть цемента. В тощие бетоны целесообразно вводить больше микро заполнителей, заменяя 10 – 30% песка. Техническим критерием оптимального количества дисперсной добавки является наибольшая объемная масса бетонной или растворной смеси. Введение оптимального количества микро заполнителя значительно повышает прочность тощих бетонов, причем добавки наиболее эффективны при минимальном расходе цемента.

Увеличение предельной крупности заполнителя также приводит к заметному уменьшению водопотребности бетонных смесей и расхода вяжущего. Поэтому всегда необходимо стремиться к использованию заполнителя с возможно большей величиной предельной крупности, допустимой для бетонизируемых изделий. Исследования показывают, что чем больше плотность смеси сухих заполнителей, тем меньше расход цементного теста. Поэтому выбор соотношения между мелким и крупным заполнителями должен быть особенно тщательным, чтобы достичь в результате их сочетания минимальной меж зерновой пустотности.

Значительную экономию вяжущего можно получить, добиваясь плотной укладки бетонной смеси в изделия и конструкции. Каждый процент уменьшения пористости бетона приводит к приросту прочности не менее чем на 5%, что эквивалентно сокращению расхода цемента на 20 – 25 кг/м³ бетона.

Важным резервом экономии вяжущего является вызревание изделий из бетона на портландцементе в условиях, близких к стандартным. Безусловно, при этом требуется большая площадь складских помещений, а также увеличенное количество форм. Однако во всех случаях следует избегать пропаривания бетонных изделий, так как оно снижает прочность до 30% и морозостойкость в два - три раза по сравнению с бетонами нормального твердения. При этом необходимо учитывать и энергетические затраты [2].

Для достижения требуемой прочности бетона, снижающейся в результате термообработки, приходится увеличивать расход вяжущего. Если отказаться от пропаривания, то при (В/Ц)=0.5 и водосодержании смеси 170 л/м³ экономия цемента при марке бетона 400 составит около 50 кг/м³ бетона. К сожалению, об этом важном резерве экономии портландцементов и улучшения качества бетона очень часто забывают [3].

Большие возможности для экономии вяжущих дает ГОСТ 18105-2000. Стандарт содержит требования к средней и минимальной прочности бетона с учетом фактической однородности, характеризуемой коэффициентом вариации прочности бетона. Если бетон имеет высокую однородность, требуемая прочность по сравнению с нормируемой может быть снижена. При этом соответственно уменьшается расход цемента. Если же выпускаемая продукция имеет низкую однородность (коэффициент вариации прочности при этом превышает 14%), класс бетона назначается выше нормируемого и, следовательно, больше

расходуется цемента. Снижение коэффициента вариации на 1% позволяет сэкономить около 15 кг вяжущего на каждом кубометре бетона.

В строительной практике современные смесители обычно приготавливают бетонные смеси с коэффициентом вариации 5 – 7%. Подобного обстоятельства можно также добиться с помощью гидротурбулентной активации цемента в процессе приготовления бетонных смесей. Таким образом, все мероприятия, направленные на улучшение однородности продукции, влияют на снижение расхода цемента и должны неуклонно проводиться на каждом предприятии, выпускающем бетонные смеси и бетоны.

Исследования показывают, что цементное тесто в процессе его гидроактивации можно аппроксимировать с вязкой, слабо сжимаемой жидкостью с большим числом Рейнольдса. Для таких жидкостей возникновение турбулентности возможно даже при малых скоростях их движения.

Предварительное активирование цементного теста соответствующим методом позволяет получить приращение прочности бетона ΔR , которое можно определить с помощью следующего выражения

$$\Delta R = \frac{15.625 \cdot n \cdot W}{r} t \text{ (кг/см}^2\text{)},$$

где n – координационное число, которое с учетом численной величины лигандов цементного клинкера изменяется в пределах от 1 до 6, W – количество воды затворения на 1 л/м³, t – время активации цементного теста в мин., r – количество цемента на 1 м³ бетона [4].

Большое внимание следует уделять и организационно-техническим мероприятиям по экономии цемента. Обычно потери цемента разделяют на три группы: транспортно-складские, технологические и организационно-технические. Все эти подобные потери определены нормативными указаниями и допускаются до 2% от объема поставок, что, тем не менее составляет значительную величину.

Необходимым условием экономного расходования цемента в строительстве является систематический лабораторно-технический контроль:

- качества материалов, применяемых для приготовления бетонных и растворных смесей;
- рационального использования составляющих материалов;
- соблюдения технологических правил и приемов на всех стадиях производства бетонных работ, включая процессы их приготовления в смесительных установках;
- соблюдения строительных норм и правил производства бетонных работ, руководствуясь при этом соответствующими нормативными документами.

Необходимо внедрять в практику передовые методы лабораторных работ, в том числе неразрушающие методы и статистический контроль качества, к систематически совершенствовать лабораторно-технический контроль производства с целью повышения эффективности использования и эконом-

ного расходования цемента при производстве строительно-монтажных работ и на предприятиях дорожно-строительной индустрии. В настоящее время только на изготовление контрольных образцов расходуется ежегодно около 100 тыс.м³ бетона и раствора.

С целью рационального использования клинкерных цемента лаборатория должна систематически осуществлять следующие мероприятия;

- проводить экспериментальные работы по обогащению и замене составляющих бетон материалов, применению химических добавок, местных вяжущих веществ и микро заполнителей;
- разрабатывать эффективные составы бетонов смесей различных видов и назначения;
- решать вопросы совершенствования и улучшения технологии бетонных работ;
- вести, учет поступления и расходования клинкерных цемента по видам и маркам и проводить периодический анализ расхода цемента с выявлением причин вызвавших перерасход, и разработкой предложений по экономии цемента.

Применительно к фактически используемым цементам строительные лаборатории должны уточнять переходные коэффициенты от прочности бетона, твердеющего 28 суток в нормальных температурно-влажностных условиях, к его прочности при последующем твердении в тех же натуральных условиях до 60, 90, 100 суток.

Планы мероприятий по экономии цемента для каждого строящегося объекта или предприятия строительной индустрии составляются на год.

Должен осуществляться систематический контроль выполнения таких планов, включающий учет расходования цемента и анализ результатов проведенных мероприятий.

Используемая литература

1. Баженов Ю.М., Демьянов В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006. 368 с.
2. Шмигальский В.Н. Оптимизация состава цементобетонов. М.: Стройиздат. 1981. 124 с.
3. Мосаков Б.С. Основы технологии монолитного строительства. Новосибирск. Изд. ЮГУС, 2003. 258 с.
4. Мосаков Б.С. Динамическая активация цемента. Изв. Вузов. Раздел «Строительство» №12, 2012 с. 41-47.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ МАЛОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ

Аннотация

В период эксплуатации конструкция как открытая самоорганизующаяся система адаптируется к действиям внешних факторов путем спонтанных структурных преобразований материала. Это обусловлено присутствием в структуре материала сетей трещин и внутренних поверхностей раздела. Эти элементы способны реагировать на эксплуатационные воздействия изменением своих геометрических характеристик. Адекватные реакции активных элементов обеспечивают самосохранение структуры материала. Возможность проявления структурных откликов в соответствии с внешними воздействиями определяется разнообразием параметров активных элементов. Это связано с многовариантностью структурных форм материала на уровне макроструктуры.

The construction as open self-organized system adapts to actions of external factors by spontaneous structural transformations of material during operation. It is caused by presence the networks of cracks and inner surfaces of partition at the structure of material. These elements are able to respond to operational influences by the change of its geometrical parameters. Adequate responses of active elements ensure self-preservation of material structure. The possibility of structural responses manifestation in accordance with the external influences is defined by the variety of parameters of active elements. It is related to multi-variance of the material structural forms at the level of macrostructure.

Введение

В работах [1, 2, 3] показано, что при изучении любых объектов, включая строительные конструкции, их целесообразно рассматривать в виде систем, вид и назначение которых определяются задачей исследований. При анализе поведения материала конструкций в периодически изменяющихся условиях эксплуатации конструкции и материал, из которого они изготовлены, следует представлять как открытые сложные самоорганизующиеся системы. Это позволяет предположить, что на различных уровнях неоднородностей структуры конструкции должны происходить структурные преобразования, вызванные в материале в ответ на изменение параметров окружающей среды. Способность конструкции-системы реагировать на внешние воздействия определяется присутствием в структуре элементов, имеющих возможность изменять геометрические характеристики. В работе [3] к таким активным элементам относят трещины и внутренние поверхности раздела, которые, как показано в работе [4], сосуществуют в материале в виде сложносоставленных сетей. Материалы типа бетонов характеризуются многовариантностью форм (структурных ячеек) на уровне макроструктуры [5, 6]. В каждой отдельной ячейке образуется индивидуальная сеть трещин и внутренних поверхностей раздела,

являющихся составными частями единой сети на уровне материала. Это предполагает, что реакции активных элементов на внешние факторы будут отличаться в различных объемах матричного материала, ограниченных группами заполнителей. Создавать требуемые сети элементов можно путем изменения макроструктурных параметров [7]. Целостность конструкции-системы при эксплуатации, особенно в условиях многократных воздействий, обеспечивается изменением поврежденности материала, определяемой [8] как суммарное количество трещин и поверхностей раздела. Исходя из этого, была поставлена задача – проанализировать структурные изменения бетона с различным оформлением макроструктуры при малоцикловой усталости.

Трансформация структуры материала при многократных циклах увлажнения и высушивания с учетом макроструктурного разнообразия.

Анализ структуры кернов, взятых из бетонных и железобетонных конструкций, показал, что в их объеме можно выделить своеобразно-упорядоченные структурные ячейки, образованные группами заполнителей в матричном материале. При одном и том же составе бетона на уровне макроструктуры сосуществуют взаимосвязанные ячейки с различными характеристиками и свойствами. Организация макроуровня происходит одновременно во всех ячейках, но ее реализация индивидуальна для каждой отдельной ячейки. Матричный материал реагирует на изменение расположения заполнителей и состояния их поверхности [6]. Макроструктурные параметры создают индивидуальные условия организации структуры бетона на уровне частиц вяжущего. Это определяет неповторимость блочного оформления матричной составляющей и, следовательно, сетей технологических трещин и внутренних поверхностей раздела на уровне макроструктуры. Отдельные сети активных элементов входят в состав иерархии общей сети, которая стремится самосохраниться путем перераспределения деформаций и напряжений, которые возникают в структуре материала при действии внешних факторов. Поэтому изменение параметров трещин и внутренних поверхностей раздела должно происходить в одном темпоритме с воздействиями, оказываемыми на материал. Следует стремиться к созданию активных элементов, обладающих такими количественными и качественными характеристиками, которые, за счет собственных изменений, адекватно изменяли бы структурные параметры бетона. Это позволит проявиться своевременным преобразованиям меж- и внутрискруктурных связей, как отдельных уровней, так и всего материала.

При знакопеременных воздействиях между материалом и внешней средой возникают взаимоотношения, которые в работе [9] определены термином «структурное сопряжение». При взаимодействии объекта-системы и среды между ними создается область рекуррентной структурной согласованности. Сами по себе внешние факторы не могут определять вид, время и скорость проявления ответных реакций материала, которые следует рассматривать

исключительно как функцию его структуры. Материал будет реагировать на действие среды эксплуатации в первую очередь изменением геометрических параметров активных элементов на уровне изделия. Это обусловит передачу деформаций на другие уровни структурной иерархии материала по принципу «сверху-вниз» [4], что неизбежно вызовет изменение характеристик трещин и внутренних поверхностей раздела, принадлежащих этим уровням. Как следствие, произойдет изменение интегральной поврежденности материала. Следует учитывать, что после первого же изменения геометрии трещин и внутренних поверхностей раздела, инициированных внешними факторами, материал конструкции будет проявлять свойства склерономной системы [10]. Произошедшая перестройка структуры делает невозможным прямое влияние исходных параметров на конечный результат адаптации материала к внешней среде, особенно при циклических воздействиях, но их эффект сохраняется на протяжении всего периода эксплуатации объекта. Трещины и поверхности раздела, образовавшиеся в структуре материала к началу функционирования конструкции, после приложения нагрузок, переходят в ранг эксплуатационных трещин (ЭТ) и эксплуатационных внутренних поверхностей раздела (ЭВПР) [5]. Таким образом, в отдельных ячейках на уровне макроструктуры будет осуществляться уникальная цепь, циклично предопределяемых структурных преобразований, проявляющихся как изменение параметров ЭТ и ЭВПР. Для подтверждения этого были проведены экспериментальные исследования на моделях структурных ячеек, которые подвергали циклическому воздействию, в качестве которого использовали попеременное увлажнение и высушивание.

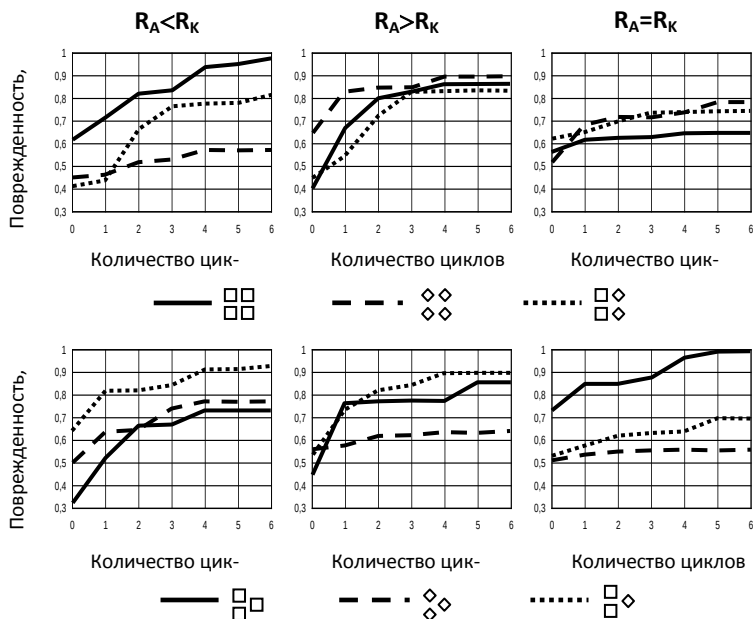
Модели структурных ячеек представляли собой затвердевшие образцы размером 160х90х40 мм, изготовленные на основе цементного вяжущего одного состава, с имитаторами заполнителей в виде призм, расположенных таким образом, чтобы получить ячейки кубической и гексагональной формы. Каждая модель включала по три ячейки, объединенных в одно изделие. Модели отличались способом укладки заполнителей и соотношением сил связи на границах раздела между матричным материалом и заполнителями: $R_A > R_K$; $R_A < R_K$; $R_A = R_K$, где R_A – величина адгезии матричного материала к поверхности заполнителя, R_K – величина когезионной прочности матричного материала. Изменение состояния поверхности призм осуществляли путем их обмазки веществом с пониженной адгезией к цементной составляющей.

Изменение протяженности (как геометрического параметра) суммарного количества ЭТ и ЭВПР при циклическом воздействии оценивали отдельно для каждой ячейки через коэффициент поврежденности $K_p = \Sigma L / S$, где ΣL – общая протяженность трещин и внутренних поверхностей раздела в выделенной зоне структурной ячейки, см; S – площадь выделенной зоны, см². Измерение проводили по всем трем ячейкам одной модели, вычисляя K_p как среднее арифметическое полученных значений.

Развитие трещин при увлажнении и высушивании материала с блочной структурой можно представить как дискретно-непрерывный процесс, что связано с цикличностью воздействий и постоянным увеличением длины каждой отдельной трещины, как при увлажнении, так и при высушивании [3]. При увлажнении материала происходит развитие начальных трещин (проявление «эффекта Ребиндера»). Удаление воды из трещины провоцирует проявление капиллярных эффектов, на которое сразу реагирует трещина, изменяя свои геометрические характеристики. Следующий цикл увлажнения и высушивания приводит к повторению поведенческих реакций объекта, но их реализация теперь определяется новыми структурными параметрами. Вынужденные отклики структуры на повторяющуюся череду внешних воздействий зависят от нее самой, поэтому поведение материала при эксплуатации конструкции изначально непредсказуемо и неповторимо на всех этапах взаимодействия с внешней средой. В структурных ячейках ЭТ и ЭВПР сосуществуют в виде взаимосвязанных групп (сетей), что вынуждает их взаимодействовать друг с другом при заполнении водой и при удалении влаги. Различные параметры трещин, разделяющих структуру матричной составляющей на отдельные блоки, способствуют появлению градиентов капиллярного давления, воспринимаемых материалом берегов рядом расположенных трещин. Это ведет к возникновению деформаций и напряжений сдвига, которые могут спровоцировать образование новых эксплуатационных трещин. Новые ЭТ могут возникать из начальных трещин (границ раздела блоков) или на берегах существующих ЭТ. Блочная структура создает условия, при которых трещины в процессе роста могут выклиниваться на берега других трещин и ВПР с потерей устья. Трещины завершают развитие и преобразуются в ЭВПР. ЭВПР активно проявляют себя при каждом цикле увлажнения и высушивания. Это связано с тем, что берега ЭВПР одновременно служат блокираторами развития трещин и инициаторами появления новых ЭТ.

Деформации можно представить как индивидуальные отклики структуры материала на циклы увлажнения и высушивания. Попеременные внешние воздействия воспринимаются всеми уровнями структуры и провоцируют ответные структурные изменения. В результате самоорганизации системы часть энергии деформирования рассеивается на внутренних поверхностях раздела и берегах трещин, часть энергии вызывает подрастание трещин, и часть энергии передается на соседние структурные блоки. Информация в виде потоков деформаций передается между уровнями путем изменения межструктурных связей. При многократном влиянии на материал градиентов влажности происходит поэтапное изменение структурных параметров ЭТ и ЭВПР за счет изменения внутрискруктурных связей. В свою очередь, усиление действия внешнего фактора ведет к потере функций структурного уровня в результате разрыва внутрискруктурных связей. В целом, сценарий развития структурных преобразований зависит от соотношения скорости реакции ак-

тивных элементов материала и скорости развития структурных изменений при интенсивных внешних воздействиях, включая циклические.



Модели структурных ячеек

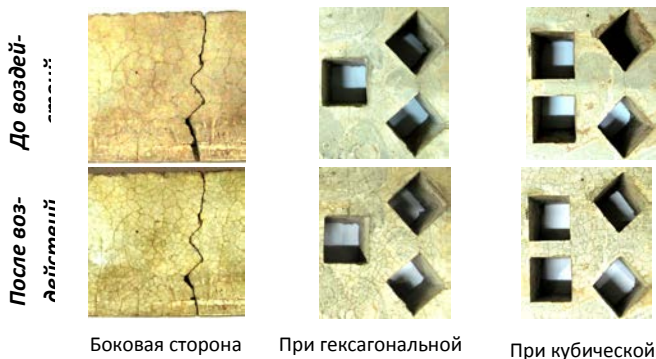


Рис.1. Влияние макроструктурных параметров на изменение поврежденности (K_p , $\text{см}/\text{см}^2$) бетона при многократном увлажнении и высушивании.

Способность материала адаптироваться к периодически повторяющимся условиям во многом зависит от параметров сетей трещин и внутренних поверхностей раздела в структурных ячейках, связывающих в одно целое все уровни структуры материала.

Результаты проведенных исследований показали (рис.1), что значения коэффициента поврежденности K_p , отражающего произошедшие изменения параметров ЭТ и ЭВПР в структурных ячейках, через 6 циклов увлажнения и высушивания увеличились на 9-57%, в зависимости от способа укладки и ориентирования заполнителей с различным состоянием их поверхности. Наиболее значительно преобразования структуры моделей проявились после первого цикла воздействий, значения K_p изменились в среднем на 7%. После третьего цикла изменение K_p составило 11%, после шестого цикла – 13%. При этом влияние структурного разнообразия на изменение поврежденности материала сохранялось при каждом цикле воздействий.

Изменение макроструктурных параметров позволило уменьшить значения K_p : в зависимости от типа укладки заполнителей до 35%, при различном ориентировании заполнителей до 43%, при различном соотношении сил связи на границах раздела между заполнителями и матричным материалом до 33%. Изменение эксплуатационной поврежденности моделей с ячейками, включавших заполнители с избирательной обработкой ПАВ, происходило более равномерно, без резких перепадов от цикла к циклу. Это может быть связано с обеспечением параметров активных элементов, улучшающих способность материала своевременно подстраиваться под изменяющиеся внешние условия путем адекватных структурных перестроек.

Таким образом, благоприятные преобразования структуры, связанные с самоподдержкой и саморазвитием сети активных элементов в структурных ячейках, дают возможность проявления эффектов адаптации бетона к знакопеременным воздействиям, что способствует повышению его стойкости в виде изделий или конструкций.

Выводы

Проведенный анализ позволяет заключить, что бетон (материал строительной конструкции как открытой самоорганизующейся системы) способен адаптироваться к изменению условий эксплуатации. Это связано с присутствием в структуре бетона активных элементов в виде трещин и внутренних поверхностей раздела. При каждом цикле внешних воздействий происходит непрерывное изменение геометрических параметров активных элементов, что отражается на величине поврежденности материала, изменение которой свидетельствует о спонтанно произошедших структурных преобразованиях. Активные элементы образуют сложноорганизованную сеть с неповторимыми характеристиками отдельных подструктур, определяемых формой и свойствами структурных ячеек как неотъемлемых составляющих макроструктуры, произвольно образованных заполнителями в матричном материале. Мно-

говариантность ячеек обуславливает разнообразие сетей активных элементов, что способствует поддержке структурной стабильности бетона при внешних воздействиях за счет увеличения возможностей для проявления эффектов адаптации. Неповторимость откликов, осуществляемых активными элементами в структурных ячейках, сохраняется при каждом цикле воздействий. Это подтвердилось экспериментальными исследованиями по определению характера изменения поврежденности матичного материала в моделях ячеек, которые подвергались увлажнению и высушиванию. Значения коэффициента поврежденности ячеек с различными параметрами отличались до 2,3 раз. Регулирование макроструктурных параметров позволило снизить количество дефектов в ячейках до 43%. Следовательно, при назначении составов и технологических режимов необходимо учитывать разнообразие структурных форм бетона на макроуровне с целью повышения безопасности работы всей конструкции при эксплуатации.

Литература

1. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности / И.В. Прангишвили. – М.: «Синтег», 2000. – 519 с.
2. Могилевский В. Д. Методология систем: (вербальный подход) / В.Д. Могилевский – М.: Экономика, 1999. – 251 с.
3. Суханов В.Г. Структура материала в структуре конструкции / В.Г. Суханов, В.Н. Выровой, О.А. Коробко. – Одесса: ПОЛИГРАФ, 2016. – 244 с.
4. Коробко О.А. Роль деформаций в «жизни» бетона / О.А. Коробко, В.Г. Суханов, В.Н. Выровой, Т.Ю. Тофанило // Известия Казанского Государственного Архитектурно-строительного Университета. – Казань: КГАСУ, 2014. – С. 114-121.
5. Выровой В.Н. Бетон в условиях ударных воздействий / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, С.Б. Фиц. – Одесса: «Внешрекламсервис», 2004. – 270с.
6. Выровой В.Н. Многовариантность структуры бетона / В.Н. Выровой, О.А. Коробко, В.А. Панасюк // Информационный научно-технический журнал «Технологии бетонов». – Москва: ООО «Юнион Принт». – № 5-6. – С.16-18.
7. Влияние взаимосвязи структурных уровней на технологическую поврежденность бетонов / Н.Ф. Уразманова, В.Ю. Тофанило, О.А. Коробко // Вестник ОГАСА. – 2015. – Вип.57. – С. 418-423.
8. Выровой В.Н. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, В.Г. Суханов. – Одесса: ТЭС, 2010. – 169 с.
9. Матурана У. Древо познания / У. Матурана, Ф. Варела. – М.: «Прогресс-Традиция», 2001. – 224 с.
10. Астахов А.В. Курс физики в 3-х томах / А.В. Астахов. – М.: Глав. ред. физ.-мат. лит-ры, 1977.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА И ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕТОНА

С целью выяснения причин дефектности кровельных бетонных плит жилых домов Октябрьского района г. Новосибирска проанализированы причины коррозии с целью оптимизации состава бетона и рекомендации ремонтных строительных материалов.

Жилой дом расположен на территории площадки застройки по адресу: г. Новосибирск, ул. Пролетарская. Здание многоэтажное из монолитного железобетонного каркаса с кирпичным заполнением, выполненное по проекту для повторного применения 90Л-05.1. Конструкция кровли - сборная безрулонная из ребристых преднапряженных железобетонных плит. Строительно-техническое обследование кровельного покрытия здания выполнялось в ноябре 2015 года на конструкциях кровли в осях здания 4-7/Е-Ж, на которых имеются явные следы активной коррозии бетона и арматуры.

Для изготовления железобетонной панели кровельной 90 ПК 1без покрытия согласно ГОСТ 25192-82 и в соответствии с назначением конструкции как кровельного строительного изделия назначен бетон класса В25, В30. Для достижения марочной прочности и эксплуатационных свойств указанного класса бетона на ДСК производилась бетонная смесь марки БСГ В30 F200 W4, БСГ В25 F200 W4; укладка бетонной смеси (распределение, уплотнение и отделка поверхности изделия) с предварительной проверкой правильности установки арматуры и ее преднапряжения производилась в форму-опалубку при нормальных условиях (20-25⁰С) и атмосферном давлении; далее сформованное изделие при н.у. выдерживалось определенное время и затем подвергалось ТВО по мягкому режиму и дальнейшему твердению во влажно-воздушных условиях в течение 28 суток.

Для производства бетонной смеси марки БСГ В30 F200 W4, БСГ В25 F200 W4 использовался портландцемент ПЦ 400-Д20, песок с модулем крупности 1,7; щебень фракции 5-20 мм, добавка С-1.

Согласно требованиям ГОСТ 28570-90, ГОСТ 27006-86, ГОСТ 25192-82 цементный камень преднапряженных железобетонных кровельных плит должен быть достаточно плотным, водонепроницаемым, морозо- и коррозионностойким в агрессивной воздушно-влажной среде. Совокупность этих свойств регулируется и формируется разными технологическими приемами, но, прежде всего, зависит от химического состава цемента, микро- и макро-структуры новообразований, вида и размера пор, химического и зернового состава заполнителей, вида и количества примесей исходных компонентов.

Основное влияние на свойства цементного камня высокопрочного быстротвердеющего бетона с точки зрения стойкости в агрессивных средах оказывает содержание в клинкере минерала C_3A (допускается содержание не более 5%), соотношение минералов-плавленей C_3A/ C_4AF

(содержание их в сумме не более 22%), содержание силикатной фазы - алита (не более 50%), соотношение клинкерных силикатов быстрой и медленной гидратации, а также соотношение между количеством введенного гипса и алюминатов кальция. Образование позднего этtringита и его аналога с замещением сульфата кальция в продуктах гидратации $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 18H_2O$ на хлорид, нитрат, карбонат кальция приводит к деформациям и разрушению цементного камня.

Другим видом коррозии является карбонизация цементного камня, степень и глубина которой определяется растворимостью наиболее активного компонента цементного камня - гидроксида кальция, а также плотностью и видом пористости бетона.

Капиллярно-пористая структура цементного камня в бетоне определяет интенсивность коррозионных процессов. По размеру поры в бетоне классифицируют на: I – ультрамикропоры с радиусом меньше 50 Å; II – микропоры радиусом 50-1000 Å; III – микропоры радиусом 1000 Å (0,1 мкм). Анализ структуры цементного камня бетона кровельной плиты показывает на содержание комплекса I+II+III групп пор. С увеличением температуры твердения (формирование микро- и макроструктуры цементного камня при тепловлажностной обработке готовых изделий в условиях пропаривания при температурах 60, 80, 100°C) общая пористость увеличивается соответственно, в %: 18,5; 23; 26,6. При этом заметно увеличивается объем наиболее крупных пор (более 1 мкм), в %: 35,4; 50,3; 79,2.

На плотность и химическую стойкость бетонов влияют качество и оптимальный зерновой состав заполнителей. Одним из основных условий получения плотной и стабильной структуры бетона – применение качественного «чистого» щебня оптимального фракционного состава, с минимальным объемом пустот. Тяжелые бетоны для устройства крыш без изоляционного покрытия должны содержать: щебень (или гравий) изверженных горных пород высокой плотности и хорошей закристаллизованности минералов с временным сопротивлением не менее 100 МПа в водонасыщенном состоянии; оптимальный гранулометрический состав щебня: фракция 5- 10мм - 25-50 %, фракция 10-20мм - 75-50 %; песок защитного слоя бетона должен характеризоваться модулем крупности не менее 2,1 - 3,15, полным остатком на сите 0,063 – не менее 50%.

Для первичной защиты бетона от коррозии необходимо оптимизировать состав бетона:

- использовать качественный фракционированный щебень с фракциями 5-10, 10-20 мм;

- использовать чистый песок повышенной крупности с модулем крупности 2-3,15;
- применение пластифицирующих и противоморозных добавок в бетон; Для вторичной защиты бетона и арматуры от коррозии необходимо:
- применение защитных покрытий бетонных плит (полимерные, металлические);
- использование гидрофобизации поверхности бетона.

Рекомендуемые гидрофобизаторы и гидроизоляционные составы для ремонта бетонных кровельных плит:

1. Гидрофобные пропитки линейки **Sika group** – Sika gard Thixo.
2. Ремонтно-гидроизолирующий состав линейки **БИТРОН** - Битрон 4 в комплексе с составом "Финиш ремонт" для обеспечения адгезии.
3. Гидроизоляционные составы линейки **BASF**- Masterseal.
4. Материал **Emaco[®] Nanocrete AP**, используемый в качестве антикоррозийного покрытия.

*Д.В. Акт, А.Ю. Столбоушкин,
В.В. Шевченко, Е.О. Щербинина
(Новокузнецк, Россия)*

ВЛИЯНИЕ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ НА ОБЪЕМНОЕ ОКРАШИВАНИЕ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ

Представлены результаты исследований по объемному окрашиванию керамических образцов матричной структуры на основе новокузнецкого суглинка и отходов обогащения марганцевых руд. Приведены химический и гранулометрический составы сырьевых материалов. Определено влияние формирования матричной структуры на цвет черепка в зависимости от количества пигмента в составе шихты.

Ключевые слова: *керамический образец, объемное окрашивание, матричная структура, марганецсодержащие отходы.*

THE INFLUENCE OF MATRIX STRUCTURE ON VOLUME COLORING OF WALL CERAMICS BY MANGANESE-CONTAINING WASTES

Results of the study of volume coloring of ceramic specimens with matrix structure based on Novokuznetsk loam and manganese ore tailings are represented.

Chemical and grain-size compositions of the raw materials are presented. The influence of the matrix structure formation on a crock color depending on the pigment amount in charge composition is determined.

Keywords: *ceramic specimen, volume coloring, matrix structure, manganese-containing wastes.*

В современную, динамично развивающуюся, эпоху нетиповой застройки крупных городов наиболее востребованными на рынке строительных материалов являются мелкоштучные стеновые материалы. Среди них облицовочный керамический кирпич по праву занимает одну из ведущих позиций, поскольку имеет целый ряд конкурентных преимуществ и обладает ценными эксплуатационными качествами [1]. Кроме того, он обладает архитектурной выразительностью и позволяет создавать неповторимый внешний облик здания, обеспечивая возможность выбора необходимой цветовой палитры изделий.

Существуют различные способы получения цветного керамического кирпича (ангобирование, глазурование, снижение температуры обжига, изменение окислительной среды обжига на восстановительную и др.) [2]. При этом доминирующим до сегодняшнего дня остается объемное окрашивание изделий [3]. Однако этот способ, как правило, требует больших финансовых затрат, так как производство концентрированных керамических пигментов связано с высокотемпературным синтезом и необходимостью использовать дорогие высокосортные сырьевые материалы [4]. Снижение себестоимости продукции в этом случае возможно за счет использования нетрадиционных видов сырья – техногенных отходов, содержащих в своем составе красящие оксиды металлов.

Учитывая высокие темпы накопления минеральных промышленных отходов [5], их использование в производстве декоративной стеновой керамики не только снизит значительные затраты на импорт окрашивающих добавок, но и улучшит экологическую обстановку промышленных регионов, что соответствует принятым решениям руководства страны в этой области [6].

Авторами проведены исследования [7] по окрашиванию керамических образцов добавкой отходов добычи марганцевых руд (ОМР). В рамках эксперимента изучено воздействие красящего оксида марганца на керамические образцы, приготовленные различными способами.

При постановке эксперимента были отформованы образцы с различным содержанием ОМР (2-10 мас.%). Для их приготовления использовалась разработанная авторами технология [8], обеспечивающая формирование оптимальной структуры черепка за счет тонкого помола, грануляции, прессования и обжига изделий.

В качестве базового керамического сырья использовался умеренно-пластичный, полуокислый новокузнецкий суглинок, который относится к глинистому сырью монтмориллонит-каолинит-гидрослюдистого типа с низким содержанием крупнозернистых включений. Химический состав суглинка и отходов обогащения марганцевых руд представлен в таблице 1.

Помол сырья осуществлялся в стержневой мельнице. Результаты исследований дисперсного состава, проведенных на лазерном гранулометре Malvern Mastersizer 2000, приведены в таблице 2.

Таблица 1. Химический состав сырьевых материалов

Наименование сырьевых материалов	Массовая доля компонентов, %										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	V ₂ O ₅	SO ₃	MgO	CaO	R ₂ O	пп
Суглинок новокузнецкий	62,85	0,85	14,17	4,91	-	-	0,45	2,38	4,44	3,8	5,4
Отходы добычи марганцевых руд	30,4	-	10,2	12,6	29,24	-	-	2,3		0,64	12,3

Таблица 2. Гранулометрический состав сырьевых материалов

Наименование сырьевых материалов	Содержание фракций в %, размер частиц в мм				
	>0,06	0,06-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
Суглинок новокузнецкий	-	2,6	62,15	4,18	28,17
Отходы добычи марганцевых руд	41,71	36,71	7,5	12,73	1,35

Измельченное глинистое сырье агрегировалось в турболопастном смесителе-грануляторе активного действия при одновременном увлажнении до формовочной влажности 11-13 %. Угловая скорость вращения лопастной мешалки гранулятора составляла 15-20 с⁻¹. Грануляция суглинка проводилась в течение 2,5-3 мин до формирования гранул преимущественного размера 1-3 мм. Далее в чашу гранулятора вводилась опудривающая добавка из тонкомолотых ОМР, и осуществлялось дополнительное вращение барабана продолжительностью 20-30 сек для формирования красящего слоя по поверхности гранул. Фактическая влажность опудренного гранулята составила 10-12 %.

Из гранулированных шихт с различным содержанием красящей опудривающей добавки (2-10 мас.%) формовались керамические образцы-цилиндры. Режим прессования – двухступенчатый с односторонним приложением нагрузки. Обжиг производился в лабораторной муфельной печи с двухчасовой выдержкой при температуре 1000 °С.

Тонкомолотая добавка ОМР в состав шихты приводит к окрашиванию образцов в различные оттенки красно-коричневой области спектра. Это объясняется тем, что данный вид минеральных отходов содержит в химическом составе широко известный красящий пигмент – четырехвалентный оксид марганца. Выраженное окрашивающее действие добавки проявляется уже при 5 % содержании отходов добычи марганцевых руд в составе шихты, а

при её 10 % количестве – насыщенность значительно возрастает до шоколадно-коричневого цвета.

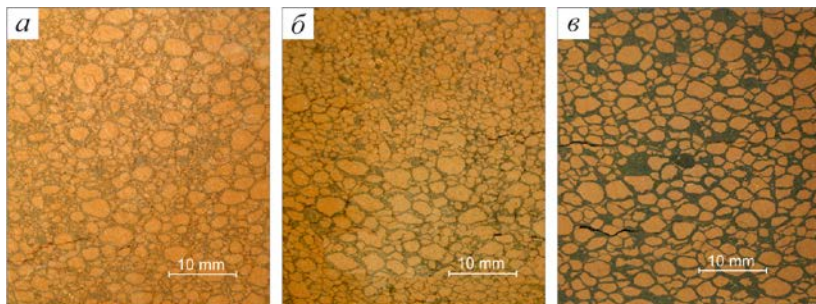


Рис. Макроструктура керамических образцов из суглинка, опудренного добавкой марганецсодержащих отходов в количестве, мас. %: а – 2; б – 5; в – 10

На рисунке представлены результаты изучения макроструктуры керамических образцов с различным содержанием отходов. Исследование проводилось с использованием бинокулярной лупы по отшлифованной поверхности вертикального спила.

Можно отметить, что в керамических образцах формируется матричная структура с выраженной границей раздела фаз. Полученные результаты по объемному окрашиванию керамических образцов можно объяснить увеличением концентрации красящего оксида MnO_2 на поверхности гранул, достигаемым в результате опудривания. Влияние количества добавки на насыщенность цвета также объясняется увеличением толщины красящего слоя.

Таким образом, разработанный способ, обеспечивающий формирование оптимальной структуры черепка за счет тонкого помола, грануляции, прессования и обжига изделий, позволяет сконцентрировать пигмент в матрице, что дает выраженный красящий эффект и приводит к увеличению насыщенности окраски кирпича. Потенциальное использование данной технологии для получения стеновых керамических материалов объемного окрашивания позволит снизить расход красящих добавок или полностью отказаться от них в пользу техногенных отходов, содержащих красящие оксиды металлов в своем составе.

Список литературы

1. Шлегель И.Ф. Классификация изделий керамических облицовочных / И.Ф. Шлегель, Я.И. Шлегель // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 66–69.
2. Зубехин А.П. Влияние окислительно-восстановительных условий обжига на фазовый состав железа и цвет керамического кирпича / А.П. Зубехин, Н.Д. Яценко, К.А. Веревкин // Строительные материалы. 2011. № 8. С. 8–11.

3. Резник В.И. Возможности получения кирпича облицовочного и клинкерного светлых тонов на базе глин ПГ «Кислотоупор» / В.И. Резник // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 54–56

4. Седельникова М.Б. Пигменты на основе двухкальциевого силиката для окрашивания строительной керамики / М.Б. Седельникова, Н.В. Лисеенко, В.М. Погребенков // Строительные материалы. 2012. № 8. С. 25–27.

5. Аксенов А.М. О нерешенных проблемах масштабного использования техногенных месторождений для производства строительных материалов. / А.М. Аксенов, Р.К. Садыков // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии. Международная научно-техническая конференция. Казань: КазГАСУ. 2010. С. 98–100.

6. Указ Президента Российской Федерации от 05.01.2016 г. № 7. О проведении в Российской Федерации Года экологии. – <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40400>.

7. Столбоушкин А.Ю. Получение декоративной стеновой керамики из глинистого сырья и отходов добычи марганцевых руд / А.Ю. Столбоушкин, О.А. Фомина, Д.В. Акст, А.И. Иванов, М.С. Дружинин // Строительные материалы. 2016. № 12. С. 38–44.

8. Патент № 2500647 Российская Федерация, МПК C1 C 04 B 33/132. Сырьевая смесь для изготовления стеновой керамики и способ ее получения / А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Стороженко, А.И. Иванов и др.; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 34.

О.С. Субботин, А.А. Авраменко
(Краснодар, Россия)

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

В статье рассматриваются инновационные материалы и технологии, используемые при проектировании и строительстве зданий и сооружений гражданского назначения. Приведены примеры применения указанных материалов в строительном комплексе Краснодарского края. Значительный интерес представляют BIM-технологии (Building Information Modeling или Building Information Model) – информационное моделирование здания или его информационная модель. Отмечена особая важность применения инновационных материалов при строительстве энергоэффективного и комфортного жилья.

Ключевые слова: Краснодарский край, строительный комплекс, инновация, материал, технологии, стратегическое направление, здание, сооружение.

INNOVATIVE MATERIALS AND TECHNOLOGIES BUILDING COMPLEX OF KRASNODAR REGION

Summary

The article deals with innovative materials and technologies used in the design and construction of buildings and civil structures. Examples of application of these materials in the construction industry of the Krasnodar region. Of considerable interest are BIM-technology (Building Information Modeling or Building Information Model) – Building Information Modeling or the information model. Noting the particular importance of the use of innovative materials in the construction of energy-efficient and comfortable housing.

Keywords: Krasnodar region, building complex, innovation, material, technology, strategic direction, building, structure.

Краснодарский край, расположенный на широте северной Италии и южной Франции, является одним из ведущих субъектов Российской Федерации, который по праву называется жемчужиной России... Уникальный рекреационный потенциал обеспечивает развитие практически всех видов туризма и отдыха. Согласно постановлению Правительства России, в Краснодарском крае создана особая экономическая зона туристско-рекреационного типа, в которой установлен льготный режим предпринимательской деятельности. Одновременно, в стратегии строительного комплекса края использован принцип соответствия цели и стратегических направлений его развития как края, так и страны в целом [1, с. 10].

В тоже время, следует отметить, что строительный комплекс Краснодарского края, объединяющий строительные организации и предприятия строительной индустрии, призван обеспечивать эффективное и качественное строительство зданий и сооружений гражданского, промышленного и инфраструктурного назначения в соответствии с потребностями населения и экономики региона. В строительном комплексе определены основные стратегические направления развития – устойчивое, конкурентоспособное развитие жилищного, социально-культурного и промышленного строительства для обеспечения реализации целевых программ федерального, краевого и муниципального уровней, своевременного и полного удовлетворения спроса населения и делового сообщества. При этом в стратегической перспективе развитие указанного комплекса должно соответствовать темпам роста инвестиций в экономику и социальную сферу края с тем, чтобы максимально удовлетворять потребности края в высококачественных строительных работах и материалах за счет внутреннего ресурса и применения инновационных материалов и технологий.

Вместе с тем, в области архитектуры и строительства инновации рождаются тогда, когда архитекторы и конструкторы создают что-то новое под влиянием изменений, происходящих в жизни общества, совершенствуя известные приемы создания архитектурного образа зданий, сооружений и их комплексов с высокими эстетическими и функционально-технологическими качествами при обеспечении благоприятной физической среды в указанных

зданиях, а также на территории проектируемой или существующей застройки [2, с.19].

Также особую функцию в проектировании и строительстве энергоэффективного, безопасного и комфортного жилья, общественных и социальных объектов выполняет переход на новый уровень оборудования зданий инженерными системами. При этом использование современных инженерных систем позволит создать экономичную, энергоэффективную, комфортную и безопасную среду.

Значительный интерес вызывает концепция интеллектуального индивидуального жилого здания – комплекса, в котором при помощи специальных технических средств созданы условия для проживания, обеспечивается необходимый уровень защиты от чрезвычайных ситуаций природного характера и несанкционированного доступа, максимально рационально расходуются энергетические и коммунальные ресурсы. Управление интеллектуальным зданием осуществляется с помощью интегрированных в единое информационное пространство систем, позволяющих максимально повысить эффективность – функционирования служб при одновременном снижении эксплуатационных расходов [3, с.7].

Инновации – это правильный путь к экономическому развитию региона и страны в целом, направленный на благосостояние населения. При этом инновационные материалы и технологии играют исключительную роль в строительном комплексе Краснодарского края. Возникновение указанных материалов подчинены таким факторам как: скорость возведения здания и сооружений, их прочность и долговечность, Высокие тепло- и звуко- изоляционные свойства, экологичность, экономическая эффективность и т.д. Особое место в палитре инновационных материалов занимают изделия и конструкции фирмы КНАУФ.

Так, инновационные материалы КНАУФ применялись на всех знаковых олимпийских объектах Сочи, в том числе с использованием «зеленых» стандартов строительства. Ведущая роль в применении передовых технологий принадлежит предприятиям КНАУФ в Краснодарском крае [4, с.30]. Вместе с тем, следует отметить, что в настоящее время все большее распространение при проектировании и строительстве получают BIM-технологии (Building Information Modeling) – новое явление в мировой проектно-строительной отрасли, которое постоянно развивается и меняет границы и формы применения. В связи с этим, компания КНАУФ разработала уникальные стандарты по самым распространенным системам сухого строительства – перегородкам с обшивками из гипсокартонных КНАУФ-листов [4, с.33].

Таким образом инновации в строительном комплексе Краснодарского края – это передовые технологии, без которых нельзя представить современное общество. В настоящее время большое количество инновационных тех-

нологий улучшается и совершенствуется, что отчетливо отражается на художественно-эстетическом облике зданий и сооружений.

Одновременно «снижение затрат на строительство зданий является важным показателем применения определенных материалов. При этом качество здания, его прочность, долговечность должны оставаться основными факторами использования определенной технологии. Инженерно-строительные технологии позволяют воплощать в реальность самые дерзкие замыслы. Вместе с тем, технологии возведения жилых зданий направлены в сторону именно натуральных материалов, а промышленные объекты, наоборот, требуют применения дешевых, прочных, морозостойких и не обязательно природных материалов [5, с.23].

Следовательно, создание потенциала будущего развития строительного комплекса должно быть основано на повышении эффективности государственного управления, внедрения информационных технологий и практического взаимодействия со смежными отраслями. Существенное внимание следует уделить также формированию условий для интеграции предприятий строительного комплекса края в общероссийский и международный рынок на основе развития международного и межрегионального сотрудничества в области инновационных материалов и технологий.

Список литературы

1. *Субботин О.С.* Территориальное планирование и развитие Краснодарского края // Вестник МГСУ. – 2010. – № 2. – С. 10-13.
2. *Субботин О.С.* Инновационные материалы и технологии в олимпийских стадионах Сочи // Жилищное строительство. – 2016. – № 8. – С. 19-25.
3. *Субботин О.С.* Архитектура интеллектуальных малоэтажных жилых зданий // Вестник МГСУ. – 2010. – № 3. – С. 6-9.
4. *Субботин О.С.* Инновационные материалы и технологии в зданиях общественного назначения Сочи // Жилищное строительство. – 2016. – № 11. – С. 29-34.
5. *Субботин О. С., Бондаренко С.А.* Инновации в архитектуре и строительстве (на примере Краснодарского края). Учебное пособие –Москва: Изд-во РИФ «Стройматериалы» – 2016. – 80 с.

УДК 54-148: 666.3.016

*С.А. Шахов, Н.Ю. Николаев, Т.Л. Рудая
(Новосибирск, Россия)*

СТРУКТУРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС ИЗ ПЫЛЕВАТЫХ СУГЛИНКОВ В КОМПОЗИЦИИ С ВЫСОКОДИСПЕРСНЫМ ВОЛЛАСТОНИТОМ

Аннотация.

Установлено, что совместное введение коллоидных частиц (осадок водоподготовки) и частиц отощителя (волластонит) в соотношении между этими компонентами на уровне 1:1,5-2 позволяет существенным образом снизить долю пластических деформаций и получить массу с оптимальным соотношением всех видов деформаций, и тем самым, улучшить ее формуемость.

REFERENCES

It had carried out comprehensive experimental studies of structural and mechanical properties of the molding compounds based on loam raw materials and modifying agents of different genesis and morphology with the use of the mathematical planning method. It was found that the deformation behavior of the molding compounds can be effective to provide by the choice of the relation of the components of the complex supplement with differing genesis and morphology of the particles. Joint adding of colloidal particles (water purification sediment) and particles of wollastonite in a ratio between those components at 1: 1.5-2 allows to the lower of proportion of plastic deformation and obtains an optimal relation with all kinds of deformations. By the results of experimental studies had been selected optimal charges of molding compounds with a complex supplement from natural mechanically activated wollastonite and water purification sediment.

Ключевые слова: суглинок, осадок водоподготовки, волластонит, коагуляционная структура, структурно-механические характеристики, формовочные свойства, пластическое формование.

Keywords: loams, water purification sediment, wollastonite, coagulation structure, structural characteristics, molding properties, plastic molding.

Введение

Перспективным приемом регулирования формуемости керамических масс из низкосортного глинистого сырья является способ введения в состав шихты добавок на основе нетрадиционных природных и техногенных алюмосиликатных компонентов, которые по химико-минералогическому составу и структурно-механическим свойствам пригодны в качестве пластифицирующих добавок [1]. К числу подобных модификаторов, апробированных в последнее время, относится волластонит, который имея игольчатый габитус кристаллов, выступает микроармирующим элементом в керамических смесях [2-4] и осадок водоподготовки, представляющий собой смесь органических и минеральных веществ в дисперсном состоянии, формирующуюся в виде коллоидного раствора в процессе отстаивания на водоочистных станциях [5].

Цель работы: выбор рационального состава шихты на основе пылеватых суглинков в композиции с волластонитом и осадком водоподготовки, обеспечивающим улучшение формовочных свойств шихты для получения стеновой керамики методом пластического формования.

Материалы и методы. При проведении исследований в качестве глинистого сырья использовался суглинок Каменского месторождения Новосибирской области. Анализ гранулометрического состава показал, что данный суглинок относится к пылеватым, а по содержанию глинистых частиц (менее 20

масс. %) к грубодисперсному сырью. По пластичности суглинков соответствует умереннопластичному классу.

В качестве корректирующих добавок в работе использовали осадок водоподготовки, волластонит, а также, традиционно применяемый при получении стеновой керамики в качестве отошителя, речной песок.

Влияние добавок на структурно-механические характеристики суспензий оценивали с использованием методов физико-химической механики дисперсных сред. Значения упругой, эластической и пластической деформации определялись на установке, работающей по принципу параллельно-смещающейся пластины (прибор Д. М. Толстого).

Результаты измерения деформаций суспензий на данной установке позволяют получать семейство реологических кривых в системе деформация (ϵ) - время сдвига (τ) [6]. На основании кривых расчетно-графическим методом определяют значения трех видов деформаций (упругих, эластических и пластических) и рассчитывают модуль упругости E_1 эластичности E_2 , равновесный модуль упругости E и другие структурно-механические константы.

Одним из критериев пригодности дисперсных систем к пластическому формованию является соотношение упругих, эластических и пластических деформаций [7-9]. Учитывая рекомендации авторов работ [10-12] и ориентируясь на структурно-механические характеристики масс, используемых на заводах по производству стеновой керамики, в качестве критерия пригодности формовочных масс к пластическому формованию было принято условие:

$$\epsilon_{уп} = 33,3\% + 30\%; \epsilon_{эл.} = 33,3\% + 30\%; \epsilon_{уп} + \epsilon_{эл} + \epsilon_{пл.} = 100\% \quad (1)$$

где $\epsilon_{уп}$; $\epsilon_{эл.}$; $\epsilon_{пл.}$ – соответственно проценты приведенных упругих, эластических и пластических деформаций, определяемые согласно методике [6].

Результаты и их обсуждение. В целях определения реологических свойств формовочных масс с добавками разного генезиса и морфологии были определены процентные соотношения приведенных деформаций и периоды релаксации (τ , ϵ) составов с различным процентным содержанием модифицирующих добавок (рис. 1).

Раздельное введение в состав суглинистой шихты добавок осадка водоподготовки, механически активированного волластонита и кварцевого песка приводит к незначительному изменению соотношения между тремя видами деформаций, принципиально не изменяя свойства формовочной массы. Следует отметить, что отличительной особенностью таких масс (IV-й и V-й структурно-механические типы) является значительное развитие пластических деформаций, небольшие значения упругой и эластической деформаций, а также периода истинной релаксации. Подобные композиции, весьма пластичны, легко деформируются и проявляют склонность к пластическому разрушению, в частности, к свилеобразованию [10].

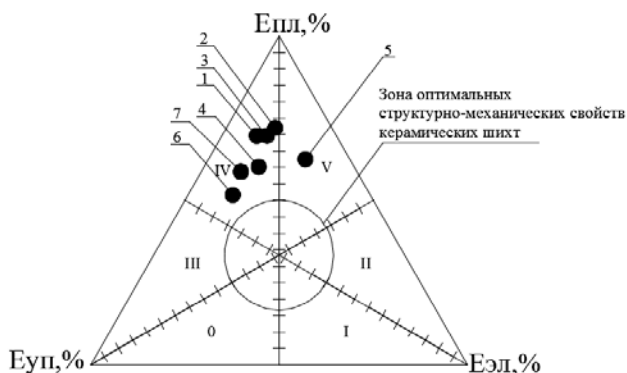


Рис. 1. Тройная диаграмма приведенных деформаций для шихт состава:

№п/п	Состав шихты, %				Структурно-механич. хар-ки			
	суглинок	Добавки			$\epsilon_{уп}, \%$	$\epsilon_{эл}, \%$	$\epsilon_{пл}, \%$	τ, c
		осадок водоподготовки	Волластонит	песок				
1	100	-	-	-	23	9	68	283
2	80	20	-	-	12,7	15,6	71,7	93,4
3	60	40	-	-	10,9	19,6	69,5	131
4	85	-	15	-	14,1	25,4	60,5	305
5	70	-	30	-	31,8	16,1	62,1	336
6	85	-	-	15	37,7	11,5	50,8	728
7	70	-	-	30	31,3	11,5	57,2	420

Характер воздействия осадка водоподготовки, механически активированного волластонита и песка на структурно-механические характеристики суглинистых формовочных масс позволяет заключить, что, хотя модификаторы изменяют соотношение между приведенными деформациями, тем не менее, не обеспечивают соответствие выбранному критерию (1). Таким образом, на следующем этапе работы исследована эффективность управления реологическим поведением формовочных масс на основе суглинка с помощью композиционной добавки, включающей осадок водоподготовки и волластонит.

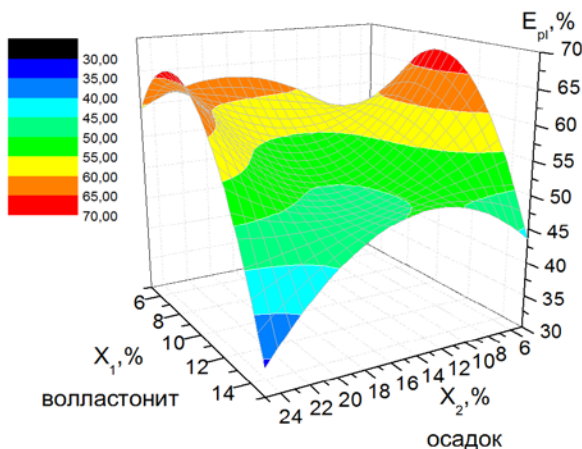
Для изучения совместного влияния массового содержания и соотношения компонентов на структурно-механические свойства формовочной массы использовали математическое планирование эксперимента. Построение матрицы ПФЭ и статистическая обработка полученных данных осуществлялась в соответствии с методикой [13].

Эксперименты проводили в соответствии с ортогональным планом второго порядка ПФЭ 3^2 . В качестве факторов воздействия были приняты: x_1 – содержание волластонита, %; x_2 – содержание осадка, %. За параметр оптимизации приняты значения процента приведенных пластических и упругих деформаций.

На основании экспериментальных данных получены уравнения регрессии и построены поверхности отклика (рис. 2), показывающие экстремальное влияние количества и соотношения между компонентами добавки на реологические характеристики формовочной массы.

Анализ полученных уравнений регрессии (табл.2) и построенных по ним поверхностей отклика (рис. 2) свидетельствует, что совместное введение осадка водоподготовки и волластонита в соотношении 1:1,5-2 приводит к более значительному перераспределению деформаций от пластических к упруго-эластическим, чем при раздельном использовании этих добавок. Подобный подход позволяет получать формовочные массы со значениями деформаций находящимися на диаграмме развития деформаций (рис.3) в оптимальной зоне.

Изменения в деформационном поведении формовочных масс, по-видимому, связаны с образованием, коагуляционной структуры, в которой коллоидные частицы осадка – мелкокристаллического кварца, обволакивают частицы отошающего компонента, обеспечивая связь между частицами посредством молекулярных (ван-дер-ваальсовых) и ионных сил. При этом взаимодействие частиц ограничено либо их непосредственным соприкосновением, либо протекает через слой дисперсионной среды.



а)

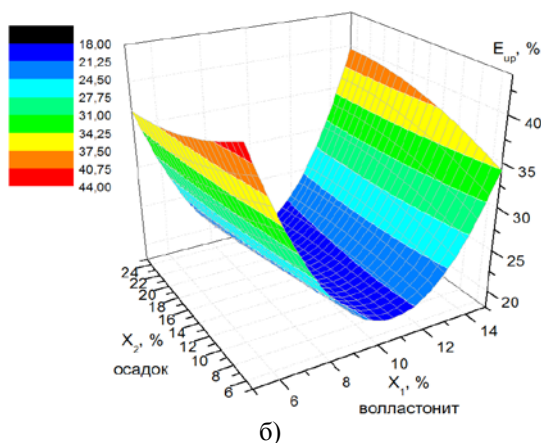


Рис. 2. Влияние соотношения компонентов в добавке на значение приведенных пластических деформаций системы: суглинок – осадок – волластонит: а – процент приведенных пластических деформаций; б – процент приведенных упругих деформаций

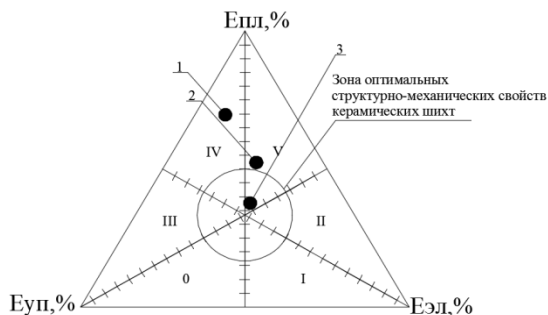


Рис. 3. .Тройная диаграмма приведенных деформаций для шихт оптимального состава: 1.) суглинок 100%; 2.) суглинок 60% + 15% песок + 25% осадок; 3.) суглинок 60% + 15% волластонит + 25% осадок

Мелкокристаллический кварц нельзя рассматривать как отошающий-компонент, так как по своим физическим свойствам (обладает адсорбционной способностью, но не имеет пластичности) он приближается к глине, не обладая ее способностью к формованию [14]. Высокодисперсные частицы кварца при осаждении образуют связь с другими твердыми частицами и между собой, вероятно, за счет пленки геля кремнезема, что является следствием природы его образования, поскольку образование высокодисперсных кварце-

вых частиц в осадке обусловлено сложными механическими, физико-химическими и биологическими процессами, которые претерпевает первоначально имеющийся в речной воде песок. Твердая фаза осадков систематически подвергалась действию воды, а также механическим воздействиям, что позволяет считать воду активным компонентом, вносящим деформационные, структурные и агрегатные изменения в твердую фазу.

Полученные результаты позволили выбрать состав шихты (табл. 2), обеспечивающий развитие всех видов деформаций в процессе пластического формования в соответствие с выбранным критерием (1) оптимальных формовочных свойств (рис.4).

**Таблица 2. Структурно-механические характеристики
для шихт оптимального состава**

Структурно-механические характеристики шихт	Составы опытных масс, %		
	Суглинок 100 %	Шихта с традиционными отощителем (W=17%; осадок-25% песок-15%;)	Шихта с добавками (W=18%; осадок-25%; волластонит-15%)
Нормальная формовочная влажность $W_{\text{ф}}$, %	20,8	17,0	18,0
Модуль быстрой эластической деформации E_1 , Мпа	1,735	8,681	5,927
Модуль медленной эластической деформации E_2 , Мпа	1,935	6,945	6,553
Вязкость $\eta \cdot 10^7$, Па*с	469	355	618
Условный предел текучести $P_{\text{кл}}$, кПа	3,5	3,0	4,7
Период истинной релаксации q , сек	283	257	1042
Быстрая эластическая деформация $E_{\text{уп}}$, %	22,1	21,3	31,6
Медленная эластическая деформация $E_{\text{эл}}$, %	9,3	26,7	34,9
Пластическая деформация $E_{\text{пл}}$, %	68,6	52,0	33,5
Структурно-механический тип	IV	V	V

Следует отметить, что нормальная влажность таких масс, равная 18%, является приемлемым значением с точки зрения технологических требований, так как на производстве для пластического формования в заводских условиях используются массы с влажностью 18-20 % [15].

Выводы

1. С применением математического планирования проведены экспериментальные исследования структурно-механических характеристик формовочных масс на основе низкосортного глинистого сырья и модифицирующих добавок разного генезиса и морфологии.

2. Установлено, что на деформационное поведение формовочных масс можно оказывать эффективное воздействие за счет выбора соотношения, отличающихся генезисом и морфологией частиц, компонентов композиционной добавки. Совместное введение коллоидного раствора (осадок водоочистки) и более крупных частиц отощителя (волластонит) в соотношении между этими компонентами на уровне 1:1,5-2 позволяет существенно снизить долю пластических деформаций и получить массу с оптимальным соотношением всех видов деформаций, и тем самым, улучшить ее формуемость.

3. По результатам экспериментальных исследований выбран состав шихты, включающий наряду с суглинком комплексную добавку из природного волластонита и осадка водоочистки.

4. Подход к управлению структурно-механическими свойствами керамических масс за счет использования добавки, представляющей композицию из компонентов разного генезиса и с разной морфологией частиц, может быть использован не только для изготовления кирпича, но и в производстве керамических блоков сложных геометрических форм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шахов, С.А. Влияние минеральных добавок разного генезиса и морфологии на структурно-механические свойства формовочных масс / С.А. Шахов, Н.Ю. Николаев // Известия вузов: Строительство.– 2016. - №7. – С. 11-22.
2. Петров, В. П. Волластонит /В.П. Петров, Е.Д. Белянкина, М.А. Лицарев. - М.: Наука, 1982.-107 с.
3. Азаров, Г. М.Волластонитовое сырье и области его применения / Г.М. Азаров, Е.В. Майорова, А.В. Беляков // Стекло и керамика. -1995. - № 9. - С. 13-16.
4. Масленникова, Г. К.Керамические материалы на основе волластонита / Г.Н. Масленникова, С.Ж. Жекишева, Т.И. Конешова // Стекло и керамика. - 1995. - № 4. - С. 25-27.

5. Патент №2581588 Российская Федерация, МПК C04/B33/02, Шихта для изготовления керамических изделий / Шахов С. А., Рудая Т. Л.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО СГУПС.

6. Практикум по технологии керамики и огнеупоров / Под ред. Д. Н. Полубояринова и Р. Я. Попильского. // М.: Стройиздат, 1972. - 352 с.

7. Ильин, А. П. Управление структурно-механическими свойствами формовочных масс при получении экструдированных носителей и катализаторов / А. П. Ильин, В. Ю. Прокофьев // Катализ в промышленности. - 2002. - №6. - С. 45-51.

8. Briscoe, B. J. Characterization of Ceramic Pastes by an Indentation Hardness Test / B. J. Briscoe, N. Ozkan // J. European Ceramic Society. 1997. - Vol. 17, 14. - P. 1675-1683.

9. Danforth, S. C. Rheological Behavior of Injection Molding Ceramic-ceramic Composite Formulations/ S. C. Danforth, I. K. Talo, S. Kwark // CIM Bull. 1989. - D2, № 926. - P. 88.

10. Ильин, А. П. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов: Монография / А. П. Ильин, В. Ю. Прокофьев // Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – 2004. - 316 с.

11. Doraiswamy, D. Analysis of the Rheological Behavior of Concentrated Ceramic Suspensions / D. Doraiswamy, I. K. Tsao, S. C. Danforth // Ceram. Mater. and Compon. Engines, 1989. - P. 380-398.

12. Ozkan, N. Rheological analysis of ceramic pastes / N. Ozkan, C. Oysu, B. J. Briscoe, I. Aydin // J. European Ceramic Society. 1999. - Vol. 19, 16. - P.2883-2891.

13. Методология планирования эксперимента: методические указания к лабораторным работам / сост. Т. П. Зальмаи Г. Физико-химические основы керамики / Г. Зальмаи. - М.: Госстройиздат, 1959 - 310 с.

14. Зальмаи Г. Физико-химические основы керамики / Г. Зальмаи. - М.: Госстройиздат, 1959 - 310 с.

15. Круглицкий, Н. Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых материалов / Н. Н. Круглицкий. - Киев: Наукова думка, 1968. - 244 с.

2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И КАЧЕСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ.

Кумачева С.А., Плетнев П.М.
(г.Новосибирск, Россия)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРУНДОВЫХ ПОДЛОЖЕК МЕТОДОМ ПЛЕНОЧНОГО ЛИТЬЯ

Керамические подложки являются базовым элементом гибридно-интегральных схем (ГИС) для изделий СВЧ техники. Материалом для изготовления керамических подложек, в зависимости от требований к техническим характеристикам прибора, может служить алюмооксидная керамика с содержанием основного вещества от 94 до 100 %, бериллиевая керамика, алюмонитридная и другие. Однако массовое производство ГИС ведется с использованием корундовых керамических подложек (Al_2O_3). Подложки из Al_2O_3 имеют высокие физико-технические и электрические характеристики, которые при повышении содержания оксида алюминия до 99,7% достигают своего максимума. Такая керамика по химическому составу должна соответствовать требованиям, представленным в таблице 1, а по физико-механическим и электрическим свойствам, в таблице 2 (по данным, взятым из технических условий на вакуумплотную керамику аЯО.027.002ТУ).

Таблица 1

Вакуумплотная керамика		Химический состав в окислах, весовые %	
Вид	Марка	Al_2O_3	MgO
Корундовая	БК-100-1	99,7	0,3
	БК-100-2	99,7	0,3

Наиболее предпочтительным методом формования керамических подложек для ГИС СВЧ является метод шликерного литья керамических пленок. Приготовление шликера производится путем смешивания его компонентов: керамического порошка; растворителя; диспергатора; пластификатора; связующего.

Таблица 2

Физико-механические и электрические свойства	Марка корундовой керамики	
	ВК-100-1	ВК-100-2
Кажущаяся плотность, г/см ³ , не менее	3,96	3,88
Водопоглощение, %, не более	0,02	0,02
Предел прочности при статическом изгибе, МПа, не менее	2800	3200
Температурный коэффициент линейного расширения, $\times 10^{-7}$, 1/°C в интервале температур, °C: 20±10 — 1000	80±5	80±5
Диэлектрическая проницаемость при частоте 10^9 - 10^{10} Гц и T= 25±10°C, не более	10	10,1
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10^9 - 10^{10} Гц и T= 25±10°C, не более	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Удельное электрическое сопротивление, Ом·см, при T= 100±5°C, не менее	10^{14}	10^{14}

Основным компонентом шликера является **керамический порошок**. Для изготовления подложек из ВК-100 применяют глинозем (Al_2O_3). Большое внимание при выборе глинозема уделяется его характеристикам, таким как гранулометрический состав, содержание основного вещества и примесей, физические свойства и др. Так же важное значение имеет форма частиц глинозема - более равномерную структуру имеют материалы, полученные из сферических частиц, поскольку они образуют плотную упаковку.

В России химический и минералогический состав глинозема неметаллургического назначения регламентируется ГОСТ 30559-98 «Глинозем неметаллургический» (табл.3).

Таблица 3

Марка	Область применения
ГН, ГКИС ГНК, ГЛМК	Производство специальных изделий РЭ, специальных видов керамики и огнеупоров
ГК-1, ГК-2, ГК-3 ГК-4, ГК-5, ГЭФ	Производство электрофарфора, РЭ, специальных видов керамики и огнеупоров
ГЭБ	Производство керамических изделий, шлифовальных и абразивных материалов
ГСК	Катализаторы для производства синтетического каучука
ГСМ	Получение высокоглиноземистых цементов и изделий огнеупорной промышленности

Для получения качественной керамики технический глинозем должен быть предварительно очищен от примесей и обожжен с целью перевода γ - в α -фазу (спековая технология). Из представленных марок только глинозем марки ГН (низкощелочной) при соответствии требованиям ГОСТ 30559-98 может не подвергаться дополнительным обработкам. Глинозем марки ГН выпускается Бокситогорским глиноземным заводом (БГЗ).

На зарубежном рынке в настоящее время представлено большое количество поставщиков и широкий спектр различных марок глинозема, производимого специально для технической керамики. Глиноземная сырьевая база для технической керамики в России во многом уступает зарубежным производителям по качеству и номенклатуре выпускаемого глинозема. В табл.4 и 5 приведен пример разнообразия выпускаемых марок глинозема немецкими фирмами Almatiss и Nabaltec.

Таблица 4 – Характеристики глинозема Almatiss (Германия)

Марка	Содержание Al_2O_3 , %	Удельная поверхность, m^2/g	Средний размер частиц, мкм
Глинозем кальцинированный			
СТ 700	99,7	0,65	>63
СТ 800	99,7	0,7	>63
СТ 19	99,8	0,4	>63
Глинозем низкощелочной			
CL 2500	99,8	0,95	>63
CL 3000	99,8	0,6	>63
CL 5000	99,8	0,3	>63
Глинозем реактивный			
СТ 1200	99,85	1,2	>63
СТ 3000 SG	99,6	7,5	0,5

Таблица 5 – Характеристики глинозема Nabaltec (Германия)

Марка	Al_2O_3 , %	Сод. α -фазы, %	Уд. поверх., m^2/g	d50, мкм	Насып. плот., g/cm^3
Глинозем кальцинированный					
NO-102	99,5	90	6-15	>45	0,9-1,1
NO-103	99,5	90	4-10	45	0,9-1,1
NO-201	99,5	5	75	>45	0,85
Глинозем молотый					
NO-115-25	99,5	98	0,7-1,5	20	0,6-0,8
NO-313	99,6	95	10	2	0,65
Глинозем реактивный					
NO-615-10	99	95-100	1,5-2,5	2,7	0,7-0,9
NO-713-10	99,7	-	5-9	0,9	0,8-1,0

При разработке технологии изготовления керамических подложек ВК-100 проводились работы со следующими глиноземами: ГН, Г-00, Nabalox NO-713-10, Almatiss СТ3000SG, Almatiss СТ3000SG LS, Sasol, Alteo. Наилучшие результаты по качеству полученных образцов достигнуты на глиноземе фирмы Nabaltec (Германия) марки Nabalox NO-713-10.

Вспомогательные ингредиенты шликера, такие как растворитель, пластификатор, связка и диспергатор, позволяют придать форму изделию.

Растворитель для органической фазы требуется только на начальной стадии процесса изготовления листового керамического материала. Растворитель позволяет быстрее смешать компоненты органической фазы, получить органическую фазу нужной вязкости для более полной гомогенизации с порошками керамического наполнителя, придать керамической композиции текучесть. В качестве растворителей могут быть использованы: этанол, толуол, метилэтилкетон, ксилен и др., и их смеси. Остальные компоненты шликера должны быть подобраны таким образом, чтобы они растворялись в сольвенте (растворителе).

Есть множество плюсов в использовании бинарного (двухкомпонентного) растворителя: растворимость компонентов шликера различна в каждом сольвенте; возможность контроля скорости высыхания ленты; возможность контролирования реологических свойств шликера.

Диспергатор выполняет ряд функций: разделение частиц, чтобы связка могла покрыть каждую частицу в отдельности; повышение содержания твердой фазы в суспензии; уменьшение количества растворителя с целью сокращения времени сушки ленты и уменьшения усадки; простота удаления при нагревании. Самым распространенным диспергатором в пленочном литье традиционно считается рыбий жир (menhaden fish oil). Он позволяет связать частицы порошка и органического связующего посредством липофильной и гидрофильной групп, предотвращая их агрегацию.

Связующее служит для получения сырой керамической ленты. Связка образует некую сетку, которая соединяет всю химическую систему вместе на время технологического процесса до обжиговых операций. Также можно сказать, что сырая керамическая лента — это полимерная матрица с большим количеством керамического порошка. Связка придает керамической ленте гибкость, прочность, пластичность, гладкость, твердость. Количество связующего компонента должно находиться в определенных пределах, поскольку это влияет на качество керамики (сырую плотность, наличие пор, прессуемость, температурную кривую удаления связки, геометрические размеры изделия). Выбор связующего компонента зависит от типа выбранного растворителя и керамического материала.

Пластификатор используется для получения гибкой ленты, т.е. сырая пленка может деформироваться без трещин. Это достигается за счет того, что пластификатор окружает молекулы полимера и удерживает их на расстоянии, причём это расстояние может изменяться в определённых пределах. Пластификатор должен соответствовать следующим требованиям: совместимость с полимером связующего; высокая температура кипения и низкое давление пара; высокая эффективность придания пластичности; химическая и термическая стабильность; придание пластичности при низких температурах.

Таким образом, мы перечислили основные компоненты керамического шликера для пленочного литья, указали назначение каждого материала и предъявляемые к ним требования. Так же в работе приведены критерии выбора составляющих шликера, основанные на их совместимости.

Литература:

1. Непочатов Ю.К., Плетнев П.М., Кумачева С.А./ Свойства технических глиноземов различных марок и изготовителей// Строительные материалы – 4 С: международный сборник науч. трудов РАЕН – Новосибирск, 2015.-С.86-94.
2. Richard E. Mistler, Eric R. / Tape Casting: Theory and Practice - 2006

**д.т.н. Иващенко Ю.Г., к.т.н. Павлова И.Л.,
Кочергина М.П.(г.Саратов, Россия)**

КИНЕТИКА ТВЕРДЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СИЛИКАТНАТРИЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования жизнеспособности силикатнатриевых композиций, модифицированных водным раствором ацетата цинка и содержащих в качестве отвердителя – кремнефтористый натрий.

Ключевые слова: жидкое натриевое стекло, кремнефтористый натрий, ацетат цинка, гидроортоосиликат цинка, водостойкость.

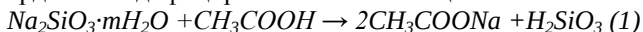
Abstract. This paper presents the results of a study of viability liquid glass compositions modified with an aqueous solution containing zinc acetate as a curing agent - sodium fluorosilicate.

Keywords: water glass, modifier, sodium fluorosilicate ,zinc acetate, zinc hydroorthosilicate and hydrooxyde, water resistance.

Жидкие натриевые стекла, представляющие собой водные щелочные растворы силикатов натрия, нашли достаточно широкое применение в строительном материаловедении (защитные и декоративные покрытия (огнезащитные, антикоррозийные, фасадные и другие краски); композиционные материалы (растворы и бетоны: жаростойкие, кислотостойкие), теплоизоляционные изделия (теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные материалы); инъекционные составы для химического закрепления грунтов и буровые растворы) [1]. Композиционные материалы, как правило, представляют собой полисистемы, составленные из силикатнатриевого связующего (СНС) с включением отвердителя, дисперсных наполнителей и модифицирующих добавок, придающих им заданные функциональные свойства. При этом экспериментально-теоретические исследования в первую очередь направлены на повышение их водостойкости.

Ранее в наших работах был рассмотрен вопрос модификации СНС ацетатом цинка, представляющим собой водорастворимую цинковую соль уксусной кислоты, образованную слабым основанием и слабой кислотой [2-4]. Показано, что наиболее эффективно вводить ацетат цинка в силикатнатриевое связующее (СНС) в виде водного раствора. При этом, для получения однородной смеси и повышения физико-механических характеристик композитов наиболее рациональной является концентрация водного раствора ацетата цинка в пределах 20-28% . Экспериментально установлено, что модифицирование СНС ацетатом цинка в виде водного раствора (в установленных рациональных пределах 2,1-3,6% по массе связующего в пересчете на основное вещество) позволяет повысить водостойкость образцов, подвергнутых тепловой обработке при низкотемпературном режиме ($T=110^{\circ}\text{C}$) на 20-25% относительно контрольного состава (жидкое натриевое стекло с силикатным модулем 2,7; плотностью раствора $1,48 \text{ г/см}^3$, $\text{pH}=11,6$; кремнефтористый натрий – 10% по массе связующего; молотый кварцевый песок с $S_{\text{уд}}=2500-3300 \text{ см}^2/\text{г}$). Повышение водостойкости модифицированных композитов осуществляется за счет полноценного химического взаимодействия реагирующих компонентов, сопровождающегося образованием труднорастворимых в воде соединений вида $\text{Zn}_2\text{SiO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnNa}_2\text{SiO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$.

Для технологических процессов, связанных с получением строительных силикатнатриевых композитов, большое значение имеет жизнеспособность смеси. Учитывая, что водный раствор ацетата цинка как добавка также влияет на процесс отверждения за счет выделения геля кремневой кислоты по схеме (1), задачей настоящего исследования является определить индукционный период твердения модифицированных композиций.



В соответствии с работой [5] контролировать характер твердения системы жидкое стекло - реагент можно с помощью прибора Вика. В данном случае оценивают начало и конец схватывания. Авторы работы отмечают, что этот метод позволяет определять: наличие и величину индукционного периода (длительность его соответствует времени, в течение которого свойства композиции не меняются и игла погружается на всю глубину); наличие объемного твердения (при часто встречающемся поверхностном твердении игла обычно продавливают образующуюся корочку); скорость твердения композиции и скорость нарастания прочности после начала твердения (крутизной кривой), что в целом дает возможность судить об активности отвердителя.

В соответствии с рекомендованным методом исследованы композиции на основе контрольного и модифицированных составов (табл.1). В табл. 2 представлены результаты исследования сроков схватывания модифицированных композиций при температурах 20°C и 30°C .

Результаты исследования показали, что индукционный период твердения силикатнатриевых композиций при $T=20^{\circ}\text{C}$ с увеличением содержания мо-

модификатора до 3,6 % по массе СНС сокращается от 80 мин до 10 мин. Кроме этого наблюдается сокращение времени между началом и концом схватывания. Значительно сокращаются сроки схватывания при повышении температуры твердения модифицированных силикатнатриевых композиций. Так, индукционный период твердения композиций при $T=30^{\circ}\text{C}$ в зависимости от количественного содержания модификатора составляет 6-37 мин. Следует отметить, что в процессе приготовления композиций кремнефтористый натрий вводился непосредственно в СНС, что, по известным данным, может в большей степени увеличивать сроки схватывания композиций.

Таблица 1. Составы исследуемых композиций

Наименование компонентов сырьевой смеси	Соотношение компонентов сырьевой смеси, масс. %				
	1	2	3	4	5
Жидкое натриевое стекло	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
Кремнефтористый натрий	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Тонкомолотый кварцевый наполнитель	ост.	ост.	ост.	ост.	ост.
Дигидрат ацетата цинка (в пересчете на основное вещество)	0	1,5	2,1	3	3,6
Диэлектрическая проницаемость (ϵ) образцов на основе исследуемых композиций, предварительно высушенных при $T=110^{\circ}\text{C}$	$1,236 \cdot 10^3$	$1,234 \cdot 10^3$	$1,462 \cdot 10^3$	$2,145 \cdot 10^3$	$2,323 \cdot 10^4$

Кинетика твердения силикатнатриевых композиций

Составы	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин	Индукционный период твердения, мин	Время между НС и КС, мин
$t=20^{\circ}\text{C}$				
1	80	315	80	235
2	66	290	66	224
3	34	89	44	45
4	18	61	18	43
5	10	49	10	39
$t=30^{\circ}\text{C}$				
1	55	283	55	228
2	37	242	37	205
3	23	63	23	40
4	12	48	12	36
5	6	29	6	23

Из экспериментальных данных видно, что индукционный период твердения значительно сокращается при содержании модификатора в композициях более 1,5% по массе СНС в пересчете на основное вещество (рис.1). При этом выявлено, что для исследуемой системы характерны изменения величины диэлектрической проницаемости, которая линейно возрастает от $1,234 \cdot 10^3$ до $2,323 \cdot 10^4$ с увеличением содержания модификатора в композициях от 1,5% до 3,6% по массе СНС. Значения диэлектрической проницаемости зафиксированы в низкочастотной области (10^{-1} Гц). Данные характерные изменения, могут свидетельствовать о том, что процессы твердения модифицированных силикатнатриевых композиций сопровождаются выделением кремнегеля и, протекают при наличии большего или меньшего количества коллоидных образований в зависимости от соотношения смешиваемых реагентов.

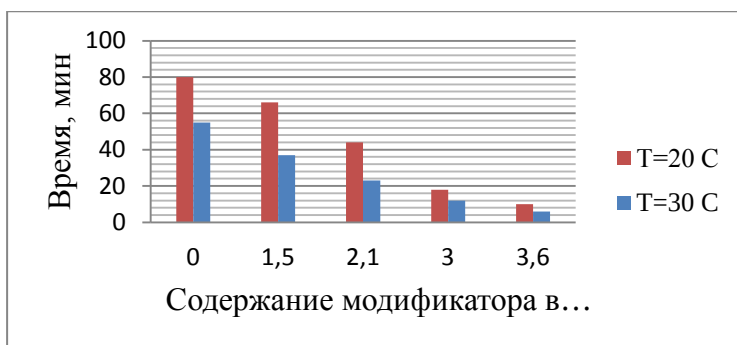


Рис.1. Индукционный период твердения модифицированных силикатнатриевых композиций

Таким образом, установлено, что композиции на основе СНС, модифицированного водным раствором ацетата цинка и содержащие в качестве отвердителя кремнефтористый натрий не обладают достаточной жизнеспособностью (от 34 мин до 6 мин при $T=20-30^{\circ}\text{C}$ в зависимости от количественного содержания модификатора в композиции). Следовательно, в составах на их основе должны быть рекомендованы добавки, способствующие повышению жизнеспособности смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнеев В.И. Производство и применение растворимого стекла. Жидкое стекло. – Л.: Стройиздат, 1991. – 176с.
2. Иващенко Ю.Г., Павлова И.Л., Кочергина М.П. Повышение заданных свойств силикатнатриевых композитов, модифицированных цинкосодержащими органическими соединениями // Национальная ассоциация учёных (НАУ). Ежемесячный научный журнал. - 2015. - №1 (6). - С. 116-118.

3. Ивашенко Ю.Г., Павлова И.Л., Кочергина М.П. Роль цинкосодержащих модифицирующих добавок в формировании структуры силикатнатриевых композиционных материалов // Инженерный вестник Дона. -2015. - №2. - ч.2. - ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3012.

4. Ивашенко Ю.Г., Павлова И.Л., Кочергина М.П. Структурообразование силикатнатриевого связующего, модифицированного водным раствором ацетата цинка // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. - 2016. - Вып. 43(62). - С. 66-77.

5. Борсук П.А. Лясс А.М. Жидкие самотвердеющие смеси — М.: Машиностроение, 1979. — 255 с.

УДК 666.974.4

*В.М.Курдюмова (Бишкек, Кыргызстан)
А.П.Пичугин, А.В.Мазалева, А.Ю.Кудряшов,
К.А.Никитенко, А.В.Пермина (Новосибирск, Россия)*

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

Разработаны принципы защиты и усиления стеновых материалов эксплуатируемых зданий и сооружений путем наружной обработки и пропитки композиционными составами с повышенными адгезионными показателями, что обеспечивает антикоррозионную защиту и надежность функционирования объектов. При этом были решены следующие принципиальные задачи. Изучены свойства стеновых материалов эксплуатируемых зданий и сооружений с обоснованием степени их деструкции и выработаны требований к защитно-пропитывающим композициям. Произведен анализ существующих пленкообразующих композиций с целью определения рационального использования для стен из различных материалов с различной степенью деструктивных процессов. Установлены закономерности влияния вида и количества состава и способов его введения на прочностные показатели каменных и легкобетонных стеновых материалов и их сохранность. Разработаны оптимальные составы, режимы и технология нанесения и введения защитно-пропиточных составов для обеспечения гарантированных показателей прочности эксплуатируемых объектов. Отработана методика определения количественных характеристик качества защиты и усиления стеновых материалов различной степени деструктивного износа с различными видами усиливающих композиций. Разработан технологический регламент производства работ и необходимая нормативно-регламентирующая документация. Осуществлено опытно-производственное внедрение результатов исследований и дана технико-экономическую оценка выполненной работы.

Показано, что повышение прочностных свойств каменных и бетонных материалов, подвергнутых деструктивным процессам в ходе длительной эксплуатации, может быть достигнуто путем пропитки полимерсодержащим композициями защитными составами из композиции, содержащей натриевое жидкое стекло и водную дисперсию поливинилацетата (ПВА). Определены свойства системы: жидкое стекло - ПВА при различной концентрации компонентов. Минимальные значения вязкости и максимальная глубина пропитки строительных материалов соответствует концентрации жидкого стекла 50-60 % по массе. При добавлении воды вязкость системы и время пропитки уменьшаются; при этом возрастает время отверждения композиции и уменьшается её прочность после отверждения. Оптимальный состав композиции соответствует содержанию жидкого стекла и ПВА соответственно 60-80 и 20-40 массовых частей. Введение воды более 40% по массе в состав композиции нецелесообразно. Совместное введение жидкого стекла и ПВА обеспечивает более высокую стойкость пропитанных материалов (кирпич, легкий бетон, газобетон, шлакобетон) к агрессивному действию растворов кислот (H_2SO_4 , HCl), щелочей (KOH), органических соединений (ацетон), чем при введении жидкого стекла и ПВА порознь. Прочность полимерсиликатной композиции со временем твердения возрастает до 7-8 МПа (за 24 часа), а введение в такую композицию компонентов проникающего действия обеспечивает надежное сцепление защитной пленки с массивом стены..

Экономическая оценка разработанных технологических и технических решений осуществлялась с учетом действующих методик Госстроя России (Инструкция СН-50970). В качестве сопоставимых вариантов были приняты стены из различных материалов, представленных в таблице.

Таблица . Расход материалов на 100 м² глухой части стены

Материал стены	Жидкое стекло, кг	ПВА, кг	Вода, л	Суммарная масса рабочего пропиточного состава, кг
Кирпич силикатный	1,85	0,52	0,71	3,07-3,25
Кирпич красный	2,34	0,63	0,86	3,83-4,06
Шлакоблоки Легкий бетон Газобетон	3,12	0,75	1,26	5,13-5,33
Строительный раствор	1,32	0,40	0,54	2,24-2,48

Оценка возможности и эффективности использования нового технологического приема в строительстве, может быть представлена в виде наиболее инте-

ресных конкретных форм применения материалов и сопоставления рациональных вариантов.

Суммарная величина экономического эффекта представляет собой значение общей экономической эффективности выше приведенных направлений и может быть определена по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = A \cdot E_n \cdot K_m (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 \dots + \mathcal{E}_i) + \mathcal{E}_6, \quad (1)$$

где A – годовой объем использования;

E_n – нормальный коэффициент эффективности капиталовложения;

K_m – коэффициент, учитывающий местные условия;

$\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_i$ – единичная эффективность по частному направлению снижения расходов или затрат;

$\mathcal{E}_6$ – кредитная ставка банка.

Приведенные материалы позволяют не только систематизировать процесс оптимального расчета экономической целесообразности, но и с помощью компьютерной программы осуществить выбор рациональной технологии переработки тех или иных отходов или сырьевых материалов в соответствии с реальной потребностью строительно-технологического комплекса.

Порядок расчета годового экономического эффекта, согласно методике Госстроя, осуществляется по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_1 - \mathcal{Z}_{c1}) \cdot \alpha + [\mathcal{E}_3 - (\mathcal{E}_2 - \mathcal{Z}_{c2})] \cdot A_r + \mathcal{E}_6, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ – приведенные затраты на устройство укрепляющей пропитки стеновых материалов с учетом транспортировки до строительной площадки по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

$\mathcal{Z}_{c1}, \mathcal{Z}_{c2}$ – приведенные затраты по устройству навесных фасадов стен зданий по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

α – коэффициент изменения срока службы или улучшения качественных показателей и, как следствие, возможности снижения расхода материала за счет уменьшения анкерных систем на ограждение по сравнению с базовым вариантом. Указанный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$\alpha(Ar) = \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} \quad (3)$$

где P_1, P_2 – доли сметной стоимости конструкции стены в расчете на один год службы по сравниваемым вариантам;

E_n – нормативный коэффициент капиталовложений;

$\mathcal{E}_3$ – экономия в сфере эксплуатации конструкции стен помещения за срок их службы; принимается одинаковой для сравниваемых вариантов;

$\mathcal{E}_6$ – ставка банковского кредита;

A_r – годовой объем производства. Основные технико-экономические показатели, подсчитанные по приведенным формулам, показывают, что затрачиваемые на упрочняющую пропитку средства окупаются через 3-5 лет.

Стоимостные показатели, рассчитанные в действующих ценах 2016 года показывают, что на один анкер затрачивается менее 55 рублей при стоимости самого анкерного крепления от 80 до 150 рублей, а в среднем более 40-80 рублей. Поэтому затраты на создание укрепляющей пропитки можно считать незначительными, т.к. общая стоимость одного квадратного метра навесного фасада, варьирующая от 1000 до 1800 рублей, значительно выше этих затрат, а при наличии четырех анкерных креплений дополнительная сумма на пропитку составит не более 200 рублей на один квадратный метр. Однако получаемая гарантия длительной эксплуатации и отсутствие дефектов, появляющихся в других случаях в течение двух-трех лет, показывают, что данный технологический прием обоснован, рационален и экономически целесообразен. Еще более ощутимый эффект получается при поверхностной защите стен полимерсодержащими составами. Обеспечивающими повышение межремонтного срока службы зданий.

*Козлова В.К., Мануха А.М., Божок Е.В., Рослякова Т.В.
(Барнаул, Россия)*

КАРБОНИЗАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Цементный камень бетонных сооружений подвергается постоянному действию агрессивных факторов окружающей среды и разрушается значительно быстрее, чем природные горные породы. Одним из важнейших факторов, определяющих долговечность бетонных и железобетонных конструкций, является воздействие индустриальной окружающей среды на гидратные образования цементного камня. В первую очередь, это связано с процессами карбонизации продуктов гидратации на внешних и внутренних поверхностях твердеющего камня. В естественных условиях редко встречается коррозия только одного вида, по существу, только углекислотная коррозия может быть таким примером. Во всех других случаях к действию различных агрессивных компонентов среды примешивается действие углекислоты, находящейся в воде или воздухе. Можно считать, что все виды химической коррозии неотделимы от углекислотной, в том числе и сульфатная коррозия. Современными исследователями недооценивается масштабность коррозионных процессов при действии агрессивных компонентов воздушной среды (в первую очередь, углекислоты), хотя в работе [1] показано, что все соединения цементного камня нестабильны по отношению к углекислоте.

Совместное действие факторов физической коррозии (колебания влажности, температуры, радиация и др.), карбонатных и гидрокарбонатных ионов в воздухе может приводить к усадочным явлениям и значительному

снижению прочностных свойств бетонов, не только в процессе службы, но даже при хранении в воздушной среде.

По данным [2] при карбонизации цементного камня происходит дополнительная необратимая усадка под действием ещё недостаточно выясненных причин.

В районах с холодным климатом с внутренней стороны стен отапливаемых зданий карбонизация в 2,5 раза интенсивнее, чем на открытом воздухе. Одной из причин интенсификации процессов карбонизации цементного камня в районах с холодным климатом является значительное увеличение растворимости CO_2 в воде при низких температурах, следствием этого является увеличение концентрации уголекислоты в воздухе.

Главными факторами, влияющими на степень уголекислотного воздействия на цементный камень, являются относительная влажность и температура окружающей среды, пористость затвердевшего камня, состав продуктов гидратации, который, в основном, зависит от минералогического состава клинкера и вещественного состава цемента.

Необходимо учитывать эти факторы при наблюдении за режимами эксплуатации возведенных строительных объектов. В настоящее время для производимых в России портландцементов определяется, в основном, только коррозионная стойкость по отношению к сульфатной агрессии. Отсутствуют стандартизированные методы определения стойкости против уголекислотной коррозии и тем более методы определения стойкости против совместного действия двух и более видов агрессии. Для оценки коррозионной стойкости цементов и бетонов на их основе необходима разработка метода определения карбонизационной стойкости, а также методов испытания, моделирующих условия службы материалов при наличии двух и более, одновременно действующих агрессивных компонентов окружающей среды. Особенно опасно совместное протекание сульфатной и уголекислотной коррозии, так как при этом в цементном камне на основе продуктов гидратации минералов-силикатов может образоваться гидросульфокарбосиликат кальция – минерал таумасит. Он также активно образуется на основе продуктов взаимодействия гидроксида кальция с минеральными добавками, представленными активным кремнеземом (трепел, диатомит, микрокремнезем).

Для определения скорости и степени карбонизации продуктов гидратации цементов различных производителей, использовался метод принудительной карбонизации, предложенный в работе [3]. Для исключения влияния пористости цементного камня на скорость взаимодействия с уголекислотой, пробы для испытаний готовились путем измельчения образцов размером $2 \times 2 \times 2$ см изготовленных из цементного теста и твердевших 28 суток в нормальных условиях. Измельчение осуществлялось до полного прохождения через сито с отверстиями 85 мкм.

Просеянная масса подвергалась действию избыточного давления углекислого газа при стопроцентной относительной влажности. Карбонизатор герметизирован, углекислый газ поступает из баллона, подача углекислоты заканчивается после достижения давления газовой смеси в карбонизаторе 0,4 МПа. Процесс карбонизации цементного камня сопровождается падением давления. Значения на манометре карбонизатора, после которого прекращается падение давления, является исходным для определения количества поглощенного углекислого газа и расчета степени карбонизации гидратированного цемента.

Расчет массы углекислого газа, связанного при искусственной карбонизации, выполняется по преобразованной формуле Менделеева-Клапперона:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{\Delta P \cdot \Delta V \cdot 44}{R \cdot T},$$

где ΔP – разница между начальным и конечным значениями давления на манометре, Па;

ΔV – разница между полным внутренним объемом карбонизатора и суммой объемов залитой воды, исследуемой пробы и мерного цилиндра, в котором она помещена, м³;

44 – молярная масса углекислого газа, г/моль;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К ;

T – температура, при которой проводилось исследование, К.

Определение карбонизационной стойкости выполнено для четырех проб цементного камня, полученных при твердении в нормальных условиях в течение 28 суток цементных тест, изготовленных из бездобавочных портланд-цементов ЦЕМ I-42,5 на основе клинкеров четырех цементных заводов: Ангарского, Голухинского, Искитимского, Топкинского. Добавка гипса во всех цементах составляла 5 %. Модульные характеристики и расчетный фазовый состав клинкеров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав клинкеров различных заводов

№ п/п	Клинкеры	п	р	КН	Фазовый состав, %				
					C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaO _{своб.}
1	Ангарский	2,24	1,39	0,87	48	23	8,0	12,0	0,46
2	Голухинский	2,21	1,25	0,90	57	18	7,0	13,0	0,50
3	Искитимский	2,05	1,20	0,91	59	16	7,3	14,0	0,15
4	Топкинский	2,25	1,33	0,92	61	14,5	7,4	12,3	0,52

Кинетика процессов карбонизации гидратированных цементов показана на рисунке 1.

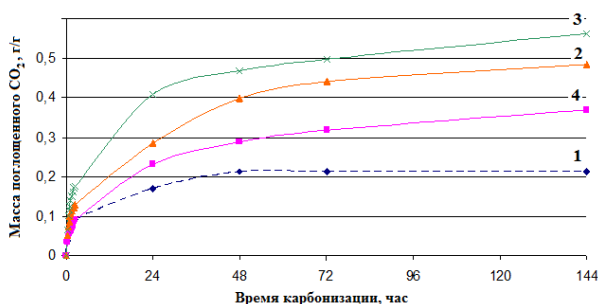


Рисунок 1 – Кинетика карбонизации цементного камня

Показано изменение количества углекислого газа в граммах, связанного в процессе карбонизации продуктами гидратации одного грамма клинкера.

Степень карбонизации цементного камня определялась как отношение количества углекислого газа, связанного в процессе карбонизации, к тому количеству CO₂, которое теоретически может быть связано при полном превращении в CaCO₃ всего способного карбонизироваться оксида и гидроксида кальция в составе цементного камня.

На начальном этапе процесс карбонизации протекает очень активно, уже в первые 2,5 часа количество связанного CO₂ составляет от 80 до 150 мг CO₂/г клинкера. За 144 часа (6 суток) связывается от 200 до 550 мг CO₂/г клинкера. При этом степень карбонизации составляет от 55 до 75 %, в составе цементного камня после карбонизации совсем отсутствуют свободный гидроксид кальция. Следует отметить, что при хранении подготовленных растёртых проб цементного камня в течение месяца без защиты от воздействия CO₂ воздуха достигается степень карбонизации 17-20 %, значит в таком цементном камне уже через месяц около 20 % содержащегося в нем кальция находится в карбонатсодержащих фазах. Такими фазами могут быть гидрокарбонат кальция Ca(HCO₃)₂, постепенно превращающийся в карбонат CaCO₃, гидрокарбосиликаты кальция состава mCaO·SiO₂·Ca(HCO₃)₂·nH₂O, гидрокарбонат кальция – минерал дефернит Ca(OH)₂·CaCO₃·nH₂O, гидрокарбонаталюминат кальция 3CaO·Al₂O₃·CaCO₃·nH₂O. В качестве одного из продуктов карбонизации возможно также образование минерала таумасита.

Ранее выполненное изучение устойчивости продуктов гидратации смешанных вяжущих веществ под действием углекислого газа [4] показало, что процесс карбонизации гидратных фаз протекает значительно активнее в присутствии добавок гипса, хлористого кальция, нитрата кальция и других. Введение в состав бетонных смесей химических добавок различного функционального действия, содержащих такие соли, приводит к значительному ускорению углекислотной коррозии цементного камня в составе бетона. Добавки, содержащие карбонатные анионы, способствуют снижению масштабов углекислотной коррозии.

Всё вышесказанное свидетельствует о необходимости разработки целого комплекса мер, способных повышать коррозионную стойкость бетонов, изготавливаемых с использованием портландцементов. К таким мерам может быть отнесено использование комплексных модифицирующих добавок, способных повышать стойкость бетонов к наиболее распространенным видам коррозии. Такие добавки могут использоваться либо как составная часть коррозионностойких композиционных портландцементов, изготавливаемых на основе клинкеров рядового минералогического состава, либо вводиться в состав бетонных смесей.

Для всех изготавливаемых портландцементов, а также для смешанных вяжущих веществ следует рекомендовать испытание на стойкость против углекислотной коррозии, в том числе и в сочетании с другими видами химической коррозии.

Литература

1. Бабушкин В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1968. – 186 с.
2. Теория цемента / Под ред. А.А. Пашенко. – К.: Будівельник, 1991. – 162 с.
3. Козлова В.К. Использование зол тепловых электростанций в производстве строительных материалов. – Барнаул: Алтайское книжное издательство, 1975. – 144 с.
4. Козлова В.К., Карпова Ю.В. О составе продуктов гидротермального синтеза и их устойчивости при действии углекислого газа // Материалы международной научно-технической конференции. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 1997. – Ч.1. – С. 37.

Плетнев П.М., Тюлькин Д.С.
(Новосибирск, Россия)

ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫЙ ЦЕМЕНТ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КОРУНДОВЫХ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Способность бетонных смесей принимать заданную форму при уплотнении открывает технологическую возможность получения монолитных изделий сложной конфигурации на основе огнеупорных тиксотропных смесей, формирование которых другими методами затруднительно, а порой в принципе невозможно.

Поскольку для обеспечения повышенной стойкости к высокотемпературным деформациям огнеупорного материала необходимо использовать в качестве наполнителя электроплавленные формы корунда или муллита, со-

став керамической связки должен по физико-химической природе быть близок к наполнителю. Выполнение данного условия возможно при использовании в качестве компонент керамической связки высокоглиноземистого цемента (ВГЦ).

Марки и свойства глиноземистого и высокоглиноземистого цемента нормируются ГОСТ 969-91 «Цементы глиноземистые и высокоглиноземистые». Химический состав глиноземистого и высокоглиноземистого цемента представлен оксидами кальция и алюминия, соотношения между которыми могут колебаться в значительных соотношениях: $\text{Al}_2\text{O}_3 - 35 \div 80$; $\text{CaO} - 20 \div 65$ мас.%. В качестве постоянных примесей присутствуют SiO_2 , Fe_2O_3 , SO_3 , MgO , TiO_2 , при этом их количество в составе может находиться на уровне 0,5–3,0 мас.% в зависимости от марки цемента.

Согласно ГОСТ 969-91 выделяются 4 марки цемента по содержанию в составе Al_2O_3 и CaO . При содержании оксида алюминия более 60 мас.% цемент называют высокоглиноземистым (ВГЦ) и делят на марки ВГЦ-I, ВГЦ-II, ВГЦ-III с количеством Al_2O_3 соответственно 60, 70, 80 мас.%.

Наряду с основным минералом C_2A и C_2A_2 в клинкере могут присутствовать и другие алюминаты, например C_{12}A_7 , а также алюмосиликаты кальция – геленит ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$).

Наличие в настоящее время высокоглиноземистых цемента разных марок с высоким содержанием Al_2O_3 и с минимальным количеством примесей дает основу для создания огнеупоров с рабочими температурами более 1600°C . Среди поставщиков высокоглиноземистого цемента с огнеупорностью более 1600°C и содержанием $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 70$ мас.% заслуживает внимание цементы марки Secar фирмы Kerneos (Франция).

Для проектирования огнеупорных тиксотропных смесей анализировалась диаграмма состояния $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$, а именно высокоглиноземистый ее участок (рис. 1) с содержанием Al_2O_3 более 75 мас.%. По данной диаграмме рассчитаны кривые плавкости для двух соотношений $\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3$, как 15 : 85 и 5 : 95 мас.% (рис. 2).

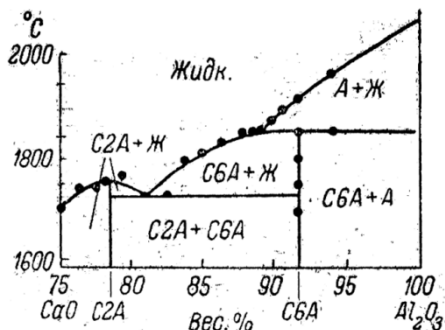


Рисунок 1 – Богатый глиноземом участок системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ (по Филоненко) [1]

Как видно из сравнения кривых плавкости, отличие в 10 % по содержанию CaO в смеси с Al_2O_3 является значительным. В соотношении $\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3$ 15 : 85 расплав появляется при температурах 1725°C и содержание расплава быстро нарастает, достигая полного расплавления при 1800°C . Уменьшение содержания CaO в смеси до 5 мас.% приводит к тому, что расплав появляется при температурах 1850°C и полное расплавление происходит при температурах на 200°C больше, чем в первом случае.

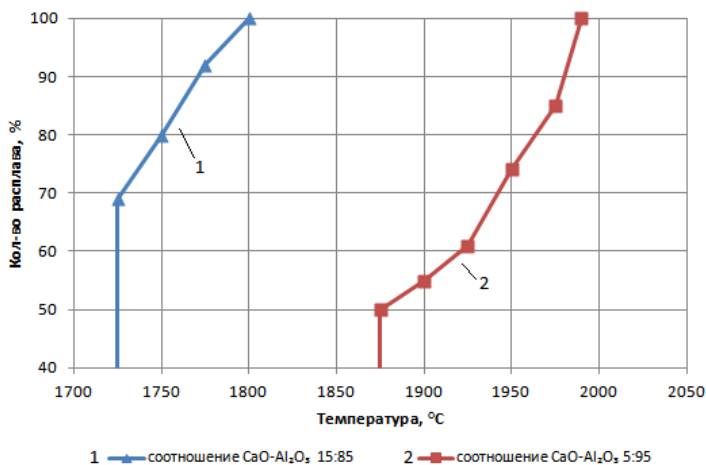


Рисунок 2 – Кривая плавкости для составов с соотношением $\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3$ 15 : 85 и 5 : 95

Таким образом, анализ диаграммы состояния системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ показывает, что для получения материала с огнеупорностью более 1700°C соотношение оксидов $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{CaO}$ должно быть не менее, как 3:1. Повышение стойкости к высокотемпературным деформациям огнеупорного материала с использованием ВГЦ определяется соотношением $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{CaO}$ и присутствием примесных оксидов. Увеличение содержания Al_2O_3 в составе высокоглиноземистого цемента способствует повышению рабочей температуры огнеупорных материалов.

Поскольку использование кальцийсодержащих соединений в разрабатываемом составе огнеупора связано с приданием реологических свойств огнеупорной шихте при затворении водой, необходимо учитывать, что гидравлически активные соединения $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, содержащиеся в глиноземистых цементах, могут образовывать жидкую фазу при температурах $\geq 1600^\circ\text{C}$, а это нежелательно с точки зрения повышения стойкости к высокотемпературным деформациям.

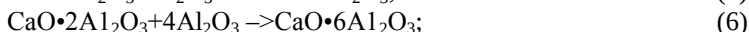
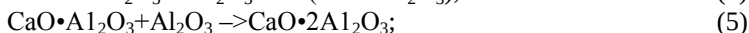
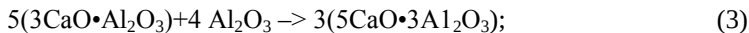
Ограничение содержания или полное исключение жидкой фазы, которая может образовываться при высоких температурах из соединений $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ и

$\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, входящих в состав высокоглиноземистого цемента, могут быть осуществлены за счет введения дополнительной алюмооксидной составляющей в виде глинозема и синтеза высокотемпературного соединения $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$).

При этом предусматривалось, что в процессе затворения водой и твердения смеси при нормальных условиях (до $+25^\circ\text{C}$) взаимодействие указанных соединений с водой может происходить по следующим схемам с образованием устойчивых кристаллических форм гидроалюминатов кальция и гидроксидов алюминия в виде гелевидных масс [2-4]:



При последующем нагреве (обжиг огнеупорных изделий) образующиеся в процессе твердения смеси гидроалюминаты кальция и гидраты алюминия (гипсбсит) после дегидратации выступают в виде высокоактивных компонентов ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и аморфного оксида алюминия), которые при наличии избыточного оксида алюминия в виде глинозема, образуют высокотемпературную керамическую связку, претерпевая следующие процессы фазообразования:



Образуемый после твердения смеси гидрат алюминия при нагреве разлагается до оксида алюминия и наряду с $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ участвует в реакциях 3, 4, 5, 6.

На рис. 3 представлена термограмма огнеупорной смеси, состоящей из ВГЦ марки Sesar-80 и тонкомолотого глинозема марки ГН (в соотношении 1:1,86). Соотношение тонкомолотого глинозема ГН и ВГЦ отвечало содержанию Al_2O_3 :CaO как 93:7 с учетом того, что в состав ВГЦ входит 80 мас.% Al_2O_3 и 20 мас.% CaO.

Как следует из данных кривых ДСК и ТГ, в процессе нагрева смесей проявляются пять эндозффекта с максимумами при температурах: 93,3; 270; 290; 430 и $746,8^\circ\text{C}$.

Надо полагать, что эти эфффекты связаны как с удалением адсорбированной воды (первый эндозффект), так и с дегидратационными процессами образовавшихся гидратов алюминатов кальция на стадии затворения смесей. Следует отметить, что удаление конституционной воды из соединений твердения смеси (ВГЦ и тонкомолотого глинозема) происходит в широком интервале температур от 270 до 747°C . При этом скорость потери массы во всем интервале температур от 20 до 757°C различна. При дальнейшем нагреве смесей

вплоть до 1600 °С никаких изменений массы не регистрируется и на кривой ДСК эффекты не проявляются. Полученные данные важны при оптимизации режимов обжига огнеупоров с применением ВГЦ. В интервале 20–800 °С нагрев необходимо осуществлять ступенчато для обеспечения лучших условий происходящих процессов и исключения технологических браков продукции.

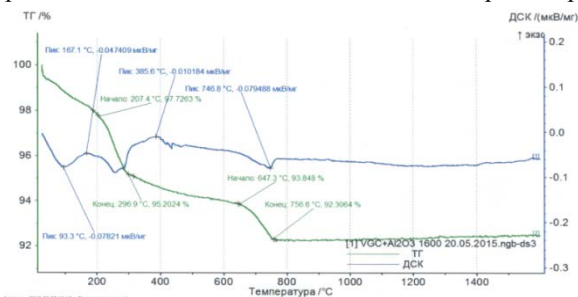


Рисунок 3 – Термограмма смеси высокоглиноземистого цемента и глинозема марки ГН

Для выявления образующихся после обжига соединений в керамической связке был проведен рентгенофазовый анализ смеси глинозема и ВГЦ с содержанием Al_2O_3 не менее 92,0 мас.% после термообработки при 1650 °С с выдержкой 1,5 часа.

Данные рентгенограммы (рис. 4) показывают, что полученный продукт является двухфазным. Основной фазой полученного продукта является соединение $CaO \cdot 6Al_2O_3$, второй фазой – $\alpha-Al_2O_3$.

Таким образом, выбранный состав керамической связки, обладающий гидравлическими свойствами при комнатной температуре, при высокотемпературной обработке переходит в высокотемпературное алюмокальциевое соединение – β -глинозем, которое выступает в качестве связующего при спекании корундового огнеупорного материала.

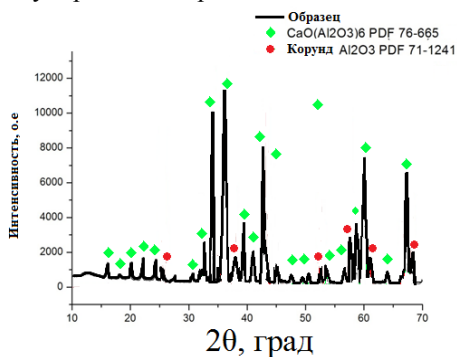
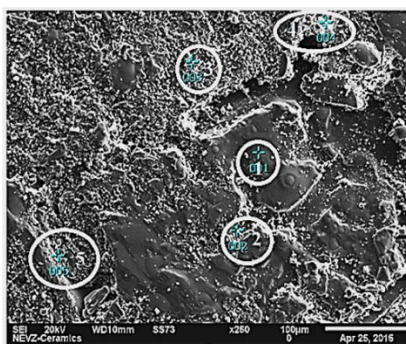


Рисунок 4 – Рентгенограмма смеси высокоглиноземистого цемента и глинозема марки ГН после термообработки при 1650 °С

Для изготовления огнеупорных смесей на основе разработанной керамической связки в качестве наполнителя использовался плавный электрокорунд с размером зерен от 0 до 3 мм Юргинского абразивного завода.

После перемешивания компонентов, их затворения, формования, сушки и обжига при температуре 1650 °С, с помощью сканирующей электронной микроскопии выполнялась оценка структуры огнеупора и определялся элементный анализ различных его участков (рис. 5).

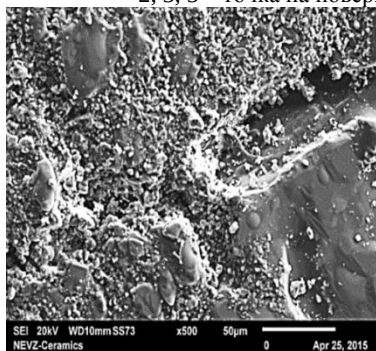
Наблюдалась следующая картина: кристаллы корунда плотно окружены мелкозернистым (преимущественно 1–5 мкм) цементирующим веществом; мелкие зерна сплавлены и образуют агрегаты, которые припаяны к зернам корунда; плотноупакованная структура черепка характеризуется равномерно распределенной мелкой пористостью.



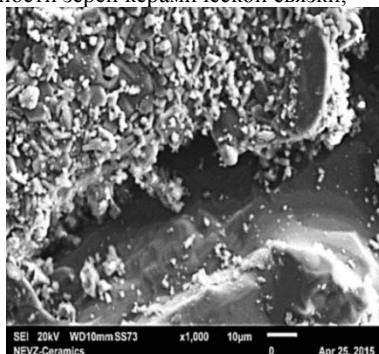
x250

1 – точка на поверхности зерна наполнителя;

2, 3, 5 – точка на поверхности зерен керамической связки;



б) x500



в) x1000

Рисунок 5 – Микроструктура огнеупора при увеличении:

а) x 250; б) x 500; в) x 1000

Надо полагать, что такой характер микроструктуры огнеупора должен обеспечить высокий уровень сопротивления распространению трещин и стойкость к высокотемпературным деформациям при эксплуатации.

Анализ элементного состава различных фрагментов структуры подтверждает, что армирующий каркас черепка представлен корундом (точка 1), а цементирующее вещество наряду с Al_2O_3 содержит оксид кальция (точки 2–5). При этом оксид кальция обнаруживается практически во всех точках вещества, что подтверждает образование $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$, как основной фазы керамической связки.

Практическое апробирование технологии получения изделий сложной конфигурации методом вибролитья осуществлено при изготовлении изделий-капселей (рис. 6.а), используемых для обжига керамических порошков и корундовых изделий при температурах 1650-1700 °С (рис. 6.б). Изготовленная методом вибролитья партия капсул выдержала без разрушения более 40 теплосмен.



а)



б)

Рисунок 6 – Капселя размером 255 x 200 x 165 мм (а); этажерка из капсул, используемая при обжиге алюмооксидных керамических изделий в печи туннельного типа (б)

Для определения огнеупорных свойств образцы из разработанных составов испытывались в аккредитованной лаборатории огнеупоров Тагильского огнеупорного завода по ГОСТ 4070-2000. В ходе испытаний не зафиксировано деформационных явлений образцов при максимальной температуре 1700 °С, огнеупорность состава составила более 1770°С.

Таким образом, исследования показали, что метод вибролитья с применением в составе огнеупоров ВГЦ марки Secar-80 позволяет изготавливать крупногабаритные огнеупорные изделия сложной конфигурации, которые способны выдерживать механические нагрузки на изгиб при температуре 1650-1700 °С. Достигнутый эффект связан с переводом соединений $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, обеспечивающих реологические характеристики составу при формовании, в более высокотемпературное соединение – $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$) в процессе обжига огнеупорного изделия.

Библиографический список

1. Торопов, Н. Н. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. – Ленинград, 1969. – 822 с.
2. Сулименко, Л. М. Основы технологии вяжущих материалов / Л. М. Сулименко, В. Г. Савельев, И. Н. Тихомирова. – М.: РХТУ, 2001. – 167 с.
3. Волженский, А. В. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства) / А.В. Волженский, Ю. С. Буров, В. С. Колокольников. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
4. Кашеев, И. Д. Формирование структуры неформованных огнеупоров / И. Д. Кашеев, Б. В. Рожков, Ю. Е. Пивинский // Новые огнеупоры. – 2002. – № 6. – С. 19–24.

***Шайбакова В.И., Шарипов Б.Ф., Бурнашев А.И.,
Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хозин В.Г.
(Казань, Россия)***

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Аннотация

В работе рассмотрены результаты наполнения поливинилхлоридных композиций отходами производства древесно-волоконистых плит. Показано, что механические свойства и водостойкость древесно-полимерных композитов выше по сравнению применения древесного волокна.

Ключевые слова: поливинилхлорид, древесная мука, волоконистый наполнитель

Abstract:

The paper discusses the results of filling the production of polyvinyl chloride compositions waste fiberboard. It is shown that the mechanical properties and water resistance of wood-polymer composites use higher than wood fiber.

Keywords: polyvinyl chloride, wood flour, fibrous filler

В последнее время особое внимание уделяется разработке строительных материалов на основе дешёвых отходов растительного происхождения и экологически чистых связующих веществ или без них. В связи с ужесточением экологических требований применение древесно-стружечных плит (ДСП), содержащих в своём составе токсичные связующие, ограничено. Эту нишу успешно занимают древесно-полимерные композиты (ДПК) на основе экологически чистых продуктов, таких как древесная мука, где в качестве связующих применяют термопласты (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и их сополимеры).

Чаще всего промышленные композиты содержат в качестве наполнителя древесную муку в виде тонкоизмельченной молотой древесины. Также, при создании ДПК могут быть использованы различные отходы лесопильных и

деревообрабатывающих производств, целлюлозосодержащие отходы сельскохозяйственного производства.

При всех технологических сложностях переработки поливинилхлорида (ПВХ) он является одним из самых востребованных полимеров, и во многих сферах применения его нельзя заменить другими термопластами, более удобными и менее проблемными в переработке.

Ранее на кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций проводились исследования по увеличению степени наполнения древесно-полимерных композитов на основе ПВХ и древесной муки с использованием эффективных связующих агентов [1-3].

В данной работе в качестве древесного наполнителя использованы отходы производства мягких древесно-волоконистых плит, не содержащих в составе токсичных связующих веществ. Рассмотрены волокнистые отходы разной степени дисперсности. Для сравнения в композициях использована древесная мука марки 180 (ГОСТ 16361-87) с насыпной плотностью 140 кг/м^3 . Аспектное отношение равно 10. Рассмотренные в работе волокнистые отходы имеют аспектное отношение 100, а насыпную плотность почти на порядок меньше $12-13 \text{ кг/м}^3$.

В качестве исходных компонентов полимерной композиции были использованы: - суспензионный ПВХ марки С-7058-100 мас.ч.; - древесный наполнитель в количестве – 70, 110, 150 мас.ч.; - модификатор ударной прочности – 7 мас. ч.; - стабилизатор – 5 мас.ч.; - стабилизатор-смазка – 3 мас.ч..

На данном этапе работы были рассмотрены композиции, не содержащие связующий агент между полимером и древесным наполнителем, для оценки эффективности предлагаемых отходов древесно-волоконистых плит в сравнении с товарной древесной мукой.

Пленочные образцы готовились методом термопластизации на лабораторных вальцах при температуре $160-180^\circ\text{C}$ в течение 5-6 минут, в зависимости от содержания древесной муки. Вальцевание проводилось при толщине зазора между вальками 8-13 мкм. Оценивались наиболее значимые эксплуатационные показатели: прочность при растяжении и водопоглощение образцов, показатель которого критичен к содержанию древесного наполнителя. Сравнительные данные представлены в табл.

Из представленных в табл. данных видно, что введение древесного наполнителя в полимерную композицию без связующего агента закономерно ведет к снижению прочности и повышению водопоглощения. По сравнению с древесной мукой введение волокнистых древесных отходов является более эффективным, т.к. наблюдается меньшая степень падения прочности. В случае композиций, содержащих древесную муку, наполнение ими в количестве более 70 мас.ч. вообще нереализуемо, т.к. не дает возможность образования монолитной структуры.

Показатели свойств древесно-наполненных ПВХ-композитов

Таблица

Показатель	Содержание древесной муки, мас.ч. на 100 мас.ч. ПВХ				Содержание древесных отходов, мас.ч. на 100 мас.ч. ПВХ			
	0	70	110	150	0	70	11	150
Прочность при растяжении, МПа	32	17	-	-	32	26	24	23
Водопоглощение, % за 24 часа	0,4	5	-	-	0,4	1,7	2,5	3,2

При наполнении полимеров короткими волокнами (можно считать дисперсными частицами) формируются композиты с более высоким уровнем свойств в случае использования волокон длиной в 10–100 раз большей, чем критическая длина волокон. В этом случае реализуется в некоторой степени механизм перераспределения напряжений в композите. Кроме того, очевидно, что в случае использования волокнистых отходов, у которых длина волокон в 10 раз выше, чем у частиц древесной муки, в процессе переработки возможна и частичная ориентация волокон по направлению вальцевания. Большая степень монолитизации структуры композита обуславливает и более низкие значения водопоглощения при применении древесных отходов.

Для достижения высоких прочностных показателей древесно-наполненных композиций с волокнистыми древесными отходами необходимо в составе композиций использовать эффективные связующие агенты.

Литература:

1. А.И.Бурнашев, Л.А.Абдрахманова, Р.К.Низамов, В.Г.Хозин, И.В.Колесникова, Ф.Х.Фахрутдинова Наномодифицированная древесная мука – эффективный наполнитель поливинилхлоридных композиций //Строительные материалы. – 2011. – №9. – С.72-74.
2. Абдрахманова Л.А., Бурнашев А.И., Низамов Р.К.,Хозин В.Г. Наномодификация древесной муки кремнезольями /Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве», 2012, №3, С.56-67.
3. Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Бурнашев А.И., Хозин В.Г. Проблемы производства и перспективы применения ПВХ древесно-полимерных композитов в строительстве // Строительные материалы, 2015, №5, с.14-16.

*А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков,
А.С.Денисов, И.В.Белан, М.А.Пичугин
(Новосибирск, Россия)*

ЭФФЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И МЕСТНОГО СЫРЬЯ

Аннотация

Приведена последовательность технологических операций по производству сухих строительных смесей с добавками направленного действия, которая включает в себя ряд дополнительных переделов в зависимости от назначения растворяемых смесей и рецептур. , Выполнены технико-экономические расчеты работы предприятий по выпуску сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия, показавшие высокую эффективность внедрения данных составов.

Для опытно-производственного внедрения сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия была разработана принципиальная технологическая схема производства с подбором необходимого дополнительного стандартного и нестандартного оборудования. Технологическая линия предусматривала адаптацию данной технологии на действующем Бердском заводе комбината строительных материалов, в т.ч. и сухих строительных смесей. В качестве детальной доработки действующей технологии был модернизирован дополнительный узел подготовки и загрузки минеральных добавок, оборудованный грохотом и набором сит для получения требуемой дисперсности вводимых минеральных порошков.

Последовательность технологических операций включает в себя следующие переделы в зависимости от назначения растворяемых смесей и рецептур. Изготовление осуществляется в условиях производства с использованием стандартного и нестандартного оборудования, располагаемого на бетонорастворных узлах заводов железобетонных изделий. Технология производства сухих смесей складывается из следующих технологических операций; поступающий с карьера песок или гравийно-песчаная смесь подвергается тепловой обработке в сушильных агрегатах, где их влажность доводят до 0,5%, затем производят рассев на ситах до нужных фракций. Просеянный песок после дозирования направляется в смеситель принудительного действия и другие компоненты в небольшом количестве.

Технико-экономическая оценка производства и применения сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия осуществлялось на примере применения строительных растворов при устройстве газобетонных стен жилых зданий. При этом использовались сухие строи-

тельные смеси, изготовленных на Бердском заводе – комбинате стройиндустрии (Новосибирской области) и на объектах жилищного назначения. Оценка производилась с учетом эффективности работ и производства, коэффициента использования, плотности полученных строительных растворов и их теплопроводности, а также других качественных показателей. Кроме того, при экономическом обосновании учитывались сопутствующие производству взаимосвязанные факторы:

- физико-механические и эксплуатационные свойства материалов (прочность, плотность, теплофизические характеристики, долговечность и др.) и показатели сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия;

- условия транспортировки сырья и сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия к месту производства работ и уровень затрат на их доставку по сравнению с традиционно применяемыми материалами и изделиями;

- природные и климатические особенности района строительства и характер применения в зданиях и помещениях;

- уровень технической и организационной оснащенности строительного производства, проектного комплекса, эксплуатации объектов и др.

Экономическая оценка преимуществ использования сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия осуществлялось на примере применения газобетонных блоков в сравнении с аналогичными стенами, возведенными на обычных строительных растворах, путем сравнения экономической эффективности сопоставимых вариантов по комплексным текущим и капитальным затратам на разработку, транспортировку, производство и применение их в строительстве. При этом использовалась следующая формула для вычисления приведенных затрат [1].

$$П = \mu [C + E_M (K_{\Pi} + \Sigma K_c)] + \frac{\mathcal{E}}{E'_M} \cdot \beta, \quad (1)$$

где С – себестоимость;

K_{Π} и K_c – соответственно прямые и сопряженные удельные, капитальные вложения;

E_M – нормативный коэффициент эффективности;

E'_M – коэффициент приведения единовременных затрат;

$\mathcal{E}$ – среднегодовые эксплуатационные затраты;

μ – коэффициент, учитывающий сроки службы конструкций;

β – процентная ставка банковского кредита.

Приведенные затраты определялись в расчете на единицу конечной продукции с учетом особенностей применения новых сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия:

- по цене получаемой продукции и затратам на доставку на единицу выпускаемой легкобетонной продукции;
- по степени возможного использования сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия на 1 м² ограждающей конструкции при сопоставимых климатических условиях районов строительства;
- по эксплуатационным показателям в расчете на единицу измерения сопоставляемых вариантов;
- в расчете на 1 м² жилой площади.

Экономическая оценка разработанных технологических решений осуществлялась с учетом действующих методик Госстроя России (Инструкция СН 50970). Исходные материалы, необходимые для выполнения 1м² глухой части стены, принимались аналогичными.

Порядок расчета годового экономического эффекта, согласно методике Госстроя, осуществлялся по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_1 - 3_{C1}) \cdot \alpha + [\mathcal{E}_2 - (\mathcal{E}_2 - 3_{C2})] \cdot A_{\Gamma}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_1$, $\mathcal{E}_2$ – приведенные затраты на заводское изготовление сухих смесей с учетом транспортировки до строительной площадки по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

3_{C1} , 3_{C2} – приведенные затраты по устройству стен зданий по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

α – коэффициент изменения качественных показателей и возможности снижения расхода составляющих за счет их замены по сравнению с базовым вариантом.

Указанный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$\alpha(A_{\Gamma}) = \frac{P_1 + E_{\text{Н}}}{P_2 + E_{\text{Н}}}, \quad (3)$$

где P_1 , P_2 – доли сметной стоимости конструкции стены в расчете на один год службы по сравниваемым вариантам;

$E_{\text{Н}}$ – нормативный коэффициент капиталовложений;

$\mathcal{E}_2$ – экономия в сфере эксплуатационных затрат конструкций стен помещения за срок их службы, принимается одинаковой для сравнительных вариантов;

A_{Γ} – годовой объем производства.

Основные технико-экономические показатели приведены в таблице.

При подсчете технико-экономических показателей были приняты сухие строительные смеси с комплексными добавками направленного действия различных рецептур. В качестве эталона был принят контрольный состав строительного раствора марки 100, как имеющего средние параметры свойств и расходов составляющих компонентов.

Экономическая оценка осуществлялась путем сравнения экономической эффективности сопоставимых вариантов по комплексным текущим и капитальным затратам на разработку, транспортировку, производство и применение сухих растворных смесей в строительстве. При этом использовались следующие формулы для вычисления приведенных затрат, указанные выше. Кроме того, принимались во внимание физико-технические и эксплуатационные показатели разработанных составов по сравнению с аналогами.

Таблица. Техничко-экономические показатели различных вариантов сухих строительных смесей на 1 м³ растворной композиции

Вид сухой смеси (раствора)	Масса, кг/%	Коэффициента линейного <u>расширения</u> Коэффициент теплопроводности	Трещиностойкость/ усадка, МПа мм/м	Стоимость, руб.
Контрольный стандартный состав Мр 100	<u>1430-1480</u> 100	<u>$1,1-1,4 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$</u> 0,88-1,3	<u>2,3-3,4</u> 0,55-0,65	<u>3800-4200</u> 100
Состав № 1 Марка Мр 150	<u>1200-1400</u> 90	<u>$0,9-1,2 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$</u> 0,65-0,78	<u>3,8-5,9</u> 0,35-0,45	<u>3650-4300</u> 95-100
Состав № 2 Марка Мр 100	<u>1000-1200</u> 75	<u>$0,7-1,0 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$</u> 0,42-0,56	<u>4,6-6,1</u> 0,30-0,40	<u>3500-4250</u> 90-100
Состав № 3 Марка Мр 50	<u>800-1000</u> 62	<u>$0,6-0,8 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$</u> 0,31-0,48	<u>4,9-6,7</u> 0,25-0,35	<u>3200-4100</u> 80-95

Учитывая небольшую разницу в цене на выпускаемую продукцию по предлагаемым вариантам, получаемый экономический эффект может быть достигнут по двум направлениям. Снижение расхода минерального вяжущего (цемента) на 10-15% за счет того, что прочность затвердевшего строительного раствора на изгиб гораздо выше аналога. Кроме того, данные составы обладают высокой адгезионной способностью и трещиностойкостью, что обеспечивает их длительную работу в конструкции. Дополнительным положительным эффектом являются повышенные теплозащитные качества этих строительных растворов, что способствует снижению затрат на отопление в зимний период.

Выводы. Предложена технологическая схема и рекомендован комплект стандартного и нестандартного технологического оборудования для производства сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия. Осуществлен расчет производственных составов сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия и выработаны рекомендации по пробным (фактическим) составам для выпуска сухих смесей. Организован выпуск сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия. По материалам проведенных иссле-

дований выпущены Технические условия и Рекомендации. Выполнены технико-экономические расчеты работы предприятий по выпуску сухих строительных смесей с комплексными добавками направленного действия, показавшие высокую эффективность внедрения данных составов. Кроме того, использование отходов асбестоцементного производства способствует улучшению экологической обстановки вокруг населенных пунктов.

УДК 666.9:691.32

Б.Я.Трофимов (Челябинск, Россия)

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БЕТОНА С ВЫСОКОЙ РАННЕЙ ПРОЧНОСТЬЮ

Manufacturing process of concrete with high early strength

Prof. B.Y. Trofimov, South Ural State University

Аннотация. Ускоренный набор прочности бетона является актуальной проблемой, решение которой интенсифицирует технологию сборного и монолитного железобетона. На практике в настоящее время или применяется тепловая обработка, которая обеспечивает достижение 70% проектной прочности бетона за 10-14 часов, или используются жёсткие бетонные смеси с низкими В/Ц, которые после вибропрессования изделий позволяют производить немедленную распалубку, а после непродолжительной выдержки без тепловой обработки - отпускать их потребителю. Тепловая обработка вызывает увеличение расхода энергоресурсов, кроме того, ухудшает структуру цементного камня в бетоне и замедляет дальнейший рост прочности бетона. Применение жёстких бетонных смесей требует специального формовочного оборудования, что не всегда приемлемо.

Более универсальным способом является применение цемента, домолотого с добавками ускорителями или пластификаторами. Наиболее эффективные добавки ускорители содержат хлориды или сульфаты, что стимулирует коррозию арматуры, а домол цемента требует больших затрат энергоресурсов.

В наших исследованиях выявлена необходимость водоредуцирования бетонных смесей, добавки применяемые для этого характеризуются отрицательным побочным эффектом - замедляют схватывание и твердение бетона в раннем возрасте. Для преодоления этого негативного момента совместно с суперпластификатором вводится активная минеральная добавка, что позволяет получать в суточном возрасте прочность бетона без тепловой обработки более 40 МПа. Такие бетоны характеризуются более интенсивным набором прочности в длительные сроки твердения, выявлена также их повышенная морозостойкость и водонепроницаемость. Замена части цемента золой тепловых электростанций сохраняет эффект ускоренного твердения бетона и позволяет регулировать прочность бетона в широких пределах.

Ключевые слова: прочность бетона, суперпластификатор, микрокремнезём, зола уноса, морозостойкость, водонепроницаемость.

Abstract

Achieving high early strength of cement-based composites is an urgent problem which solution will intensify the precast and reinforced concrete technology. In practice, either the heat treatment is currently used, which ensures that concrete reaches 70% of its design strength in 10-14 h, or low-slump fresh concrete with a low w/c ratio is utilized, which enables demolding of concrete products immediately after vibrocompression and their subsequent delivery to customers after short curing without heat treatment. The heat treatment causes an increase in energy consumption. Moreover, it adversely affects the structure of hardened cement matrix and slows down the further strength development of concrete. The use of low-slump fresh concrete requires special equipment, which is not always acceptable.

The more commonly used method is the application of cement which is grinded with addition of accelerators or plasticizers. The most effective accelerating admixtures contain chloride or sulfate ions which stimulate the corrosion of the reinforcement. Besides, the grinding process of cement requires high energy expenditures.

Our studies showed that the water-reducing admixtures have a decelerating side effect on the setting and hardening of concrete at early ages. In order to overcome the negative influence of superplasticizer, active mineral admixtures were additionally introduced into the concrete mixture. As a result, concrete with a 1-day compressive strength of 40 MPa was obtained without heat treatment. It was found that such concretes exhibit an intensive strength development in later hardening stages and have an increased freeze-thaw resistance and reduced water permeability. The partial replacement of cement by fly ash preserves its accelerating effect on the hardening of concrete, which enables to regulate the strength gain of concrete over a wide range.

Keywords: concrete strength, superplasticizer, silica fume, fly ash, freeze-thaw resistance, water permeability

Одним из основных направлений развития технологии бетона и железобетонных конструкций является ускорение твердения бетона. Ускоренный набор прочности бетона обеспечивает следующие преимущества:

- позволяет сократить сроки возведения монолитных зданий и сооружений, увеличивает оборачиваемость опалубки, снижает энергозатраты
- для сборного железобетона – повышается производительность труда, оборачиваемость форм, снижаются энергоёмкость, металлоёмкость производства и капитальные затраты на возведение камер тепловой обработки.

Быстротвердеющим считается бетон, прочность при сжатии которого через 1...2 суток нормального твердения (при температуре 18...22⁰С и относительной влажности воздуха не ниже 95%) увеличивается в 1,5...2 раза, по сравнению с обычным бетоном и достигает 30...50% от марочной. По ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования» к быстротвердеющим относятся бетоны с отношением R_2/R_{28} более 0,4. По EN 206 -1 различают бетоны: с быстрым темпом набора прочности R_2/R_{28} более 0,5, со средним темпом R_2/R_{28} от 0,3 до 0,5, медленным – от 0,15 до 0,3, очень медленным – менее 0,15.

В настоящее время используются следующие способы ускорения твердения бетона:

- Технологические - применение быстротвердеющих и активированных цементов, маловодных подвижных и жестких бетонных смесей с низкими В/Ц, обеспечение высокого качества уплотнения бетонных смесей, уход за твердеющим бетоном,
- Химические – использование добавок ускорителей твердения, таких как хлориды, сульфаты, нитраты, формиаты, глинозёмистый цемент, жидкое стекло и др.,
- Тепловые – увеличение скорости гидратации цемента в 2 раза при повышении температуры на каждые 10^0C , при этом необходимо сохранить влагу в бетоне (пропаривание, автоклавная обработка).

Наиболее существенное влияние на темп твердения бетона оказывает минералогический состав цемента, изменяя который и вводя различные добавки получают БТЦ, ОБТЦ, СБТЦ и др. Применение быстротвердеющих (БТЦ) и особо быстротвердеющих (ОБТЦ) цементов или с высокой маркой (с активностью свыше 50МПа) обеспечивает повышение механической прочности бетонов как в ранние, так и в поздние сроки твердения бетона (табл. 1).

Таблица 1

Прочность стандартных образцов водного твердения быстротвердеющих цементов

Вид цемента	Предел прочности, МПа, не менее		
	При изгибе через	При сжатии через	
	3 суток	3 суток	28 суток
БТЦ 400	4,0	25,0	40,0
БТЦ 500	4,5	28,0	50,0
ОБТЦ 700	-	45,0	70,0

Для интенсификации начальных стадий твердения прибегают к направленному минералообразованию в клинкере в расчёте на получение повышенного количества наиболее химически активных минералов C_3S и C_3A . Интенсификация твердения может быть достигнута путём синтеза клинкеров с некоторым количеством нетрадиционных минералов, например таких, как фторалюминат кальция $\text{C}_{11}\text{A}_7\text{CaF}$.

Быстрому нарастанию начальной прочности может способствовать наличие в сырьевых материалах примесных растворимых компонентов, например щелочных, бариевых соединений, хлоридов и др. Их действие основано на химической активации системы и не всегда сопровождается достижением высокой конечной прочности.

Тонкомолотые цементы (ТМЦ) ускоренно набирают прочность в раннем возрасте вследствие более интенсивно протекающей реакции гидратации из-за увеличения суммарной площади поверхности взаимодействия частиц цемента с водой затворения. Но при увеличении дисперсности цемента повышается его водопотребность, поэтому ожидать ощутимого прироста ранней прочности бетона на этих цементах можно только при одновременном сни-

жении водопотребности цемента за счёт введения водоредуцирующих добавок. В результате появились цементы низкой водопотребности (ЦНВ), которые были получены домолом цемента с удельной поверхностью 300 м²/кг в присутствии 2...2,5 % по массе суперпластификатора СП-1 до удельной поверхности 420...450 м²/кг, в результате водопотребность цемента снижается с 25 % до 17 %, а марочная прочность при сжатии образцов из этого цемента повышается с 50 до 100 МПа. Бетон на таком цементе уже в 12 часовом возрасте нормального твердения характеризуется прочностью не менее 25 МПа, а в марочном возрасте прочность бетона достигает 100 МПа.

Процесс набора прочности бетоном связан с гидратацией цемента и структурообразованием цементного камня при затворении бетонной смеси водой. Различают [1,2,3,4] несколько стадий структурообразования цементного камня:

- начальная стадия сопровождается осаждением на клинкерных зернах гидратных новообразований - портландита и этtringита,
- формирование на поверхности зёрен гидросиликатного геля, создающего водонепроницаемую плёнку и замедление гидратации - индукционный период, поглощение гелем воды, уменьшение толщины водных оболочек, загустевание бетонной смеси. В конце этого периода создаются условия для разрушения гелевой плёнки.
- ускоренное образование продуктов гидратации, образование вторичной гелевой оболочки, рост кристаллов портландита, этtringита, гидросиликатов кальция.
- уплотнение структуры цементного камня за счёт продолжающейся гидратации цемента с замедляющейся скоростью.
- период стабильности при медленном нарастании плотности и прочности бетона.

Процессы структурообразования цементного камня сопровождаются уменьшением объёма клинкерных зёрен, формированием оболочек гидратных новообразований, объём которых больше, чем растворившаяся часть цементного зерна - объём твёрдой фазы растёт, что сопровождается повышением плотности, непроницаемости и прочности цементного камня и бетона. Прочность формируется вследствие соприкосновения между собой гидратных оболочек различных зёрен цемента с образованием различной природы связей. Чем больше связей в единице объёма цементного камня, тем больше его прочность. Ускоренный рост прочности может достигаться за счёт уменьшения расстояния между зёрнами цемента при снижении В/Ц, в этом случае для формирования связей потребуется меньше продуктов гидратации, то есть рост прочности обеспечится при меньшей продолжительности твердения.

По данным [5] с уменьшением В/Ц скорость набора прочности бетона в ранние сроки R_1/R_{28} увеличивается, причём добавки суперпластификатора с

микрокремнезёмом мало сказываются на ранней прочности бетона. Наиболее эффективными способами ускорения твердения бетона считаются [5]:

- дополнительный помол цемента с добавкой 2% CaCl_2 и интенсивном перемешивании бетонной смеси – суточная прочность (R_1) возрастает в 3...4 раза и 2-х суточная (R_2) в 2...3 раза,
- длительный помол цемента с добавкой 2...3 % гипса до удельной поверхности 500...600 $\text{м}^2/\text{кг}$ увеличивается R_1 в 2...2,5 раз и R_2 в 1,5...2 раза.
- использовании вяжущего низкой водопотребности, получаемого также домолом цемента с суперпластификатором – R_1 увеличивается в 4...5 раз и R_2 в 3...4 раза.

Недостатки приведённых способов ускорения твердения бетона:

- требуется энергозатратный домол цемента, который приводит к повышению его стоимости в несколько раз,
- помол цемента повышает его водопотребность,
- хлорид кальция и гипс вызывают стимулирование коррозии стальной арматуры,
- интенсивное перемешивание бетонной смеси возможно только в смесителях специальных конструкций с использованием износостойких материалов.

На кафедре «Строительные материалы и изделия» ЮУрГУ проведены исследования с целью получения быстротвердеющего бетона без дополнительного домола цемента. Основное направление ускорения твердения – водоредуцирование, которое достигается введением суперпластификатора, повышенные дозировки которого вызывают замедление схватывания цемента и замедленный рост прочности бетона в ранние сроки твердения. Для обеспечения нейтрализации повышенной дозировки СП-1 на скорость набора прочности бетона вводилась добавка микрокремнезёма.

Использованные материалы:

- портландцемент ПЦ 500 Д-0 Невьянского цементного завода,
- кварцевый песок с модулем крупности 2,6, содержащий не более 1,9 % по массе пылеватых, илистых и глинистых частиц,
- гранодиоритовый щебень с наибольшей крупностью зёрен 20 мм с прочностью исходной горной породы 120 МПа, содержащий не более 0,8% по массе пылевидных примесей.
- суперпластификатор СП-1,
- микрокремнезём (МК) ЧЭМК содержащий не менее 85 % по массе аморфных частиц кремнезёма.
- для снижения расхода цемента использовалась кислая зола Троицкой ГРЭС, содержащая более 79% оксидов ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$), потери при прокаливании не более 2%, остаток на сите 008 – 2...7% по массе.

Приготовление бетонной смеси с комплексной добавкой СП-1 + МК производилось в следующей последовательности:

- приготовление пульпы микрокремнезёма с 80% воды затворения,
- введение в состав пульпы всего количества раствора добавки суперпластификатора, растворённого в остальных 20% воды затворения, с дополнительным перемешиванием пульпы 2...3 минуты,
- перемешивание сухих компонентов бетонной смеси в смесителе принудительного действия,
- затворение сухой смеси приготовленной пульпой и перемешивание бетонной смеси 3...4 минуты.

Составы и свойства использованных бетонных смесей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Составы и свойства бетонных смесей

№	Расход материалов в кг на 1 м ³ бетона						ОК, см	$\rho_{\text{б.см.}}$ кг/м ³
	Це-мент	Песок	Щебень	Вода	МК, %	СП-1%		
1	480	645	1100	216	-	-	3...5	2440
2	480	645	1150	168	-	0,9	2...3	2450
3	480	645	1150	163	10,0	1,3	1...3	2460
4	480	645	1150	140	17,0	1,7	3...5	2490

Условия твердения образцов:

- в формах первые 24 часа при температуре 20 ± 2 °C с защищенной от испарения влаги верхней поверхностью,
- распалубка и выдерживание в камере нормального твердения, где поддерживалась относительная влажность воздуха не ниже 95%.

Для определения прочности при сжатии испытывали серии по 6 образцов кубов с ребром 100 мм каждого состава после нормального твердения различные сроки. Результаты испытаний приведены в табл.3, коэффициент вариации прочности бетона не превышал 12,4 %

Таблица 3

Результаты испытания прочности бетона при сжатии

№	Прочность при сжатии (МПа/%) с учетом масштабного коэффициента через				
	1 сутки	3 суток	7 суток	28 суток	90 суток
1	12,9/24	25,8/45	29,5/55	53,7/100	56,4/105
2	13,1/21	29,7/47	36,8/58	63,4/100	67,2/106
3	35,4/42	51,6/62	64,8/78	83,3/100	90,6/109
4	47,5/54	62,9/72	70,9/84	87,3/100	98,4/112

Выводы из полученных результатов:

1. Введение водоредуцирующей добавки замедляет скорость нарастания прочности бетона в первые сутки твердения, но благодаря снижению В/Ц прочность выше, чем у контрольного состава без добавок. В последующие

сроки скорость набора прочности увеличивается и превышает темп упрочнения контрольного бетона из смеси №1.

2. Совместное введение микрокремнезёма и СП-1 позволяет значительно ускорить рост прочности в ранние сроки, и обеспечить её рост в более поздние. Это связано с тем, что микрокремнезём связывает гидроксид кальция, образующийся при гидратации силикатных клинкерных минералов, что не только повышает содержание цементирующего вещества, но и повышает степень гидратации клинкерной части цемента.

3. Особенно эффективным оказывается совместное введение 17 % микрокремнезёма и суперпластификатора 1,7 % от массы цемента, что позволяет выйти на прочность бетона в суточном возрасте, соответствующую марке бетона М400. По сравнению с контрольным составом такое мероприятие повышает суточную прочность на 368%, то есть соответствует наиболее эффективным способам ускорения твердения бетона.

4. При содержании микрокремнезёма 17 % в цементном камне сохраняется около 1,2% по массе свободного гидроксида кальция, что обеспечивает щелочные свойства бетона, стабильность гидратных фаз и защитные свойства по отношению к стальной арматуре.

5. Смесь №4 характеризуется длительной сохраняемостью удобоукладываемости (до 6 часов), далее до 12 часов набирается низкая прочность до 1,5 МПа и только в последующие 12 часов отмечается интенсивный набор прочности.

Для образцов бетона из смеси №4 были определены и некоторые другие физико-механические характеристики:

- прочность при изгибе через 1 сутки нормального твердения составила 4,1 МПа, а через 28 суток – 6,7 МПа,
- водопоглощение по массе через 1 сутки 4,4%, через 28 суток – 4,1%,
- истираемость бетона через 28 суток – 0,58 г/см²,
- марка по водонепроницаемости не менее W16,
- морозостойкость при испытании по 3 ускоренному способу в соответствии с ГОСТ 10060-2012 составила не менее 37 циклов, что соответствует марке по морозостойкости F₂₃₀₀ для дорожного бетона и F₁₀₀₀ для всех остальных видов бетона.

В [5] выведена формула для определения прочности бетона через 1 и 3 суток нормального твердения:

$$R_{1,3} = 0,65 * K_u * R_u (П/В - C),$$

где K_u – поправочный коэффициент для определения активности цемента: в возрасте 1 суток, $K_{u1}=0,2$ для медленно твердеющих цементов, $K_{u1}=0,24$ для обычных рядовых цементов, $K_{u1}=0,28$ для быстротвердеющих и высокопрочных цементов; в возрасте 3 суток K_{u3} соответственно равняется 0,43, 0,48, 0,53,

R_u – активность цемента в возрасте 28 суток,

C – коэффициент для образцов бетона в возрасте 1 суток нормального твердения = 1,3, для 3 суток – 0,9.

В табл. 4 приведены сравнительные данные по прочности, полученные при испытании образцов и по приведённой формуле.

Таблица 4

Сравнение расчётных и фактических значений прочности бетона
в 1 и 3 суток

№	R _ф , МПа		R _{расч} , МПа		Δ R ₁ ,		Δ R ₃ ,	
	1 сут	3 сут	1 сут	3 сут	МПа	%	МПа	%
1	12,9 100%	25,8 100%	6,4	22,7	6,5	50	3,1	12
2	13,1 101%	29,7 115%	14,2	33,7	-1,1	8	-4,0	13
3	35,4 274%	51,6 200%	14,9	35,1	20,5	58	16,5	32
4	47,5 368 %	62,9 244%	18,6	42,2	28,9	61	20,7	33

Наибольшие отклонения расчетной прочности от фактической фиксируются для бетонов с добавками микрокремнезёма и суперпластификатора. Вероятно, это является следствием того, что формула не учитывает увеличение объёма гидратных фаз, образовавшихся при взаимодействии микрокремнезёма с портландитом.

Для бетона с дозировкой компонентов №4 по табл. 2 было проведено исследование влияния замены части цемента золой на прочность при сжатии в разные сроки (табл.5).

Таблица 5

Прочность бетона при сжатии при замене части цемента золой

№	Расход кг на 1м ³		R ₁		R ₃		R ₇		R ₂₈	
	цемент	зола	МПа	%	МПа	%	МПа	%	МПа	%
4	480	-	47,5	100	62,5	100	70,9	100	87,3	100
5	432	48	35,1	74	54,4	87	63,1	89	83,4	96
6	384	96	24,6	52	43,2	69	54,0	76	72,6	83
7	336	144	17,7	37	36,8	59	45,4	64	65,2	74
8	288	192	11,6	24	29,1	46	37,8	53	58,6	67

Примечание: в табл.5 приведены средние значения прочности бетона по результатам испытания серий из 6 образцов, коэффициент внутри серийной вариации прочности бетона не превышал 11,4 %.

Введение золы вместо соответствующего количества цемента приводит:

- к снижению прочности бетона (эффект разбавления), наибольшее снижение показывают образцы суточного возраста,

- при замене до 20 % цемента золой суточная прочность образцов бетона в 2 и более раза превышает прочность бетона базового состава (без добавок 12,9 МПа табл.3), а при замене до 30% цемента золой суточная прочность составляет не менее 30 % от марочной, следовательно, они отвечают требованиям для быстротвердеющего бетона,
- в более поздние сроки твердения происходит сближение значений прочности бетона с добавкой золы с прочностью бетона из смеси №4 и в марочном возрасте даже при замене 40 % цемента на золу прочность бетона (58,6 МПа) превышает прочность бетона базового состава (53,7МПа).

Общие выводы:

- Введение комплексной добавки МК+СП-1 позволяет получать быстротвердеющие бетона, суточная прочность которых повышается более чем в 3 раза, а марочная прочность повышается более чем в 1,5 раза,
- Бетон с комплексной добавкой характеризуется высокими физико-механическими свойствами, соответствующими требованиям, предъявляемым к высококачественным бетонам (High performance concrete, НРС),
- Замена до 30 % цемента на кислую золу-унос ТЭС при использовании комплексной добавки обеспечивает получение быстротвердеющего бетона,
- Комплексная добавка позволяет заменить золой до 40 % цемента без снижения прочности бетона по сравнению с прочностью бетона из бетонной смеси базового состава (без добавок).

Литература

- 1.Тейлор, Х. Химия цемента. Перевод с английского / Х.Тейлор.– М: Мир, 1996. –560 с.
2. Кузнецова, Т.В. Микроскопия материалов цементного производства / Т.В. Кузнецова, С.В. Самченко. – М.: МИКХиС, 2007. – 304 с.
3. Штарк, Й. Цемент и известь/ Й.Штарк, Б.Вихт.- Киев 2008.- 469 с.
4. Пьячев, В.А. Производство и свойства клинкерных цементов/ В.А.Пьячев, Ф.Л.Капустин.- Екатеринбург, УГТУ-УПИ.-2008.-322 с.
5. Баженов, Ю.М. Технология бетона. Учебник/ Ю.М.Баженов - М.: Изд-во АСВ, 2011.-528 с.

*Копаница Н.О., Сафронов В.Н.,
Демьяненко О.В., Шпилекова А.А.
(Томск, Россия)*

АКТИВАЦИЯ ВОДЫ ЗАТВОРЕНИЯ ДЛЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА

Ключевые слова: Наномодификатор, nanomodifier, магнитная активация, magnetic activation of water, вода затворения, mixing water, цикл активации, activation cycle, цементный камень, hardened cement paste, прочность, strength.

Аннотация: В статье приведены результаты исследований влияния энергетического состояния компонентов наномодифицированного цементного камня на его прочностные свойства. Рассмотрены особенности цикловой магнитной активации жидкой фазы. Представлены данные зависимости прочности композита на основе «цемент-Ts38-H₂O» от количества циклов магнитной активации при различных водоцементных отношениях и объектах обработки.

Abstract: This paper investigates the impact of the energy status of components of nano-modified cement stone on its strength properties. The peculiarities of the cyclic magnetic activation of liquid phase. Presents data based on the strength of the composite based on "cement-Ts38-H₂O" from the number of cycles of magnetic activation of water in different relations and objects processing.

Разработка инновационных технологий в строительной индустрии связана с расширением фундаментальных и прикладных исследований в области строительного материаловедения с получением наноматериалов и нанотехнологий различного назначения, с разработкой нового класса электрофизически активированных композитов и их компонентов, с разработкой комбинированных технологий производства, связанных с воздействием на объект обработки [1-5]. В подавляющем большинстве при создании и реализации строительных композиционных материалов наиболее сложным является формирование контактной зоны и решение при этом проблемы взаимодействия матрицы с поверхностью компонентов композита. Важными являются вопросы влияния структуры и энергетического состояния поверхности компонентов на характер течения физико-химических процессов при формировании композита, включающего парные наномодификаторы. В первую очередь это касается процессов смачивания адгезивом поверхностей твердых компонентов композита.

Фундаментальными работами в области адгезии было установлено, что термодинамические условия смачивания характеризуются определенным энергетическим балансом, который для системы «твердое тело-жидкость-воздух» выражается уравнением Дюпре (1):

$$W_a = \sigma_{\text{Т-В}} + \sigma_{\text{Ж-В}} - \sigma_{\text{Т-Ж}}, \quad (1)$$

где W_a – сила (работа) адгезии или смачивания;

$\sigma_{\text{т-в}}, \sigma_{\text{ж-в}}, \sigma_{\text{т-ж}}$ – поверхностные энергии на границах раздела фаз: твердое тело – воздух, жидкость – воздух, твердое тело – жидкость. Для условий полного смачивания жидкостью поверхности твердого тела соотношение поверхностных энергий имеет вид:

$$\sigma_{\text{т-в}} = \sigma_{\text{ж-в}} + \sigma_{\text{т-ж}}, \quad (2)$$

Из (2) следует, что любое твердое тело будет смачиваться жидким веществом в том случае, если его поверхностная энергия превышает поверхностное натяжение жидкости ($\sigma_{\text{т-в}} > \sigma_{\text{ж-в}}$). При этом сила адгезии у одного и того же адгезива будет тем выше, чем больше величина поверхностной энергии твердого тела или, чем меньше величина поверхностного натяжения адгезива. В работах [4,6,7] были представлены результаты исследований, показывающие эффективность применения нано-SiO₂ (Ts38) в цементных композициях, получены данные о возможности повышения прочности цементного камня на 30 % при введении 0,02-0,03% наномодификатора. При этом важными и трудно-реализуемыми на практике остаются вопросы, связанные с обеспечением стабильности свойств цементного камня с наномодификаторами, что в свою очередь связано с поисками способов и технологических приемов для равномерного распределения микродоз наночастиц в цементном тесте. Известны способы введения частиц наномодификаторов через пластифицирующие добавки, с использованием ультразвуковой обработки и др. Для повышения эффективности использования наномодификаторов перспективным являются электрофизические технологии магнитной активации воды затворения. В ТГАСУ разработана технология цикловой магнитной активации воды затворения жидких сред различных свойств, которая предусматривает воздействие на слабоманнитные вещества, входящие в состав объекта обработки, и на вещества, привнесенные извне [8-9]. Последнее в данной технологии достигается обработкой воды воздушной средой.

Цель данной работы заключается в исследовании влияния энергетического состояния компонентов наномодифицированного цементного камня на его прочностные свойства.

В работе использованы следующие материалы: портландцемент класса ЦеМІ 42,5Н, по ГОСТ 31108-2003, нано-SiO₂(Ts38), разработанный и полученный в Институте теоретической и прикладной механики СО РАН и Институте Ядерной физики СО РАН (г. Новосибирск). Удельная поверхность компонентов (м²/кг): цемент – 300, нано-SiO₂ (Ts38) – 38000. Вода для обработки использовалась водопроводная.

Цикловая магнитная активация проводилась в устройстве с магнитной индукцией в центре равной 40 мТл. Активация воды осуществлялась циклично в диапазоне 0-25 циклов с шагом 5 циклов. Прочность на сжатие оценивалась в 28-суточном естественном твердении на образцах – кубиках 2х2х2 см.

Практически все вещества жидкой фазы, обладая отрицательной магнитной восприимчивостью, внесенные в магнитное поле, уменьшают его

[10]. Обработка жидкой среды потоком воздуха, содержащим кислород, и обладающим положительной магнитной восприимчивостью приводит к увеличению магнитного поля, действующего на систему в целом. Это улучшает качество строительных материалов, приготовленных на воде затворения, активированной по цикловой технологии [11-13].

Механизм активации воды различного рода воздействиями и до настоящего времени недостаточно изучен. При наложении внешних воздействий (магнитное поле, ультразвук и т.п.) вода меняет структуру и свои свойства. При цикловой технологии магнитной активации значительную роль играет газообмен с окружающей средой. Наличие воздушной фазы в активированной жидкой среде в виде газовых включений различного размера и срока «жизни» позволяет, на наш взгляд, рассматривать такую систему как эмульсию, состоящую из воздушной фазы и жидкой среды. В качестве эмульгатора такой системы выступает поверхность жидкой фазы на воздушном включении. Согласно модели, предложены в [14], поверхность воды имеет отрицательный электрический потенциал, обусловленный накоплением гидроксильных ионов HO^- , по этой причине мелкие газовые включения, взвешенные в воде, приобретают, как правило, отрицательный заряд и взаимно отталкиваются друг от друга.

Влияние цикловой магнитной активации воды затворения на свойства исследуемых композитов с минеральной матрицей и на течение процессов их структурообразования связывается как с изменением свойств самого объекта обработки, так и с интенсивностью и степенью перестройки структуры и с изменением степени гидратации цемента по твердой и жидкой фазе.

Поверхность воды представляет собой межфазную границу, отделяющую воду от других тел. Жидкая вода всегда содержится в каком-либо сосуде, где часть воды контактирует с его стенками, с поверхностью раздела «вода-воздух», тогда как другая часть воды «объемная вода» удалена от стенок сосуда. Отмечается, что вода, контактирующая со стенками или газовой фазой, так называемая пограничная вода, отличается по многим свойствам от «объемной воды» [15]. Кроме того любая вода всегда содержит неводные компоненты, например растворенные в воде молекулы и ионы, газовые пузырьки разных размеров, включая невидимые – нанопузырьки, наночастицы различной химической природы. В результате исследований последних лет установлено, что подобные примеси наноразмерной величины существенно влияют на физические и химические свойства воды, даже в исчезающе малых количествах [16].

Исследована прочность системы «цемент + nano-SiO_2 + H_2O » при цикловой магнитной активации воды затворения и суспензии с nano-SiO_2 в диапазоне циклов обработки 0-25 циклов с шагом 5 циклов. Рассматривались активация суспензии ($\text{Ts}+\text{B}$), активация воды затворения для сухой смеси ($\text{Ц}+\text{Ts}$) при разных $\text{B}/\text{Ц}$. На рисунке представлены кривые зависимости проч-

ности в 28-суточном твердении композита на основе системы «цемент + нано-SiO₂ + H₂O» от количества циклов магнитной активации при различных водоцементных отношениях и объектах обработки.

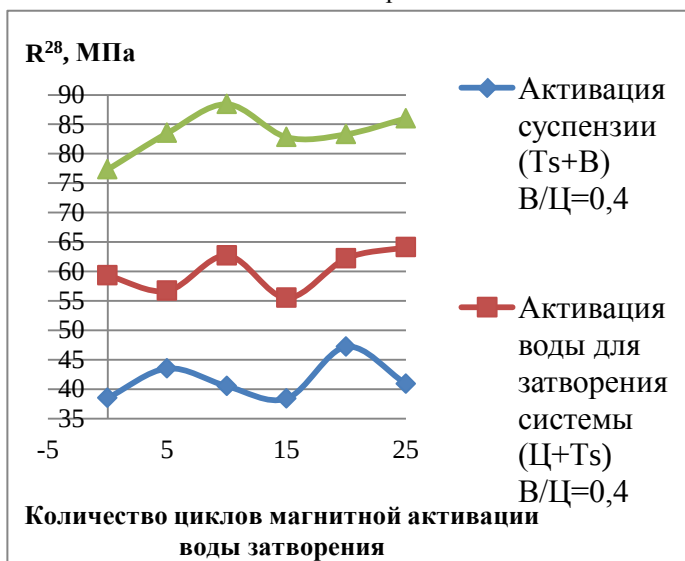


Рисунок.1- Влияние активации исследуемого объекта на прочность цементного камня

Как видно из рисунка, зависимости прочности цементного камня от количества циклов обработки для всех принятых технологических приемах реализации нано-SiO₂ носят волновой характер. Прочность активированных образцов с добавками нано-SiO₂ выше прочности образцов контрольной серии. Полученные закономерности различаются ходом кривых прочностных зависимостей. Волновой характер изменения прочности цементного камня от количества циклов обработки воды затворения связывается в основном с двумя технологическими факторами:

1 – увеличение количества циклов обработки воды по принятой технологии цикловой активации приводит к росту кислорода в обрабатываемой воде, что обеспечивает повышение активности воды затворения, так как кислород воздуха является парамагнитным веществом;

2 – с ростом количества циклов обработки воды затворения одновременно повышается величина ее поверхностного натяжения, что снижает эффективность данной технологии.

Установленный волновой характер зависимости хорошо согласуется с пятью основными типами кинетических кривых набора прочности, рассмотренных в работе [17] и с данными работы [18].

Также, представленные на рис. 1 данные свидетельствуют о предпочтительном использовании способа активации воды для затворения «цемент+нано-SiO₂» при прочих равных условиях. Снижение водоцементного отношения ($B/C = 0,28$) приводит к существенному увеличению прочности во всем диапазоне количества циклов магнитной активации воды затворения.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили выявить закономерности повышения прочности цементного камня с модифицирующей добавкой нано-SiO₂ при цикловой магнитной активации воды затворения.

Список литературы

1. Королев Е.В. Нанотехнология в строительном материаловедении. Анализ состояния и достижений. Пути развития// Строительные материалы. - 2014. - №11. - С. 47-49.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2005. - 416 с.
3. Баженов Ю.М. Наноматериалы и нанотехнологии в современной технологии бетонов / Ю.М. Баженов, В.Р. Фаликман, Б.И. Булгаков // Вестник МГСУ. – 2012. - № 12. – С.125-133.
4. Копаница Н.О. Применение нанодисперсного кремнезема в строительных смесей / Н.О. Копаница, Ю.С. Саркисов, О.В. Демьяненко// Вестник ТГАСУ. – 2016. -. № 5. – С.140-150.
5. Сафронов В.Н. Электрофизические технологии в производстве строительных материалов / В.Н. Сафронов. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. – 420 с.
6. Kopanitsa N., Sarkisov Y., Gorshkova A., Demyanenko O. Additives for cement compositions based on modified peat В сборнике: AIP Conference Proceedings. 2. Сер. "Advanced Materials in Technology and Construction, AMTC 2015: Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference of Young Scientists "Advanced Materials in Technology and Construction"" 2016. С. 070015.
7. Абзаев Ю.А., Копаница Н.О., Клименов В.А., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Демьяненко О.В., Завьялов А.П. Моделирование структурного состояния аморфного таркосила // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 3 (50). С. 121-133.
8. Сафронов В.Н. Электрофизические технологии активации строительных материалов / В.Н. Сафронов. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2006. – 140 с.
9. Цикловая магнитная активация газонаполненных жидких сред затворения цементных систем/ В.Н. Сафронов, Ю.С. Саркисов, С.А. Кугаевская[и др.] // Вестник ТГАСУ. – 2009. – №4. – С. 89–99.
10. Справочник по электротехническим материалам. Магнитные, проводниковые, полупроводниковые и другие материалы/ К.А. Андрианов, Н.П. Богородицкий, Ю.В. Корицкий[и др.]. – М; Л. :Госэнергоиздат, 1960. – 511 с.

11. Safronov, V.N. Untersuchung des Einflusses einer magnetischen Behandlung auf die Eigenschaften keramischer Materialien / V.N. Safronov, S.N. Sokolova // *Keramishezeitschrift*. – 2005. – №1. – S. 10–13.

12. Zur Eigenschaftsbeeinflussung bei der Herstellung von Baumaterialien unter Verwendung von Fluoranhidrit / A.D. Kudiakov, L.A. Anikanova, V.N. Safronov [etc.] // *Internationale Baustofftagung (Ibausil)*. Tagungsbericht. – 2006. – B. 1. – S. 749–758.

13. Формирование структур твердения в системе «низинный торф – активированная вода» / Н.О. Копаница, М.А. Ковалева, В.Н. Сафронов [и др.] // *Вестник ТГАСУ*. – 2009. – №2. – С. 111–120.

14. Collacicco, G. Electrical potential of the water surface / G. Collacicco // *Chemica Scripta*. – 1988. – № 2. – V. 28. – P. 141–144.

15. Surfaces and interfacial water: evidence that hydrophilic surfaces have long-range impact / J.M. Zheng, W.C. Chin, E. Khijniak [etc.] // *Adv Colloid Interface Sci*. – 2006. – V. 127. – P. 19–27.

16. The effect of rf-irradiation on electrochemical deposition and its stabilization by nanoparticle doping / Y. Katsir, L. Miller, Y. Aharonov [etc.] // *Journal of the Electrochemical Society*, 154[4]: D249-D259 (2007).

17. Саркисов Ю.С. Вяжущие вещества на основе оксидных систем / Ю.С. Саркисов // *Вестник ТГАСУ*. – 2013. – №1. – С. 108–118.

18. Вернигорова В.Н. $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ – динамическая диссипативная система / В.Н. Вернигоровна // *Изв. Вузов. Строительство*. – 1999. – № 1. – С. 43–48.

УДК 691.4

*Бурученко А.Е., Харук Г.Н.,
Мушарапова С.И., Дорошенко А.А.
(Красноярск, Россия)*

ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ ГЛИН ПРИ ОБЖИГЕ

В работе представлены результаты исследований по формированию анортитовой и волластонитовой структуры керамики в процессе обжига при введении в легкоплавкую глину карбоната кальция. Установлено, что при содержании в массе до 20% карбоната кальция формируются кристаллы анортита и волластонита. При увеличении свыше 20% в большей степени растут кристаллы волластонита.

Ключевые слова: керамическая масса, обжиг, кристаллизация, анортитовая и волластонитовая структура.

The paper presents the results of studies on the formation of anorthite and wollastonite ceramic structure during firing, when introduced into fusible clay calcium carbonate. It is

found that when the content in weight of up to 20% of calcium carbonate crystals formed anorthite and wollastonite. With an increase of over 20% more of wollastonite crystals grow.

Keywords: ceramic mass firing, crystallization, anorthite and wollastonite structure.

При производстве керамических материалов используется как природное, так и вторичное сырье. В качестве природного сырья в основном берутся легкоплавкие и тугоплавкие глины. Наибольший интерес представляют легкоплавкие, так как они имеют более низкую температуру плавления, и изделия, изготавливаемые на их основе, обжигаются при невысоких температурах. Недостатком их является то, что при обжиге в керамическом черепке затруднительно идет формирование новых кристаллических фаз, которые обеспечивают ему прочностные свойства.

Исследования показывают, что после обжига структура обычно представлена кристаллическими минералами: кварцем, анортитом, муллитом, волластонитом, гематитом и стеклофазой в количествах, зависящих от исходного состава и условий технологической обработки [1,2]. Поэтому при разработке составов керамических масс важно знать количественное соотношение между исходными компонентами, так как при взаимодействии между ними в процессе обжига будут сформированы новые кристаллические минералы, обеспечивающие изделиям высокие прочностные характеристики. В этом отношении представляет практический интерес образование таких минералов, как анортит и волластонит, которые имеют пластинчатую и столбчатую структуры. Они армируют изделие, придавая ему высокие физико-механические свойства.

В нашей работе представлены результаты по исследованию возможности получения структуры с содержанием анортита и волластонита в керамике на основе легкоплавкой глины Кубековского месторождения с добавлением карбоната кальция, который способствует образованию анортита ($\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$) и волластонита (CaOSiO_2). Химический состав глины приведен в табл.1.

Таблица 1. Химический состав глины Кубековского месторождения

Сырье	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.
Глина Кубековского месторождения	56,4	13,8	0,25	5,78	7,18	2,3	1,9	1,25	10,7

Минеральный состав глины представлен такими глинистыми минералами как монтмориллонит и гидрослюда. Неглинистые - это кварц, полевошпат в виде альбита и ортоклаза и незначительное количество карбоната кальция и гематита (рис.1).

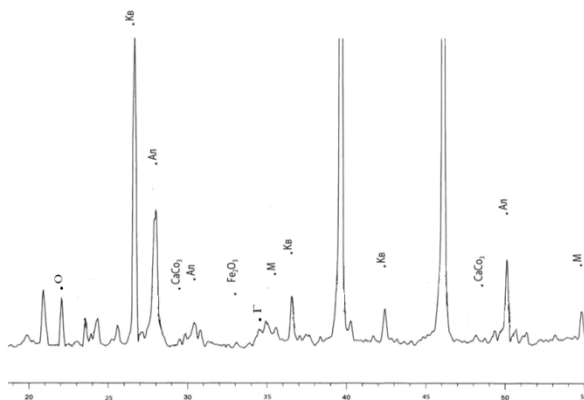


Рис. 1. Рентгенограмма глины Кубковского месторождения: М - монтмориллонит, Г - гидромусковит, Кв - кварц, Ал - альбит, О - ортоклаз, CaCO_3 - карбонат кальция, Fe_2O_3 - гематит.

В ходе исследований, проведенных нами ранее, было установлено, что формирование структуры в керамических массах при обжиге можно отслеживать по изменению ее электропроводности [3]. Для эксперимента изготавливались образцы пластическим способом с различным содержанием CaCO_3 (от 10% до 60%) с целью определения его влияния на процесс формирования структуры из анортита и волластонита.

Минеральный состав образцов с различным содержанием карбоната кальция до термической обработки представлен на рис.2, а, б.

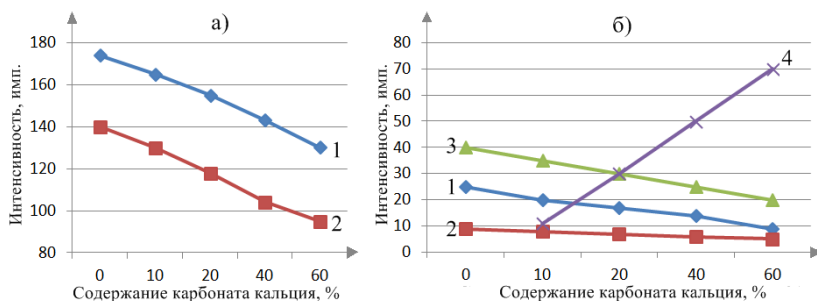


Рис. 2. Графики изменения линий интенсивности минералов глины в зависимости от содержания карбоната кальция при 20°C: а) 1 - кварц, 2 - ортоклаз, б) 1 - монтмориллонит, 2 - гидромусковит, 3 - альбит, 4 - карбонат кальция.

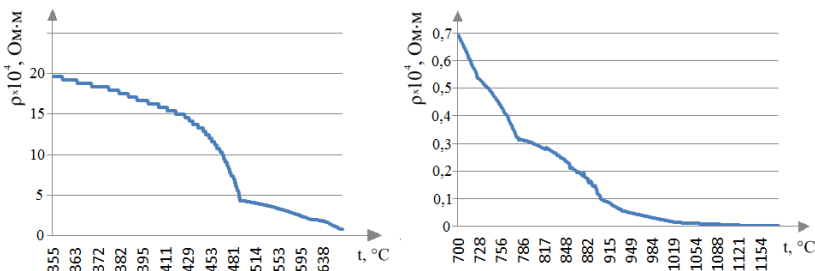


Рис. 3. Графики зависимости удельного сопротивления образца от температуры обжига для глины Кубековского месторождения.

В образцы вводились электроды, которые подсоединялись к измерительной установке с компьютером. Далее производился равномерный нагрев образцов в печи от 20°C до 1050°C. Скорость нагрева составляла 10°C в минуту. При проведении обжига на компьютере отображалась кривая изменения удельного сопротивления образца в зависимости от температуры (рис.3) После обжига у образцов определялась линейная усадка, водопоглощение, прочность на сжатие и проводился рентгенофазовый анализ.

Из полученных кривых видно, что на разных этапах обжига удельное сопротивление образца и скорость его изменения разные.

В результате обжига до 1050°C у образцов из чистой глины фазовый состав представлен кварцем, альбитом, небольшим количеством анортита и стеклофазой. Прочность этого образца недостаточна, т. к. практически отсутствует кристаллическая фаза в виде минералов – анортита и волластонита.

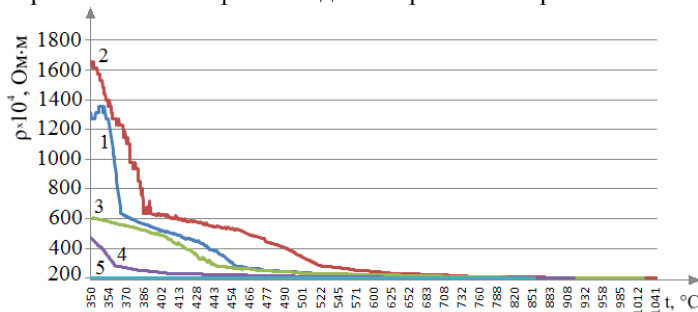


Рис. 4. Зависимость изменения удельного сопротивления образцов от температуры обжига для глины с различным содержанием карбоната кальция: 1 - Глина 100%; 2 - 10% CaCO₃; 3 - 20% CaCO₃; 4 - 40% CaCO₃; 5 - 60% CaCO₃.

С введением в керамическую массу карбоната кальция при обжиге образцов до 1050°C путем измерения их электропроводности, проведением дифференциально-термического и рентгеноструктурного анализов было установ-

лено, что при нагревании от 25°C до 250°C отмечается выход адсорбционной и механически примешанной воды. Интервал температур 450°C - 570°C соответствует выходу химически связанной и межплоскостной воды, а также распаду кристаллической решетки каолинита. В пределах 570°C - 750°C распадается кристаллическая решетка монтмориллонита, а в интервале 750°C - 820°C происходит ее окончательное разрушение. В пределах 820°C - 920°C протекает процесс разложения карбоната кальция. Температура 950°C соответствует началу образования жидкой фазы за счет плавления альбита, в которой начинается формирование структуры анортита и волластонита, что на кривых изменения удельного сопротивления отмечается снижением скорости уменьшения электропроводности (рис. 3, 4, 5).

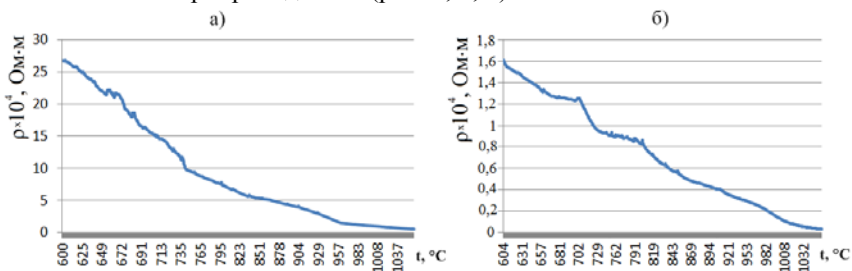


Рис. 5. Зависимость удельного сопротивления образцов от температуры обжига для глины с содержанием CaCO_3 : а) 20%, б) 60%.

С увеличением содержания карбоната кальция в образцах, начиная с 950°C, наряду с образованием анортита, интенсивно начинается рост кристаллов волластонита. Это обеспечивает равномерное снижение электропроводности от 950°C до 1050°C (рис.5, а) и наглядно подтверждается изменением линий интенсивности пиков минералов - анортита, волластонита, кварца, альбита (рис. 6).

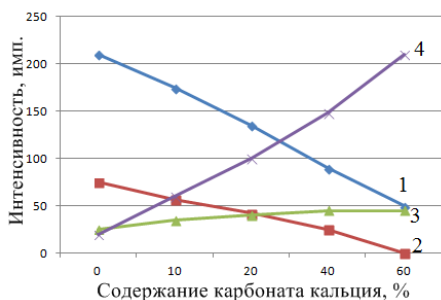


Рис. 6. График изменения линий интенсивности минералов у образцов из глины с различным содержанием карбоната кальция, обожженных при 1050°C: 1 - кварц, 2 - альбит, 3 - анортит, 4 - волластонит.

Кривые изменения электропроводности и рентгеноструктурный анализ образцов показали закономерность: в образцах с малым содержанием карбоната кальция (до 20%) в обожженном состоянии просматривается анортит и волластонит, а в образцах с его большим содержанием (20% и выше) в основном отмечается рост кристаллов волластонита (рис.6). Это объясняется тем, что с увеличением содержания карбоната кальция в образцах после его распада при 950°C образуется достаточно большое количество свободных ионов СаО, которые и обуславливают как рост кристаллов волластонита, так и увеличение количества жидкой фазы.

Таким образом, количественное содержание карбоната кальция в керамических массах на основе легкоплавких глин влияет на образование структуры анортита и волластонита при обжиге. С введением в массы карбоната кальция до 20% формируются кристаллы анортита и волластонита, при введении свыше 20% - в основном кристаллы волластонита.

Список литературы:

1. Будников П.П., Гинстлинг А.М. Реакции в смесях твердых веществ. - М.: Стройиздат, 1971. - 486 с.
2. Столбоушкин А.Ю. Влияние добавки волластонита на формирование структуры стеновых керамических материалов из техногенного и природного сырья // Строительные материалы. 2014 г. № 8. С. 13-17.
3. Бурученко А.Е., Харук Г.Н., Мушарапова С.И., Дорошенко А.А. Оценка структурных изменений в сырьевых материалах при обжиге методом измерения электропроводности. Межд. сб. научн. тр. Инновационные разработки и новые технологии в строительном материаловедении. - НГАУ Новосибирск, 2014.

А.Хадбаатар (Дархан, Монголия)

Е.А. Бартеньева, Н.А. Машкин (Новосибирск, Россия)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА

Ключевые слова: неавтоклавный пенобетон, техническая пена, прочность при сжатии, марка по плотности, минеральные добавки, белковый пенообразователь.

Аннотация: проведена оценка влияния минеральных добавок на характеристики технической пены в производстве неавтоклавного пенобетона с использованием белкового пенообразователя. Исследовано влияние минеральных добавок на кратность технической пены, коэффициент стойкости пены в поризованном растворе и физико-механические параметры неавтоклавного пенобетона.

E.A. Bartenjeva, N.A. Mashkin (Novosibirsk, Russian Federation)
EFFECT OF MINERAL ADDITIONS TO TECHNICAL FOAM FEATURES USED
FOR FOAM CONCRETE

Key words: non-autoclaved foam concrete, technical foam, compressive strength, density, mineral additions, protein foamer.

Abstract. The paper contains an evaluated the effect of mineral additives on the technical foam characteristics in the production of non-autoclaved foam concrete with a protein foaming. The authors investigated the influence of the additions to the multiplicity of technical foam, the foam stability coefficient in the cement paste and physical and mechanical properties of non-autoclaved foam concrete.

В последнее время повышенный интерес уделяется производству теплоизоляционных материалов. К ним можно отнести и неавтоклавный пенобетон. Он обладает рядом преимуществ по сравнению с другими материалами: низкой теплопроводностью, достаточной прочностью, биостойкостью, экологической безопасностью [1-4].

По результатам многочисленных научных работ и опыту практического применения известно, что имеющиеся технологии получения неавтоклавных пенобетонных нуждаются в совершенствовании. Существенную роль в обеспечении требуемых свойств пенобетонной смеси и неавтоклавных пенобетонных играют воздухововлекающие поверхностно-активные вещества. Показатели пенообразующей способности ПАВ и свойства пены зависят от природы веществ, их концентрации, температуры, интенсивности перемешивания и других факторов [5-7].

В работе исследовано влияние минеральных добавок на показатели кратности пены, коэффициента стойкости пены в поризованном растворе, определены физико-механические параметры неавтоклавного пенобетона, полученного на исследуемых пенах.

Использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5 (г. Искитим) со следующим минералогическим составом, мас. %: C_3S – 69, C_2S – 11; C_3A – 7; C_4AF – 13. Истинная плотность портландцемента – $3,060 \text{ г/см}^3$, насыпная плотность – $1,083 \text{ г/см}^3$. В качестве кремнеземистого заполнителя применяли кислую золу-уноса, полученную на ТЭЦ-5 г. Новосибирска от сжигания Кузнецких каменных углей. Химический состав заполнителя, мас. %: SiO_2 – 60,77; Al_2O_3 – 19,45; Fe_2O_3 – 5,16; CaO – 5,12; MgO – 2,10; Na_2O – 0,89; K_2O – 2,01; SO_3 – 0,54; P_2O_5 – 0,39; TiO_2 – 0,82; BaO – 0,20, MnO – 0,07. Насыпная плотность золы – $0,885 \text{ г/см}^3$, истинная плотность – $1,870 \text{ г/см}^3$ (ГОСТ 9758-2012), остаток на сите 008(по массе) – 4,49 % (ГОСТ 310.2-76). В данном эксперименте использовали белковый пенообразователь «FoamСem» (Италия).

В качестве минеральных добавок использовались волластонит и диопсид. Волластонит – минерал из класса силикатов Алтайского месторождения, истинная плотность которого равна $2,455 \text{ г/см}^3$, удельная поверхность – $900 \text{ см}^2/\text{г}$ и $5740 \text{ см}^2/\text{г}$. Химический состав волластонита: SiO_2 – 46,1; Al_2O_3 – 2,93;

Fe_2O_3 – 4,44; CaO – 45,12; MgO – 0,9; п.п.п. – 0,51. Диопсид был взят Слюдянского месторождения со следующим химическим составом, мас. %: CaO – 25,03, MgO – 20,01; SiO_2 – 51,33, Al_2O_3 – 1,88; Fe_2O_3 – 0,84; MgO – 20,01; K_2O – 0,17, TiO_2 – 0,14; п.п.п. – 0,61. Истинная плотность диопсида – 2,778 г/см³, удельная поверхность – 1160 см²/г.

Таблица 1

Вид добавки	Уд. пов-ть, см ² /г	Наименование испытания	Количество, % масс							
			0		1		2,5		4	
			К	$C_{\text{пт}}^{\text{п}}$	К	$C_{\text{пт}}^{\text{п}}$	К	$C_{\text{пт}}^{\text{п}}$	К	$C_{\text{пт}}^{\text{п}}$
Волластонит	900	Пена	18,33	0,74	20,65	0,79	13,53	0,91	19,80	0,71
		Раствор			-	0,81	-	0,89	-	0,73
	5740	Пена			21,23	0,67	19,78	0,84	20,51	0,56
		Раствор			-	0,81	-	0,87	-	0,74
Диопсид	1160	Пена			13,24	1,14	14,69	0,77	17,89	0,66
		Раствор			-	0,91	-	0,93	-	0,66

К – кратность пены; $C_{\text{пт}}^{\text{п}}$ – коэффициент стойкости пены в цементно-зольном растворе

Таблица 2

Вид добавки	Уд. пов-ть, см ² /г	Наименование испытания	Количество, % масс							
			0		1		2,5		4	
			ρ	R	ρ	R	ρ	R	ρ	R
Волластонит	900	Пена	547	1,22	415	1,37	435	0,55	638	1,56
		Раствор			375	1,00	395	0,55	449	1,61
	5740	Пена			545	2,10	404	1,05	783	2,95
		Раствор			361	0,73	406	1,18	436	1,94
Диопсид	1160	Пена			345	1,02	560	1,47	664	1,54
		Раствор			274	0,57	377	0,79	520	1,22

Кратность пены определяется отношением начального объема пены к объему водного раствора пенообразователя, большая кратность обеспечивает достаточный выход ячеистой смеси при данном расходе пенообразователя. Для оценки влияния вяжущего и заполнителя на объем пены рассчитывался коэффициент стойкости пены в цементно-зольном растворе. Значение этого параметра отображает не только совместимость технической пены со средой твердеющего раствора, но и показывает объемную долю использования пены в приготовлении поризованного раствора.

Для проведения эксперимента был запроектирован состав пенобетона, где соотношение заполнителя к вяжущему составило 0,6, а $V/T = 0,61$ для марки по плотности пенобетона D500. Пенобетон готовился по классической технологии, выдерживался в нормальных условиях в течение 28 суток, после чего испытывался на прочность при сжатии.

Для определения влияния минеральных добавок на характеристики технической пены и физико-механические показатели пенобетона диопсид и волластонит вводили в пену и в цементно-зольный раствор. Полученные данные представлены в таблицах 1-2.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. При содержании волластонита в количестве 2,5% кратность пены резко падает.

2. При увеличении количества диопсида, вводимого в раствор пенообразователя, кратность пены увеличивается, но при этом уменьшается коэффициент стойкости пены в цементно-зольном растворе.

2 Коэффициент стойкости пены в цементно-зольном растворе повышается для всех добавок в количестве до 2,5% кроме диопсида, введенного в раствор пенообразователя, затем начинает уменьшаться. Таким образом, данные минеральные добавки можно использовать как стабилизаторы пены.

3. Введение минеральных добавок позволяет снизить плотность пенобетона и увеличить прочность при сжатии.

4. Наибольшее влияние на плотность оказывает добавка диопсида. Введение его в раствор в количестве 1% снижает плотность пенобетона до 274 кг/м³.

5. Наибольшая прочность пенобетона достигается при введении волластонита с удельной поверхностью 5740 см²/г, прочность пенобетона повышается по сравнению с контрольным образцом на 72%.

Список литературы:

1. Foamer influence on the foam concrete properties obtained in the high-speed foam generator/ Mashkin N.A., Bartenjeva E.A.// Materials Science Forum. – 2016. – Vol. 870. – pp 163-168

2. Роль пенообразователей в технологии пенобетона/ Е.А. Бартеньева// Сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства». – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2016. – 224-230;

3. Шахова Л.Д. Технология пенобетона: теория и практика/ Л.Д. Шахова. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2010. – 246с.;

4. Пенобетон/ Л.В. Моргун. – Ростов-на-Дону: Рост. гос.строит. ун-т, 2012. – 154с.;

5. Поверхностно-активные вещества/ П.А. Ребиндер. М.: Изд-во «Знание», 1961. – 46с.;

6. Пена и пенные пленки/ Кругляков П.М., Ексерова Д.Р. – М.: Химия, 1990. – 432с.;

7. Горбач П.С. Влияние пенообразователя на свойства пены и пенобетона/ П.С. Горбач, С.А. Щербин// Вестник ТГАСУ. – 2014. - №5. – С. 126-132.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается влияние добавок на реологические характеристики цементной композиции. На основании экспериментальных исследований приводятся показатели (пластической вязкости и предела текучести) пенобетонной смеси. Полученные экспериментальные данные и зависимости использованы при разработке технологии приготовления пенобетонных смесей с требуемыми реологическими характеристиками и формовании стеновых блоков.

Abstract. The article discusses the influence of additives on rheological characteristics of cement compositions. On the basis of experimental studies the parameters (plastic viscosity and yield stress) of the concrete mix are. The obtained experimental data and dependences used in the development of the technology of preparation of concrete mixtures with the required rheological characteristics and forming building blocks.

Ключевые слова: пенобетон, реологические свойства, плотность смеси, термомодифицирующая торфяная добавка, пенообразователь.

Keywords: foam concrete, rheological properties, density of the mixture, thermomodified supplement of peat, foaming agent.

Реализация государственной жилищной политики в России предусматривает повышение доступности энергоэффективного жилья гражданам РФ и предполагает развитие строительного комплекса и производства строительных материалов с применением энергосберегающих технологий. При этом снижение материалоемкости и теплопроводности строительных конструкций без потери их несущей способности и других эксплуатационных свойств является одной из целей повышения эффективности строительства. Весьма перспективен в этом отношении неавтоклавный пенобетон [1, 2]. Пенобетон в промышленном и гражданском строительстве применяется для наружных стен, внутренних перегородок, утепления кровель, чердачных помещений, звуко-теплоизоляции междуэтажных перекрытий (пенобетон вместо керамзита), изготовления изделий (блоки стеновые, термовкладыши, плиты перегородочные и др.), теплоизоляции трубопроводов.

При обеспечении качества затвердевшего пенобетона необходимо знать реологические свойства бетонной смеси, зависимость их от различных факторов, умело управлять процессами приготовления, укладки и затвердевания бетонной смеси. Наиболее важным свойством бетонной смеси является удобоукладываемость или формуемость, т.е. способность смеси растекаться и принимать заданную форму, сохраняя при этом монолитность и однородность [3-4].

Удобоукладываемость характеризуется подвижностью (растекаемостью) бетонной смеси в момент заполнения формы и пластичностью, т.е. способностью деформироваться без разрыва сплошности. При оптимизации водотвердого отношения повышается прочность пенобетона, но при повышении во-

дотвердого отношения наблюдается расслаивание пенобетонной массы и увеличение усадочных деформаций.

Цель работы – исследование влияния активных дисперсных пористых добавок на реологические свойства пенобетонной смеси.

При проведении исследований использовался портландцемент Топкинского завода ПЦ М500 Д0 (ГОСТ 30515-97), ЦЕМ I 4,5 Б (ГОСТ 31108-2003), пенообразователь Бенотех ПБ-С (ГОСТ 24211–2003), органоминеральная термомодифицированная торфяная добавка ТМТ 600. Для получения термомодифицированной торфяной добавки использовался низинный торф месторождения Согра Томской области.

Реологические исследования проводились на ротационном шести скоростном вискозиметре фирмы Faup. Этот прибор пригоден для проведения точных реологических исследований неньютоновских жидкостей. Зазор между двумя цилиндрами, расположенными коаксиально, составлял 4 мм, что объяснялось структурой и свойствами пен.

Испытание образца проводилось при скорости вращения вискозиметра равной 600 и 300 оборотам в минуту, а отсчет - по круговой шкале.

Реограммы исследуемых суспензий получены по следующей методике. Исследуемая цементная композиция заливалась во внешний цилиндр, в нее погружался внутренний измерительный цилиндр, который приводился в круговое движение. Для каждого градиента скорости вращения фиксировалось изменение величины напряжения сдвига.

Полученные результаты пластической вязкости и предела текучести рассчитывались по формулам 1 и 2:

$$PV = \Theta_{600} - \Theta_{300}, \quad (1)$$

$$\gamma P = t_{300} - PV, \quad (2)$$

где PV – пластическая вязкость, (сП),

Θ_{600} , Θ_{300} , t_{300} – показания прибора при соответствующих оборотах.

На первом этапе работы были проведены исследования цементных смесей (рис. 1)

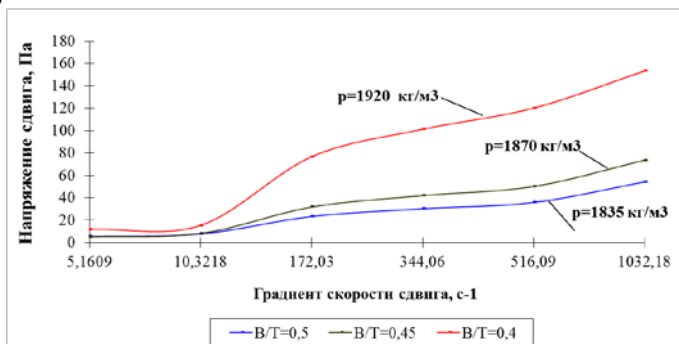


Рисунок 1 – Реологические свойства цементных смесей

Установлено, что при увеличении водотвердого отношения снижается плотность цементной смеси и наблюдается снижение напряжения сдвига. Применение цементной композиции при водотвердом отношении равном 0,4 может привести к неравномерному перемешиванию компонентов, недостаточной поризации смеси и повышению затрат на производство пенобетона. Дальнейшие исследования проводились с В/Т 0,45 и 0,5.

Экспериментальные исследования по подбору оптимального количества пенообразователя в цементной композиции представлены на рис. 2. Количество пенообразователя варьировалось в интервале 0,045 – 0,015 л.

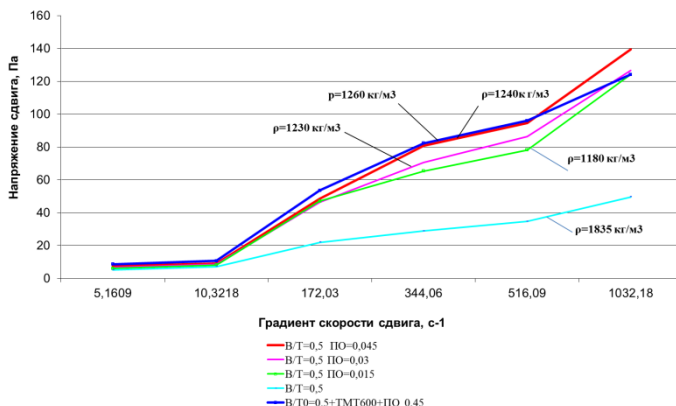


Рисунок 2 – Изменение напряжение сдвига цементной композиции (теста) при разной концентрации ПАВ

Из полученных результатов следует, что при градиенте скорости сдвига 5,1609-10,3218 с⁻¹ происходит незначительное изменение напряжения сдвига кривых, дальнейшее увеличение градиента скорости сдвига приводит к увеличению напряжению сдвига. Реограммы цементной композиции с пенообразователем имеют более выраженные упруговязкопластичные свойства, в сравнении с реограммой без пенообразователя. Результаты свидетельствуют о необходимости правильного подбора концентрации пенообразователя для получения пенобетонных заданной плотности с учетом экономичности его расхода.

На следующем этапе проводилось исследование цементных композиций с термомодифицированной добавкой - ТМТ600 и пенообразователем с ТМТ600.

В ходе исследований установлено, что введение модифицирующей добавки ТМТ 600 в цементную композицию (рис. 3) или в композицию с пенообразователем (рис. 2), не оказывает значительного влияния на изменение напряжения сдвига при равных градиентах скорости сдвига.

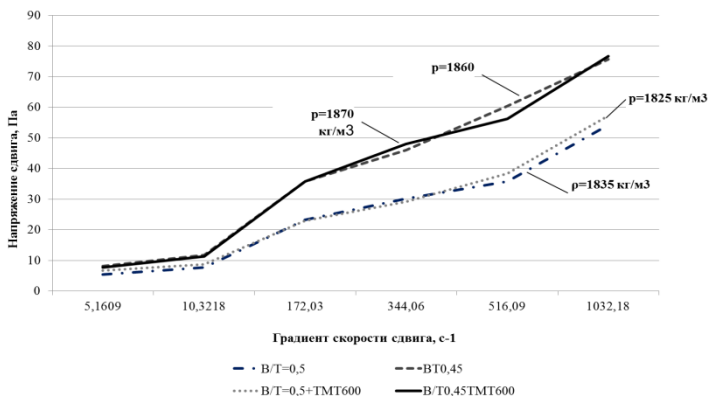


Рисунок 3 – Реологические свойства цементных композиций с добавлением ТМТ600

Таким образом, проведенные исследования показали:

1. Варьируя количеством ПАВ, можно получать пенобетонные смеси с различными величинами реологических показателей.
2. Пористая органоминеральная добавка ТМТ600 не оказывает значительного влияния на изменение реологических характеристик цементных композиций.

Полученные экспериментальные данные и зависимости использованы при разработке технологии приготовления пенобетонных смесей с требуемыми реологическими характеристиками и формировании стеновых блоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудяков А.И., Копаница Н.О., Прищепа И.А., Шаньгин С.Н. Конструкционно-теплоизоляционные пенобетоны с термомодифицированной торфяной добавкой // Вестник ТГАСУ, 2013. №1. С. 172-177.
2. Вяземская А. Энергосберегающие технологии в строительстве / А. Вяземская // Строительство и недвижимость. № 48. 1997.
3. Шахова, Л.Д. Технология пенобетона. Теория и практика / Л.Д. Шахова // М.: Изд-во АСВ, -2010. -248 с.
4. Соколова Ю.А. Методика анализа структуры компонентов по реологическим кривым / Ю.А. Соколова // Вестник центрального отделения РААСН.- 2007.- Вып. 6.- С. 175-178.

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы разработки и внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий при производстве ячеистого бетона. Уделено внимание расширению сырьевой базы.*

***Ключевые слова:** бетон, ячеистый бетон, композиционные вяжущие, минеральные добавки, пластификаторы.*

ENERGY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN CASE OF PRODUCTION OF CELLULAR CONCRETE

***Abstract.** Questions of development and deployment power - and resource-saving technologies are considered in case of production of cellular concrete. The attention is paid to expansion of a source of raw materials.*

***Keywords:** concrete, cellular concrete composite knitting, mineral admixture, softeners.*

На сегодняшний день в промышленности строительных материалов должны произойти существенные изменения. На данный момент ячеистый бетон является весьма востребованным строительным материалом, следовательно, особенно нуждается в этих изменениях технология изготовления ячеистого бетона. Это связано с необходимостью развития отечественной промышленности, а также с принятием закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [1].

Одной из важнейших задач промышленности строительных материалов является разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий производства ячеистого бетона. В этом направлении интерес представляет анализ и разработка состава бетона. Добиться энергосбережения можно с помощью применения различных минеральных добавок на основе побочных продуктов промышленности, эффективных композиционных вяжущих, химических модификаторов и наполнителей [1, 2].

В производстве композиционных вяжущих веществ особый интерес представляет использование минеральных добавок. Их происхождение и механизм действия определяют кинетику твердеющих цементных композиций. В качестве энергоэффективных минеральных добавок при производстве ячеистого бетона используются материалы искусственного происхождения на основе отходов промышленности. Минеральные добавки применяются совместно с пластификаторами. Введение пластификаторов на дисперсных носителях путем совместного помола с получением модифицирующих органо-минеральных комплексов, обеспечивает высокую стабильность консистенции во времени, а также высокие темпы набора прочности [1-3].

Уже на протяжении длительного периода времени перед отечественной промышленностью стоит задача полноценного использования материалов вторичного сырья, шлаков и отходов промышленности в качестве добавок при производстве бетона, что позволит решить задачу ресурсосбережения и способствует улучшению экологической обстановки. Также эффективность вторичного использования материалов заключается в снижении себестоимости бетона и увеличении сырьевой базы [4].

При рассмотрении вторичного сырья в качестве добавок в ячеистый бетон особый интерес представляют золошлаковые отходы тепловых электростанций; золы-уноса ТЭС и дисперсные отходы флотационного обогащения руд цветных и черных металлов можно использовать как основной кремнеземистый материал. А добиться снижения расхода цемента в известково-цементных вяжущих можно путем использования гранулированных шлаков в качестве легирующих добавок [1, 3].

Во всем мире уже относительно длительный период времени существует практика вторичного использования бетона, образующегося в результате разборки зданий, природных катаклизмов и т.д., в качестве заполнителя. Это обуславливается экономической и экологической эффективностью, так как бетонный лом требует минимальной переработки перед использованием [1].

Внедрение в производство химических добавок (ускорителей) позволит сократить период гидратации, а также снизить температурный уровень прогрева изделий, что позволит уменьшить расход тепловой энергии и снизить затраты на производство ячеистого бетона. В качестве таких добавок могут быть использованы отходы производства ферросилиция, текстекла и отходы глиноземного производства, в составе которых содержится химически активный SiO_2 .

Подводя итог, можно сделать вывод, что широкое использование вторичного сырья и отходов промышленности в производстве ячеистого бетона позволит не только сократить энергозатраты, расширить сырьевую базу и снизить себестоимость продукции, но и способствует улучшению состояния окружающей среды.

Список использованных источников

1. Баженов Ю.М. Технология бетонов. М., Изд-во АСВ; 2007 – 528 с.
2. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Изд. АСВ, 2006. 526 с.
3. Батраков В. Г., Бабаев Ш. Т., Белильков Н. Ф. Бетоны на вяжущих низкой водопотребности. Бетон и ж/бетон, № 11, 1988.
4. Шахова Л.Д. Технология пенобетона. Теория и практика. М., Изд-во АСВ; 2010 – 248 с.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК И РЕЖИМОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА СКОРОСТЬ ПОТЕРИ ПОДВИЖНОСТИ И СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Аннотация: Статья посвящена решению проблемы транспортировки бетонных смесей на большие расстояния. Рассматриваются вопросы сохранения подвижности бетонных смесей в течение длительных временных промежутков между их изготовлением и укладкой и влияние этого фактора на конечные свойства получаемых из них бетонов. Предлагаются варианты увеличения эффективности применения химических добавок путем изменения порядка загрузки автобетоносмесителей и режимов перемешивания бетонных смесей.

Ключевые слова: Бетонная смесь; бетон; подвижность бетонных смесей; химические добавки; прочность; режимы загрузки и перемешивания; автобетоносмеситель.

В связи с отсутствием развитой инфраструктуры в некоторых районах строительства, например, при освоении месторождений нефти и газа в Сибири, часто приходится транспортировать бетонные смеси на большие расстояния, что делает весьма актуальными вопросы изучения поведения бетонных смесей в течение длительных временных промежутков между их изготовлением и укладкой и влияние этого фактора на конечные свойства получаемых из них бетонов [1,2].

Для увеличения времени работы с бетонной смеси индустрия строительной химии предлагает линейку добавок замедлителей схватывания, которые при сохранении подвижности до 4-5 часов, практически не влияют на конечные свойства бетонов.

Известно, также, что многие добавки с пластифицирующим эффектом в повышенных, до разумных пределов, дозировках тоже способны замедлять процесс схватывания бетонных смесей до 4-5 часов без ущерба для проектной прочности бетонов [2,3]. Чаще всего, это добавки на основе нафталинформальдегидов. Фактически, имеют место случаи, когда время транспортирования смесей составляет 8-12 часов, и для сохранения их подвижности увеличивают дозировку добавок. Анализ литературных данных и проводимые экспериментальные исследования показывают, что это приводит к существенному снижению скорости роста прочности бетона в ранние сроки твердения, что негативно влияет на процесс строительства. Увеличивается временной промежуток, позволяющий возводить вышележащие конструкции (согласно ППР устанавливается необходимый процент от проектной прочности бетона перед нагружением). При бетонировании в зимнее время, возникает необходимость более длительного прогрева конструкций. Бетоны из

таких смесей имеют более низкую прочность в марочном возрасте, что приводит к необходимости искусственно завышать проектный класс бетона. Это приводит к затягиванию и удорожанию строительства.

Поэтому, для увеличения эффективности применения химических добавок, нами предлагается комплексный подход к решению проблемы путем изменения порядка загрузки бетоносмесителя и режимов перемешивания бетонных смесей. Для лабораторных исследований были выбраны добавки: полинафталинметилсульфонат натрия Полипласт СП-1 в количестве 0,7% от массы цемента (по ТУ 5870-005-58042865-05) [6] и комплексная добавка из замедлителя Centrament Retard 390 в количестве 0,3% от массы цемента (по ТУ 5745-028-51552155-2009) совместно с пластифицирующей добавкой Centrament N10 в количестве 0,8% от массы цемента (по ТУ 5745-026-51552155-2009) [4,5]. Готовились бетонные смеси с подвижностью ОК 20 см

При этом реализовывались следующие варианты загрузки бетоносмесителя и перемешивания бетонной смеси:

1 - в бетоносмеситель загружались только заполнители с частью воды затворения. Смесь перемешивалась каждый час в течение 8 часов, после чего вводились цемент и добавки с остаточной водой затворения. Формование образцов производилось через 10 часов после начала замешивания.

2 - в бетоносмеситель загружались заполнители с частью воды затворения и добавками. Смесь перемешивалась каждый час в течение 8 часов, после чего вводились цемент и остаточная вода затворения. Формование образцов производилось через 10 часов после начала замешивания.

3 - в бетоносмеситель загружалась готовая бетонная смесь, которая перемешивалась каждый час в течение 8 часов. По мере уменьшения подвижности реализовывались следующие мероприятия:

3а) доливалась вода до поддержания подвижности ОК 20 см;

3б) доливалась вода до поддержания подвижности ОК 20 см с пластифицирующей добавкой Centrament N10 или СП-1 (общее содержание добавки не превышало 1,2% от массы цемента).

3в) ничего не добавлялось, а через 8 часов доливалась вода с пластифицирующей добавкой Centrament N10 или СП-1 (общее содержание добавки не превышало 1,2% от массы цемента) до поддержания подвижности ОК 20 см. Формование образцов производилось через 10 часов после начала замешивания. Параллельно готовились контрольные образцы сразу после окончания перемешивания (только для третьего варианта).

Испытания образцов производилось в возрасте 3, 7 и 28 суток. В ранние сроки твердения все образцы показали существенное, до 40 – 50 %, снижение прочности относительно контрольных, кроме составов, приготовленных по варианту 1 и 3в, снижение прочности, которых составило 9 и 18%, соответственно. При испытании в марочном возрасте снижение прочности у образцов, изготовленных по схемам 2, 3а и 3 б, относительно контрольных не пре-

вышло 27%, а у образцов, изготовленных по схеме 1 и 3в не превышало 5 %. Следует отметить, что наилучшие результаты по прочности бетонов были получены при использовании комплекса из добавок Centrament.

Таким образом, по результатам предварительных исследований установлено, что наиболее приемлемыми по критерию цена-качество-доступность, являются добавки: замедлитель Centrament Retard 390 (по ТУ 5745-028-51552155-2009) совместно с пластифицирующей добавкой Centrament N10 (по ТУ 5745-026-51552155-2009). Дозировка Centrament Retard 390 составляет 0,3 % на 1 м³ бетонной смеси (в зависимости от необходимого времени транспортирования), Centrament N10 – 0,8 % на 1 м³ бетонной смеси.

Промышленная апробация предложенных технологических приемов была проведена на бетонном заводе ООО «Технологии бетона», который имеет богатый опыт по длительному (до 10 часов) транспортированию бетонных смесей на большие расстояния.

Для обеспечения гарантированного качества доставляемых бетонных смесей и получаемых из них бетонов сотрудниками ООО «Технологии бетона» помимо проведения собственных исследований, анализировался опыт Российских и зарубежных фирм, занимающихся мероприятиями по увеличению времени «живучести» бетонных смесей.

В реальных условиях (строительство Усть-Сильгинского ГКМ (Каргасокский р-н) изучалось изменение реологических характеристик бетонных смесей при транспортировании с последующей укладкой в течение 10 часов и свойств полученных бетонов. Предполагалось поддержание «рабочей» подвижности ОК=18-20 см. Нормируемый класс бетона В-7,5 – В30. Приготовленная на БСУ ООО «Технологии бетона» бетонная смесь загружалась в автобетоносмеситель и транспортировалась на объект строительства Усть-Сильгинского ГКМ (Каргасокский р-н). При этом реализовывались следующие варианты загрузки и транспортирования:

1 - в автобетоносмеситель загружались только заполнители с частью воды затворения (для обеспечения возможности перемешивания), а цемент и добавки с остаточной водой затворения загружались за 1 - 2 часа до прибытия на строительную площадку водителем (отдозированный цемент в специальной таре транспортируется на раме автобетоносмесителя), либо на специальном временном пункте дозирования.

2 - в автобетоносмеситель загружались только заполнители с частью воды затворения и добавками (для обеспечения возможности перемешивания), а цемент и остаточная вода затворения загружались за 1 - 2 часа до прибытия на строительную площадку водителем (отдозированный цемент в специальной таре транспортируется на раме автобетоносмесителя), либо на специальном временном пункте дозирования.

3 - в автобетоносмеситель загружалась готовая бетонная смесь, подвижность которой визуально контролировалась водителем. 3а) По мере ее

уменьшения, в процессе транспортировки, доливалась вода. 3б) По мере ее уменьшения, в процессе транспортировки, доливалась вода с пластифицирующей добавкой Centrament N10 (не более 1,2% от массы цемента). 3в) В процессе транспортировки ничего не доливалось, а на объекте, в случае необходимости, перед разгрузкой автобетоносмесителя доливалась вода с пластифицирующей добавкой Centrament N10 (не более 1,2% от массы цемента).

Параллельно готовились контрольные образцы при загрузке автобетоносмесителя. Установлено, что наилучшие результаты по прочности бетонов (подвижность бетонной смеси на уровне ОК 18-20 см. всегда обеспечивалась) были получены при использовании варианта № 1. Но в этом случае, увеличивается себестоимость бетона, в связи с необходимостью устройства специального временного пункта дозирования, его охраны и т.п. или с необходимостью специального затаривания и закрепления (удобного для водителя) отдозированного цемента. Прочность образцов, изготовленных на строительной площадке по первому варианту транспортирования практически не отличалась от прочности контрольных образцов.

При транспортировании по остальным вариантам наблюдалось снижение прочности до 25%. Из них наилучшими прочностными характеристиками обладали образцы, отобранные при варианте транспортирования 3в (снижение прочности по сравнению с контрольными не превышало 4-5%).

Существенное влияние на скорость потери подвижности бетонных смесей оказывает ее температура в процессе транспортирования, которая в свою очередь зависит от начальной температуры смеси (при ее приготовлении), температуры окружающего воздуха, рабочего объема автобетоносмесителя, режима перемешивания в процессе транспортировки и т.п. В рассмотренном выше случае, рабочий объем автобетоносмесителей составлял от пяти до десяти кубических метров. Транспортировка осуществлялась, до 350 км по асфальтированной дороге, и, далее, до 200 км, по зимнику среднего качества. При транспортировке, осуществлялось вращение барабана на минимальной скорости. Температура окружающего воздуха составляла минус 20 – минус 25⁰С. При начальной температуре бетонной смеси + 24 - +30⁰С, на момент ее укладки она составляла + 4 - +10⁰С. Скорость падения температуры смеси в автобетоносмесителях большего объема была значительно меньше. Не смотря на установленный факт, количество полученных на настоящий момент данных, пока не позволяет установить корректных зависимостей по скорости потери подвижности бетонных смесей от влияния температурных факторов и режимов транспортирования, и будет являться предметом дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукьянчиков С.А. Влияние добавок ALPHALIT 2030 FM И PF1190 на скорость твердения высокопрочных бетонов для системы КУПАСС /

С.А. Лукьянчиков, А.А. Ланграф // Перспективные материалы в технике и строительстве. Материалы международной научной конференции молодых ученых с международным участием. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014.

2. Лукьянчиков С.А. Проектирование гранулометрического состава заполнителя бетона / С.А. Лукьянчиков. Строительство энергоэффективного полносборного жилья экономического класса: проблемы и решения. Сборник научных трудов. Томск, изд-во Том. Гос. Архит.-строит. Ун-та. -2014.(153) – С. 131-140.

3. С.А. Лукьянчиков Влияние различных режимов тепловой обработки на свойства бетонов. / С.А. Лукьянчиков // Перспективные материалы в технике и строительстве. (ПМТС-2014) Материалы международной научной конференции молодых ученых с международным участием. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014 (685). - С 94-100.

4. ТУ 5745-028-51552155-2009. Добавки-замедлители для бетонов и растворов "ЦЕНТРАМЕНТ РЕТАРД 310" ("CENTRAMENT RETARD 310"), "ЦЕНТРАМЕНТ РЕТАРД 360" ("CENTRAMENT RETARD 360"), "ЦЕНТРАМЕНТ РЕТАРД 390" ("CENTRAMENT RETARD 390"). Технические условия.

5. ТУ 5745-026-51552155-2009. "Добавка сильнопластифицирующая для бетонов и растворов "Центрамент Н 10" ("Centrament N 10")

6. ТУ 5870-005-58042865-05. Суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ СП-1». Технические условия.

Поздняков И.С., Игнатова О.А.
(Новосибирск, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ В СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЯХ

В статье проведен анализ характеристик различных теплоизоляционных материалов в качестве внутреннего слоя сэндвич –панелей. Установлено, что оптимальными свойствами обладает полиизоцианурат (ПИР) - пенополиуретан нового поколения

The article analyzes the characteristics of various heat- insulating materials as an inner layer of sandwich-panels. It was found that the optimal properties has polyisocyanurate (PIR), a new generation of polyurethane foam.

В настоящее время в гражданском и промышленном строительстве все большее значение придается теплоизоляции зданий и сооружений. В ряде стран действуют жесткие ограничения на минимально допустимый уровень теплоизоляции зданий. Подобные меры связаны с удорожанием топлива и с увеличением расходов на обогрев зданий.

Количество тепла, необходимое для поддержания оптимальной температуры внутри зданий зависит главным образом от двух факторов:

- потери тепла, обусловленные теплопроводностью материалов ограждающих конструкций (пол, стены и потолок);
- потери тепла, связанные с переносом воздуха через естественные поры ограждающих сооружений (естественная вентиляция).

Потери тепла, вызванные первым фактором, можно уменьшить, применяя материалы с меньшей теплопроводностью, а связанные со вторым фактором - использованием воздухо непроницаемых материалов и применением эффективных методов искусственной вентиляции.

В последние годы все большее распространение получили быстровозводимые здания из металлических конструкций и сэндвич-панелей. Сэндвич-панели представляют собой трехслойную конструкцию, в которой между двумя слоями металлического листа находится слой теплоизоляционного материала. В качестве теплоизоляции используются различные материалы с низкой теплопроводностью. В качестве утеплителя в настоящее время используют минераловатные плиты, пенополистирол, пенополиуретан (см табл.1).

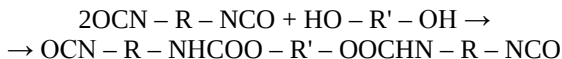
При выборе изоляционного материала к нему предъявляют высокие требования по плотности, жесткости, горючести. Очевидно, что наиболее эффективными в данных конструкциях являются пенополиуретаны.

Полиуретаны - полимерные соединения, образующиеся в результате взаимодействия между жидкими изоцианатами и полиолами. Это сложная и разнообразная группа полимеров. При определенном соотношении изоцианата и полиола можно получают как мягкие и эластичные пены, жесткие пенополиуретаны (ППУ) с закрытыми ячейками, обладающие высокими теплоизолирующими свойствами. Плотность жестких ППУ в пределах от 25 до 100 кг/м³.

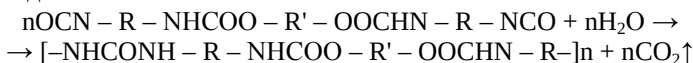
Таблица 1 Характеристики теплоизоляционного слоя сэндвич-панелей

Утеплитель	Горючесть	Прочность на сжатие при $\varepsilon=10\%$, МПа	Коэффициент теплопроводности, (Вт/м•К)	Диапазон рабочих температур, °С
Минеральная вата	НГ	0,01 - 0,15	0,041 - 0,045	-60 +140
Пенополистирол	Г2	0,2 - 0,5	0,037- 0,039	-80 +60
Пенополиуретан PUR	Г3-Г4	0,4	0,021-0,023	-80 +100
Пенополиуретан PIR	Г1	0,4	0,021-0,023	-80 +140

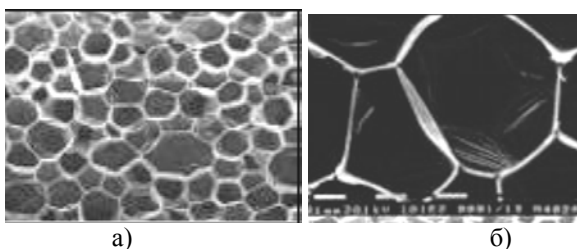
Плотность образующихся пенополиуретанов зависит от соотношения компонентов в исходной смеси. При избытке изоцианатов ППУ будет содержать больше мочевиновых групп $-\text{NHCONH}-$, чем при недостатке изоцианатов, когда образуется больше уретановых групп $-\text{NHCOO}-$. При взаимодействии изоцианатов с гидроксилсодержащими олигомерами образуется полимер с уретановыми звеньями:



При избытке изоцианата в реакционной среде на концах растущих макромолекул оказываются изоцианатные группы, которые могут вступать в реакцию с водой:



При этом выделяется углекислый газ, вспенивающий композицию, а макромолекулы присоединяются друг к другу через мочевиновые группы. Материал имеет структуру в виде мелких закрытых ячеек, наполненных вспенивающим газом (см. рис. 1).



а)
Рис. 1. Структура пенополиуретана
при 20-кратном, б) при 200-кратном увеличении

Экспериментально установлено, что при одной и той же плотности ППУ, меньшей теплопроводностью обладает материал, у которого средний размер ячеек меньше рис.2 [1].

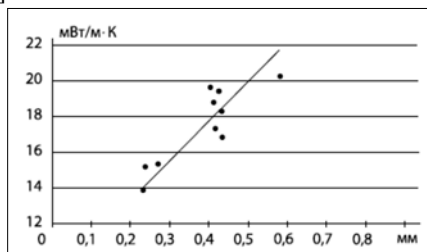


Рис. 2. Зависимость теплопроводности ППУ от размера ячеек

При этом, как теплопроводность, так и прочность материала увеличиваются с увеличением плотности.

Таким образом, для лучшей теплоизоляции следует использовать ППУ с меньшей плотностью, но при этом может быть получен хрупкий материал. На графике (рис. 3), приведена зависимость теплопроводности жёстких ППУ от плотности [1].

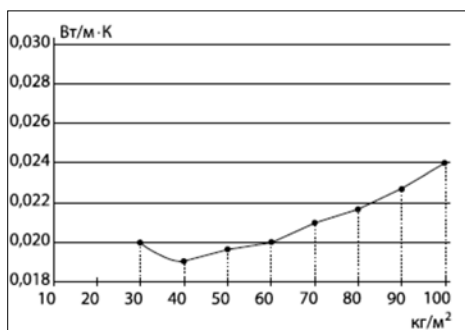


Рис.3. Зависимость теплопроводности от плотности пенополиуретана

Очевидно, что оптимальная теплопроводность достигается при плотности ППУ около 40 кг/м^3 . При такой плотности наполнителя, панели обладают также достаточной конструктивной жёсткостью. Свойства жестких пенополиуретанов позволяют широко применять их в строительной области в качестве теплоизоляционных материалов.

Помимо высоких теплоизоляционных показателей, жёсткие ППУ обладают достаточной твёрдостью и могут выдерживать значительные механические нагрузки, что позволяет их применять в качестве внутреннего слоя в трехслойных сэндвич-панелях.

Теплопроводность жесткого ППУ определяется теплопроводностью газа, которым наполнены ячейки, теплопроводностью твердой межпоровой перегородки и теплопроводностью за счет конвекции. При сравнительно малых размерах ячеек конвективный перенос тепла весьма мал, вклад твердой части составляет около 20%.

Таким образом, основной же вклад в теплопроводность пенополиуретана принадлежит газовой фракции, содержащейся в порах, состав которой зависит от вида вспенивающего агента. Поэтому, природа вспенивающего агента, применяемого при производстве жестких пенополиуретанов, играет очень важную роль.

В таблице 2 приведены основные свойства вспенивателей для жёстких ППУ, применяемых в настоящее время.

По комплексу показателей, наиболее эффективным и безопасным, в данном случае является углекислый газ.

В настоящее время в сэндвич-панелях все шире используют качественный двухкомпонентный полиуретан (PUR) или полиизоцианурат (PIR). Пенополиуретан (PUR) и полиизоцианурат (PIR) - это два класса родственных полимеров, получаемых при реакции нескольких компонентов. Пенополиуретан (PUR) образуется за счёт реакции между полиолом и изоцианатом с образованием уретановых связей. В случае с полиизоциануратом (PIR) наряду с данным процессом образуются также особые «трехмерные» сетчатые структуры за счёт реакции молекул диизоцианата друг с другом. Особенность этих тримеров (полиизоциануратов) является их обугливание при горении или воздействии пламени с образованием «пористой» углеродной матрицы. Эта матрица служит защитой для внутренних слоев и препятствует их горению.

Таблица 2. Характеристики вспенивателей для пенополиуретанов

Название	Формула	Молекулярная масса, г/моль	Теплопроводность при 25°C, мВт/м•К	Точка кипения (°C)	Предел горючести, % объема в воздухе
Фреон-11	$\text{C—Cl}_3\text{F}$	137,5	7,8	24	Нет
Фреон-141b	$\text{CH}_3\text{C—Cl}_2\text{F}$	116,9	9,8	32	5,6 - 17,6
Фреон-134a	CH_2FCF_3	102,0	14,3	-26	Нет
Фреон-245fa	$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	134,0	12,2	15	Нет
Фреон-365mfc	$\text{CH}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	148,0	10,6	40	3,5 - 9,0
N-Пентан	C_5H_{12}	72,0	14,6	36	1,4 - 8,3
Изопентан	C_5H_{12}	72,0	13,8	28	1,4 - 7,6
Циклопентан	C_5H_{10}	70,0	12,6	50	1,4 - 7,8
Углекислый газ	CO_2	44,0	16,3	-78	Нет
Воздух	N_2/O_2	28,8	26,5	-193	Нет

Таблица 3. Показатели пожарной безопасности пенополиизоцианурата PIR

Наименование показателя	Значения
Класс пожарной опасности	K1 (15)
Группа горючести	Г1
Группа воспламеняемости	В1
Дымообразующая способность	Д3
Группа по токсичности продуктов горения	T2
Группа распространения пламени по поверхности	РП1

Благодаря образованию углеродной матрицы, выделяется значительно меньше тепла, чем в случае пенопластов, сгорающих полностью. Таким образом, PIR-панели отличаются более высокими огнестойкими качествами, чем традиционные панели с PUR-утеплителем (табл.3).

Температура эксплуатации PIR-панелей может быть до 140°C, тогда как PUR-панели можно использовать только при температурах ниже 100°C. Как PUR-панели, так и PIR-панели обладают высокими влагостойкими качествами и практически паронепроницаемы.

С учетом приведенных характеристик, сэндвич панели с пенополиизоциануратом можно применять для утепления:

- фундамента и пола;
- наружных стен как снаружи, так и изнутри;
- кровли;
- междуэтажных и чердачных перекрытий.

Таким образом, плиты PIR (на основе пенополиизоцианурата) можно рассматривать как эффективный теплоизоляционный материал нового поколения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазутин, М. Оттенс А., Келлер П. Тепловая изоляция из жесткого пенополиуретана: основные свойства и направления применения в строительстве / Энергосбережение, 2002. №3. - С. 56-59.
- 2 Чистяков А. М. Легкие многослойные ограждающие конструкции / А. М. Чистяков. – М. : Стройиздат, 1987. – 240 с.

Ильенко Е.А., Игнатова О.А.
(Новосибирск, Россия)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЫ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТЬЮ В РАННИЕ СРОКИ ТВЕРДЕНИЯ И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ

В статье представлены разработки оптимизации составов композиционного портландцемента типа ЦЕМ II/A-K содержащие молотый известняк, золу уноса ТЭЦ-5 и золошлаковую смесь ТЭЦ-2, которые по показателям качества отвечают требованиям ГОСТ 31108-2003. По результатам ускоренного определения активности была определена марка полученного состава композиционного портландцемента, которая соответствовала марки 400.

The article presents the design optimization of composite compositions of Portland cement type CEM II / A-K containing ground limestone, fly ash CHP-5 and ash and slag mixture of CHP-2, which in terms of quality meet the requirements GOST 31108-2003. As a

result of rapid determination of the activity was defined brand resulting composite composition of Portland cement, which is consistent with the brand 400.

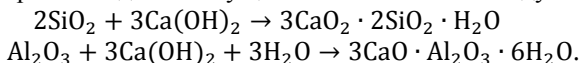
Основные преимущества композиционных цемента в сравнении с чисто клинкерным портландцементом раскрываются по трем основным направлениям:

- экономическом – уменьшение энергозатрат при производстве вяжущих, основная доля которых приходится на процесс обжига клинкера;
- экологическом – снижение выбросов в атмосферу углекислого газа; вовлечение в производство отходов промышленности;
- техническом – улучшение технологических характеристик бетонных смесей (повышение подвижности и сохранности ее во времени, улучшение формуемости и поверхностной обработки свежееотформованных изделий), а также повышение физико-механических и эксплуатационных характеристик бетонов (снижение термических деформаций при твердении, усадки и проницаемости, повышение трещиностойкости и стойкости к различного рода коррозиям).

Производство композиционных цемента осуществляется, как правило, двумя основными способами: совместным помолом клинкера портландцемента с минеральными добавками или отдельным помолом отдельных ингредиентов с последующим смешиванием. Совместное измельчение технологически проще, при этом мельница выполняет функции одновременно помольного устройства и смесителя (гомогенизатора). Однако вследствие различной размалываемости материалов цемент получается не оптимальной гранулометрии. Так, совместный помол клинкера и доменного гранулированного шлака обеспечивает получение цемента с высокой степенью дисперсности клинкера и низкой шлака.

Минеральные добавки, которые входят в вещественный состав цемента как основной или дополнительный компонент (исключая гипс и его производные), разделяют на активные минеральные добавки, обладающие самостоятельной или скрытой гидравлической активностью, и добавки-наполнители (инертные).

Активные минеральные добавки в присутствии воды способны взаимодействовать с оксидом кальция при обычных температурах, образуя при этом соединения, которые обладают вяжущими свойствами по следующей схеме:



Инертные минеральные добавки-наполнители представляют собой тонкодисперсные компоненты, состоящие из кристаллического кремнезема, глинозема, карбонатов, не обладающие даже скрытой гидравлической активностью. Они не оказывают существенного влияния на процессы гидратации

портландцемента, однако улучшают его гранулометрический состав и структуру цементного камня.

Применение дисперсных минеральных добавок в составе бетона позволяет снизить расход цемента без ухудшения его качества, управлять кинетикой и степенью гидратации минералов цемента; в результате химического взаимодействия добавок с продуктами гидратации получать качественно новые соединения и структуры.

Эффективность применения минеральных добавок и возможность замены ими части клинкерных цементов определяется их пластифицирующим и уплотняющим действием, а также наличием в них активных компонентов, способных взаимодействовать с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующегося при гидратации цемента. Одно из направлений повышения качества бетона реализуется через оптимизацию гранулометрического состава портландцемента, что обеспечивает снижение его водопотребности. Свойства бетона во многом зависят от содержания тонких фракций в цементе, которые также определяют плотность упаковки частиц.

Молотые минеральные добавки (доменный граншлак, зола-унос, известняк, пуццоланы), имеющие примерно одинаковый средний размер частиц, характеризуются различной удельной поверхностью, т.к. имеют различные интервалы распределения частиц по размерам. Более высокая плотность упаковки частиц достигается в случае, когда средний размер двух смешиваемых компонентов существенно отличается друг от друга. При смешивании компонентов с примерно одинаковой дисперсностью плотность упаковки повышается, если один из двух порошков характеризуется значительно более широким диапазоном распределения частиц по размерам, чем другой.

Оптимизацию состава композиционных цементов типа ЦЕМ II/A-K проводили с применением метода математического планирования эксперимента (ПФЭ 2к).

Значения факторов варьирования и их физический смысл представлены в табл. 1. За функцию отклика были приняты следующие параметры:

- $Y_1 (X_1, X_2)$ – предел прочности при сжатии образцов-кубов – не менее 15 МПа;

- $Y_2 (X_1, X_2)$ – нормальная густота цементной пасты – водовяжущее отношение В/В, %.

Для всех составов определялось значение нормальной густоты после чего формовали образцы-кубы с размером ребра 2 см. Предел прочности при сжатии образцов-кубов определяли в возрасте двух суток нормального твердения. План эксперимента и результаты параметров оптимизации представлены в табл. 2.

Математическая обработка полученных результатов оптимизации проводилась на специально разработанной программе «MathCAD 15».

Таблица 1. Значение факторов варьирования ПФЭ 2к

№ п/п	Код фактора	Физический смысл фактора	Ед. измерения	Интервал варьирования	Уровни фактора		
					-1	0	+1
1	X1	содержание известняка*	%	±2,5	7,5	10	12,5
2	X2	содержание золы-уноса*	%	±2,5	2,5	5	7,5

* - общее содержание комбинированной минеральной добавки в количестве 35 % в составе композиционного цемента регулировалось расходом ЗПС.

Таблица 2. План эксперимента и результаты оптимизации параметров

№	Кодирование переменных		Натуральные значения		Значения параметров оптимизации	
	X1	X2	X1	X2	В/В, %	Рсж, МПа
1	-1	-1	7,5	2,5	21	28,9
2	-1	0	7,5	5	23	32,9
3	-1	+1	7,5	7,5	25	29,7
4	0	-1	10	2,5	22	31,6
5	0	0	10	5	23	38,1
6	0	+1	10	7,5	23	33,7
7	+1	-1	12,5	2,5	22	41,2
8	+1	0	12,5	5	23	32,5
9	+1	+1	12,5	7,5	25	19,5

По результатам исследования, методом наименьших квадратов были получены базовые уравнения регрессии, которые представлены в виде полиномов 2-ой степени:

$$Y(X_1, X_2) = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + B_3 \cdot X_1 \cdot X_2 + B_4 \cdot X_1^2 + B_5 \cdot X_2^2 \quad (1)$$

Статистический анализ полученных уравнений регрессии оценивали по трем критериям: однородности дисперсий, значимости коэффициентов и адекватности, которая проверялась с помощью критерия Фишера. По расчетному значению t – критерия Стьюдента устанавливаем значимость коэффициентов уравнений. Значения полученных коэффициентов сведены в табл. 3.

Таблица 3. Расчетные коэффициенты уравнений регрессии

Наименование	Коэффициенты уравнений					
	B0	B1	B2	B3	B4	B5
ЦЕМ II/A-K	36,889	0,59*	-3,301	-3,633	-3,265	-0,871*

* - незначимые коэффициенты

Получено следующее уравнение регрессии:

$$Y(X_1, X_2) = 36,889 - 3,301 \cdot X_2 - 3,633 \cdot X_1 \cdot X_2 - 3,265 \cdot X_1^2 \quad (2)$$

Графическая интерпретация математических зависимостей и коэффициент множественной корреляции представлены на рис. 1.

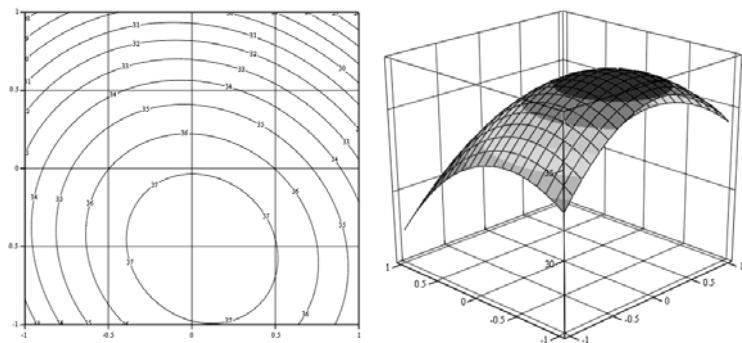


Рис.1. Зависимость предела прочности при сжатии цементного камня от расхода молотого известняка (X_1) и золы-уноса (X_2).

В ходе предварительно проведенной оптимизации для дальнейших исследований был выбран композиционный цемент состав №1, представленный в табл. 4.

На основании полученных результатов следует отметить, что активность полученного композиционного цемента ЦЕМ II/A-K на 10% выше, чем у ЦЕМ I, особенно в ранние сроки твердения (рис.2).

Таблица 4. Составы композиционных цементов

№	Состав композиционного портландцемента, %					Предел прочности при сжатии, МПа	НГ, %
	ЦЕМ I	Золошлаковая смесь ТЭЦ-2	Зола уноса ТЭЦ-5	Известняк	С-3		
1	80	5	2,5	12,5	0,3	41,2	22
2	80	5	5	10	0,3	38,1	23
3	80	2,5	7,5	10		33,7	23
4	80	7,5	5	7,5		33	23

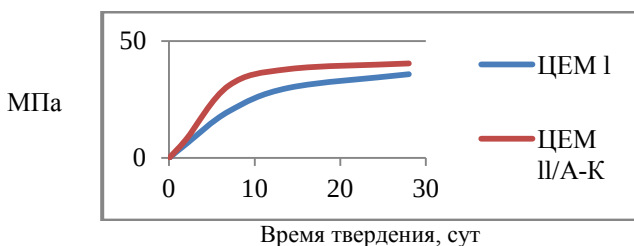


Рис. 2 Сравнение активности полученного цемента ЦЕМ II/A-K и ЦЕМ I.

В ходе работы были разработаны и оптимизированы составы композиционных портландцементов типа ЦЕМ II/A-K, содержащие молотый известняк, золу уноса ТЭЦ-5 и золошлаковую смесь ТЭЦ-2, которые по показателям качества отвечают требованиям ГОСТ 31108-2003. Активность полученного композиционного цемента на 10% выше, чем у контрольного, особенно в ранние сроки твердения и соответствует марке 400.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества: Учеб. для вузов. / А.В. Волженский – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
2. Малинина Л.А. Проблемы производства и применения тонкомолотых многокомпонентных цементов / Л.А. Малинина // Бетон и железобетон. – 1990. – № 2. – С. 3-5.

УДК 691.327.333

А.В. Страхов, Д.Ю. Баганова (Саратов, Россия)

ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ТВЕРДЕНИЯ ПЕНОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВОЛОКНИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Аннотация. Основными проблемами изделий на основе пенобетона являются относительно низкая прочность и появление усадочных деформаций при твердении. В статье представлены результаты исследований по определению оптимальных режимов твердения пенобетонных, модифицированных волокнистыми заполнителями.

Ключевые слова: пенобетон, волокнистый наполнитель, режим твердения, усадочные деформации.

EVALUATION OF OPTIMUM CONDITIONS HARDENING FOAM CONCRETE ARTICLES MODIFIED FIBROUS FILLER

Abstract. The main problems of foam-based products are relatively low strength and the appearance of shrinkage deformation hardening. The article presents the results of studies to determine the optimal modes of hardening foam concrete, modified fibrous fillers.

Keywords: foam, fiberfill, hardening mode, shrinkage deformation.

Основными проблемными вопросами технологии и эксплуатации изделий на основе цементного пенобетона является относительно низкая прочность и появление усадочных деформаций при твердении, и изменение показателя влажности ячеистого бетона. [1,2]

Одним из важнейших параметров для технологии конструкционно-теплоизоляционного пенобетона являются условия твердения. Они существенным образом влияют как на особенности структуры пенобетона, так и на его свойства.

Задачей данной работы является разработка оптимального режима твердения конструкционно-теплоизоляционных изделий из пенобетона наполненных волокнистым наполнителем на основе макулатуры, т.е. подбора температуры, продолжительности тепловлажностной обработки, показателя относительной влажности в камере ТВО.

Исследования по выбору оптимального режима твердения производились на отформованных образцах – блоках размерами $600 \times 300 \times 200$ мм ($0,036 \text{ м}^3$) при различных условиях: 1) естественные условия твердения температура $30-35^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 25-35%; 2) твердение по методу «термоса» при экзотермической температуре твердения $40-45^\circ\text{C}$ и относительной влажности 60-70%; 3) тепловлажностная обработка при температуре $85-90^\circ\text{C}$ и относительной влажностью 85-95%. [3]

Эффективность способа твердения оценивалась по образованию усадочных деформаций и прочности при сжатии образцов цементного пенобетона $150 \times 150 \times 150$ мм.

Экспериментально установлено, что в результате твердения изделий в естественных условиях происходит медленный набор прочности, при котором 70 % проектной прочности конструкционно-теплоизоляционный пенобетон набирает на 14-е сутки твердения. При этом величина усадочных деформаций на 28 сутки твердения достигает от 2,5 до 6 мм/м. Конечная средняя прочность при сжатии конструкционно-теплоизоляционных пенобетонных изделий составила 1,45-1,65 МПа. [4]

Усадочные деформации являются одной из основных причин появления внутренних структурных напряжений, вызывающих развитие микро- и макротрещин, резко снижающих физико-механические характеристики и долговечность конструкционно-теплоизоляционного пенобетона и изделий на его основе. Данные процессы связаны с обезвоживанием капиллярно-пористых межпоровых перегородок ячеистой структуры в начальной стадии, когда действуют силы, капиллярной контракции сначала на поверхности микроменисков в устьях микротрещин, микропор, а затем на поверхности мельчайших водных перемычек между структурными элементами каркаса (цементного геля, песка, технического углерода и волокнистого наполнителя). Они вызывают наблюдаемое механическое стягивающее действие по линии раздела трех фаз за счет их поверхностного натяжения на вогнутых микроменисках.

Сложное взаимодействие капиллярных сил с формирующимся и приобретающим прочность структурным каркасом приводит в образцах к возникновению усадочных напряжений, которые возрастают по мере дегидратации поверхности образцов и возникновении градиента влажности между поверхностью и внутренним объемом конструкционно-теплоизоляционного пенобетона. [5]

В начальный период твердения в естественных условиях конструкционно-теплоизоляционного пенобетона, модифицированного волокнистым целлюлозным наполнителем фиксировалось образование дефектов и микротрещин, начиная с микроуровней, вследствие взаимодействия заполнителя, наполнителей и геля при осадке последнего, а также действия капиллярных сил в твердеющем цементном камне. [6]

На макроуровне конструкционно-теплоизоляционного пенобетона образование усадочных деформаций объясняется сдерживающим действием заполнителей и наполнителей по отношению к усадке цементного геля и различием объемных деформаций цементного геля и твердой фракцией в виде непрореагировавших зерен клинкера, песка, технического углерода, волокнистого целлюлозного наполнителя.

На некоторых поверхностях пенобетонных изделий макротрещины возникают из-за неравномерности развития объемных деформаций в слоях конструкционно-теплоизоляционного пенобетона, разноудаленных от поверхности, а также из-за условий, возникающих в результате образования градиента влажности между периферийными и центральными слоями изделий, которые препятствуют протеканию свободных деформаций пенобетона при усадке. [7,8]

Таким образом, возникновение внутренних напряжений в результате миграции воды из центральной части к периферийным слоям пенобетонного изделия приводит к появлению усадочных деформаций в виде трещин с шириной раскрытия от 0,1 до 0,5 мм.

Для увеличения скорости набора прочности был выбран метод тепловлажностной обработки конструкционно-теплоизоляционных пенобетонных изделий размерами 200×300×600 мм, объем изделия составляет 0,036 м³ в камере пропаривания «КУП-1» с автоматизированной системой поддержки температурно-влажностного режима рабочего объема камеры.

Процесс ТВО начинали по истечению 1 часа выдержки изделия в естественных условиях ($t=20^{\circ}\text{C}$, $W_{\text{отн}}=60\%$) после процесса формования. Максимальная температура тепловой обработки составляла 90°C при относительной влажности среды 85-95% по режиму - 3+7+4 ч. с точки зрения оптимальных затрат энергии и достижения прочностных показателей.

В результате проведения исследований были зафиксированы деформации набухания величиной от 0,8 до 2,1 мм/м, появляющиеся в процессе тепловлажностной обработки за счет сорбционных свойств волокнистого цел-

люлозного наполнителя из паровоздушной среды камеры ТВО. По истечению 14 ч. тепловлажностной обработки пенобетонное изделие имело среднюю прочность при сжатии 2,05-2,12 МПа. Однако, в ходе дальнейших исследований при экспозиции данных образцов в естественных условиях было зафиксировано образование усадочных деформаций в виде поверхностных трещин. Структура данных участков фиксировалась наличие внутренних пустот, которые образуются в результате прохождения дегидратационных процессов в волокнистом целлюлозном наполнителе. Это явление объясняется увеличением объема волокнистого целлюлозного наполнителя в начальные сроки процесса ТВО, что приводит к образованию внутренних напряжений и как следствие появление микротрещин в межпоровых перегородках и объединение пор за счет последующих дегидратационных процессов.

В виду отрицательных результатов предыдущих методов было принято решение исследовать режимы твердения по методу «термоса». Отформованные изделия размерами 200×300×600 мм накрывались формами-колпаками состоящими из каркаса и теплоизоляционной обшивки, изготовленных из деревянного бруса сечением 30×30 мм и обшитых плитами экструдированного пенополистирола толщиной 50 мм.

Твердение пенобетонных изделий осуществлялось за счет экзотермических процессов, в результате чего температура внутри камеры составляла 40-45°C при относительной влажности не более 70%. Твердение изделий осуществлялось в течении 24 часов, что обеспечивало набор 95% от марочной прочности в пределах 2,84-3,10 МПа.

По истечению данного периода ТВО наблюдались незначительные усадочные деформации величиной 0,1-0,2 мм/м без образования трещин, как в период суточного твердения, так и в возрасте 28 суток.

Данный положительный эффект объясняется отсутствием дополнительного количества воды в объеме пенобетонных изделий в процессе твердения, в то время как вода вносимая при приготовлении пенобетонной смеси обеспечивала полный объем воды необходимой для равномерного роста кристаллов гидросиликатов, а так же компенсации дегидратационных процессов в период экспозиции (складирования) пенобетонных изделий в естественных условиях.

Таким образом, установлен оптимальный режим твердения конструкционно-теплоизоляционных пенобетонных изделий, модифицированных волокнистым целлюлозным наполнителем, который представляет собой метод «термоса», проходящий при температуре твердения 40-45°C и относительной влажности не более 70% в течение 24 часов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Страхов А.В., Иващенко Ю.Г., Багапова Д.Ю. ПЕНОБЕТОН С КОМПЕНСИРОВАННОЙ УСАДКОЙ // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2016. – № 6(20)
2. Дворкин Л.И. др. Практическое бетоноведение в вопросах и ответах: Справочное пособие/ Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин, О.М. Бордюженко, Ю.В. Гарницкий, В.В. Житковский; Под. ред. Л.И. Дворкина. – СПб: ООО «Строй-бетон», 2008. – 328 с.
3. Смесь для изготовления пенобетона: патент РФ №2591996, 2015116058/03, заявл. 27.04.2015, опубл. 20.07.2016, Текст. / Иващенко Ю. Г., Страхов А. В., Багапова Д. Ю., Евстигнеев С. А. Бюл. №20. 7 с.
4. Соломатов В.И., Тахиров М.К., Тахер Шах Мд. Интенсивная технология бетонов: Совм. изд. СССР-Бангладеш.-М.: Стройиздат, 1989. – 264 с.: ил.
5. Баженов Ю.М. Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов: монография / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». Москва: МГСУ, 2013. 204 с.
6. Рабинович Ф. Н. Бетоны, дисперсно-армированные волокнами / Ф.Н. Рабинович. М.: Обзор ВНИИЭСМ, 1976. - 73 с.
7. Laukaitis A. Influence of technological factors on porous concrete formation mixture and product properties / Summary of the research report presented for habilitation // Kaunas University of Technology, 1999. 70 с.
8. Xin Luo, Wei Sun, Sammy Yin Nin Chan, Effect of heating and cooling regimes on residual strength and microstructure of normal strength and high-performance concrete, Journal of Cement and Concrete Research, Vol. 30, (2000), 379 – 383.
9. ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. Технические условия»
10. ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия»
11. ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия»
12. ГОСТ 7885-86 «Углерод технический для производства резины. Технические условия»
13. ГОСТ 10700-97 «Макулатура бумажная и картонная. Технические условия»
14. ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»
15. ГОСТ 12730.1-78 «Бетоны. Методы определения плотности»

3. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВОК НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ.

УДК 691.327.333

*В.В. Конушева, О.О. Сыркин, А.Б. Стешенко,
А.И. Кудяков, (Томск, Россия)*

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ВОДОСТОЙКОСТЬ ГИПСА

Аннотация. Установлена эффективность использования модифицирующих добавок для повышения прочности и коэффициента размягчения строительного гипса. При введении в гипс водного раствора NaOH и силикагеля в количестве 5% от массы гипса наблюдается прирост прочности на 10%, при этом коэффициент размягчения составляет 1,11.

Ключевые слова: гипс, силикагель, гидроксид натрия, вода, микрокремнезем, прочность при сжатии, прочность при изгибе.

Keywords: gypsum, silica gel, sodium hydroxide, water, microsilica, compressive strength, flexural strength.

Применение вяжущих веществ, обеспечивающий быстрый набор прочности в ранние сроки твердения без тепловой обработки, способствует повышению эффективности производства строительных материалов и изделий. Один из таких материалов – полуводный гипс. Гипс значительно теряет прочность при увлажнении, поэтому не рекомендуется применять гипсовые материалы в конструкциях, подвергаемых значительному и длительному воздействию воды. Известно, что повысить водостойкость гипсовых изделий можно введением добавок шлаковой и каменной муки, зол или цемьянки. Эти добавки при твердении гипса образуют труднорастворимые соединения. В настоящей работе в качестве добавки для повышения водостойкости гипсовых изделий были выбраны силикагель и микрокремнезем.

Микрокремнезем – это минеральная добавка, которую используют для повышения прочности бетона. Синтез кремниевых сплавов металла или ферросилиция под воздействием высокой температурой образует газ (оксид кремния). Газ вступает в реакцию с кислородом и конденсируется в микрокремнезем, принимая форму белого порошка, состоящего из диоксида кремния, размеры частиц – 0,1 мкм. Они сгруппированы в кластеры размером до 1 мкм.

Силикагель – это высушенный гель кремневой кислоты. Структура силикагеля может рассматриваться как совокупность агрегатов сферических нано частиц диаметром 0,01 мкм. В настоящей работе был использован гранулированный крупнопористый силикагель с исходным размером гранул 2-

4мм., измельченный в лабораторной конусной дробилке до размеров частиц менее 0,14мм.

Цель работы состояла в подборе состава, обеспечивающего повышенную водостойкость продукта твердения. Было изучено шесть составов представленных в таблице 1.

Водо-гипсовое отношение для всех составов составляло 0,5, что соответствует гипсовому тесту стандартной консистенции. В составе №4 затвердителем служила известковая вода, pH которой равен 12. Было высказано предположение, что положительная роль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ сводится к подщелачиванию среды твердения [1]. Мы проверили это предположение.

Таблица 1. Составы гипсового теста

№п/п	Номер состава	Компоненты состава
1	№1	Гипс+вода
2	№2	Гипс+вода+силикагель 3% от массы гипса
3	№3	Гипс+вода+силикагель 5% от массы гипса
3	№4	Гипс+известковая вода+силикагель 5% от массы гипса
4	№5	Гипс+водный раствор NaOH +силикагель
5	№6	Гипс+вода+микрокремнезем

В составе №5 в качестве затворителя использовали разбавленный раствор гидроксида с тем же значением pH, что и известковая вода. Из замесов вышеприведенных составов формировали образцы-балочки, которые испытывали в возрасте 14 суток. Определяли предел прочности балочек при изгибе, а половинки – при сжатии. Причём три из шести половинок перед испытанием выдерживали в воде в течении полутора часов. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Результаты испытаний показали, что силикагель(состав№3) дает больший эффект повышения прочности для сухих образцов в сравнении с микрокремнеземом(состав№6), однако проигрывает в водостойкости. Водостойкость образцов с добавкой силикагеля повышается в присутствии активаторов, обеспечивающих подщелачивание среды твердения [2].

Наиболее эффективным оказалось введение гидроксида натрия в систему твердения: после выдержки в воде произошел прирост прочности на 10,6% по сравнению с образцом до насыщения водой.

Скорее всего, в ранние сроки твердения гидроксид натрия легко реагирует с кремневой кислотой силикагеля с образованием силикатов натрия в матрице твердения твердеющего гипса. Затем при выдержке в воде происходит частичное растворение сульфата кальция и в водной среде протекает обменная реакция с образованием гидросиликата кальция[3]. Это дает прирост в прочности.

Таблица 2. Влияние добавок на прочностные показатели строительного гипса.

№	Номер состава	R _{изг} , МПа	R _{сж} , МПа		Коэффициент размягчения
			До насыщения водой	После насыщения водой	
1	№1	2.41	5.53	5.26	0.95
2	№2	2.503	4.92	3.83	0.77
3	№3	2.63	5.97	5.26	0.88
4	№4	2.45	4.76	4.64	0.97
5	№5	2.32	4.52	5.0	1.11
6	№6	2.5	5.25	5.2	0.99

Вывод. Таким образом, установлена целесообразность использования добавок силикагеля и щелочного активатора для повышения водостойкости строительного гипса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Изряднова О.В., Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Фишер Х. - Б. Регулирование морфологии кристаллогидратов в структуре гипсовой матрицы ульта - и нанодисперсными добавками // Известия КГАСУ. 2014. №3 (29). С. 108 - 113.
2. Макарова Н.В., Игнатова О.А. Повышение водостойкости композиционного гипсового вяжущего//Новая наука: современное состояние и пути развития. 2016. №8 (98). С. 137-140.
3. Потапова Е.Н., Исаева И.В. Повышение водостойкости гипсового вяжущего // Строительные материалы, 2012, № 7. – С. 20-22.

УДК 691.421

***А.П.Пичугин, А.С.Денисов, Е.Г.Лазарев**
(Новосибирск, Россия)*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОПЛИВНЫХ ШЛАКОВ

Аннотация

Дана технико-экономическая оценка производства и применения легкобетонных крупнопористых керамических блоков на основе шлакового заполнителя в сравнении с традиционно применяемыми материалами и конструкциями. Показана целесообразность предлагаемой технологии по теплотехническим и акустическим соображениям. Кроме того, присутствует экологическая составляющая от использования отходов теплоэнергетики.

Abstract The feasibility study for the production and use of light concrete blocks macroporous ceramic based slag aggregate in comparison to traditionally used materials and designs. The expediency of the proposed technology for thermal and acoustic reasons. In addition, there is the environmental component of the use of thermal energy waste.

Технико-экономическая оценка производства и применения легкобетонных крупнопористых керамических блоков на основе шлакового заполнителя для объектов жилищного и производственного назначения осуществлялась в соответствии с рекомендациями Госстроя РФ. Технология получения базировалась на следующих операциях. Шлак рассеивался по фракциям 5-10 мм, 10-20 мм и 20-40 мм, после чего подвергался обработке жидким глиняным составом для снижения открытой пористости. После сушки и обжига отдельно по фракциям готовились три вида смесей из глиношлаковых составов. Формование осуществлялось в специальных формах для крупноразмерных блоков, состоящих из трех полостей, образуемых специальными металлическими вкладышами: внутренней - центральной части - для фракции 20-40 мм; средних слоев - для фракции 10-20 мм и наружных слоев - для фракции 5-10 мм. После наполнения каждого объема вкладыши вынимались из формы и производилось виброуплотнение, обеспечивающее взаимосвязь между отдельными слоями. Далее после распалубливания и сушки изделия подвергались обжигу. Таким образом получались крупные блоки размерами 0,2х0,2х0,4 м. с максимальной массой от 5 до 10 кг.

Ранее уже были разработаны и апробированы теоретические положения по формированию и применению легких бетонов на пористых крупных заполнителях с изменяемой поровой структурой, эффективно снижающих шумы одновременно на низких, средних и высоких звуковых частотах за счет направленно изменяемой пористой структуры, обладающих повышенной теплоизолирующей способностью. Поэтому в данной статье освещается вопрос технико-экономической эффективности реализации данных предложений в приложении к шлаковому наполнителю и обжиговой связке. Оценка производилась с учетом мощности производства, коэффициента использования, плотности полученных изделий и их теплопроводности, а также других качественных показателей. Кроме того, при экономическом обосновании учитывались сопутствующие производству взаимосвязанные факторы:

- физико-механические и эксплуатационные свойства материалов (прочность, плотность, теплофизические характеристики, долговечность и др.) и показатели легких бетонов на основе шлакового крупного заполнителя;
- снижения уровня затрат на их доставку и ускорение возведения стен по сравнению с традиционно применяемыми материалами и изделиями;
- улучшения теплотехнических характеристик стен, а также повышение шумопоглощения за счет разнородной пористости.

Экономическая оценка преимуществ использования легкобетонных блоков на основе шлакового крупного заполнителя осуществлялась на примере

применения традиционных кирпичных стен и блоков из шлакобетона. Замена золошлакобетонных блоков путем сравнения экономической эффективности сопоставимых вариантов по комплексным текущим и капитальным затратам на разработку, транспортировку, производство и применение их в строительстве. При этом использовалась следующая формула для вычисления приведенных затрат:

$$П = \mu [C + E_m (K_n + \sum K_c)] + \frac{\mathcal{E}}{E'_m} \cdot \beta, \quad (1)$$

где С – себестоимость;

K_n и K_c – соответственно прямые и сопряженные удельные, капитальные вложения;

E_n – нормативный коэффициент эффективности;

E'_n – коэффициент приведения единовременных затрат;

$\mathcal{E}$ – среднегодовые эксплуатационные затраты;

μ – коэффициент, учитывающий сроки службы конструкций;

β – процентная ставка банковского кредита.

Приведенные затраты определялись в расчете на единицу конечной продукции с учетом особенностей применения нового легкого бетона:

- по цене получаемой продукции и затратам на доставку на единицу выпускаемой легкобетонной продукции;

- по степени возможного использования легких бетонов на 1 м² ограждающей конструкции при сопоставимых климатических условиях районов строительства;

- по эксплуатационным показателям легких бетонов в расчете на единицу измерения сопоставляемых вариантов;

- в расчете на 1 м² жилой или производственной площади.

Экономическая оценка разработанных в диссертации технологических решений осуществлялась с учетом действующих методик Госстроя России (Инструкция СН 50970). В качестве сопоставимых вариантов были приняты, наряду с экспериментальной кладкой из легкобетонных блоков на гранулированном крупном заполнителе из растительного сырья, следующие широко-применяемые конструктивные решения стен: кирпичная монолитная кладка и из шлакоблоков без добавок.

Исходные материалы, необходимые для выполнения 1м² глухой части стены приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные характеристики стен из различных материалов

Конструкция стен	Вид материала, кг/%					Масса
	Цемент	Песок	Кирпич, шт.	Шлаковый заполнитель смесь	Глина	стены, кг
Кирпичная кладка	$\frac{55}{100}$	$\frac{0,4}{100}$	$\frac{303}{100}$	-	-	$\frac{1480}{100}$
Шлакоблочная	$\frac{43}{78}$	$\frac{0,3}{75}$	$\frac{50}{100}$	$\frac{0,7}{-}$	-	$\frac{1330}{90}$
Шлаковым за- полнителе и об- жиговой связке	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{50}{100}$	$\frac{0,5}{-}$	$\frac{0,5}{-}$	$\frac{980}{65}$

Стоимостные показатели рассчитывались в действующих ценах 2016 года. Сравнивая основные показатели трудозатрат и стоимости предлагаемых изделий из легкого бетона на гранулированном крупном заполнителе из растительного сырья с традиционно применяемыми вариантами конструкций стен из кирпича и шлакоблоков с использованием цемента марки М400, можно сделать следующие выводы. Стоимостные показатели для конструкций стен с одинаковой толщиной ниже базовых показателей на 25-35% за счет уменьшения стоимости легкого бетона при замене привозного кирпича или при снижении расхода цемента в шлакобетоне. Порядок расчета годового экономического эффекта, согласно методике Госстроя, осуществлялся по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_1 - \mathcal{Z}_{C1}) \cdot \alpha + [\mathcal{E}_2 - (\mathcal{E}_2 - \mathcal{Z}_{C2})] \cdot A_{\Gamma}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_1$, $\mathcal{E}_2$ – приведенные затраты на заводское изготовление стеновых изделий с учетом транспортировки до строительной площадки по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

$\mathcal{Z}_{C1}$, $\mathcal{Z}_{C2}$ – приведенные затраты по устройству стен зданий по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

α – коэффициент изменения качественных показателей и возможности снижения расхода составляющих за счет их замены по сравнению с базовым вариантом.

Указанный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$\alpha(A_{\Gamma}) = \frac{P_1 + E_{\Gamma}}{P_2 + E_{\Gamma}}, \quad (3)$$

где P_1 , P_2 – доли сметной стоимости конструкции стены в расчете на один год службы по сравниваемым вариантам;

E_{Γ} – нормативный коэффициент капиталовложений;

Δ_3 – экономия в сфере эксплуатационных затрат конструкций стен помещения за срок их службы, принимается одинаковой для сравнительных вариантов;

A_T – годовой объем производства.

Основные технико-экономические показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2. Технико-экономические показатели различных вариантов стен (1 м²)

Конструкция стен	Масса, кг/%/	Термическое сопротивление (м ² °C)/Вт	Трудоем-кость, чел.-час.	Стоимость, руб.
Кирпичная кладка	<u>1480</u> 100	<u>1,35</u> 100	<u>5,52</u> 100	<u>2858</u> 100
Шлакоблочная	<u>1330</u> 90	<u>1,28</u> 95	<u>4,11</u> 74	<u>2494</u> 80
Шлакобетонная на заполнителе и обжиговой связке	<u>980</u> 65	<u>2,38</u> 176	<u>3,54</u> 62	<u>2218</u> 66

При подсчете технико-экономических показателей были приняты легкобетонные блоки с использованием легкобетонных блоков на основе гранулированного крупного заполнителя из камыша и соломы, соответствующие классу прочности B5,0, как имеющие средние параметры свойств и расходов составляющих компонентов.

Подсчитан суммарный экономический эффект при загрузке действующего цеха в две смены и выпуске 1200 – 1600 блоков в одну смену при пятидневной рабочей неделе составляет не менее 12-15 миллионов рублей в год за счет снижения затрат на приобретение цемента, не считая экологического эффекта от использования отходов теплоэнергетики и местного сырья, которым является глина. На основе современных представлений и рекомендаций выполнены технико-экономические расчеты работы предприятия стройиндустрии, показавшие эффективность внедрения легкобетонных блоков на шлаковом крупном пористом заполнителе с обжиговой связкой вместо цементного вяжущего. Подсчитанный годовой экономический эффект показал рациональность данной работы по эксплуатационным, технологическим и экологическим составляющим.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ГИПСОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация

Рассматривается возможность использования гипсосодержащих отходов производства плавиковой кислоты в производстве строительных материалов. Исследованы экологические, технологические, экономические аспекты применения фторангидрита, приведены результаты экспериментальных исследований по химическому и минералогическому составу, способам модифицирования для создания оптимальной макро и микроструктуры материалов.

Ключевые слова: фторангидрит, модифицирующие добавки и наполнители, стеновые и отделочные материалы.

Annotation

The possibility of using gypsum-containing wastes of hydrofluoric acid processing in production of building materials is considered. The environmental, technological and economic aspects in application of acid fluoride were investigated. Results of research work on methods of modification for optimal macro- and microstructure materials were given.

Keywords: acid fluoride, modified additives and extender pigments, wall and finishing materials.

В настоящее время гипсовые вяжущие и изделия занимают достойное место среди других строительных материалов, поскольку обладают достаточной прочностью, огнестойкостью, малой теплопроводностью, способностью регулировать микроклимат в помещениях. Потребление материалов на основе гипсовых вяжущих возрастает, в основном, за счет использования вяжущих зарубежного производства, поскольку в России производят, в основном, строительный гипс. Композиционные гипсовые вяжущие и вяжущие с использованием гипсосодержащих отходов практически не используются. В таком случае для получения строительных материалов может использоваться фторангидрит, гипсосодержащий отход производства фторидов [1-3].

Основная проблема, возникающая при использовании фторангидрита заключается в адсорбированной на его зернах остаточной серной кислоты, нейтрализовать которую необходимо до стадии технологического процесса.

На кафедре СМиТ ТГАСУ проводятся исследования по использованию фторангидрита различных производств для получения строительных материалов. Исследованный материал по содержанию природных радионуклидов относится к 1 классу строительных материалов ($A_{эфф} < 370$ Бк/кг) и может использоваться во всех видах строительства [4].

Предварительные исследования фторангидрита в качестве вяжущего показали, что самостоятельно он практически не твердеет, вмешательство в технологический процесс основного производства практически невозможен,

поэтому с целью получения материалов необходимо разрабатывать способы модифицирования его для инициирования вяжущих свойств. Способы модифицирования зависят от химического состава и однородности фторангидрита различных предприятий. Анализируя фторангидритовое сырье ведущих предприятий России и Казахстана, и обобщив литературные данные нами разработана цель и задачи исследований, сформированы научно-обоснованные подходы к использованию данного вторичного сырья. На рисунке 1 представлена блок - схема использования фторангидритового сырья в зависимости от условий образования, способов нейтрализации и хранения в отвалах.

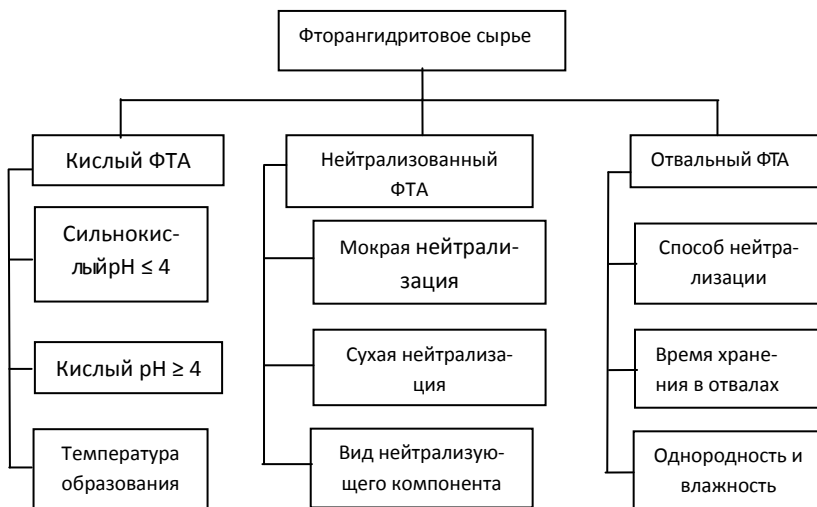


Рисунок 1 – Блок схема фторангидритового сырья

Для проведения сравнительного анализа и выбора фторангидритового сырья с целью получения вяжущего исследовано фторангидритовое сырье трех предприятий: ООО «ГалоПолимер» (г. Пермь), АО «Сибирский химический комбинат» (СХК, г. Северск), отвального фторангидрита ОАО «РУСАЛ Ачинск», нейтрализованного цементной пылью со временем хранения в отвале порядка 10 лет. Исследования по выявлению возможности использования фторангидритового сырья показали, что после помола через сито №02, вяжущее обладает характеристиками, представленными в таблице 1.

По результатам, представленным в таблице 1 фторангидритовые вяжущие в связи с низкой прочностью и медленным твердением являются нетехнологичными, и не могут обеспечивать высокую прочность изделиям на его основе. С целью изучения химического состава проведены физико-химические исследования фторангидритового сырья.

Таблица 1 – Характеристика фторангидритового вяжущего

Характеристики фторангидритового вяжущего	Вид фторангидритового вяжущего		
	«ГалоПолимер»	СХК	«РУСАЛ Ачинск»
Нормальная густота, %	45	42	40
Прочность в возрасте 28 суток, МПа	5,4	4,2	1,8
Сроки схватывания:			
Начало, ч	9	14	16,3
Конец, ч	15,2	17	17,0

По результатам рентгеноструктурных исследований, фторангидритовое вяжущее представлено, в основном, нерастворимым ангидритом и двухводным гипсом. Отвальный фторангидрит АГК представлен в основном двухводным гипсом. Результаты рентгеноструктурных исследований представлены [5]. Отвальный фторангидрит АГК представлен в основном двухводным гипсом. По результатам дериватографических исследований установлено, что основные эндоэффекты ФТА «ГалоПолимер» соответствуют удалению кристаллизационной гидратной воды при температуре 140-180 °С, перестройкой кристаллической решетки с образованием нерастворимого ФТА при температуре 450-520 °С, переходом арагонита в кальцит при температуре 447 °С, диссоциацией кальцита на оксид кальция и углекислый газ при температуре 860-1100 °С и переходом растворимого ангидрита в нерастворимый. Экзоэффект при температуре 200-320 °С связан с перестройкой решетки с образованием нерастворимого ангидрита.

Эндоэффекты при температуре 700-780 °С (рисунок 25) соответствуют ступенчатой диссоциации низко основных гидросиликатов с последующей их кристаллизацией. О чем свидетельствует и потеря массы при 20 °С и 600-800 °С.

По результатам физико-химических исследований установлено, что основными компонентами фторангидрита ООО «ГалоПолимер» после стадии сухой нейтрализации являются ангидрит, карбонат кальция и двухводный гипс. В качестве примеси присутствует фторид кальция. Отвальный фторангидрит представлен, в основном двухводным гипсом.

Проведенные исследования показали, что фторангидрит ООО «ГалоПолимер» обладает наиболее рациональными вяжущими свойствами, минимальной влажностью, поэтому в дальнейшей работе в качестве вяжущего использован нейтрализованный известняком фторангидрит производства ООО «ГалоПолимер»

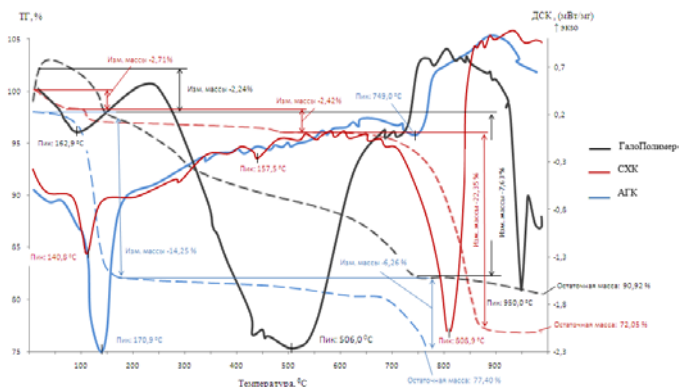


Рисунок 2 – Дериватограммы фторангидритового вяжущего

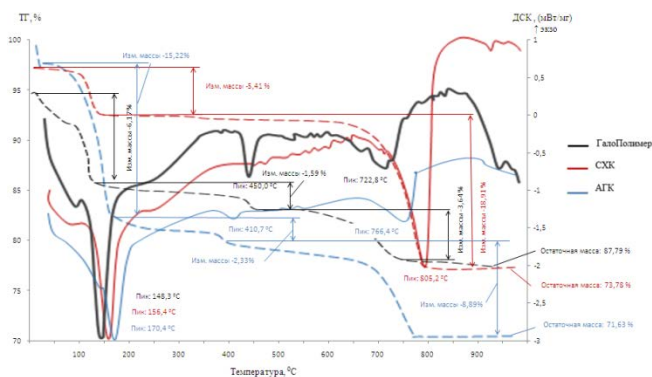


Рисунок 3 – Дериватограммы фторангидритового камня

Результаты испытаний материалов, полученные из модифицированного фторангидритового вяжущего свидетельствуют, что предложенные строительные изделия могут быть использованы при возведении стен в строительстве жилых зданий для межкомнатных и межквартирных перегородок, блоков и панелей и обладают высокими прочностными и теплоизоляционными свойствами. Сферой применения нейтрализованного фторангидрита с высоким содержанием растворимого ангидрита является отделочные сухие строительные смеси. Использование составов на основе фторангидрита обусловлено во многом совокупностью положительных свойств, присущих только данной группе вяжущих. В первую очередь это отсутствие усадочных деформаций, быстрый набор прочности, хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства, огне- и пожаробезопасность, сравнительно низкая плотность. При производстве внутренних работ, к указанным свойствам добавляются также хорошие экологические характеристики и высокая паропроницаемость. Кроме

того, использование данных материалов для внутренней отделки обеспечивает благоприятный климат внутри помещений за счет способности материала «дышать», легко поглощать и отдавать влагу[5-8].

Представленные материалы на основе фторангидрита можно использовать в качестве стеновой и отделочной системы, включающей конструкционный, теплоизоляционный и отделочный материал, а также в сочетании с другими стеновыми материалами для строительства ограждающих и несущих конструкций жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий, в основном при малоэтажном строительстве в 2–3 этажа домов, для садовых и дачных участков, усадебного домостроения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко С.А., Трофимов Б.Я., Черных Т.Н., Крамар Л.Я. Использование фторангидрита в производстве пазогребневых перегородок. // Строительные материалы. 2008. №
2. Лесовик В.С., Чернышова Н.В., Клименко В.Г. Процессы структурообразования гипсодержащих композитов с учетом генезиса сырья / В.С. Лесовик // Известия вузов. Строительство. 2012. № 4. С.3-11.
3. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): Справочник / под общ. Ред. Ферронской. - М.: АСВ, -2008. -488с.
4. Федорчук Ю.М. Техногенный ангидрит, его свойства, применение. - Томск: ТПУ 2005. -11с.
5. Аниканова Л.А., Волкова О.В., Курмангалиева А.И. Research of Gypsum-Containing Raw Materials for Obtainind of Dry Building//2016 Key Engineering Materials: Multifunctional Materials: Development and Application, Vol. 683, pp. 295-301
6. Кудяков, А.И. Влияние сульфата и сульфита натрия на процессы структурообразования фторангидритовых композиций /А.И. Кудяков, Л.А. Аниканова, В.В. Редлих, Ю.С. Саркисов // Строительные материалы. 2012. №10. С.50– 53.
7. Аниканова Л.А., Кудяков А.И., Никитина О.В., Держанская Е.В., Фишер Х.Б. Композиционные вяжущие вещества для сухих строительных смесей // Ресурсосберегающие технологии и эффективное использование местных ресурсов в строительстве: международный сборник научных трудов.- Новосибирск, 2013.- С.258-260.
8. Аниканова Л.А. Материалы для ограждающих конструкций из композиционных фторангидритовых вяжущих/А.И.Кудяков, В.В.Редлих//Вестник ТГАСУ.-2012.-№1.-с106-112

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Медицинская керамика (далее биокерамика) - особый класс керамических материалов, включающий в себя материалы с различными физико-механическими и структурно-фазовыми особенностями в зависимости от назначения и сферы применения.

В настоящее время биокерамика в мировой практике нашла большой спектр применения благодаря сочетанию высокой химической, коррозионной, температурной и износостойкости. Можно выделить основные сферы применения биокерамики:

- протезирование;
- медицинская аппаратура;
- медицинский инструментарий;
- мембраны для разделения биологических жидкостей;
- биоактивные и биоинертные покрытия.

Протезирование особая сфера применения биокерамики, к которой применяются самые высокие требования, такая керамика должна обладать следующими основными характеристиками: высокой износостойкостью и прочностью, отсутствием токсикологического влияния на организм, химической инертностью, длительным сроком службы.

Еще в середине 70-х годов прошлого века многочисленные исследования подтвердили, что керамика на основе оксидов алюминия, циркония их композиций независимо от агрегатного состояния и способа введения в организм безвредна для организма животных. Она не обладает раздражающим и общетоксическим действиями при введении в организм и при последующей эксплуатации. В связи с высокой износостойкостью и биоинертностью керамические материалы практически не подвергаются эффектам биологической деградации, при этом сами продукты деградации по результатам длительных наблюдений не обладают токсическим действием на организм животных.

В зависимости от вида протезирования: эндопротезирование, остеоплантация, челюстно-лицевая хирургия керамический материал и изделие на его основе помимо основных характеристик должны обладать рядом специфических свойств, так при остеоплантации важным свойством керамического материала является его пористо-проницаемая структура, обеспечивающая срастание имплантата с костной тканью, при эндопротезировании главным критерием оценки материала является его устойчивость к износу при трении, что обеспечивается высокой плотностью керамического материала (более 99,5% от теоретической) и мелкозернистой структурой позволяющей

достичь высокого класса шероховатости конечного изделия после дополнительной механической обработки.

В связи с высокими требованиями к керамике медицинского назначения в настоящее время уделяется большое внимание двум основным направлениям - созданию композиционных керамических материалов для медицинского назначения и разработке новых технических решений производства керамических материалов.

Одним из подходов создания композиционных керамических материалов является введение в прочную твердую матрицу дисперсных включений, обеспечивающих формирование определенного запаса пластичности, прочности, твердости и трещиностойкости, что позволяет получить материал с уникальным комплексом свойств.

Наиболее распространенным матричным материалом, обладающим высокой твердостью и трибологическими характеристиками, является оксид алюминия в ромбоэдрической кристаллической решетке (α -Al₂O₃). Распространенность данной матрицы объясняется так же тем фактом, что технология производства керамики на базе оксида алюминия на сегодняшний день отработана до совершенства. В то же время низкие показатели вязкости разрушения и сопротивления термическим ударам существенно ограничивают область практического использования данного типа керамики.

Перспективным материалом, используемым в качестве дисперсных включений в матрице, является частично стабилизированный диоксид циркония. Введение этой добавки позволяет повысить сопротивление композиционного материала распространению трещин и тем самым улучшить физическо-механические характеристики, в том числе трещиностойкость и прочность на изгиб. Фазовый переход диоксида циркония из тетрагональной модификации в моноклинную протекает по мартенситному механизму, для которого характерно отсутствие выделения тепла, диффузионной подвижности атомов и адсорбирующих эффектов. При формировании трещины в частично стабилизированном диоксиде циркония тетрагональная фаза вокруг острия трещины испытывает полиморфное превращение в моноклинную модификацию, что в свою очередь приводит к увеличению объема частиц (вследствие разницы в объемах отмеченных полиморфных модификаций диоксида циркония) и эффекту "закрытия" трещины.

Основными причинами повышения физическо-механических характеристик получаемого композита являются крупность исходных частиц композита и равномерное распределение зерен оксида циркония в алюмооксидной матрице компонентов, которые позволяет управлять структурно-фазовыми характеристиками композита. Соотношение крупности исходных частиц оксидов циркония и алюминия должно находиться в диапазоне 1:2-3 соответственно. Дополнительное повышение физическо-механических характеристик получаемого композита обеспечивается за счет образования шпинелей

(плателетных микроструктур) по виду представляющих собой пластинчатые образования гексагональной модификации состава $\text{Me(II)Al}_{12-x}\text{Cr}_x\text{O}_{19}$, где Me – щелочноземельный металл, например Mg, Sr.

Принципиальная схема производства керамики медицинского назначения является общей для всех керамических материалов и включает в себя подготовку исходного сырья (помол, диспергирование, прокалку и т.д.), смешивание компонентов, подготовку формовочной массы (шликер, суспензия, гранулированный порошок), термическую обработку.

Далее будут рассмотрены основные технологические особенности при получении высокопрочной композиционной керамики для эндопротезирования.

Первой технологической особенностью является очистка исходных компонентов от примесей как механическим, так и химическим способами, так как высокая чистота керамического материала является важным фактором, влияющим на бионертность, токсикологические и физико-механические характеристики материала.

Второй технологической особенностью является способ введения легирующих компонентов (нанопорошков 1-10 нм компонентов системы, оксидов редкоземельных металлов и др.).

Третья технологическая особенность - высокоэнергетический помол двух и более компонентных систем с элементами механохимического синтеза в бисерных мельницах, позволяющий получить наноразмерный порошок заданной рецептуры с равномерным распределением элементов композита. Для достижения наилучшей гомогенности помол производится в полярных растворителях с применением диспергирующих агентов.

Четвертой технологической особенностью является выбор системы связующих и пластифицирующих добавок керамической массы и способа их введения. Добавки подбираются в зависимости от способа формообразования конечного изделия и играют важную роль при получении высокой плотности формованного изделия, что обеспечивает достижение высокой плотности керамики после спекания.

Пятой технологической особенностью является выбор способа формообразования. Наиболее оптимальным способом является холодное изостатическое прессование, обеспечивающее равномерное уплотнение керамического материала в связи с равномерным приложением давления по всей поверхности изделия.

Шестой технологической особенностью является термическая обработка композита. При термической обработки керамических материалов для эндопротезирования следует учитывать два противоположных фактора - необходимость достижения высокой плотности материала при сохранении мелкозернистой структуры не более 1 мкм. Достичь мелкозернистой структуре возможно при снижении температуры спекания, но при этом трудности-

жимой является высокая плотность. Эту проблему можно решить двумя подходами:

- увеличением времени выдержки при пониженной температуре спекания до бесконечности (более сотни часов);
- введение дополнительного технологического цикла термической обработки предварительно спеченного материала (до плотности 94-96% от теоретической) при высоком давлении в инертной среде и температуре меньше температуры предварительного спекания. Такая термическая обработка называется горячим изостатическим прессованием.

Выше изложенные технологические особенности обеспечить производство керамики медицинского назначения для эндопротезирования.

УДК 691.327

*Галеев А.Ф., Морозов Н.М. (Казань, Россия),
Макаренко С.В. (Иркутск, Россия)*

ЗОЛЫ ОТВАЛА ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ С МЕТОКАОЛИНОМ НА СВОЙСТВА САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ ПЕСЧАНЫХ БЕТОНОВ

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние расхода золы унос и метокаолина на свойства бетонной смеси, такие как плотность расплыв конуса и воздухововлечение, а так же на кинетику набора прочности бетона. Были изготовлены и исследованы свойства различных составов, с расходами метокаолина 5% и золы от 5 до 15 % от массы цемента.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, метокаолин, зола отвала, воздухововлечение.

INFLUENCE FLY ASH FOR TEAMWORK WITH METOKAOLIN ON THE
PROPERTIES OF SELF-COMPACTING SAND CONCRETE

Keywords: self-compacting concrete, metokaolin, fly ash, air entrainment.

Annotation. This article considers the influence of fly ash consumption and metokaolin on the properties of concrete, such as the density of the slump flow and air entrainment, as well as the kinetics of a set of concrete strength. Were fabricated and studied the properties of various compositions costs metokaolina 5% ash and from 5 to 15% by weight of cement.

Во второй половине XX века в строительной сфере появилось такое понятие как самоуплотняющийся бетон (СУБ), бетон способный приобретать заданную ему форму, лишь за счет собственного веса[1]. СУБ имеет ряд особенностей отличающих его от обычного бетона: повышенный расход цемента, повышенный расход пластификаторов, отличные реологические свойства[2,3].

Золы ТЭС, сжигающих каменные угли, являются сложной полиминеральной и полидисперсной системой. Основные фазовые

составляющие золы представлены алюмосиликатами, кристаллического и стекловидного строения, от которых зависит реакционная способность, а также остатки не сгоревшего топлива. В результате термической обработки (1100-1300°C) в топках котлов частицы глины дегидратируются и переходят частично в стекло фазу и кристаллическую фазу [4].

Основная цель проводимого исследования выяснить влияние расхода золы и метокаолина в самоуплотняющемся песчаных бетонах (СУБ) на свойства бетонной смеси (далее БС) и бетона. Из этой цели были поставлены задачи сравнить изменение плотности и воздухововлечения БС и кинетику твердения бетона от изменения расхода золы.

В качестве исходных материалов было использовано: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Б, Мордовского цементного завода, соответствующий ГОСТ 31108-2003. В качестве заполнителей и наполнителей использовались: обогащенный кварцевый песок (60% фр. 1,25-5, 20% фр. 0,315-1,25 и 20% фр. менее 0,315 мм), метаколин ВМК-40 с удельной поверхностью 12000 см²/г, зола отвала Иркутской ТЭЦ с удельной поверхностью 4000 см²/г. В качестве пластификатора использовали Melflux 2651F на основе модифицированных эфирполикарбоксилатов. Воздухововлечение бетонной смеси измерялось прибором "Testing", действие которого основано на принципе определения искомой величины под давлением. Кинетика набора прочности измерялась на 3,7 и 28 сутки и испытания проводились по ГОСТ 10180-2012.

Получены результаты исследования влияния расхода цемента на свойства бетонной смеси, такие как плотность раствора и воздухововлечение и кинетики твердения бетона. Были приведены следующие составы для исследования свойств.

Таблица 1. - Составы самоуплотняющегося песчаного бетона.

№	Цемент, кг	Песок, кг	МтК, % от Ц	Зола, % от Ц	Добавка Melflux 2651F, % от Ц	В/Ц
1	550	1600	5	0	1	0,39
2	500	1600	5	5	1	0,39
3	500	1600	5	15	1	0,39

При изготовлении образцов для испытаний МСУБ были проверены технологические свойства бетонных смесей. Полученные результаты приведены на рис. 1.

На рис.1 виден рост плотности бетонной смеси и воздухововлечения при увеличении расхода золы до 5%, данные показатели составили 2340 кг/м³ и 4,1% соответственно. С дальнейшим увеличением расхода данные показатели снижаются, при этом при расходе 15% золы от массы цемента воздухововлечение ниже чем у контрольного состава на 10%, когда как плотность увеличилась на 3%. Образцы СУБ, хранящиеся в условиях нормального тверде-

ния, подвергались испытанию на сжатие в возрасте 3, 14 и 28 суток нормального твердения. Результаты испытаний приведены на рисунке 2.

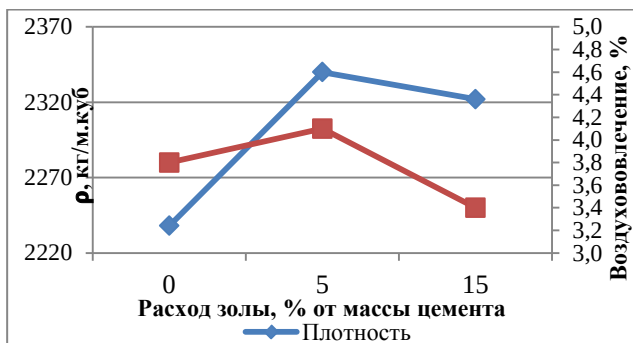


Рисунок 1 - Зависимость плотности и воздухововлечения от расхода золы.

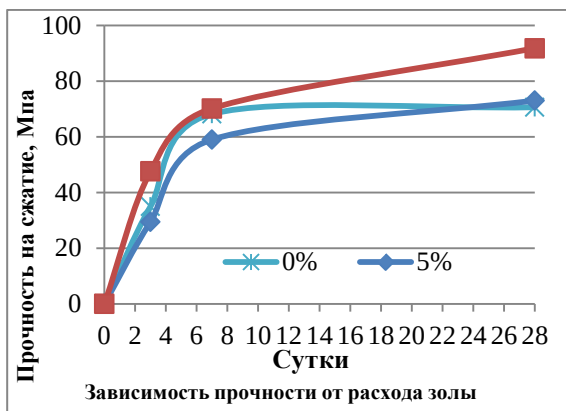


Рисунок 2 - Зависимость прочности бетона от расхода золы

Из данного графика следует, что увеличение расхода золы приводит к увеличению кинетики набора прочности и максимальной прочности на 28 сутки. Так максимальная прочность на сжатие с 70,6 МПа при расходе золы 0% увеличилась на 30% и составила при расходе в 15% - 91,8 МПа.

В процессе исследования была показана возможность производства высокопрочных самоуплотняющихся песчаных бетонов класса В70, с прочностью на сжатие 91,8 МПа. Так же показана эффективность совместной работы двух разных наполнителей.

Список библиографических ссылок

1. Okamura Hajime, Ouchi Masahiro Self-Compacting Concrete [Текст] // Journal of Advanced Concrete Technology, - vol. 1(2003), №1, P. 5-15.
2. Feys D., Verhoeven R., Schutter G. Fresh self compacting concrete, a shear thickening material [Текст] // Cement and Concrete Research, - 2008, (38) №7, P. 920-929.
3. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны. / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянов, В.И. Калашников // Научное издание. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 368 с.
4. Батраков В.Г., Каприелов С.С., Иванов Ф.М. Оценка ультрадисперсных отходов металлургических производств как добавок в бетон // Бетон и железобетон. 1990. Вып. 12. С. 15-17.

Филин Н.С., Тацки Л.Н.
(Новосибирск, Россия)

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИЦЕВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ.

«Technology of production ceramic bricks from local clay raw materials»

На основании экспериментальных работ кафедры СМСС НГАСУ (Сибстрин) разработана технологическая схема производства лицевого керамического кирпича объемного окрашивания с использованием местного глинистого сырья.

Керамический кирпич в настоящее время является одним из самых перспективных материалов, за счет своих технических показателей: предела прочности на сжатие, водопоглощения, морозостойкости и декоративной привлекательности. Также он позволяет сэкономить дорогостоящие материалы, такие как металл, цемент и другие.

На данный момент в России работает более трехсот заводов по производству кирпича, большинство из которых расположено в Европейской части страны. С этим фактом связан дефицит этой продукции за Уралом и других отдаленных регионах [1].

Глинистые породы Западной Сибири являются низкокачественными, неспекающимися пылеватыми суглинками умерено- и среднепластичными, высокочувствительными к сушке, с низким содержанием глинистых частиц. Для примера приведены гранулометрический состав и технологические свойства двух месторождений г. Новосибирска в таблицах 1 и 2 [2].

Таблица 1.

Гранулометрический состав

Месторождение	Содержание частиц, % по объему		
	песчаных (50 мкм – 1 мм)	пылеватых (5 – 50 мкм)	глинистых (менее 5 мкм)
Каменское	2,35	73,5	23,7
Клещихинское	17,25	65,8	17,0

Таблица 2.

Технологические свойства

Месторождение	Формовочная влажность, %	Число пластич- ности	Усадка, %	
			воздушная	огневая
Каменское	19,5	11,7	6,1	0,2
Клещихинское	21	15	6,5	0,2

подавляющее большинство заводов работает по пластической технологии. Вместе с тем в Западной Сибири весьма ограничены запасы высококачественного глинистого сырья для получения конкурентоспособной продукции. Пластическую технологию отличает высокий уровень инвестиций и длительные сроки окупаемости проектов [3]. Поэтому в работе использовался метод полусухого прессования.

На кафедре СМСТ НГАСУ (Сибстрин) выполнены исследования, показавшие возможность получения лицевого кирпича на основе сырья Клещихинского месторождения. В качестве добавок для осветления черепка и повышения прочностных характеристик получаемой продукции использованы тонкодисперсный мел МТД-2 и алтайский волластонит. Оптимальные технологические параметры и соответствующие им свойства обожженных образцов приведены в таблице 3 [4].

Таблица 3.

Состав шихты, % по сухой массе			Давление прессования, МПа	Влажность прессования, %	Температура обжига, °С	Свойства обожженных образцов		
Суглинок	Мел	Волластонит, сверх 100%				Средняя плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение по массе за 48 часов, %
75	25	10	20	12	1000	2,0	49,2	10,5

Проанализировав полученные результаты можно сделать вывод о том, метод полусухого прессования позволяет получить качественную продукцию. Рекомендуемая технологическая схема производства лицевого кирпича объемного окрашивания изображена на рисунке 1.

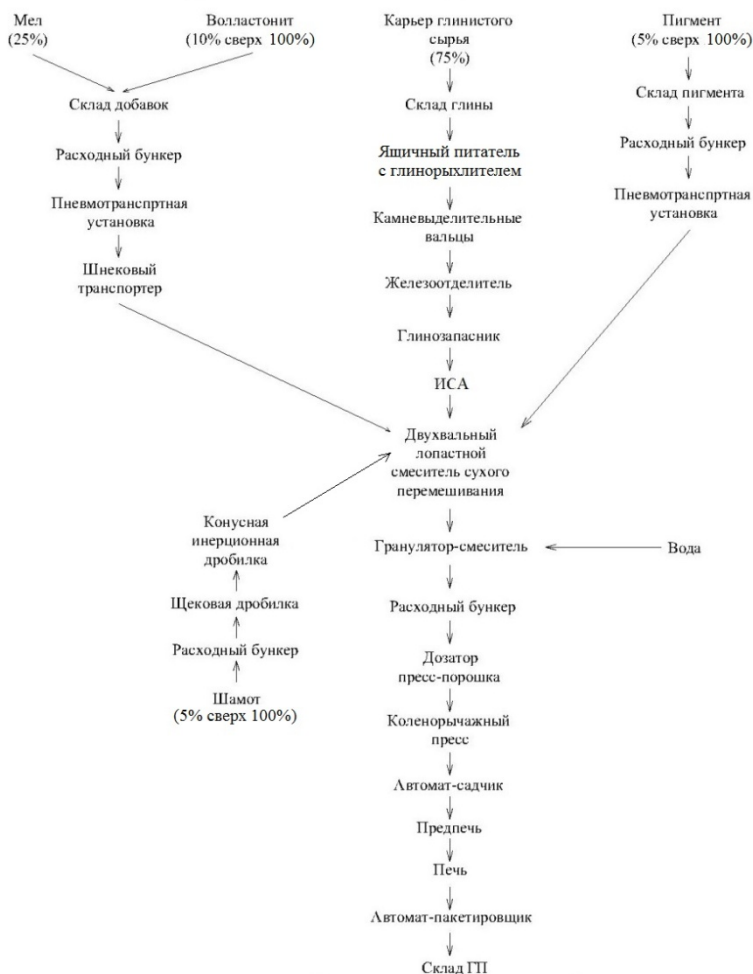


Рисунок 1. Технологическая схема производства лицевого кирпича объемного окрашивания

Описание технологической схемы:

Добытое экскаватором глинистое сырье автотранспортом доставляется на предприятие, в склад сырья и после первичной переработки поступает в глинозапасник.

Из глинозапасника порода подается в измельчительно-сушильный агрегат (ИСА). В ИСА происходит сушка сырья до влажности 2-3%, помол, механическая активация и классификация по фракциям.

Брак продукции - шамот - в количестве 5%внутрицевым транспортом доставляется в щековую дробилку, затем в конусную инерционную дробилку. Полученный порошок дозируется в смеситель сухого перемешивания.

Прошедшая грануляцию шихта через расходный бункер подается в дозатор пресс-порошка.

Формование кирпича-сырца производится в коленорычажном прессе. Кирпич-сырец укладывается на обжиговую вагонетку автоматом-садчиком.

Сушка кирпича-сырца осуществляется в предпечи, после чего полуфабрикат направляются на обжиг в туннельную печь. Печь и предпечь работают на газообразном топливе.

Пакетирование кирпича осуществляется при помощи автомата-пакетировщика. Изделия укладываются на поддон размером 1000х1000 мм. Готовые упакованные пакеты подаются автопогрузчиком на склад готовой продукции.

Таким образом, способом полусухого прессования возможно получение лицевого кирпича объемного окрашивания на основе местного глинистого сырья.

Ключевые слова: лицевой кирпич объемного окрашивания, технология производства, полусухое прессование, местное глинистое сырье.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Курапина Т.С. Всероссийский отраслевой интернет- журнал «Строительство.ру» [Электронный ресурс]/Т.С.Курапина. Режим доступа: <http://www.rcmm.ru/stroitelnye-materialy/22244-kirpichnaya-promyshlennost.-kazhdomu-gorodu-%E2%80%9C-po-zavodu.html>

2. Завадский В.Ф. Керамические стеновые материалы (сырье, технология) : учеб. Пособие / В.Ф. Завадский, Э.А. Кучерова - Новосибирск: НГАСУ, 2002 -84с.

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., Лойченко С.Г. и др. Лицевой керамический кирпич на основе сырья Клешихинского месторождения/Л.Н.Тацки и др.//Тр.НГАСУ.-Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2007.-Т.15, №1(53).-с.134-141.

**А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Бердов,
В.И. Верещагин, О.А. Фомина
(Новокузнецк, Россия)**

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ

Предложена технология формирования матричной структуры сырца, позволяющая увеличить количество низкокачественного сырья в шихте до 80 мас.%. Установлены особенности трансформации структуры отформованного сырца в керамический матричный композит после обжига, при этом на границе контакта гранул образуется расплав, который внедряется в периферийную зону ядра и после кристаллизации образует матричную структуру, повышающую прочность черепка до 30 %. Показано, что формирование матрицы обеспечивает снижение расхода глинистого компонента до 20-25 мас.%, что позволяет уменьшить содержание глинистых минералов до 6-8 % в составе шихты.

Ключевые слова: *промышленные отходы, матричная структура, техногенное сырье, грануляция, керамический матричный композит*

**A.Yu. Stolboushkin, G.I. Berdov
V.I. Vereschagin, O.A. Fomina
(Novokuznetsk, Russia)**

EFFECTIVE USE TECHNOGENIC WASTE IN TECHNOLOGY CERAMIC MATRIX COMPOSITE

The technology of formation of the matrix raw structure, which allows to increase the number of low-quality raw materials in the furnace charge up to 80 wt.%. The features of transformation of raw molded structure into ceramic matrix composite after firing, while liquid melt is formed at the interface of granules, which is introduced in the peripheral core region and form a matrix structure, enhancing the strength shard up to 30% after crystallization. It was shown that the formation of the matrix reduces consumption of clay component up to 20-25 wt.%, this allows to reduce the content of clay minerals up to 6-8% in the composition of the charge.

Ключевые слова: *industrial waste, matrix structure, technogenic raw materials, granulation, ceramic matrix composite*

В результате экстенсивного развития горнодобывающей промышленности во второй половине XX столетия в промышленных регионах России накоплено огромное количество (десятки миллиардов кубометров) отходов, имеющих, как правило, алюмосиликатную основу. Например, в Кузбассе сосредоточено больше половины твердых минеральных отходов Российской Федерации [1], и их дальнейшее интенсивное накопление без эффективной переработки и утилизации представляет серьезную экологическую опасность.

Для привлечения внимания общества к вопросам экологического развития, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности **Указом президента 2017 год объявлен в России Годом эколо-**

гии [2]. В этих условиях, на фоне истощения природных сырьевых ресурсов, в строительном материаловедении актуальна разработка технологий, сориентированных на эффективное использование техногенных отходов. В частности, в производстве строительной керамики необходимо осуществить технологический переход на новые виды сырья – неспекающиеся, малопластичные суглинки с высоким содержанием карбонатных включений, а также алюмосиликатные промышленные отходы.

Причинами медленного освоения техногенного сырья в производстве стеновой керамики являются нестабильность его состава и свойств, а также недостаточная изученность физико-химических процессов, протекающих при обжиге такого сырья. Проведенные исследования показывают, что при его использовании классические подходы к массоподготовке, формированию структуры сырца, организации тепломассообменных процессов при сушке и обжиге, не обеспечивают требуемых эксплуатационных характеристик изделий. Как бы ни были близки по свойствам к глинистому сырью отходы, например, угледобычи и углеобогащения, производство на их основе керамического кирпича сопряжено с необходимостью решения многих технологических проблем, и его качество не может сравниться с продукцией кирпичных заводов, работающих на природном сырье [3].

Разработанные авторами новые рациональные способы массоподготовки сырья в технологии стеновой керамики компрессионного формования [4, 5] и запатентованные разработки [6] позволили сформировать новое научное направление: ***«Строительные керамические материалы матричной структуры на основе техногенного и природного сырья»*** [7].

Практическая реализация инновационной идеи направлена на формирование рациональной структуры керамики посредством организации упорядоченного ячеисто-заполненного каркаса на стадии приготовления шихты. В результате анализа многочисленных моделей структур композиционных материалов было найдено технологическое решение эффективного использования некондиционного сырья для получения высококачественного кирпича. При этом, матричная структура керамического черепка представлена двумя составными частями: матрицей, которая является продуктом высокотемпературных превращений глинистых минералов, и макрозаполнителем, в виде минеральных зерен, заключенных в ней. С такой структурой требуемое содержание глинистой фракции в составе шихты становится заведомо меньше 20-25 %, и будет зависеть только от качества оболочки и соотношения ее толщины и диаметра зерен макрозаполнителя.

В лабораторных условиях керамические матричные композиты были получены путем объединения тонкодисперсных частиц малопластичного неспекающегося сырья в гранулы, покрытием поверхности гранул глинистым веществом, прошедшим механоактивацию, с последующим компрессионным формованием изделий, их сушкой и обжигом [8]. При обжиге происходит

трансформация матричной структуры сырца в керамический матричный композит. На границе контакта гранул активированная глинистая составляющая шихты продуцирует расплав, который внедряется в периферийную зону ядра и после кристаллизации образует матричную структуру, состоящую из ядер, покрытых оболочкой из продуктов спекания глины. В свою очередь, оболочка имеет свое внутреннее «армирование», повышающее прочностные характеристики матрицы. Условно ее формирование под влиянием внешних воздействий можно рассматривать как последовательный процесс образования стеклокристаллической микроструктуры.

Таблица. Физико-механические свойства керамических образцов, обожженных при температуре 1000 °С

Состав шихты, масс. %	Показатель			
	Прочность при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Водопогло- щение, %	Коэффи- циент кон- структивно- го качества
Полусухое прессование пресс-порошков (классический способ приготовления компонентных шихт)				
Железорудные отходы – 80 Суглинок – 20	14,4	1772	17,8	8,1
Отходы углеобо- гащения – 80 Суглинок – 20	18,1	1680	16,0	10,8
Компрессионное формование опудренных гранул (запатентованный способ)				
Железорудные отходы – 80 Суглинок – 20	18,6	1765	15,7	10,5
Отходы углеобо- гащения – 80 Суглинок – 20	20,7	1674	14,8	12,4

Физико-механические свойства керамических образцов на основе двух видов техногенных отходов (шламистая часть отходов обогащения железных руд и отходов углеобогащения), приготовленных классическим сушильно-помольным способом массоподготовки двухкомпонентных шихт и запатентованным способом [6], приведены в таблице.

Можно отметить, что разработанный способ изготовления стеновой керамики повышает прочность изделий в среднем на 15-25 % при снижении водопоглощения образцов.

Обобщенные результаты исследований по влиянию матричной структуры на физико-механические свойства стеновой керамики из малопластичного неспекающегося сырья приведены на рисунке.

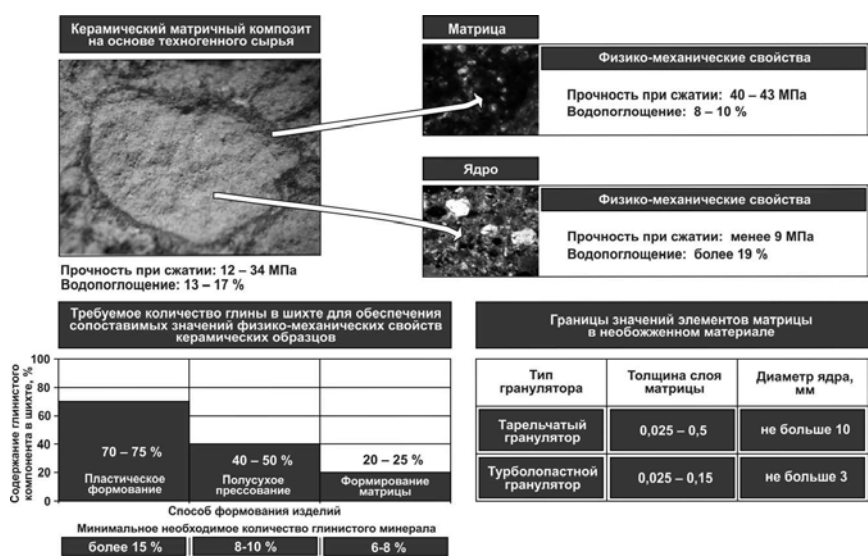


Рис. Влияние матричной структуры на физико-механические свойства стеновой керамики из малопластичного неспекающегося техногенного и природного сырья

На примере шламистых железорудных отходов показано требуемое количество глины в шихте для обеспечения сопоставимых значений физико-механических свойств керамических образцов (прочность при сжатии 18-20 МПа, водопоглощение 12-15 %) в зависимости от технологии их приготовления. Формирование матрицы обеспечивает снижение расхода глинистого компонента до 20-25 мас.% против 70-75 мас.%, необходимых при пластическом способе. Это позволяет уменьшить содержание глинистых минералов до 6-8 % в составе шихты, в отличие от необходимого количества 12-15 % при пластическом формировании изделий и 8-10 % при полусухом прессовании с сушильно-помольной подготовкой пресс-порошков.

Таким образом, разработанная технология производства керамических изделий матричной структуры, представляющих собой систему из ядер недоспеченного материала и плотно спеченную оболочку, обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики стеновой керамики и дает возможность эффективного использования техногенных отходов.

Список литературы

1. 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.
2. Указ Президента Российской Федерации от 05.01.2016 г. № 7. О проведении в Российской Федерации Года экологии. – <http://www.kremlin.ru/acts/bank/40400>.
3. Stolboushkin A.Yu. A study on sintering of ceramic bricks made from waste coal / A. Yu. Stolboushkin, A.I. Ivanov, V.A. Syromyasov and O.A. Fomina // IOP Conference Series: International Scientific and Research Conference on Knowledge-based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources. – 45 (2016) 012018. doi:10.1088/1755-1315/45/1/012018. – 2016. – 4 October. – Vol. 45. – Pp. 1–6.
4. Столбоушкин, А.Ю. Рациональные способы массоподготовки сырья в технологии стеновой керамики компрессионного формования / А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Стороженко, А.И. Иванов, В.А. Сыромясов, Д.В. Акст // Строительные материалы. – 2016. – № 4. – С. 26–30.
5. Stolboushkin A.Yu. Principles of optimal structure formation of ceramic semi-dry pressed brick / A.Yu. Stolboushkin, A.I. Ivanov, O.A. Fomina, A.S. Fomin, G.I. Storozhenko // Advanced Materials, Mechanical and Structural Engineering – Hong, Seo & Moon (Eds) © 2016 Taylor & Francis Group, London, ISBN: 978-1-138-02908-8. – Pp. 87–90.
6. Патент № 2500647 Российская Федерация, МПК C1 C 04 B 33/132. Сырьевая смесь для изготовления стеновой керамики и способ ее получения / А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Стороженко, А.И. Иванов и др.; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 34.
7. 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.
8. Storozhenko, G. Ceramic bricks from industrial waste / G. Storozhenko, A. Stolboushkin // Ceramic & Sakhteman. Seasonal magazine of Ceramic & Building. – Teheran, Iran. – 2010, Winter. – No 5. – Pp. 2–6.

*А.П.Пичугин, В.В.Банул,
К.А.Никитенко, М.Г.Алешкевич
(Новосибирск, Россия)*

КОМПЛЕКСНЫЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация

В статье приведено описание применения полимерных напыляемых составов и предварительной обработки стальных поверхностей активирующими композициями на основе кремнезоля с УНТ, обеспечивающими уменьшение коррозионного разрушения и сохранение строительных конструкций. Разработан и утвержден технологический регламент на устройство защитных полимерных порошковых покрытий на основе модифицированных полиэтилена низкого давления. Осуществлено опытно-производственное внедрение результатов исследования на, животноводческих комплексах

При эксплуатации животноводческих предприятий и комплексов ежегодно образуются десятки миллионов тонн продуктов жизнедеятельности животных – естественных загрязнителей окружающей среды, которые проходят через приемные каналы, очистные системы, отстойники и фильтры различного назначения. Большинство этих сооружений и систем выполнены из металла, а в качестве защитного покрытия от разрушения преимущественно используются малоэффективные лакокрасочные или битумные покрытия. При этом не всегда учитывается агрессивность среды отходов, изменяющейся в диапазоне от pH 2,3 (для силоса и продуктов жизнедеятельности животных) до pH 12,0–13,2 (для дезинфицирующих средств) в интервале температур эксплуатации от –50 °С до +60 °С. В результате этого сооружения быстро выходят из строя. Высокая степень агрессивности навоза обусловлена патогенными микроорганизмами, сохраняющими жизнеспособность длительное время, что отрицательно воздействует на окружающую среду вокруг сельскохозяйственных предприятий, на здоровье людей и животных, на качество сельскохозяйственной продукции. Поэтому важным является повышение эффективности защиты элементов очистных сооружений от воздействия агрессивной среды. В качестве эффективных методов авторами рекомендованы полимерные порошковые напыляемые композиции защитных покрытий металлических конструкций очистных сооружений, что позволяет улучшить работу инженерных сетей и сооружений животноводческих предприятий.

Нанесение покрытий из полиэтилена низкого давления с модифицирующими наноразмерными добавками на основе научно обоснованных составов и способов приготовления термонапыляемых модифицированных поли-

этиленовых композиций повышенной адгезионной и коррозионной стойкости, а также технологии их устройства для защиты металлических поверхностей очистных сооружений сельскохозяйственного назначения, позволили создать защиту с высокими показателями адгезии и эксплуатационными характеристиками.

В ходе работ были осуществлены, пройдены и выполнены следующие этапы исследований.

Проведен анализ и систематизированы причины коррозионного разрушения металлических элементов инженерных систем сельскохозяйственных зданий и сооружений. Дана оценка прочностных свойств и коррозионной стойкости традиционных материалов и конструкций, используемых в сельском строительстве.

Определены основные закономерности формирования структуры малопроницаемых напыляемых полимерных покрытий из порошкового полиэтилена низкого давления (ПЭНД) с различными способами предварительной подготовки металлических поверхностей в условиях воздействия коррозионных сред.

Осуществлен комплекс лабораторных исследований образцов, стендовые и полигонные испытания экспериментальных защитных покрытий для определения зависимости прочностных, деформативных свойств и коррозионной стойкости модифицированных напыляемых полиэтиленовых композиций от структурообразующих и физико-химических факторов при воздействии эксплуатационных нагрузок и сред.

Выполнена оценка предлагаемых методов предварительной обработки и последующей защиты разрушаемых мест в металлических конструкциях сельскохозяйственных объектов на контактных поверхностях «полимерная защита – сталь» и разработаны способы повышения адгезии путем предварительной обработки композициями с наноразмерными составляющими.

Разработаны методические принципы расчета оптимальной толщины защитных полимерных композиций с заранее заданными свойствами для применения в различных условиях эксплуатации и при различной степени разрушения металлических элементов, а также разработаны методы прогнозирования долговечности поверхностной защиты.

Отработана технология нанесения напыляемых полимерных материалов на металлические поверхности очистных сооружений с предварительной их обработкой наноразмерными составами; организовано опытно-производственное внедрение в условиях действующих животноводческих комплексов сельскохозяйственных предприятий.

Проведена технико-экономическая оценка эффективности применения коррозионно-стойких напыляемых модифицированных полимерных композиций в агрессивных средах животноводческих комплексов.

В результате получены следующие реальные практические результаты.

Разработаны и внедрены модифицированные порошковые полиэтиленовые материалы для защиты металлических поверхностей конструкций очистных сооружений животноводческих комплексов, напыляемые полимерные покрытия на их основе обеспечат значительное уменьшение межремонтных периодов, сократят трудовые, материальные и энергетические затраты.

Предложены активирующие композиции на основе водного раствора кремнезоля и УНТ для предварительной обработки металлических поверхностей очистных сооружений, способствующие увеличению адгезии, долговечности и надежности напыляемых полимерных защитных покрытий инженерных систем животноводческих объектов сельскохозяйственного назначения.

Разработаны специальные устройства для нанесения полиэтиленовых газонапыляемых покрытий, а также нормативно-техническая документация и рекомендации по производству предлагаемых защитных антикоррозионных составов для широкого внедрения в сельском строительстве.

Основные результаты работы были апробированы на инженерных объектах и очистных сооружениях предприятий Новосибирской области: на молочных животноводческих фермах: ОАО «Устьянцевское», ОАО «Пригородное» и Кудряшовском свинокомплексе.

Разработана технология нанесения полимерных защитных покрытий на металлические поверхности очистных сооружений» приводится описание технологии производства работ, защитных газонапыляемых полиэтиленовых покрытий с предварительной обработкой активирующими композициями поверхности и полиэтиленового порошка ПЭНД.

По разработанной технологии нанесения термонапыляемых покрытий было осуществлено опытно-производственное внедрение на Кудряшовском свинокомплексе и на молочных животноводческих фермах ОАО «Устьянцевское» и ОАО «Пригородное». Осуществлено внедрение модифицированных напыляемых модифицированных полиэтиленовых композиций для антикоррозионной защиты стальных поверхностей очистных сооружений, предварительно обработанных активирующими композициями на основе кремнезоля с добавкой УНТ. Разработан и передан заказчику Технологический регламент «Нанесение на металлические поверхности защитных полимерных порошковых покрытий на основе модифицированных полиэтиленовых композиций».

Эксплуатация нанесенных полимерных покрытий в течение нескольких лет показала их высокую коррозионную стойкость в средах животноводческих помещений, хорошую совместимость с защищаемой стальной поверхностью и отсутствие каких-либо дефектов и нарушений целостности в течение 3–5 лет. Это позволяет рекомендовать предложения по эффективной защите металлических конструкций и элементов очистных сооружений и систем навозоудаления животноводческих комплексов. В табл. 2 приведены результаты технико-экономических расчетов, предлагаемых вариантов защи-

ты металлических конструкций очистных сооружений животноводческих предприятий.

Таблица. Расход материалов на 100 м² защищаемой поверхности

Составы для защищаемой поверхности	Составляющие композиции						
	Толщина покрытия, мкм	Расход, кг/м ²	Порошок ПЭНД, кг/м ²	Кремнезоль, кг/м ²	УНТ, г/м ²	Расчетный срок службы лет	Стоимость, руб./м ²
Порошок без обработки	350–550	0,5–1,2	0,52	–	–	7–9	350–420
Порошок с обработкой КЗ	400–600	0,4–0,6	0,53	0,04	–	8–10	360–430
Порошок с обработкой УНТ	250–300	0,3–0,7	0,65	–	1,26	10–12	400–460
Порошок с обработкой КЗ+УНТ	250–350	0,3–0,5	0,60	0,03	0,54	14–20	420–480

Разработаны и внедрены прогрессивные методы ремонта металлических элементов очистных сооружений с использованием полимерных напыляемых композиций и предварительной обработки стальных поверхностей активизирующими композициями на основе кремнезоля с УНТ, что обеспечивает значительное уменьшение межремонтных периодов, сокращение трудовых, материальных и энергетических затрат, сохранение строительных конструкций. Кроме этого, авторами прорабатываются вопросы получения напыляемых покрытий с повышенными теплозащитными характеристиками, что носит комплексный характер и достаточно актуально для всех объектов в климатических условиях Сибири.

Разработан и утвержден технологический процесс «Нанесение на металлические поверхности защитных полимерных порошковых покрытий на основе модифицированных полиэтиленовых композиций». Осуществлено опытно-производственное внедрение результатов исследования на сельскохозяйственных и производственных объектах, животноводческих комплексах Новосибирского и Барабинского районов Новосибирской области.

Учитывая тот факт, что срок эксплуатации металлических конструкций и элементов очистных сооружений после нанесения защитного полимерного покрытия на предварительно обработанную активизирующими составами защищаемую поверхность увеличивается в 1,5–2 раза, можно сделать заключение о целесообразности выполненной работы и её эффективности.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АРБОЛИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: в данной работе представлены перспективы использования растительного сырья при производстве арболитовых изделий, показана экономическая эффективность использования арболита как строительного материала применительно к Саратовской области.

Ключевые слова: арболит, растительный заполнитель, экономика.

Abstract: in this paper, the prospects for the use of green raw materials in the production of wood-concrete products, shows the economic efficiency of wood-concrete as a building material in relation to the Saratov region.

Keywords: wood-concrete, green filling, economy.

Одним из перспективных направлений в строительной индустрии сегодня является разработка и производство строительных композиционных материалов на основе природных заполнителей растительного происхождения. В сельских районах Саратовской области возрастает интерес к индивидуальному строительству из недорогих и экологически чистых строительных материалов, таких как арболит, который возможно изготавливать на основе местного растительного сырья. Необходимо отметить, что применение отходов агропромышленного комплекса помогает также решить топливно-энергетические и экологические проблемы, расширить сырьевую базу строительных материалов. Это особенно актуально для регионов, которые в избытке располагают промышленными и сельскохозяйственными отходами.

Для производства арболитовых изделий в Поволжском регионе имеется достаточная по объему сырьевая база, в качестве которой используются отходы зерновых культур, подсолнечника, камыша, неделовая древесина, запасы которых возобновляемы. Современные требования к качеству арболита и изделий на его основе возрастают, что ставит задачу по дальнейшему увеличению прочностных и эксплуатационных показателей этого вида материала с наиболее оптимальной структурой. [1]

Согласно наметившейся тенденции роста продукции сельского хозяйства проблема утилизации отходов в данном секторе экономики страны займет одно из основных мест в перспективных планах развития (Рис. 1).

В Саратовской области имеется практика строительства зданий и сооружений с конструкциями из арболита, которая свидетельствует, что экономически целесообразно применение арболита не только в малоэтажном жилищ-

ном строительстве, но и при строительстве зданий сельскохозяйственного производственного назначения.



Рис. 1. Динамика индекса объема продукции сельского хозяйства в России в 1989—2015 годах, в процентах от уровня 1989 года

Согласно представленных данных в табл.1 следует отметить конкурентоспособность арболита по отношению к наиболее распространенным стеновым материалам. [2].

Изделия из бетона на органическом заполнителе за счет своей структуры характеризуются высокими теплоизоляционными показателями.

Технология производства строительных изделий из арболита отличается использованием относительно несложного оборудования. Подготовка и приготовление органического заполнителя в конечном счете сводится к измельчению растительных сырьевых материалов и их фракционированию, или же к простому отделению пылевидной фракции (костра льна и конопли, станочная стружка). В то время как подготовка и изготовление искусственного минерального пористого заполнителя для легких бетонов ведет к значительному расходу тепла, а также сопровождается значительными транспортными издержками, вредными условиями труда и др.

Главными преимуществами арболитовых конструкций в сравнении с традиционно используемыми стеновыми конструкциями являются снижение удельных капитальных вложений на 1 м^3 или 1 м^2 , понижение себестоимости за счет использования дешевого сырья для приготовления заполнителей, снижение себестоимости строительно-монтажных работ за счет удешевления стеновых конструкций, расходов при транспортировке и снижения массы конструкций стен, в снижении затрат при эксплуатации (при поддержании стабильных тепловых режимов в помещениях). Также стоит учесть повышение уровня рентабельности деревообрабатывающих и лесозаготовительных производств, которые имеют в своем составе цехи по производству арболитовых изделий.

Таблица 1 - Сравнительные технико-экономические показатели стеновых материалов.

Стена (1 м ²)	Средняя плотность, кг/м ³	Приведенная толщина, см	Себестоимость, руб	Трудоемкость, чел.-ч (производство и монтаж)
Из арболита на гипсовом вяжущем	700	22	574	2,6
Из арболита на цементе	700	22	798	2,7
Из керамзитобетона	900	26	1064	4
Из глинистого кирпича	1800	66	896	8,6
Из газосиликатных панелей	700	24	938	3

Таблица 2 - Техничко-экономические показатели на 1 м³ глухой наружной стены из различных материалов различного состава

Элемент	Плотность материала, кг/м ³	Толщина, см	Масса конструкции, кг	Расчетная себестоимость, руб.	Трудоемкость (производство и монтаж), чел./ч
Арболитовая стеновая панель	700	22	154	1197	2,7
Однослойная стеновая керамзитобетонная панель	900	26	270	1721	4
Однослойная перлитобетонная панель	800	25	240	1896,4	4
Однослойная стеновая панель из ячеистого бетона	700	24	200	1554,4	3,6
Трехслойные железобетонные панели с минераловатными полужесткими плитами	—	25	200	2067,4	4,3
Однослойные газосиликатные панели	700	24	200	1545,8	3,6
Асбестоцементные панели с минераловатным утеплителем	—	12	65	1886,1	3
Стена из глиняного кирпича	1800	66	1200	2749,7	8,6
Стена из силикатного кирпича	1900	66	1250	2229,8	6,2

Согласно литературных данных главными статьями затрат при производстве арболита является: сырье и материалы (26—45%), заработная плата (18—43%), цеховые расходы, которые включают в себя амортизационные отчисления (12—42%), также общезаводские расходы (7—9%), и топливо электроэнергия (5—6%). [3]

Снижение себестоимости изделий из арболита возможно при повышении мощности и производительности предприятия, за счет использования более современного оборудования, машин и технологических линий, а также при интенсификации и улучшении всего технологического процесса при помощи средств автоматизации и механизации.

Определение экономической эффективности использования в строительстве конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных материалов происходит с помощью удельной стоимости.

Анализируя данные, следует отметить, что себестоимость производства арболитовых изделий и конструкций в среднем на 25-30% меньше себестоимости конструкций из ячеистого бетона и легкобетонных конструкций. Значение средней плотности конструкционно-теплоизоляционных бетонов в 3-4 раза ниже массы тяжелого конструкционного бетона; оптовая цена их меньше в среднем на 22-45%, а удельная стоимость меньше в 8—14 раз. [4]

Библиографический список

1. Акулова, М.В. Разработка состава и исследование свойств поризованного арболита [Текст] / М.В.Акулова, А.С. Жив, Б.Р. Исакулов // Приволжский научный журнал. – 2013.- №2.- с.41-45.
2. Сафонов А.О. Тенденции развития производства композиционных материалов из отходов древесины [Текст] / А.О. Сафонов // Научный журнал КубГАУ. – 2012.- №75(01). – с.1-10.
3. Полищук, А.И. Техничко-экономические показатели производства и применения арболитовых изделий [Текст] / А.И. Полищук, А.В. Рубинская, В.Н. Трофимчук, Н.Г. Чистова // Экономика и эффективность организации производства. – 2012.-№16.-с.123-127.
4. Полищук, А.И. Экономическое обоснование использования арболита в строительстве [Текст] / А.И. Полищук, А.В. Рубинская // Экономика и эффективность организации производства. – 2012.-№17.-с.81-83.

ШЛАКОЩЕЛОЧНЫЕ СОСТАВЫ, ИХ СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. Целью работы стало исследование и разработка принципов использования техногенного сырья при производстве вяжущих, и подбор составов бетонов на основе этих вяжущих для последующего применения их в дорожном и транспортном строительстве. Исследования проводились современными методами изучения свойств и составов строительных материалов. Разработана и представлена технологическая линия по производству сухих шлакощелочных растворных смесей.

The aim of this work was the study and development of principles for the use of technogenic raw materials in the production of binders, and the selection of concrete formulations based on these binders for further use in road and transport construction. The research was carried out by modern methods of study of properties and compositions of construction materials. Developed and presented a technological line for production of dry slag mortar mixes.

Ключевые слова: Шлакощелочное вяжущее, высокопрочные шлакощелочные бетоны.

Бетоны на основе шлакощелочных вяжущих имеют ряд важных преимуществ перед традиционными бетонами на основе цемента. А именно – это значительно более высокие характеристики материала по прочности, морозостойкости, меньшая стоимость, возможность использования отходов местного металлургического производства [1].

Одним из сдерживающих факторов широкого применения ШЩБ остается сложность обеспечения гарантированных параметров материала при его изготовлении. Однако уже сегодня есть примеры эффективного использования таких бетонов в транспортном строительстве. В частности за рубежом это мост Luas в городе Dundrum (Ирландия), в России – обделка тоннелей Казанского метрополитена. Безусловно, перспективным является применение ШЩБ для изготовления покрытий автомобильных дорог, особенно в регионах, где расположены объекты металлургии. Это расширяет базу местных материалов, что также ведет к снижению стоимости строительства[2].

В задачи исследования входили: изучение технологических и эксплуатационных свойств вяжущего, фиксация закономерностей влияния химического состава, количества техногенных продуктов на физико-механические свойства вяжущего. Также разработка оптимального состава и режима получения шлакощелочного бетона с применением вяжущих на основе техногенных продуктов промышленных предприятий.

В работе использовались следующие материалы: доменный гранулированный шлак ЗСМК г.Новокузнецка, размолотый до удельной поверхности

350- 600 м²/кг; содощелочной плав, который вводился в бетонную смесь вместе с водой затворения в количестве 3-12% по массе твердых компонентов, кальцинированная сода и жидкое стекло. Бетонные образцы пропаривались при температуре 90-95°С. [3]

Исследования проводились современными методами изучения техно-генного сырья – методом рентгеновской порошковой дифрактометрии и методом энергодисперсионной спектроскопии на базе лаборатории ИНХ СО РАН.[2]

Испытание образцов различных составов позволяет установить влияние расхода жидкого стекла, его плотности, количества содержания гранулированного шлака на плотность, прочность растворов и бетонов на их основе. Опытным путем установили, что оптимальный состав бетона на жидком натриевом стекле при подборе на 1 м³ составляет - расход шлака 470 кг; при расходе жидкого стекла 174л. Оптимальное значение щелочерастворного шлакового отношения при использовании содощелочного плава не более 0,36, а на жидком натриевом стекле не более 0,39. [3]

Одним из известных видов щелочной активизации является активизация шлаков растворами жидких стекол. Лучше всего применять низкомолекулярные стекла с модулем 1—1,5. При использовании кислых шлаков, затворенных содощелочным плавом и кальцинированной содой в условиях тепловой обработки, происходит более значительный рост прочности. При использовании в качестве щелочного компонента низкомолекулярных жидких стекол активность шлакощелочного цемента существенно возрастает.[1]

Было выявлено, что вяжущие на низкомолекулярных растворимых стеклах, таких как мета- и ортосиликат натрия, независимо от того какой основности шлак, интенсивно твердеют как при тепловой обработке, так и без нее, т.е. - в нормальных условиях.

Установлено, что необходимо выдерживать заформованные изделия перед тепловлажностной обработкой в течение 4-5 часов для предотвращения неравномерности изменения объема и возникновения дополнительных внутренних напряжений, а также для обеспечения начального цикла твердения шлакового вяжущего.

Была проведена серия опытов, в результате которых установлено, что прочность на сжатие образцов, содержащих тонкомолотый порошок из отходов углеобогащения, на шлаке молотом до удельной поверхности 330 м²/кг, составляет 78-81 МПа, что на 25% превышает прочность образцов не содержащих порошок из отходов углеобогащения с удельной поверхностью шлака 530 м²/кг 58- 61МПа, содержание содощелочного плава Новокемеровского химического комбината в обоих случаях составляет 6% от массы сухого вещества. [3]

Проведенные опыты подтвердили возможность получения конструктивных мелкозернистых бетонов на гранулированных доменных шлаках, акти-

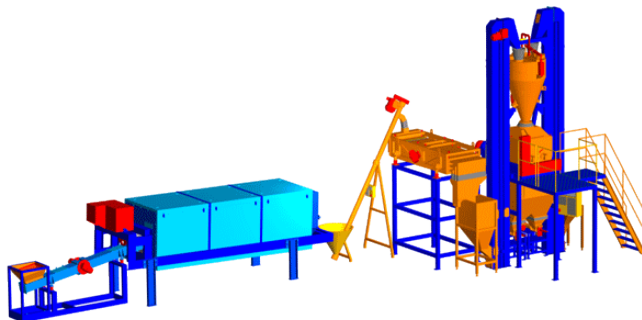
визированных добавкой содощелочного плава и показали возможность изготовления бесклнкерных шлаковых вяжущих в широком диапазоне марок по прочности от М150 до М700 для разных условий твердения. Это позволяет иметь высокоэкономичные вяжущие, как для бетонирования монолитных, так и производства сборных бетонных и железобетонных изделий различного назначения.

Создание высокоэффективных бетонов с использованием шлакощелочных вяжущих позволит обеспечить дорожное и транспортное строительство качественным строительным материалом, удешевить производство бетона и решить экологическую проблему за счет использования техногенных продуктов.

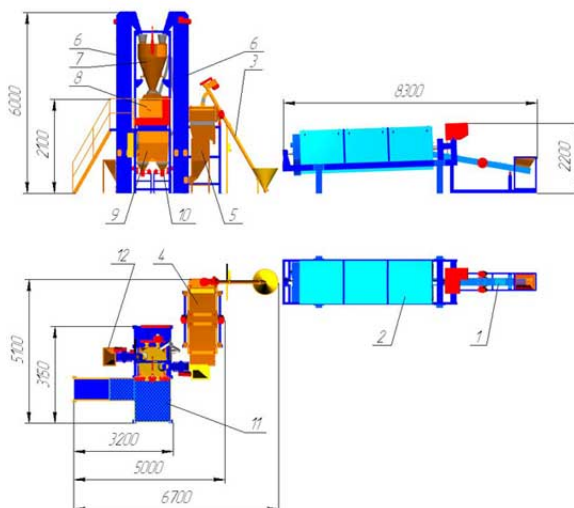
Применение ШЩБ в промышленном производстве начато примерно с 1964г. Учитывая имеющийся опыт применения, можно отметить следующие конструкции (области): шпалы узкой колеи и жаростойкие шпалы, крепежные блоки и затяжки, пустотные предварительно-напряженные настилы, тюбинги для метрополитенов, сваи сборные, дорожное покрытие (монолитное), волноломы (монолитные), тротуарные плиты (сборные), центрифугированные трубы диаметром 400 напорные и безнапорные, сантехнические кабины, стеновые и фундаментные блоки [4].

Технология производства разработанной сухой строительной шлакощелочной смеси состоит в смешивание высушенного и перемолотого доменного гранулированного шлака и кальцинированной соды.

Преимущества технологии: Традиционно для производства бетонов и строительных растворов используется портландцемент, получаемый измельчением клинкера, предварительно обожженного при высокой температуре. Производство бесклнкерного вяжущего основано на измельчении доменного гранулированного шлака, который близок по своим вяжущим свойствам цементному клинкеру, но не требует высокотемпературного обжига, это существенно снижает себестоимость материала.



Размещение производства: на рисунках показана линия по производству сухих шлакощелочных строительных смесей, в которой сырьё сушится и подаётся в весовой бункер. Производство бесклнкерного вяжущего подразумевает добавление в линию шаровой мельницы и сушилки для соды, которая вместе со шлаком с помощью норий будут подаваться в весовой бункер.



1 – виброконвейер; 2 – сушильная печь; 3 – транспортёр; 4 – вибросито; 5 – бункер промежуточный; 6 – подъемник - нория; 7 – бункер весовой; 8 – смеситель; 9 – бункер приемный; 10 – дозатор весовой; 11 – площадка рабочая; 12 – бункер промежуточный малый

Таблица 1

Компонент	Массовая доля в готовой продукции	Характеристики
Шлак доменный гранулированный	94%	- влажность в среднем 8% - размер частиц 1-2 мм; - показатель твёрдости – 7 (как у кварцевого песка) - сыпучий продукт, в том числе в зимний период
Кальцинированная сода	6%	- активно впитывает влагу, требует прокаливания перед применением

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях/Под ред. В.Д. Глуховского – К.: Вища шк., 1981.-224с.
2. Банул А.В., Борисовская Н.Е., Соловьев Л.Ю. Новые шлакощелочные бетоны в дорожном и транспортном строительстве. Материалы **VII Научно-практич. Конф.** "Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия" **Международный Научный Институт "Educatio"**, 2014.
3. Ананенко А.А., Банул А.В. Получение высокопрочных бетонов на шлакощелочных вяжущих. Изв.ВУЗов. Строительство №10, 2007
4. Борисовская Н.Е. «Высокопрочный шлакощелочной бетон на основе техногенных продуктов Западно-Сибирского региона» Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых, «Наука. Технологии. Инновации» НГТУ, 2013 Часть 4. Новосибирск

*Г.И.Овчаренко, Д.В.Бойков, М.В.Нагель
(Барнаул, Россия)*

ВЫСОКОПОДВИЖНЫЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Одним из направлений технического прогресса в строительстве является широкое внедрение конструкций из монолитного и сборно-монолитного бетона и железобетона. Основными достоинствами домов, построенных таким методом, являются высокая скорость строительства, гибкость в архитектурно-планировочных решениях и высокая устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды. Монолитные жилые и общественные здания придают большую выразительность районам массового строительства в специфичных условиях их возведения (в особенности на стесненных участках, в условиях горной местности, при отсутствии мощной базы сборного домостроения и т. п.), позволяют снизить стоимость строительства на 10—15%, а капитальные вложения уменьшить на 20—25% при одинаковых суммарных затратах труда на заводе и строительных площадках. Широкое использование технологии монолитного строительства стало возможным благодаря применению качественных высокоподвижных и самоуплотняющихся бетонных смесей с использованием различных химических и минеральных модификаторов, которые позволяют получать бетоны с заданными техническими характеристиками.

Основное место в этом ряду занимают добавки-пластификаторы, с помощью которых достигается требуемая подвижность бетонной смеси без потери прочностных характеристик.

Однако применение такой технологии сдерживается рядом факторов: высокоподвижные смеси требуют повышенного расхода цемента (по сравнению со среднепластичными). В то же время такие смеси склонны к водоотделению, расслоению и усадке.

Для устранения этих негативных особенностей эффективно использование тонкодисперсных минеральных добавок. Одной из наиболее перспективных добавок для применения в высокоподвижных бетонах является высококальциевая зола-уноса ТЭЦ (ВКЗ). Дополнительно ВКЗ способствует безударности бетона т.к. приводит к некоторому расширению камня при твердении.

Цель данной работы является получение высокоэффективных бетонных смесей с осадкой конуса 15-20 см с применением высококальциевой золы ТЭЦ.

В качестве вяжущего в бетонах использовался цемент Искитимского завода **ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н ГОСТ 31108-2003**.

В качестве золы использовалась высококальциевая зола от сжигания углей КАТЭКа на Барнаульской ТЭЦ №3. Свойства пробы золы приведены в таблице 1.

Мелкий заполнитель – песок с поймы реки Обь с модулем крупности 1,32.

В качестве пластификатора использовался суперпластификатор нафталин-формальдегидного ряда С-3.

Микрокремнезем завода «Кузнецкие ферросплавы» с удельной поверхностью 18600 см²/г.

Таблица 1 - Свойства высококальциевой золы

№ пробы	ТНГ, %	Сроки схватывания		Тонкость помола		ППП, %	Δt, °C	Содержание СаОсв, %		
		Начало	Конец	Ост 008, %	Суд, см ² /г			откр.	закр.	сумм.
1	23,6	10 мин.	22 мин.	4,5	2380	3,7	3	5,74	0,43	6,2

Были разработаны 7 составов бетонных смесей с ОК=20 см (таблица 3) с различным соотношением вяжущего и крупного заполнителя.

Таблица 3 – Составы бетонной смеси кг/м³

№ состава	Содержание компонентов бетонной смеси, кг					
	Цемент	Зола	Щебень	Песок	МК	Вода+добавка
1 (контроль)	470	0	1100	620	24	200
2	353	353	865	620	24	200
3	376	376	818	620	24	200
4	400	400	771	620	24	200
5	423	423	724	620	24	200
6	447	447	677	620	24	200
7	470	470	630	620	24	200

По результатам испытаний прочности при изгибе образцов-призм размером 40х40х160 мм, и прочности при сжатии их половинок получены результаты, представленные в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Средняя прочность образцов при изгибе

№ состава	Прочность при изгибе, МПа			
	3 сутки	7 сутки	14 сутки	28 сутки
1 (контроль)	4,73	6,84	10,59	10,65
2	4,80	7,54	10,14	9,6
3	4,10	7,21	9,10	9,21
4	4,41	6,84	10,09	8,78
5	5,05	8,45	9,95	10,89
6	5,32	8,95	10,61	8,78
7	4,84	8,65	8,75	10,45

Таблица 5 – Средняя прочность образцов при сжатии

№ состава	Прочность при сжатии, МПа			
	3 сутки	7 сутки	14 сутки	28 сутки
1 (контроль)	18,7	27,2	33,4	38,4
2	17,8	23,7	36,1	45,9
3	15,7	20,7	32,0	37,9
4	16,8	23,1	32,8	43,0
5	16,8	25,1	34,0	47,0
6	17,6	26,8	35,8	44,0
7	19,6	25,9	33,3	45,7

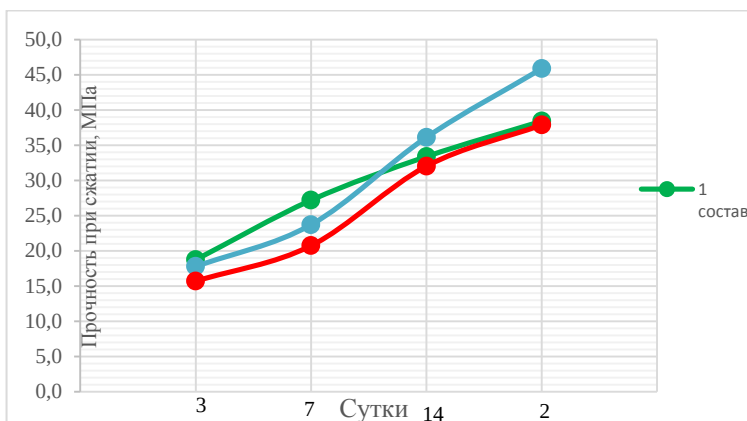


Рисунок 1 – График набора прочности образцов при сжатии

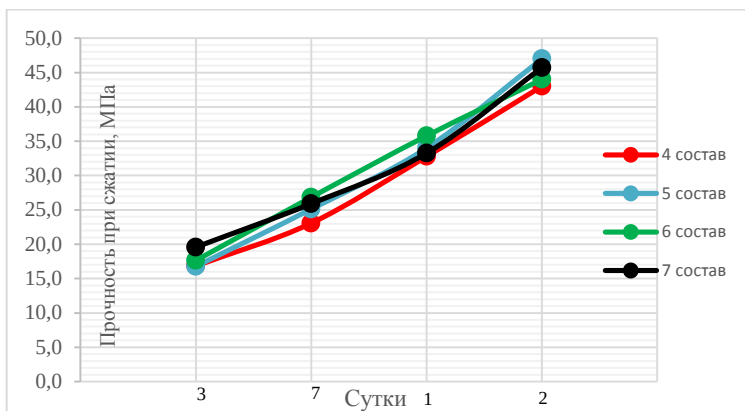


Рисунок 2 – График набора прочности образцов при сжатии

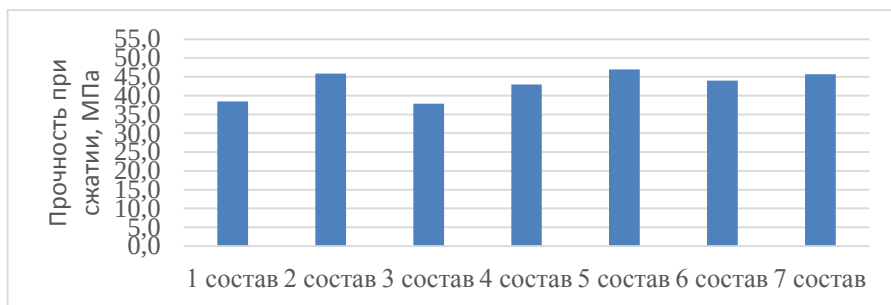


Рисунок 3 – Сравнительная прочность образцов при сжатии на 28 суток

На рисунке 1 и 2 показаны графики набора прочности образцов, из которых видно, что на раннем этапе твердения все составы показали примерно одинаковую прочность. При дальнейшем твердении большинство составов с золой показали прочность выше контроля (рисунок 3).

Исходя из результатов эксперимента можно с уверенностью сказать, что высококальциевая зола может успешно применяться в качестве замены части цементного вяжущего в высокоподвижных бетонных смесях, что влечет за собой не только снижение затрат на производство бетона, а также нивелирует негативные последствия применения смесей с высокой подвижностью: водоотделение, расслоение, усадка.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОНА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Дорожные покрытия конструктивно являются совокупностью нескольких слоев, построенных из разных по физико-механическим свойствам материалов и представляющих многоэлементную систему, состоящую из слоя износа, покрытия, основания и верхнего слоев земляного полотна.

Работа дорожного покрытия заключается в восприятии и оказании сопротивления воздействию автомобилей и атмосферных факторов (солнечной радиации, температурам, воде)

Работоспособность покрытия характеризуется продолжительностью периода времени, сохранения свойств, обеспечивающих возможность безопасного движения автомобилей со скоростью до максимально разрешенной или проектной.

Свойствами покрытия является прочность, величина коэффициента сцепления автомобильной шины с дорожным покрытием, ровность поверхности, уровень транспортного шума.

Наиболее массовым типом материала для дорожного покрытия является асфальтовый бетон, физико-механическое состояние которого зависит от температуры.

При повышенных температурах в асфальтобетоне развиваются пластические деформации, т.е. заметно проявляется реологический эффект, возникают сдвиговые деформации-поперечные волны.

Наиболее активно сдвиговые деформации наблюдаются на покрытиях из мало щебёночных и песчаных смесей, единственным способом предотвращения термопластических деформаций является создание сплошного, плотного каркаса из щебня. Современные щебне мастичные смеси с содержанием щебня до 90-95 % в составе минеральной части практически лишены сдвиговых деформаций. Они невозможны, т.к. проведен расчет смеси слоя покрытия, т.е., если фактическая нагрузка не превышает расчетную.

Дорожные покрытия работают в России в суровых погодноклиматических условиях:

Перепады среднесуточных температур воздуха достигает до 20-25°C. Продолжительность периодов сохранения положительных и отрицательных температур может достиг 30 и более суток.

За это время дорожные покрытия успевают прогреться в достаточной мере или охладиться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Немчинов М.В. Дорожная одежда автомобильных дорог: Расчет и проектирование: Учебное пособие-Москва издательство АСВ, 2016.-108с.
2. Смирнов А.В. Механика дорожных конструкций. – Омск: Издательство СибАДК:2009

*Кара-Сал Б.К., Седен Б.Р., Чюдюк С.А.
(г.Кызыл, Тыва)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ШИХТЫ НА ОСНОВЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ

Выявлен оптимальный гранулометрический состав шихты на основе каменных вскрышных пород угледобычи для производства керамических стеновых материалов методом полусухого прессования. Для достижения плотной упаковки компонентов и улучшения эксплуатационных свойств изделий составе шихты предусматривается крупная, средняя и мелкая фракции полученные дроблением и тонким измельчением.

Ключевые слова: вскрышные породы угледобычи, дробление и тонкое измельчение, плотная упаковка, шихты, свойства.

There was distinguished the optimal particle size distribution of batch on the basis of the rocky overburden of coal for the production of ceramic wall materials by dry pressing method. To achieve dense packing of components and improve the performance properties of the products in the batch large, medium and fine fraction obtained by crushing and pulverizing is provided.

Keywords: overburden of coal mining, crushing and fine grinding, dense packing, batch, properties.

При добычи каменного угля открытым способом сначала удаляют вышележащий массив горных пород определенной толщины (достигает до 40 м) и при переработки которого образуются в огромном количестве вскрышные пустые породы, направляемые в отвалы, занимающие благородные земли загрязняя окружающую среду.

Вскрышные породы угледобычи представляют собой породы осадочного и метаморфического происхождения и в зависимости от химико-минералогического состава и при соответствующей переработке, они могут быть применены в качестве сырьевых материалов для производства крупнотоннажных и массовых изделий, в том числе для производства строительных материалов.

Целью данной работы являются выявление оптимального гранулометрического состава шихты для получения керамического стенового материала на основе каменных вскрышных пород угледобычи.

Исследованы вскрышные породы Усть-Элегестского угольного бассейна Республики Тыва, которые представлены щебнем и валунами темно-серого цвета с плотной структурой. Измельченная песчаная фракция имеет объемную насыпную массу 1,54 г/см³. Генетически рассмотренная порода образовалась в результате уплотнения, гидратации и цементации глинистых, кварцевых и полевошпатовых минералов, а также других элементов, отложившихся над угольной толщей. В результате сильного уплотнения природная смесь минералов превратилась в аргиллитовую вскрышную породу с прочностью при сжатии 38–42 МПа.

Минеральный состав аргиллитовой вскрышной породы выявленной рентгенофазовым анализом, представлены кварцем (d/n 0,424; 0,334; 0,245; 0,228; 0,212 нм), ортоклазом (d/n 0,421; 0,331; 0,322; 0,256; 0,179), монтмориллонитом (d/n 1,22; 0,636; 0,452; 0,355; 0,252), железистыми соединениями (d/n 0,418; 0,269; 0,245; 0,218) и кальцитом (d/n 0,303; 0,249; 0,228; 0,209; 0,191). Особенностью минерального состава исследованных вскрышных пород является наличие глинистого минерала монтмориллонита в количестве 22–26 %, что установлено результатами рентгенофазового, петрографического анализов и методом Рутковского Н.Г. [1;2]. Петрографическим анализом выявлено, что содержание кварца и ортоклаза в аргиллитах колеблется 38–42 и 16–19 % соответственно. Наряду с указанными минералами, во вскрышных породах содержится 1–5 % углистых и других органических включений.

Химический состав вскрышных аргиллитовых пород, представленный в таблице 1 характерен для алюмосиликатного сырья, применяемого для производства керамических изделий.

Таблица 1

Массовое содержание, %									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	п.п.п.
58,17	11,83	0,74	8,94	3,11	1,23	2,72	1,21	0,22	11,71

Анализ химического состава исследованной породы показывает, что содержание оксидов кремния и алюминия как у глинистых пород. Сырье отличается высоким содержанием железистых соединений. Концентрация щелочных оксидов (K₂O и Na₂O), важных для спекания керамической массы на среднем уровне.

При выполнении работы исходные каменные вскрышные породы, для получения грубых частиц (размеры 0,63–1,25 мм) подвергались к дроблению в щековой дробилке, а затем часть материала измельчалась в шаровой мельнице для изготовления тонкодисперсной фракции (менее 0,063 мм).

Подбор состава шихты проводилось на основе положений плотной упаковки, где соотношение крупной, средней и мелкой фракций должно быть не более 0,24 [3]. Для сравнительного анализа приняты массы просеянные через сито с размерами ячейки 0,63 и 0,14 мм с естественной гранулометрией.

Из увлажненной массы влажностью 8 % изготовлены образцы-цилиндрики диаметром и высотой 50 мм при удельном давлении 25 МПа, которые после сушки обжигались в лабораторной электропечи. Физико-механические характеристики образцов определены согласно стандартных методик.

В таблице 2 приведены составы масс и свойства сырца в зависимости от гранулометрического состава.

Таблица 2

Номера составов	Гранулометрический состав	Степень уплотнения порошка при прессовании	Объемная масса сырца, г/см ³	Предел прочности при сжатии сырца, МПа
1	менее 0,63 мм (100 %)	1,6	1,67	2,62
2	фракция 0,31-0,64 мм (70 %) фракция менее 0,14 мм (30%)	2,1	1,70	3,68
3	фракция 0,63-1,25 мм (70 %) фракция 0,14-0,31 мм (20 %) фракции менее 0,063 мм (10 %)	2,5	1,72	3,17
4	фракция менее 0,14 мм	1,8	1,69	2,94

Выявлено, что наиболее плотная упаковка компонентов шихты при полусухом прессовании наблюдается на основе составов № 2 и № 3, которые состоят из двух и трех фракций, о чем свидетельствует степень уплотнения и объемная масса сырца. Наименьшей степени уплотнения обладает шихта на основе № 1, которая состоит из массы измельченной в щековой дробилке и просеянная через сито с размерами ячейки 0,63. Чуть больше уплотняется масса просеянная через сито с размерами ячейки 0,14 мм. Введение тонкодисперсной фракции размерами менее 0,063 мм в состав № 3 обеспечивает максимально плотную упаковку шихты при прессовании и соответственно большую объемную массу и прочность сырца.

Изучение спекаемости керамических масс на основе аргиллитовых пород угледобычи показало, что на формирование структуры и фазового состава обожженных материалов, наряду с химико-минералогических особенностей сырья влияет дисперсность компонентов. Анализ физико-механических свойств образцов обожженных при 950 °С, приведенных в таблице 3 показывает, что чем больше и плотнее контактов между основными компонентами шихты, тем быстро и интенсивно происходит твердофазовые реакции и спекание массы.

Таблица 3

Состав	Объемная масса, г/см ³	Огневая усадка, %	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа
1	1,72	2,4	16,8	18,8
2	1,75	2,9	15,3	22,3
3	1,77	3,1	14,7	24,7
4	1,74	2,6	15,9	19,5

Выявлено, что спекание керамических масс с естественной гранулометрией (составы 1 и 4) происходит меньшей интенсивностью, чем шихты с фракционированными составами, о чем свидетельствует объемная масса и огневая усадка образцов. Максимальное уплотнение сопровождающее с увеличением объемной массы (1,75 и 1,77 г/см³) и огневой усадки (2,9 и 3,1 %) имеют образцы на основе двух и трех фракций (составы 2 и 3), что связано с более ранней аморфизацией и разложением глинистых минералов и началом образования стеклофазы. Как следствие уплотнения материала, механическая прочность образцов достигается до 22,3 и 24,7 МПа, а образцы из масс с естественной гранулометрией имеют прочность 18,8 и 19,5 МПа.

Повышенная прочность образцов из трехфракционной шихты (состав 3) связано с образованием и накоплением жидкого расплава, который частично заполняет межзерновые пустоты и склеивает твердые песчаные зерна, что установлено петрографическим исследованием.

В целом, результаты работы показывают, что при производстве керамических стеновых материалов на основе каменистых аргиллитовых вскрышных пород Усть-Элегестинского угольного бассейна, целесообразно применять многофракционную шихту, состоящую из крупной, средней и мелкой фракций, что позволяет получить изделия с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Литература

1. *Осипов В.И., Соколов В.Н.* Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойства. – М.: ГЕОС. -2013 – 576 с.
2. Практикум по технологии керамики./под ред. *Гузмана И.Я.* – М.: РИФ «Стройматериалы» - 2005 – 336 с.
3. *Боженев П.И., Григорьев Б.А., Глибина И.В.* Строительная керамика из побочных продуктов промышленности. – М.: Стройиздат, - 1986 – 136 с.

*С.В.Коваль (Ольштин, Польша),
А.П.Пичугин, А.С.Денисов,
В.Ф.Хританков, Е.Г.Пименов
(Новосибирск, Россия)*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕГКИХ КРУПНОПОРИСТЫХ БЕТОНОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

Аннотация

Представлены результаты исследований по использованию шлаковых отходов в качестве крупного заполнителя легких крупнопористых бетонов с регулируемыми показателями пористости, что обеспечивает достижение лучших теплофизических и шумопоглощающих показателей материала. Показано, что лучшей защитной композицией является полимерсиликатная на основе ПВА и жидкого стекла.

Abstract The results of studies on the use of slag as coarse aggregate concrete with large-light controlled porosity that achieves the best thermal and sound absorption performance of the material. It is shown that the best protective composition is polimersilikatnaya PVA-based and water glass.

Для обеспечения надежного сцепления крупного пористого заполнителя из шлака были разработаны специальные мероприятия по его предварительной обработке и усилению. В качестве защитных композиций использовались жидкое стекло, полиметилметакрилат, ПВА, латекс КС-65 ГП, фенолоформальдегидные, акриловые и эпоксидные смолы. Требовалось выявить оптимумы расхода защитных композиций или найти рациональное техническое решение по организации комплексного воздействия на поровую структуру заполнителей бетона с целью снижения его открытой пористости. В качестве методологического аппарата была использована методика фотоэлектроколориметрических исследований для изучения адгезии защитных композиций и полимера к минеральному заполнителю. Данный метод достаточно прост и доступен для проведения исследований и с определенной степенью точности. Методика проведения испытаний представлялась в следующей последовательности: фрагменты минерального заполнителя без обработки и покрытые защитными составами, предварительно измельченные до фракции 2,5–5,0 мм и отвержденные в виде отливок полимерные составы и композиции готовились по навескам в 1 грамм (в трех параллелях), встряхивалась в течение 15 минут в 20 мл раствора красителя. После выдерживания в течение суток определялась концентрация раствора, для чего отбиралась проба в 10 мл раствора и помещалась в кювету фотоэлектроколориметра.

Адсорбция красителя определялась по изменению оптических плотностей, измерение которых производилось на фотоэлектроколориметре ФЭК-56, и вычислялось по формуле:

$$a = \frac{D_o - D_1}{D_o} \times 100\%, \quad (1)$$

где: D_o – исходная плотность раствора красителя;

D_1 – равновесная плотность раствора красителя после контакта с полимерной смесью или минеральным материалом.

Важным вопросом при проведении данных исследований являлся правильный выбор красителя, который должен быть инертным по отношению к пропитываемой композиции, т.е. не адсорбироваться на поверхности её частиц. С этой целью были опробованы следующие водные растворы красителей: конго красный, родамин 6Ж, родамин С, метиленовый синий и метиловый фиолетовый. Проведенные исследования по выявлению инертного красителя показали, что наиболее приемлемым видом красителя является водный раствор метиленового синего, поэтому все дальнейшие определения производились на этом красителе.

Далее были испытаны минеральные, полимерминеральные и затвердевшие защитные композиции, состоящие из полимерного связующего и различных минеральных составляющих, предварительно отобранных от различного крупного заполнителя. Подготовленные фрагменты отверждались в нормальных температурно-влажностных условиях в течение суток.

Для выяснения величины и характера изменения физико-механических характеристик подготовленные пробы подвергались воздействиям агрессивных сред по ускоренному режиму. Такая обработка давала возможность нарушать сцепление минеральной фазы с полимером и получать открытую поверхность минерального составляющего, что способствует интенсивной адсорбции красителя из раствора.

Анализ полученных результатов свидетельствовал о наибольшей агрессивности ацетона, поэтому в дальнейших исследованиях он был принят в качестве основного реагента при определении относительной величины адгезии. Краситель метиленовый синий – не поглощается большинством защитных композиций, т.е. его адсорбция полимерминеральной смесью связана в основном только со свойствами и активностью заполнителя. Тогда отношение адсорбции красителя смесями до нахождения в агрессивной среде (a_n) и после пребывания в агрессивной среде (a_o) будет являться открытой поверхностью минеральной фазы в защищенном крупном пористом заполнителе:

$$S_o = \frac{a_n}{a_o} \cdot 100\% ; \quad (2)$$

$$S_0^1 = \frac{a_n^1}{a_0} \cdot 100\% , (3)$$

Где S_0 и S_0^1 - открытая поверхность минеральной фазы в полимерной смеси до пребывания и после обработки композиций в ацетоне.

Относительная величина показателя адгезии «А» была определена по формуле:

$$A = 100 - (S_0^1 - S_0) \text{ или } A = 100 - \Delta S_0 (\%), (4)$$

Где $\Delta S = S_0^1 - S_0$ – приращение открытой поверхности минеральной фазы после пребывания в химической среде.

Результаты определения показателя адгезии защитных покрытий к различным минеральным материалам после пребывания в течение одного часа в ацетоне представлены в таблице 1.

Они свидетельствуют о различной адгезионной способности защитных составов и композиций к минеральной фазе крупного пористого заполнителя и, следовательно, различной степени защиты открытой пористой структуры материала.

Таблица 1. Показатели адгезии защитных композиций к минеральной фазе после обработки ацетоном

№ п/п	Наименование материала и пропитывающей композиции	Адсорбция минеральной фазы, % a_0	Открытая поверхность наполнителя		Приращение открытой поверхности, % $\Delta S_0 = S_0^1 - S_0$	Адгезия, % $A = 100 - \Delta S_0$
			До пребывания, S_0	После пребывания, S_0^1		
1	Шлак-1	77,09				
	+ ПВА	-	10,30	97,32	87,02	12,98
	+ ЖС	-	18,45	87,41	68,96	31,04
	+ Латекс	-	17,88	79,78	61,90	38,10
	+ Смола ЭД	-	4,57	24,65	20,08	79,92
	+ ПВА + ЖС	-	6,98	57,87	50,89	49,11
2	Шлак-2	76,71				
	+ ПВА	-	10,06	83,62	73,56	26,44
	+ ЖС	-	13,77	76,25	62,48	37,52
	+ Латекс	-	15,91	71,83	55,92	44,08
	+ Смола ЭД	-	3,75	19,74	15,99	84,01
	+ ПВА + ЖС	-	3,78	49,35	45,57	54,43

3	Шлак-З	73,34				
	+ ПВА	-	11,45	87,52	76,07	23,93
	+ ЖС	-	18,48	93,14	74,66	25,34
	+ Латекс	-	22,43	96,28	73,85	26,15
	+ Смола ЭД	-	12,44	28,17	25,73	74,27
	+ ПВА + ЖС	-	15,23	74,34	59,11	40,89
4	Керамзит	49,52				
	+ ПВА	-	2,23	69,33	67,10	32,90
	+ ЖС	-	8,77	78,12	69,35	30,65
	+ Латекс	-	22,23	73,87	51,64	48,36
	+ Смола ЭД	-	3,01	23,96	20,95	79,05
	+ ПВА + ЖС	-	7,49	52,55	45,06	54,94
5	Цементный раствор	44,1				
	+ ПВА		8,04	49,31	41,27	58,73
	+ ЖС		5,33	45,66	40,33	59,67
	+ Латекс		7,53	67,19	59,66	40,34
	+ Смола ЭД		1,27	16,94	15,67	84,33
	+ ПВА+ЖС		4,05	48,98	44,94	55,06

Наибольшей адгезией обладают эпоксидные составы, которые обладают повышенными пропитывающими и адгезионными характеристиками практически ко всем исследованным минеральным фазам. Наименьшей адгезией к минеральным стеновым материалам характеризуются латекс, жидкое стекло и ПВА. Причем, низкая адгезионная способность у этих пропитывающих композиций объясняется, по-видимому, химическим составом. Низкая адгезия к шлакобетону вызвана наличием огромной внешней поверхности зерен шлака, ухудшающей контакт пленки и способствующей значительному понижению адгезионной прочности. Данное предположение подтверждается результатами целого ряда исследователей.

Рассматривая детально результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что любой из выше перечисленных пропитывающий состав положительно влияет на улучшение структуры материала и, следовательно, может быть применим для упрочнения в легком крупнопористом бетоне. Кроме того, отмечено, что даже частичная пропитка на 0,1-0,2 мм гранул крупного заполнителя создает благоприятные условия по увеличению его прочности, что обеспечивает надежную работы всей стеновой конструкции ограждений. Сравнение результатов фотоэлектродиметрических исследований с физико-механическими испытаниями дает право считать защиту крупного пористого заполнителя достаточно важным и эффективным мероприятием, повышающим показатели прочности и других свойств в сочетании с высокой адгезией. Авторами подана заявка на патент по разработанной системе ускоренного проведения процедуры нанесения защитных составов за счет их предварительного вспенивания и последующего термоотверждения.

Это позволяет обеспечить снижение расхода полимерсиликатных композиций при обеспечении требований надежности функционирования стеновых блоков в ограждающих конструкциях зданий. Используемые при этом компоненты являются недефицитными и позволяют обеспечить заданную вязкость в широком диапазоне требования.

Таблица 2. Средние значения звукопоглощательной способности стеновых материалов

Наименование материала	Диапазоны частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная стена	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
Войлок	0,16	0,18	0,36	0,71	0,78	0,83	0,85	0,87
Керамзитобетон по традиционной технологии	0,06	0,06	0,08	0,08	0,12	0,28	0,27	0,23
Стеновой блок из керамзитобетона с ИРКЗ*	0,11	0,14	0,19	0,21	0,27	0,40	0,35	0,36
Стеновой блок из шлакобетона с ИРКЗ*	0,13	0,15	0,19	0,24	0,29	0,42	0,38	0,39
Стеновой блок из керамзитового шлакобетона с ИРКЗ * без защиты	0,14	0,19	0,28	0,41	0,54	0,56	0,58	0,58
Стена из шлакокерамзитобетона с ИРКЗ * с защитой	0,21	0,22	0,31	0,43	0,45	0,52	0,54	0,61
Стеновой блок из керамзитового шлакобетона с ИРКЗ * с защитой и отходами хризотилцемента	0,23	0,24	0,32	0,44	0,49	0,57	0,64	0,65

ИРКЗ - интегральное расположение крупного заполнителя

Далее нами были проведены исследования влияния защиты полимерсиликатными композициями шлакового заполнителя на величину шумопоглощения легким бетоном на комбинированном заполнителе. Результаты приведены в таблице 2.

Защита поверхности шлаковых гранул крупного заполнителя различными составами с целью уменьшения толщины защитных слоев и снижения расхода защитных составов полимерсиликатной композицией из жидкого стекла и ПВА целесообразна и позволяет снизить водоцементное отношение на первом этапе твердения легких бетонов за счет уменьшения поглощения воды шлаковым заполнителем. Предложена технологическая схема производства легких бетонов с комбинированным заполнителем и послойным формованием изделий с различными фракционными составами, что обеспечивает эффективное снижение звуковой проницаемости (шумозащиту) в ши-

роком диапазоне звуковых волн за счет создания структуры с различной формой и различным диаметром пор. Определен комплект оборудования и технологической оснастки для изготовления изделий из таких бетонов.

Использование предложенных составов и технологии позволяет получать эффективные стеновые материалы из легких крупнопористых бетонов с регулируемыми показателями пористости, имеющими среднюю плотность до 450-750 кг/м³; коэффициент теплопроводности от 0,14 до 0,31 Вт/(м·°С), морозостойкость не менее 15 циклов, коэффициент звукового поглощения во всем диапазоне звуковых частот от 0,3 до 0,7. Использование шлака в качестве крупного заполнителя легких бетонов позволяет утилизировать отходы теплоэнергетики и создать благоприятные экологические условия.

УДК 691.327.333

*В.В. Конушева, О.О. Сыркин, А.Б. Стешенко,
А.И. Кудяков, (Томск, Россия)*

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ВОДОСТОЙКОСТЬ ГИПСА

Аннотация. Установлена эффективность использования модифицирующих добавок для повышения прочности и коэффициента размягчения строительного гипса. При введении в гипс водного раствора NaOH и силикагеля в количестве 5% от массы гипса наблюдается прирост прочности на 10%, при этом коэффициент размягчения составляет 1,11.

Ключевые слова: гипс, силикагель, гидроксид натрия, вода, микрокремнезем, прочность при сжатии, прочность при изгибе.

Keywords: gypsum, silica gel, sodium hydroxide, water, microsilica, compressive strength, flexural strength.

Применение вяжущих веществ, обеспечивающий быстрый набор прочности в ранние сроки твердения без тепловой обработки, способствует повышению эффективности производства строительных материалов и изделий. Один из таких материалов – полуводный гипс. Гипс значительно теряет прочность при увлажнении, поэтому не рекомендуется применять гипсовые материалы в конструкциях, подвергаемых значительному и длительному воздействию воды. Известно, что повысить водостойкость гипсовых изделий можно введением добавок шлаковой и каменной муки, зол или цемьянки. Эти добавки при твердении гипса образуют труднорастворимые соединения. В настоящей работе в качестве добавки для повышения водостойкости гипсовых изделий были выбраны силикагель и микрокремнезем.

Микрокремнезем – это минеральная добавка, которую используют для повышения прочности бетона. Синтез кремниевых сплавов металла или ферроси-

лиция под воздействием высокой температурой образует газ(оксид кремния).Газ вступает в реакцию с кислородом и конденсируется в микрокремнезем, принимая форму белого порошка, состоящего из диоксида кремния, размеры частиц – 0,1 мкм. Они сгруппированы в кластеры размером до 1 мкм.

Силикагель – это высушенный гель кремневой кислоты. Структура силикагеля может рассматриваться как совокупность агрегатов сферических нано частиц диаметром 0,01мкм.В настоящей работе был использован гранулированный крупнопористый силикагель с исходным размером гранул 2-4мм., измельченный в лабораторной конусной дробилке до размеров частиц менее 0,14мм.

Цель работы состояла в подборе состава, обеспечивающего повышенную водостойкость продукта твердения. Было изучено шесть составов представленных в таблице 1.

Водо-гипсовое отношение для всех составов составляло 0,5, что соответствует гипсовому тесту стандартной консистенции. В составе №4 затворителем служила известковая вода, pH которой равен 12. Было высказано предположение, что положительная роль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ сводится к подщелачиванию среды твердения [1]. Мы проверили это предположение.

Таблица 1. Составы гипсового теста

№п/п	Номер состава	Компоненты состава
1	№1	Гипс+вода
2	№2	Гипс+вода+силикагель 3% от массы гипса
3	№3	Гипс+вода+силикагель 5% от массы гипса
3	№4	Гипс+известковаявода+силикагель 5% от массы гипса
4	№5	Гипс+водный раствор NaOH+силикагель
5	№6	Гипс+вода+микрокремнезем

В составе №5 в качестве затворителя использовали разбавленный раствор гидроксида с тем же значение pH, что и известковая вода. Из замесов вышеприведенных составов формировали образцы-балочки, которые испытывали в возрасте 14 суток. Определяли предел прочности балочек при изгибе,а половинки – при сжатии. Причём три из шести половинок перед испытанием выдерживали в воде в течении полутора часов. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Результаты испытаний показали, что силикагель(состав№3) дает больший эффект повышения прочности для сухих образцов в сравнении с микрокремнеземом(состав№6), однако проигрывает в водостойкости. Водостойкость образцов с добавкой силикагеля повышается в присутствии активаторов, обеспечивающих подщелачивание среды твердения [2].

Таблица 2. Влияние добавок на прочностные показатели строительного гипса.

№	Номер состава	R _{изг} , МПа	R _{сж} , МПа		Коэффициент размягчения
			До насыщения водой	После насыщения водой	
1	№1	2.41	5.53	5.26	0.95
2	№2	2.503	4.92	3.83	0.77
3	№3	2.63	5.97	5.26	0.88
4	№4	2.45	4.76	4.64	0.97
5	№5	2.32	4.52	5.0	1.11
6	№6	2.5	5.25	5.2	0.99

Наиболее эффективным оказалось введение гидроксида натрия в систему твердения: после выдержки в воде произошел прирост прочности на 10,6% по сравнению с образцом до насыщения водой.

Скорее всего, в ранние сроки твердения гидроксид натрия легко реагирует с кремневой кислотой силикагеля с образованием силикатов натрия в матрице твердения твердеющего гипса. Затем при выдержке в воде происходит частичное растворение сульфата кальция и в водной среде протекает обменная реакция с образованием гидросиликата кальция[3]. Это дает прирост в прочности.

Вывод. Таким образом, установлена целесообразность использования добавок силикагеля и щелочного активатора для повышения водостойкости строительного гипса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Изряднова О.В., Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Фишер Х. - Б. Регулирование морфологии кристаллогидратов в структуре гипсовой матрицы ультра - и нанодисперсными добавками // Известия КГАСУ. 2014. №3 (29). С. 108 - 113.
2. Макарова Н.В., Игнатова О.А. Повышение водостойкости композиционного гипсового вяжущего//Новая наука: современное состояние и пути развития. 2016. №8 (98). С. 137-140.
3. Потапова Е.Н., Исаева И.В. Повышение водостойкости гипсового вяжущего // Строительные материалы, 2012, № 7. – С. 20-22.

*А.П.Пичугин, И.К.Язиков,
В.А.Гришина, М.А.Пичугин (Новосибирск, Россия),
И.М.Хаджиев (Ургенч, Узбекистан)*

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЦЕПТУРЫ И ПРИЕМЫ УСТРОЙСТВА ГРУНТОБЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОГ И ЗЕРНОТОКОВ

Аннотация

Строительство дорог с твердым основанием может быть организовано путем укрепления грунта за счет переработки отходов промышленности и теплоэнергетики, в том числе отходов асбестоцементного производства и зол и шлаков ТЭЦ и котельных. Дана технико-экономическая оценка грунтобетонных оснований с использованием добавок направленного действия, изготовленных на различных видах грунтов, которая показала, что приведённые затраты на производство, транспортировку и возведению основания дорожного полотна из укрепленного грунта существенно ниже по сравнению со щебеночным основанием, а качество дорожного полотна значительно выше.

Abstract Construction of roads with solid base can be organized by strengthening the soil by recycling industrial waste and heat, including asbestos-cement production and waste ash and slag CHP and boiler. Dana technical and economic evaluation of soil-concrete using additives directional, made on different types of soil, which showed that the given cost of production, transport and erection of the roadway base of reinforced soil is significantly lower in comparison with gravel base and the quality of the roadway significantly higher .

Анализ основных тенденций развития современного строительства в России свидетельствует об интенсивном нарастании объемов дорожного строительства. Только за последние пять лет необходимость в дорожно-строительных материалах увеличилась почти в два раза и достигает в настоящее время свыше сотни млн.м³ в год. При этом весьма велики транспортные затраты на доставку щебня и песка к месту их укладки в основание дорог. При этом, следует отметить, что в большинстве регионов страны отсутствуют разведанные запасы качественного сырья для производства щебня. Частично используются шлаки, золошлаковые и песчано-гравийные смеси и другие природные и искусственные минеральные материалы.

В соответствии с предварительно выполненными расчетами технико-экономической эффективности внедрения предлагаемой технологии при строительстве дорожных оснований из укрепленных грунтов по сравнению с основанием из щебня экономия ресурсов только за счет сокращения транспортных затрат на доставку щебня удешевляет процесс строительства в 2,0-2,5 раза. А если учесть тот факт, что цементогрунтовое основание является более качественным и срок службы его в несколько раз больше, чем дороги со щебеночным основанием, то экономический эффект может быть увеличен многократно. Кроме того, важной составляющей экономического эффекта является экологический эффект за счет использования техногенных отходов:

золошлаковых смесей, отходов асбестоцементного производства и талового пека, загрязняющих территории вокруг наших городов. Поэтому эффективность предлагаемой технологии устройства сельских дорог и сооружений с использованием отходов производства будет очевидной.

Расширение строительства дорог с твердым основанием может быть организовано за счет переработки отходов промышленности и теплоэнергетики, в том числе отходов асбестоцементного производства и зол и шлаков ТЭЦ и котельных. Выбор экономически целесообразного направления возведения дорожного полотна зависит от объемов сырьевой базы, технологических особенностей, трудовых затрат, энергопотребления, направлений использования укрепленных грунтов, качественных характеристик получаемого материала. Оценка рациональности осуществляется на основе сравнительного технико-экономического анализа производства и применения грунтобетонных в условиях региона, основным инструментом которого являются удельные капитальные вложения и себестоимость.

Технико-экономические показатели производства грунтобетона с добавками направленного действия существенно разнятся в зависимости от видов класса дорог, принятой технологии, наличия той или иной техники, коэффициента ее использования, гидрогеологических условий и других факторов. Наибольшее влияние на себестоимость оказывают факторы концентрации производства и степень использования производственных мощностей. При прочих равных условиях эти показатели могут варьировать в широких пределах, что, естественно, сказывается на себестоимости конечной продукции, которая может изменяться в два-три раза.

Однако определение эффективности укрепленных грунтов только по одним этим показателям было бы не совсем справедливым в силу того, что на эффективность дороги в каждом конкретном случае оказывает влияние целый набор различных факторов:

- физико-механические, физико-химические и эксплуатационные показатели грунтов, слагаемых под основанием дороги, и свойства грунтобетона на их основе;
- транспортные затраты и возможности транспортировки минеральных добавок к месту использования;
- природно-климатические условия района строительства и степень развития инвестиционно-строительной деятельности;
- уровень организации и функционирования строительно-технологического комплекса и его технической оснащенности.

Оценка экономической целесообразности использования того или иного технологического приема может быть произведена с учетом качественной характеристики μ , представляющей собой степень соответствия производимого материала предъявляемым требованиям. При подсчете экономической эффективности сопоставляемых вариантов по комплексным текущим и капи-

тальным затратам на производство, транспортировку и применение добавок, устройство цементогрунтового основания с минеральными добавками направленного действия в строительстве учитывают также кредитные ставки банков на возведение объекта, приобретение оборудования и организацию производства.

Экономическая эффективность применения грунтобетонов может быть определена по формуле приведенных затрат:

$$\Pi = \mu T \left[C + E_m (K_n + \sum K_c) \right] + \frac{\mathcal{E}}{E_m} + \mathcal{Э}, \quad (1)$$

где C - себестоимость;

K_n и K_c - соответственно прямые и сопряженные удельные капитальные вложения;

E_n - нормативный коэффициент эффективности;

E_m - коэффициент приведения разновременных затрат;

$\mathcal{E}$ - среднегодовые эксплуатационные затраты;

$\mathcal{Э}$ - ставка банковского кредита;

μ - приведенный коэффициент качества материала основания дорожного полотна;

T - коэффициент, учитывающий срок службы конструкций.

Параметр μ может иметь значения от 1,0 до 2,5 и более.

Приведенные затраты могут быть определены в расчёте на единицу продукции с учётом различий в свойствах:

- для оснований дорог - по прочности и морозостойкости материала в сравнении с аналогами;

- для самих грунтобетонов - по затратам на 1 м² основания дорожного полотна для данного климатического района строительства;

- для других условий - на единицу трудо- и энергозатрат, измеряемых в расчёте на 1 м² дорожного основания или производственной площади.

расстояние, в отдельных случаях даже до 2 - 3 тыс. км и более.

Технико-экономическая оценка грунтобетонов с использованием добавок направленного действия, изготовленных на различных видах грунтов, показывает, что приведенные затраты на производство, транспортировку и возведению основания дорожного полотна из укрепленного грунта, на 50–75% ниже (в зависимости от вида условий), чем приведенные затраты аналогичной конструкции из щебня.

Расчеты показывают, что экономический эффект от применения грунтобетонов колеблется в значительных пределах и составляет от 250 до 750 руб. на 1 м² основания дорожной одежды в зависимости от вида грунта, дальности доставки добавок и климатических условий.

Экономия приведенных затрат от использования отдельных видов добавок по сравнению со щебнем для конструкции дорожного основания предопределяет целесообразность их применение не только в сельских районах, но и при возведении больших транспортных магистралей в городах и населенных пунктах. Эти же расчеты показали, что экономически целесообразно применение укрепленных грунтов для устройства зернотоков, стоянок для сельскохозяйственной техники, машинных дворов и т.п.

Таким образом, выбор экономически целесообразных областей применения различных укрепленных грунтов может быть осуществлен на основе сравнительной технико-экономической оценки различного назначения в конкретных условиях каждого экономического района.

Экономическая эффективность внедрения грунтобетона с добавками направленного действия из отходов производства в строительстве оснований дорог подсчитывается для каждого вида добавки. Экономическая оценка разработанных в диссертации технологических и технических решений осуществлялась с учетом действующих методик Госстроя России (Инструкция СН-50970). В качестве сопоставимых вариантов были приняты, наряду с экспериментальными вариантами укрепленных грунтов широко применяемые конструктивные решения оснований дорог из щебня.

Исходные данные для расчета приведены выше в виде баланса потребных материалов и компонентов, а трудозатраты и затраты использования машин и механизмов устанавливались в соответствии с действующими нормативами.

На опытный участок были завезены необходимые компоненты в соответствии с предварительно произведенными расчетами. В качестве исходных данных были приняты следующие отправные цифры для подсчета расхода составляющих:

длина участка - 1000 м;

ширина дорожного полотна - 7 м;

толщина уложенного укрепленного грунта - 0,2 м;

общий объем грунтобетонной смеси - 1400 м³.

При средней плотности уплотненного грунтобетона 1800 кг/м³ масса укрепленного грунта будет составлять 2520000 кг.

Тогда, исходя из принятой оптимальной рецептуры для устройства грунтобетонного основания из следующих компонентов (масс. %):

портландцемент (5-7), что составит 90-110 т;

золшлаковая смесь (18-22), т.е. 359-380 т;

отходы АЦП (8-12), т.е. 160-200 т;

талловый пек (2-3), т.е. 40-50 т.

Таким образом, выполнение работ осуществлялось силами работников дорожно-строительного участка при непосредственном участии сотрудников Новосибирского государственного аграрного университета.

Оценка возможности и эффективности использования отходов и местного сырья в строительстве, может быть представлена в виде наиболее интересных конкретных форм применения материалов и критерием параметров сопоставления рациональных вариантов.

Суммарная величина экономического эффекта представляет собой значение общей экономической эффективности выше приведенных направлений и может быть определена по формуле:

$$\Theta_{\text{общ}} = A \cdot E_n \cdot K_m (\Theta_1 + \Theta_2 + \dots + \Theta_i), \quad (2)$$

где A – годовой объем использования;

E_n – нормальный коэффициент эффективности капиталовложения;

K_m – коэффициент, учитывающий местные условия;

$\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_i$ – единичная эффективность по частному направлению снижения расходов или затрат.

Порядок расчета годового экономического эффекта, согласно методике Госстроя, осуществляется по следующей формуле:

$$\Theta = (\Theta_1 - 3_{c1}) \cdot \alpha + [\Theta_2 - (3_{c2})] \cdot A_r \quad (3)$$

где Θ_1, Θ_2 – приведенные затраты на производство щебня и его доставку с учетом транспортировки до строительной площадки по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

$3_{c1}, 3_{c2}$ – приведенные затраты по устройству основания дорожного полотна по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

α – коэффициент изменения срока службы или улучшения качественных показателей и, как следствие, возможности снижения расхода материала за счет уменьшения транспортных затрат по сравнению с базовым вариантом. Указанный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$\alpha(Ar) = \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} \quad (4)$$

где P_1, P_2 – доли сметной стоимости конструкции основания дорожного полотна в расчете на один год службы по сравниваемым вариантам;

E_n – нормативный коэффициент капиталовложений;

Θ_2 – экономия в сфере эксплуатации конструкции за срок их службы; принимается одинаковой для сравниваемых вариантов;

A_r – годовой объем производства.

Основные технико-экономические показатели приведены ниже.

Стоимостные показатели указаны в действующих ценах 2009 года. Сравнивая основные показатели трудозатраты и стоимости предлагаемых конструкций основания дорожных одежд из грунтобетона с добавками направленного действия с традиционно применяемыми вариантами конструкций дорожных одежд из щебня можно сделать следующие выводы.

Стоимостные показатели для конструкций основания дорожных одежд с одинаковой толщиной ниже базовых показателей на 50 – 75%.

При равной толщине основания дорожной одежды прочность на растяжение при изгибе выше в три раза, что способствует увеличению срока службы дорожного полотна в три-четыре раза. Кроме того, уменьшаются трудозатраты на 20 - 30 % и сокращаются эксплуатационные расходы на содержание дорог при значительно лучшем их качестве. Учитывая положительный опыт эксплуатации опытно-производственных участков оснований дорожного полотна из грунтобетонных с добавками направленного действия, можно сделать вывод о целесообразности проведенной работы и ее высокой эффективности. Подсчитанный суммарный экономический эффект при устройстве сельских дорог третьего класса составляет не менее 250 рублей на 1 м² дорожного полотна или 1-2 млн. рублей на километр дороги.

Выводы. Разработана технологическая карта-схема с выбором технологического оборудования, его производительности и выполняемых рабочих операций; выполнен балансовый расчет материальных ресурсов и расходных материалов для осуществления работ по устройству дорожного основания из укрепленного комплексными добавками направленного действия грунта. Осуществлено опытно-производственное строительство опытного участка автомобильной дороги, экспертное обследование которого показало хорошее качество грунтобетонного основания и его высокие эксплуатационные показатели. Так, прочность грунтобетона при сжатии колеблется в интервале 5,7 – 8,4 МПа, а прочность на растяжение при изгибе во всех случаях была более 2,0 МПа. Определены основные составляющие технико-экономического эффекта от внедрения предлагаемой технологии устройства дорожного основания из укрепленного грунта.

*Каткова Т.Ф., Горелова О.В.
(Новосибирск, Россия)*

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАЛОКЛИНКЕРНОГО ЦЕМЕНТА С МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

Необходимость увеличения объемов строительства жилья, строительства дорог с цементно-бетонными основаниями делает проблему производства цемента неотложной. Ежегодный объем производства цемента в мире превышает 4 млрд. тонн.

Одним из эффективных направлений энергосбережения в производстве цемента является совместный помол цементного клинкера с минеральными добавками в виде пуццолановых пород, зол, шлаков и специальным полимерным веществом.

Ввод минеральных добавок по ГОСТ 31108-2003 допускается до 65% от массы цемента с сохранением высокой марочности цемента – в пределах от 32,5 до 62,5 МПа.

Таблица 1

Вид цемента	Наименование цемента	Сокращенное обозначение цемента	Вещественный состав цемента, % масс.			Прочность на сжатие (МПа), в различные сроки (сут.) нормального твердения		Удельные затраты топлива на тонну продукта, кг. у.т./т.
			Основные компоненты					
			портланд-цемент	шлаки	пуццоланы	2	28	
Портланд-цемент	Портланд-цемент без добавок	ЦЕМ 1	95-100	-	-	-	52,5	196
Портланд-цемент с минеральными добавками	Шлако-портланд-цемент*	ЦЕМ111/А 32,5Б	35	65	-	10	32,5	(140)
	Пуццолановый цемент*	ЦЕМ1V/А 42,5Б	65	-	35	20	42,5	(150)
Нано-цемент с минеральными добавками		ВНВ-80	80	-	20	41	104,0	160
		ВНВ-80	80	20	-	49	106,0	
		ВНВ-80	80	-	-	47	108,5	
		ВНВ-50	50	25	25	28	77,0	137
		ВНВ-30	30	35	35	24	67,0	127

Впервые в мире разработана и опробована в промышленных условиях технология производства малоклинкерного цемента с добавками, которая позволяет покрыть высокодисперсные частицы цемента полимерным веществом толщиной в несколько десятков нанометров.

В качестве помольного агрегата в разработанной технологии предлагается использовать трубную шаровую мельницу, где и производится совместный помол клинкера и гипса минеральных добавок и покрытие частиц цемента полимерной оболочкой.

В шаровой мельнице достигается не только эффективное измельчение и механоактивация зерен клинкера, частиц минеральных добавок, но и покрытие частиц цемента полимерной добавкой.

Предложенная технология отличается низкой водопотребностью при за-
творении получаемого портландцемента, повышенными свойствами.

Введение до 50-70% кремнеземистых минеральных добавок в цементы
позволяет снизить удельные затраты топлива на тонну цемента на 50-70 кг,
что весьма актуально для России, где большинство цементных заводов рабо-
тает по мокрому способу.

Сравнительные показатели стандартных цементов и малоклинкерных
наноцементов представлены в таблице 1.

*- не производятся цементными заводами России, данные (в скобках)
оценочные.

Предлагаемая технология получения цемента и бетонов на его основе
защищена семью патентами РФ.

Литература:

1. М.Я. Бикбау. «Производство цемента, высокопрочных и долговеч-
ных бетонов» Технологическая и технико-экономическая оценка, Москва,
2007. – 23с.
2. Интернет – источники: <http://www.vseon.com/novosib/>

*Г.И.Овчаренко, Д.М.Назаров, А.В.Викторов,
(Барнаул, Россия)*

ПЕРЕРАБОТКА РАСТВОРНОЙ ЧАСТИ БЕТОННОГО ЛОМА

Проблема утилизации строительных отходов остро стоит в современном
мире. На Западе уже давно используют различные технологии по переработ-
ке и утилизации строительного лома. В России, в связи растущим строитель-
ным рынком, объемы соответствующих отходов стремительно увеличивает-
ся. Их вторичное использование, утилизация и захоронение становится про-
блемой, требующей решения. Большую часть отходов составляет бетонный и
железобетонный лом. Основная часть вывозится на полигоны и свалки,
включая несанкционированные. Фирмы, занимающиеся переработкой бетон-
ного лома, сосредоточены в основном в европейской части России. Продукт
переработки – вторичный щебень, который используется в бетонах низких
марок или в основании дорожной одежды.

Решение проблемы переработки строительных отходов позволит полу-
чить дешевые материалы для нового строительства, улучшить экономиче-
скую обстановку, сохранить природные ресурсы.

Целью этой работы являлось изучении эффективности использования
растворной части бетонного лома, основанной на теории контактно-
конденсационного твердения, для получения мелкоштучных изделий.

В роли вяжущего применялся грубодисперсный лом, представленный растворной частью твердевшего бетона, и в котором отсутствовал вторичный щебень. Растворная часть бетонного лома выделялась в виде фракции 0-1,25 мм путем дробления бракованных железобетонных изделий завода ОАО «ЖБИ Сибири». В качестве добавок были использованы: известняк, кварцевый песок, микрокремнезем, доменный гранулированный шлак (ДГШ), портландцемент ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н АО «Искитимцемент», изоструктурная минеральная добавка.

По ходу работы изготавливались образцы-цилиндры диаметром и высотой 50 мм. Прессование производилось при удельных давлениях 60, 80 и 100 МПа. Содержание добавок в составах было 10, 20, 30, 40 % от массы бетонного лома. Микрокремнезем вводился в состав в количестве 5; 7,5 и 10 %.

Образцы испытывали сразу после прессования, после тепловлажностной обработки (ТВО) по режиму 3-6-3 часа при температуре 80 °С, а также в нормальных условиях (температура 20 °С, влажность 95 ± 5 %). Испытания на прочность выполнялись сразу после ТВО, на 28 суток НУ, а также определялась сырцовая прочность.

Первостепенной задачей было проверить прочность молотого бетонного лома без применения добавок.

На рисунке 1 видно, что с увеличением сроков испытания идет набор прочности по закону твердения цемента. Обусловлено это тем, что в бетонном ломе остался клинкерный резерв непрогидратированного цемента. При увеличении удельного давления прессования прочность растет линейно. Бетонный лом фракции 0-1,25 мм без добавок сразу после прессования показывает прочность в 7 МПа, а через 28 суток нормального твердения - 12 МПа.

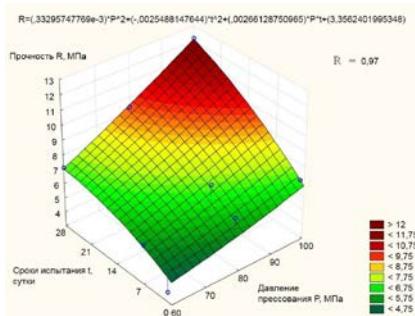


Рисунок 1 – Кинетика набора прочности камня из дробленого бетонного лома

Дальнейшей задачей было определить влияние добавок на прочность камня. Испытания образцов, содержащих изоструктурную добавку, показало прочность, существенно превышающую прочность образцов без добавки. Как видно из графика (рисунок 2), образцы, имеющие в составе 30 и 40 % изоструктурной добавки, имеют марку М200 при всех давлениях. Остальные

добавки не оказали существенного влияния на сырцовую прочность, а при высоких содержаниях и вовсе существенно снижали прочность.

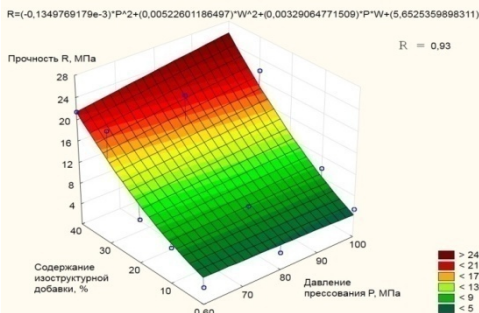


Рисунок 2 – Зависимость сырцовой прочности образцов-цилиндров от содержания изоструктурной добавки и удельного давления прессования

Использование ТВО оказало отрицательное воздействие на прочность образцов с применением изоструктурной добавки. Составы с ДГШ и микрокремнеземом (рисунки 3, 4) показали превышение прочности относительно контроля.

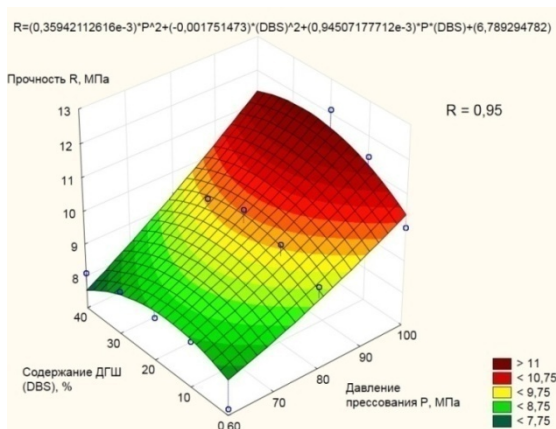


Рисунок 3 – Зависимость прочности образцов-цилиндров от содержания ДГШ и удельного давления прессования после ТВО

Так как большинство добавок оказывают не значительное превышение прочности или вообще показывают результаты ниже контроля, было решено ввести в системы 5 и 15 % портландцемента от массы лома. Соответственно, можно отметить, что все составы с добавками на 28 суток показали превышение прочности относительно контроля.

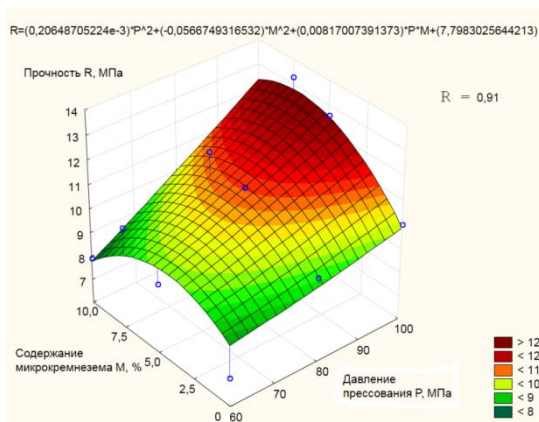


Рисунок 4 – Зависимость прочности образцов-цилиндров от содержания МК и удельного давления прессования после ТВО

ВЫВОДЫ

1. Растворная часть бетонного лома содержит гидратированный цемент, который представлен твердым гелем С-S-Н. Данный гель способен к контактно-конденсационному твердению и образцы лома сразу после прессования показывают прочность 3 МПа при 60 МПа прессования и 7 МПа при 100 МПа прессования. Далее, в процессе нормального твердения, из-за наличия не гидратированного клинкерного резерва, камень развивает прочность до 7 МПа при 60 МПа прессования и до 12,5 МПа при 100 МПа прессования.
2. Пропаривание и особенно нормальное твердение в течение 28 суток значительно (до 30 %) повышают прочность прессованного камня с оптимальным содержанием различных минеральных добавок: молотый известняк, доменный граншлак, микрокремнезем.
3. Добавление 5 % цемента повышают прочность прессованного камня с минеральными добавками до 10-16 МПа при ТВО и 13-25 МПа на 28 сутки при нормальном твердении.
4. Изоструктурная минеральная добавка увеличивает прочность камня сразу после прессования в 4-7 раз.

*А.В. Дицель, Н.А. Машкин (Новосибирск, Россия)
А.Хадбаатар (Дархан, Монголия)*

СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ МАГНЕЗИАЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ С ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМИ ЗАПОЛНИТЕЛЯМИ

Ключевые слова: модифицированные магнезиальные вяжущие, диопсид и волластонит, перлитовые микросферы, органические заполнители, стеновые блоки.

Аннотация: Исследуется влияние минеральных добавок и органоминеральных заполнителей на физико-механические свойства стеновых материалов на основе магнезиальных вяжущих.

WALL MATERIALS ON THE MODIFIED MAGNEZIAL'NOM BINDER WITH ORGANO-MINERAL AGGREGATES

Key words: modified magnesia cementing, diopside and Wollastonite, perlite microspheres, organic fillers, wall blocks.

Abstract: examines the effect of mineral additives and mineral fillers on physico-mechanical properties of wall materials of magnesia-based binders.

В последнее время значительный интерес уделяется производству стеновых материалов с улучшенными теплозащитными свойствами. К таким материалам можно отнести и стеновые блоки на основе магнезиальных вяжущих. Он обладает невысокой теплопроводностью, пониженной плотностью, достаточной прочностью, экологической безопасностью, биостойкостью.

Для затворения магнезиального вяжущего при изготовлении стеновых материалов использовали раствор хлорида магния с плотностью 1200 кг/м³. Соотношение MgO:MgCl₂:H₂O в тесте принималось таким, чтобы В/Т было равным 0,8-0,9. Из теста формовались образцы, которые твердели на воздухе в течение 7, 28 и до 90 суток, после чего испытывались для определения предела прочности при сжатии, средней плотности и водостойкости.

Для повышения водостойкости в качестве активирующего наполнителя магнезиального вяжущего в магистерской работе использовался измельченный волластонит Синюхинского месторождения (рудник «Веселый», республика Алтай). Его химический состав, мас. %: 53,4 SiO₂; 33,7 CaO; 0,5 MgO; 3,1 Al₂O₃; 2,4 Fe₂O₃; 0,5 R₂O; Δm - 6,4. Удельная поверхность порошка составляла 355 м²/кг, среднеобъемный размер частиц равен 28,8 мкм.

Для этих целей также применялся и диопсидовый порошковый наполнитель из отходов переработки флогопитовых руд Алданского месторождения. Химический состав диопсида, % мас.: 50,3 SiO₂; 24,6 CaO; 14,5 MgO; 3,4 Al₂O₃; 5,8 Fe₂O₃; 0,3 R₂O; Δm - 1,1. Его удельная поверхность составляла 209 м²/кг, среднеобъемный размер частиц - 49,6 мкм.

В качестве органических заполнителей стеновых материалов использованы: древесные опилки хвойных пород и костра льна Легостаевского льнозавода Новосибирской области. Использована фракция опилок 1,25-0,63 мм

со средней плотностью 150 кг/м^3 , фракции костры льна (2,5-1,25), (1,25-0,63), (0,63-0) мм с насыпной плотностью - $110 \dots 120 \text{ кг/м}^3$, влажностью - 15..20 %, гигроскопичностью 24..26 %.

Для дополнительного снижения средней плотности стеновых материалов на магнезиальных вяжущих использовались также добавки перлитовых микросфер производства ООО «Сфера-НСК». Свойства алюмосиликатной микросферы АСПМ Сфера-НСК1:

1. По форме - сферические, поликамерные, замкнутые, полые, заполненные разреженным газом микро частицы, со средним размером 98 мкм, легкий сыпучий порошок белого цвета;

2. Насыпная плотность от 65 до 75 кг/м^3 ;

3. Высокая изостатическая прочность, 20% разрушения при 40,0 МПа;

4. Теплопроводность: $0,04 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}$;

5. Средний размер частиц: 98 мкм;

6. Химический состав (в процентах по весу): SiO_2 76, Al_2O_3 17, Na_2O 3,8, K_2O 2,3;

7. Кислотность водной вытяжки: нейтральная (pH 6-7);

8. Термическая стабильность до $\sim 700^{\circ}\text{C}$.

На рисунке представлена микроструктура перлитовых микросфер.

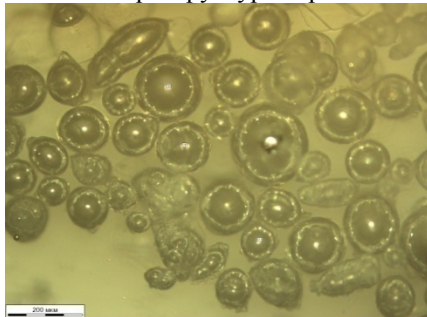


Рис. Микроструктура перлитовых микросфер.

В настоящее время в НГАСУ (Сибстрин) проводятся лабораторные испытания по оптимизации технологических параметров и составов легких бетонов на магнезиальных вяжущих с органо-минеральными заполнителями.

А.Ф. Бернацкий, (Новосибирск, Россия)

ПЕНОСТЕКЛО – ЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Пеностекло представляет собой **вспененную стекломассу** с замкнутой ячеистой структурой с размером ячеек 1-3 мм. За основу **производства пено-**

стекла взята способность силикатного стекла размягчаться и, при наличии газообразователя, превращаться в пену при высокой температуре. При увеличении вязкости в процессе охлаждения до комнатной температуры вспененной массы полученная стеклопена приобретает определенную механическую прочность.

Для получения пеностекла используются отходы от производства силикатного стекла или природные минералы, которые имеют повышенное содержание щелочей и легко спекаются. В качестве газообразователя используют кокс, уголь-антрацит, известняки и мрамор.

Очень важным аспектом при получении пеностекла является возможность утилизации стеклобоя различных видов стекла. В настоящее время разработана технология производства пеностекла на основе невозвратного стеклобоя, получаемого при производстве тарного, электротехнического стекла.

Пеностекло получают при термическом нагреве до 720-850 °С тонкомолотой шихты, состоящей из стекла и газообразователя.

Основные свойства пеностекла:

- средняя плотность, кг/м³ 120...220;
- теплопроводность при + 20 °С, Вт/(м·К)..... 0,05...0,09;
- предел прочности при сжатии, МПа..... 0,5...2,0;
- предел прочности при изгибе, МПа.....0,5...1,0;
- водопоглощение, % (по объему).....5...10.

Условия службы:

- температура среды, °С.....-190...+450;
- относительная влажность среды, %.....до 97.

При низкой плотности пеностекла его водопоглощение составляет до 2-4 % объема, что облегчает хранение и транспортировку данного продукта, а также повышает качество утепления. Влагоустойчивость обеспечивается замкнутой ячеистой структурой материала и усиливается вследствие гидрофобного эффекта от остаточного углерода на поверхности его ячеек. Содержание сообщающихся ячеек в углеродистом пеностекле соответствует объёму 1-2 поверхностных слоев ячеек, нарушенных при механической обработке изделий, что и обуславливает величину водопоглощения, равную 2-4 % от объёма. Величина сорбционной влажности 0,2-0,5 мас. % при относительной влажности среды 97 % достигается за счёт незначительной адсорбции и свидетельствует, что материал не поглощает влагу из окружающей среды.

Пеностекло обладает превосходными свойствами теплоизоляции, хорошо поглощает звук и легко поддается механическому воздействию при обработке. Материал обладает хорошими показателями по экологической и гигиенической безопасности, имеет высокую степень прочности и плотности. Пеностекло отличается безусадочностью, простотой монтажа, высокой морозостойкостью и негорючестью — эти свойства материал сохраняет продолжи-

тельное время. Именно за эти свойства материал начали применять в качестве наполнителя ж/б плит при строительстве зданий.

Пеностекло имеет прекрасную стойкость к обычным кислотам и их парам, устойчив к поражению грибами и плесенью, под воздействием открытого огня не выделяет дым и токсичные вещества, что и **отличает пеностекло** от всех известных утеплителей. Поэтому, пеностекло применяется не только в строительном комплексе, но и в сельском хозяйстве, химической и нефтехимической производстве, пищевой и бумажном отрасли.

Материал является экологически чистым и пожаробезопасным, негорючим, не выделяет токсичных веществ в силу своего неорганического состава, тогда как минераловатные плиты, пенополистирол, пенополиуретан содержат в своём составе органическое связующее, которое выделяет токсичные вещества, особенно при нагревании.

Особые физические свойства материала позволяют экономично использовать его при обустройстве кровель на бетонной основе. Обладая полной влагонепроницаемостью, пеностекло не требует наличия паронепроницаемой прокладки, а при повреждении верхнего слоя покрытия препятствует проникновению влаги в помещение. Коэффициент линейного расширения его такой же, как у бетона, следовательно, температурные колебания в одинаковой степени воздействуют на оба материала. В случае пожара наружные и внутренние повреждения окажутся минимальными, так как пеностекло не горит и не выделяет дыма или токсичных газов.

Пеностекло является эффективным материалом, применяемым в строительстве:

1. Для теплоизоляции кровли.

Основное требование, предъявляемое к кровле на деревянной основе, это негорючесть. Пеностекло не горит и не выделяет дыма или токсичных веществ; укладывается на слой горячего битума, наносимого на слой подстилочного материала, который крепится гвоздями к деревянной основе кровли. Обладая полной паро- и водонепроницаемостью утеплитель предохраняет деревянную основу в случае повреждения кровельного покрытия.

2. Для теплоизоляции внутренних стен.

Утеплитель укладывается непосредственно на внутреннюю поверхность наружной стены на клей или с помощью механической фиксации. Сверху наносится сухая или мокрая штукатурка. Полная негорючесть, отсутствие токсичных газов обеспечивает безопасность применения внутри помещений. Отсутствие конденсации гарантирует отсутствие коротких замыканий, отслаивание штукатурки и т.д.

3. Для теплоизоляции наружных стен.

При укладке пеностекла на наружную поверхность стен, окончательная отделка может быть исполнена из различных материалов: цементной штукатурки, шифера или профлиста. Утеплитель укладывается непосредственно на

наружную поверхность, поверх него наносится отделка. Полностью непроницаемый для влаги и паров, материал исключает впитывание воды, повышая степень изоляции здания.

Герметичная замкнутость стеклянных ячеек материала обуславливает его непроницаемость для пара и влаги, постоянство теплопроводности и прочности, высокую сопротивляемость выдуванию ветром в течение многих десятков лет. Кроме того, прочная ячеистая структура пеностекла делает его пригодным для изоляции поверхностей, находящихся под нагрузкой, предотвращая расслоение, усадку и набухание материала, а также коррозию, гниение, разрушение материала грибком, вредителями и грызунами.

Блоки теплоизоляционные из пеностекла рекомендуется применять при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий и сооружений (тепловая изоляция стен внутренних и наружных; фасадов и цоколей зданий; полов с повышенными нагрузками; чердаков и чердачных перекрытий из бетонных плит, металлических профилированных настилов и деревянных конструкций, террас «зеленая крыша», паркингов на крышах, скатных крыш, а также при изготовлении макетов для выставок внутри и снаружи зданий, при теплоизоляции складов и гаражей.

Пеностекло можно применять в качестве заполнителя, что позволяет резко снизить вес наружных стен и нагрузку на фундамент, и, что немало важно, удешевить строительство. С этой точки зрения интересен материал пенокрошка, получаемый при обпиле блоков пеностекла, и обладающий аналогичными техническими характеристиками.

Потенциальными потребителями пеностекла являются:

- управление коммунального хозяйства для устройства теплоизоляции трубопроводов инженерных коммуникаций, для усиления теплозащиты ограждающих конструкций зданий, полов и кровель реконструируемого жилья;
- энергетики для изоляции теплоагрегатов, дымовых труб, котлов;
- речной и морской флот для спасательных приспособлений и защиты металлических конструкций от коррозии, для плавучести речных судов;
- строительные предприятия для тепло- и звукоизоляции, наружной облицовки стен зданий, устройства внутренних перегородок, для усиления теплозащиты ограждающих конструкций жилых и промышленных зданий.

Применение пеностекла в наружных ограждениях (в качестве теплоизоляции трехслойной стеновой панели) отапливаемых зданий по сравнению с традиционными материалами - полнотелым красным кирпичом, керамзитобетоном, ячеистым бетоном - позволяет при прочих равных условиях снизить расход топлива в год на 1 м² стены с 18-21 до 11 кг (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика пеностекла с прочими теплоизоляционными материалами

Материал	Плотность, кг/м ³	Толщина стены, мм	Термическое сопротивление, (м ² К)/Вт	Расход топлива на 1 м ² стены, кг
Керамзитобетон	900	900	0,989	20,48
Кладка из полнотелого красного кирпича	1800	1800	0,947	18
Стеновая панель с утеплителем из пеностекла толщиной 100 мм	140	140	1,927	10,98

В течение 40 лет существует производство пеностекла в Гомеле, Белоруссия (аналогичное пеностекло товарной марки Foamglas выпускается в Бельгии). Технические характеристики теплоизоляционных плит, выпускаемых ОАО «Гомельстекло», приведены в табл. 2.

Таблица 2. Технические характеристики теплоизоляционных плит из пеностекла (ОАО «Гомельстекло»)

Характеристика	Марка плит по средней плотности, кг/м ³	
	Д200	Д350
Средняя плотность, кг/м ³	200	350
Предел прочности при сжатии, МПа	0,5...0,7	2,3...2,7
Предел прочности при изгибе, МПа	0,4...0,6	0,9...1,0
Теплопроводность, Вт/(м·К), (при 20 °С)	0,06...0,07	0,08...0,09
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,11...0,14	0,20...0,22
Водопоглощение, %, (по объему)	5...6	2...3
Температура применения, °С	от – 100 до + 400	
Шумопоглощение	до 56 Дб	

20 декабря 2013 г. в индустриальном парке «Ворсино» Калужской области состоялся промышленный пуск технологического комплекса ООО «Ай-СиЭм Гласс Калуга» — проектной компании ОАО «РОСНАНО». Завод «АйСиЭм Гласс» является одним из крупнейших заводов в Европе. Мощность завода - 300 тыс. кубометров пеностеклянного щебня в год.

Таким образом, уникальное сочетание стабильных во времени характеристик (неорганический состав, экологическая чистота, негорючесть и негигроскопичность) обуславливает неоспоримые конкурентные преимущества пеностекла в сравнении с прочими теплоизоляционными материалами.

*А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков,
А.А.Шаталов, В.В.Балаш (Новосибирск, Россия),
А.В.Мишутин (Одесса, Украина)*

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Аннотация

Большое число бетонных и железобетонных причалов выработало свой проектный ресурс, и находится неудовлетворительном состоянии. Приведённые данные позволили установить, что в пробах бетона, отобранных из разрушающихся частей причальных массивов, резко увеличилась суммарная пористость и в том числе макропористость, что напрямую свидетельствует о высокой степени коррозионного разрушения бетона. Изучена структурная пористость отобранных проб бетона и предложены полимерсодержащие композиции для защиты причальных сооружений.

Бетонные и железобетонные причальные конструкции, эксплуатируемые в суровых сибирских условиях подвержены постоянному воздействию воды, температурных перепадов, наносов, плавающих средств, ледовому воздействию и другим разрушающим факторам. Разрушение защитного слоя бетонных причалов могут быть вызваны ледоходом или неправильной швартовкой судов при отсутствии отбойных устройств; в результате этого происходит коррозионное и эрозийное воздействие не только на поверхностные слои материала, но и его деструкция внутри массива, что приводит к постепенному физико-химическому разрушению. По характеру распространения коррозия бетона может быть различной: сплошной, равномерной и неравномерной; местной в виде отдельных точек, пятен, язв или каверн или по всей видимой площади. Кроме того, на начальной стадии коррозия носит поверхностный характер, но под действием разрушающих факторов и диффузионных процессов может распространяться на весь объем. Любой конструкционный материал подвергается коррозионному или эрозийному разрушению. Так, металлы подвержены окислению, ржавлению и интенсивной коррозии в воде или при увлажнении. Для древесины основным видом является биологическое разрушение, происходящее вследствие жизнедеятельности бактерий, грибов или насекомых. Для материалов на основе полимеров, лакокрасочных материалов, резины опасными видами разрушения являются процессы старения и атмосферной деструкции под воздействием солнечного света, что приводит к изменению внутренней структуры и свойств материала. Возможны также и другие виды и формы кроме указанных видов разрушения материалов.

На данный момент большое число бетонных и железобетонных причалов выработало свой проектный ресурс, и находится неудовлетворительном состоянии, хотя считаются пригодными для обслуживания судов. Большинство обследованных объектов требуют текущего и капитального ремонта, а отобранные пробы бетона и их характеристики свидетельствуют об интенсивной деградации бетона и необходимости срочной поддерживающей или восстановительной пропитки и защиты данных объектов. Это позволит продлить сроки нормальной технической эксплуатации и повысит долговечность причальных сооружений, уменьшит износ конструкций, обеспечит замедление процесса снижения прочности бетона.

Разнообразные методы борьбы за долговечность бетона причальных сооружений в значительной мере предусматривают получение плотной структуры. Высококачественные исходные материалы и высокая степень плотности затвердевшего бетона создают условия безремонтной эксплуатации причальных морских сооружений в течение десятков лет. Данные многочисленных исследований отечественных и зарубежных ученых и практиков приводят именно к такому выводу.

Климатические особенности Обского, Енисейского и Ленского речных бассейнов в совокупности с повышенным насыщением песчаных взвесей и огромных массивов льда создают условия для интенсивной коррозии бетона. Некоторые причальные сооружения выходят из строя и требуют капитального ремонта уже через 5-10 лет после их постройки. Однако имеются такие случаи, когда бетон в конструкциях не разрушается в течение 30 и более лет. При обследовании причальных бетонных сооружений, простоявших более 20-30 лет, были отобраны пробы из объектов с различным возрастом бетона, в том числе, из интенсивно разрушающегося бетона.

Цементный камень, (растворная часть бетона) этих проб был подвергнут химическим и структурным исследованиям. При этом было выявлено, что все стадии разрушения бетона (от начального выщелачивания до интенсивной солевой коррозии и разрушения от воздействия попеременного замерзания) связаны непосредственно с изменением структурной пористости.

На долговечность бетона в воде особенно влияет плотность поверхностных (омываемых водой) слоев. Это подтверждается неодинаковой степенью коррозии различных массивов одних и тех же сооружений, выполненных из бетона с одним видом и качеством исходных материалов. Результаты исследования структурной пористости некоторых характерных проб растворной части бетона различных сроков эксплуатации приведены в таблице.

Приведённые данные позволили установить, что в пробах бетона, отобранных из разрушающихся частей причальных массивов, резко увеличилась суммарная пористость и в том числе макропористость. Чем больше видимая степень коррозии и разрушения бетона, тем выше суммарная и макропористость. Проба № 4 имеет меньший объем, хотя и повышенный, суммарной по-

ристости, что свидетельствует о влиянии повышенного водоцементного фактора и недостаточного уплотнения бетонной смеси. Подтверждением начальной неплотной структуры являлись многочисленные, ясно видимые крупные и мелкие поры, каверны и трещины усадки. Бетон с такой макроструктурой в условиях водной среды не может быть долговечным. Несмотря на проведенный ранее капитальный ремонт, в зоне переменного горизонта воды разрушения интенсивно нарастают, о чем свидетельствуют данные образцов.

Таблица. Характеристики пористой структуры образцов
бетона причальных сооружений

№ пробы	Описание места отбора и внешнего вида образца	Суммарная пористость, %	Объем микропере- ходных пор ($r \leq 100 \text{ нм}$) по безолу, см ³ /г	Объем макропор ($r \geq 1000 \text{ А}$) в % от суммарн. пористост.	Водопоглощ. за 24 часа, %
1.	Рыхлый бетон из внутренней части массива на переменном горизонте воды; заметны новообразования	46,8	0,073	80,7	46,2
2.	Бетон с поверхности разрушающегося массива, рыхлый с белыми новообразованиями	37,4	0,091	62,1	18,5
3.	Рыхлый раствор с глубины 0,3 м подводной, частично разрушенной зоны массива	28,9	0,097	48,0	13,0
4.	Раствор с поверхности подводной неразрушенной (боковой) части того же массива	20,9	0,064	40,1	11,2
5.	Бетон из внутренней, неразрушенной части сваи на переменном уровне воды	13,3	0,029	52,8	4,1
6.	Бетон из внутренней части сваи выше уровня горизонта воды	17,4	0,042	54,0	6,2

Цементный камень бетона, отобранного из свай другого неразрушающегося многолетнего сооружения является образцом высокой плотности, и как следствие, стойкости. Небольшой объем суммарной пористости – около 13%;

подтвержденный малым водопоглощением, свидетельствует о тщательном ведении работ по бетонированию. Объем макропор хотя и составляет почти 53%, но в большей мере это поры диаметром менее 500 нм, являющиеся малодоступными для проникновения воды. Суммарная пористость растворной части того же бетона, но длительно находившегося в воздушных условиях эксплуатации (выше уровня воды) несколько увеличена при том же объеме макропористости. Как следствие, увеличивается водопоглощение. Вместе с суммарной пористостью увеличился объем переходных пор и капилляров, очевидно за счет продолжавшихся длительное время процессов твердения и образования гелеобразных и микрокристаллических систем с мельчайшей пористостью.

Влияние поверхностного уплотнения бетона на его проницаемость и долговечность было проверено нами в лабораторных условиях. Существенно снижают объем макропористости и способствуют увеличению сроков службы бетонных и железобетонных причальных сооружений профилактические мероприятия по устройству защит из полимерных и полимерсиликатных композиций с добавками направленного действия. Нами были исследованы и рекомендованы следующие составы и композиции: жидкое стекло, полиметилметакрилат, ПВА, латекс СКС-65 ГП, фенолоформальдегидные, акриловые и эпоксидные смолы. Лучшими оказались эпоксидные олигомеры, однако для массового использования они не были рекомендованы ввиду высокой стоимости. Латекс СКС-65 ГП и жидкое стекло оказались нестойкими при переменном увлажнении и высушивании и совсем непригодными при замораживании и оттаивании. Акриловые составы и дисперсия ПВА также относятся к недостаточно водостойким материалам. Несколько лучшие показатели стойкости у фенолоформальдегидных смол, однако, они требуют термообработки для полного отверждения.

Рациональным было предложение по получению комбинированной композиции, состоящей из двух полимерсодержащих компонентов с добавками направленного действия. Такая композиция была получена и на ней проводились все опыты, которые показали её эффективность и высокие эксплуатационные качества. В настоящее время оформлена и подана заявка на Патент.

4. ЭКОНОМИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ.

УДК 691:002.8

*Бурученко А.Е., Сергеев А.А.,
Белов Ю.В., Шелковников Р.А.
(Красноярск, Россия)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ СОРСКОГО МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА КАК КВАРЦПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Приведены результаты исследований отходов Сорского молибденового комбината как сырьевая база для керамической промышленности. Рассмотрено поведение минералов сырья в процессе обжига, определено их эффективное действие на процесс спекания керамических масс и образование новых минералов, обеспечивающих армирование структуры.

Ключевые слова: отходы производств, керамические массы, обжиг, спекание, свойства изделий.

The purpose of this paper is to present the results of the analysis, based on the data collected via the examination of the industrial wastes produced by the Sorsk Ferromolybdenum Plant (The Republic of Khakassia, Russia). Furthermore, we investigated the possibility that the plant's wastes can be developed as a raw material base for ceramic industry. This study also deals with the behaviour of the minerals contained in the raw materials during the process of firing and their impact on the agglomeration of the ceramic masses and the formation of new minerals, securing the structure.

Keywords: industrial wastes, ceramic masses, firing, agglomeration, properties of products.

Современное состояние сырьевой базы керамической промышленности предопределяет необходимость изыскания флюсующих материалов (плавней), которые в процессе обжига вступают во взаимодействие с глинистым веществом и, образуют легкоплавкие соединения, тем самым ускоряют процесс спекания и понижают температуру обжига изделий. К таким плавням относятся полевые шпаты, пегматиты, сиениты и т.д.[1,2]. Однако, в связи с сокращением их запасов, в настоящее время все больше для этих целей используют заменители. К числу таких можно отнести кварцполевошпатовые отходы Сорского молибденового комбината, которые представляют собой «хвосты» обогащения молибденовых руд. Химический состав отходов Сорского молибденового комбината представлен в таблице 1. Гранулометрический состав отходов приведен в таблице 2.

Отходы однородны по минералогическому составу и, как показали расчеты минерального состава, рентгеноструктурные и петрографические ис-

следования, состоят из полевого шпата (50-65%), кварца (15-25%) и карбонатов (8-15%). В значительно меньшем количестве присутствуют магнетит, гематит, эпидот и ряд других минералов (рис. 1). Полевошпатовые минералы представлены в основном ортоклазами альбитом (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав исходного сырья

Сырье	Массовое содержание, %									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.
Отходы Сорского комбината	67,5	0,3	13,25	3,65	0,7	4,28	1,6	4,25	2,54	0,27
Кантатская глина	61,8	-	23,20	0,34	-	0,27	0,15	1,24	1,43	11,67

Таблица 2. Гранулометрический состав отходов Сорского молибденового комбината

Сырье	Размер сит, мм				
Отходы Сорского Молибденового комбината	0,8	0,8-0,5	0,5-0,1	0,1-0,05	0,05
	2,99	7,6	58,77	15,8	13,0

На рентгенограммах полевой шпат представлен аналитическими линиями $d=4,02; 3,18; 2,82; 1,77$ (ортоклаз) и $d=3,21; 2,95; 2,55$ (альбит). Кварц представлен линиями $d=4,24; 3,34; 2,45; 2,28; 2,12; 1,83$, карбонат кальция - линиями $d=3,03; 1,86$, железистые минералы (гематит, магнетит, пирит) - линиями $d=2,69; 2,54; 1,63$ (рис.1).

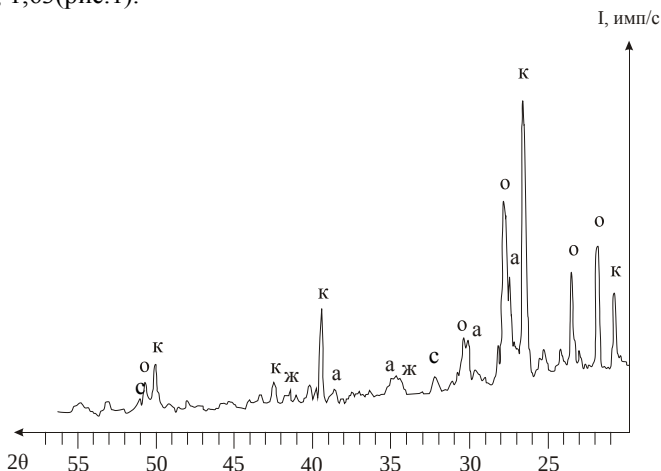


Рис.1. Рентгенограмма Сорских «хвостов»: а- альбит, о- ортоклаз, к- кварц, с-карбонат кальция, г-гематит

Ранее проведенными нами исследованиями установлено, что при введении кварцполевошпатовых отходов в керамические массы на основе легкоплавких глин, отходы оказывают воздействие на процесс спекания керамического черепка, снижают оптимальную температуру обжига и расширяют интервал спекания [3].

Для более детального изучения воздействия кварцполевошпатовых отходов на керамические массы при обжиге проведены исследования поведения каждого минерала как в самом сырье, так и в составах масс на основе тугоплавких глин. Для этого образцы обжигались в силитовой печи при температурах 500-1200 °С с интервалом 50 °С и выдержкой при конечной температуре 20 мин. После обжига у образцов производился рентгенофазовый анализ на дифрактометре ДРОН-3М(рис. 2).

Как видно из рис.2, при обжиге первым начинает плавиться альбит. Начало плавления 900 °С, конец- при 1150 °С. Ортоклаз начинает плавиться при 950 °С. Плавление идет с меньшей скоростью по сравнению с альбитом и заканчивается при 1200 °С. Образованию жидкой фазы способствует разрушение кристаллической решетки гематита, начало которого отмечается при 950 °С.

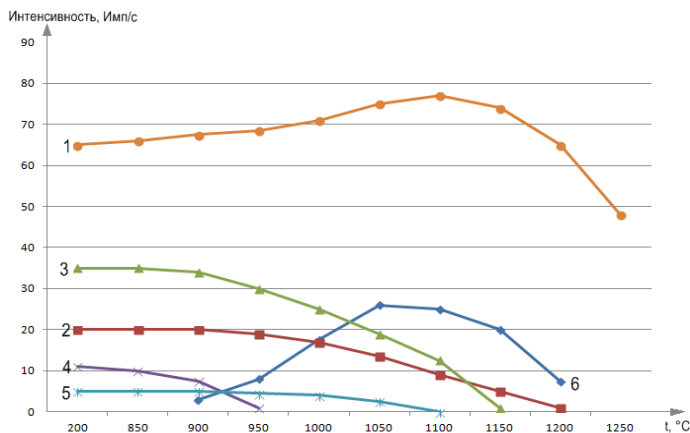


Рис.2. Изменение интенсивности дифракционных максимумов минералов кварцполевошпатовых отходов: 1-кварц, 2-ортоклаз, 3-альбит, 4 - карбонат кальция, 5-гематит, 6-анортит.

В жидкой фазе, образованной плавлением альбита и ортоклаза, при 1000 °С начинается медленное растворение кварца. С 1150 °С его скорость растворения возрастает.

На рентгенограммах (рис.2) линии интенсивности карбоната кальция начинают уменьшаться с 850 °С и полностью исчезают при 950 °С. С началом образования жидкой фазы и распадом карбоната кальция отмечается формирование

кристаллов анортита. Его равномерное возрастание идет до 1050 °С. С 1100 °С он начинает плавиться и при 1200 °С его линии интенсивности исчезают.

Для изучения влияния кварцполевошпатовых отходов на процесс спекания керамических масс на основе тугоплавких глин и свойств изделий, их в состав масс вводили в количестве 10% и 20%. В качестве тугоплавкой бралась глина Кантатского месторождения. Ее химический состав приведен в табл. 1. Основным минералом глины является каолинит, в меньшем количестве содержится монтмориллонит. Из неглинистых минералов в незначительном количестве присутствуют кварц и полевой шпат.

Образцы из подготовленных масс обжигались в печи при 800- 1250 °С с интервалом 50 °С и выдержкой при конечной температуре 20 мин. После обжига рассчитывалась огневая усадка (Δl), водопоглощение (w), прочность на сжатие (σ) и проводился рентгенофазовый анализ. Полученные данные отражены на рис. 3,4,5.

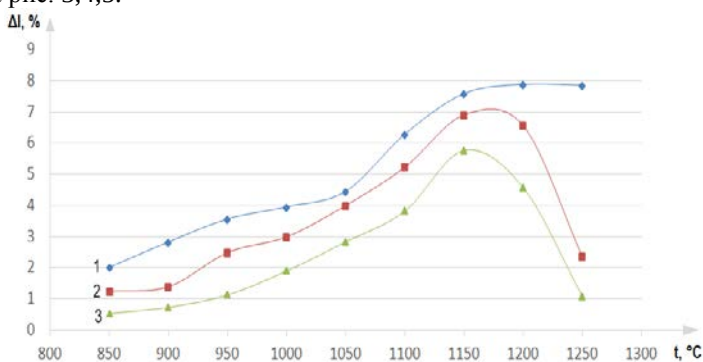


Рис.3. График зависимости усадки образцов на сжатия от температуры обжига:

1- глина 100%, 2- глина 90%+10% отходов, 3- глина 80%+20% отходов.

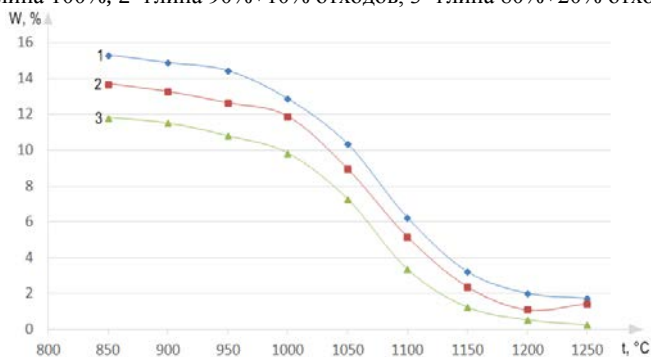


Рис.4. График зависимости водопоглощения образцов от температуры обжига:

1- глина 100%, 2- глина 90%+10% отходов, 3- глина 80%+20% отходов.

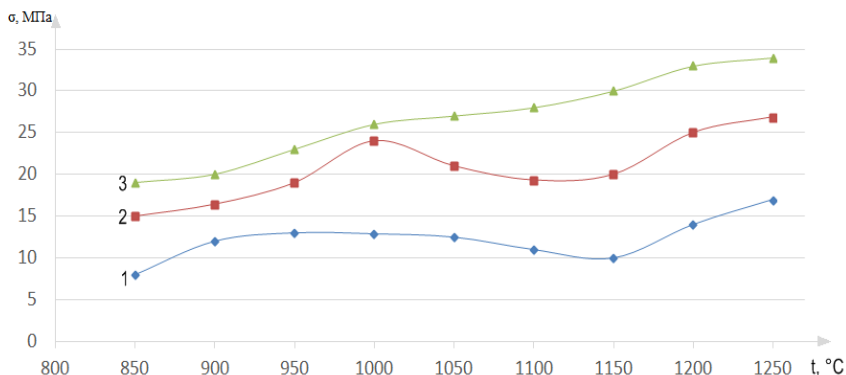


Рис. 5. График зависимости прочности образцов на сжатия от температуры обжига: 1- глина 100%, 2- глина 90%+10%отходов, 3- глина 80%+20% отходов.

Как видно из графиков, кварцполевошпатовые отходы в составах керамических масс на основе тугоплавкой глины снижают температуру обжига, способствуют процессу спекания за счет образования жидкой фазы, в которой при низких температурах до 1100 °C способствуют формированию анортита, а при температуре свыше 1100 °C – формированию муллита.

Таким образом, исследования показали, что отходы Сорского молибденового комбината представляют собой качественное кварцполевошпатовое вторичное сырье для керамической промышленности. Оно является хорошим плавнем, обеспечивающим изделиям эффективное спекание за счет образования жидкой фазы, в которой формируются новые кристаллические минералы в виде анортита и муллита, повышающие физико-механические свойства керамики.

Литература

1. Щербина Н.Ф., Кочеткова Т.В. Использование отходов обогащения железорудных месторождений в производстве керамических изделий //Стекло и керамика.2016 г.№1 С. 24-26.
2. Поздняк А.И.,Левицкий И.А., Баранцева С.В. Базальтовые и гранитогидные породы как компоненты керамических масс для плиток внутренней облицовки стен// Стекло и керамика. 2012 г.№8, С. 17-22.
3. Бурученко А.Е., Мушарапова С.И., Середкин А.А. Использование природного и вторичного сырья Сибири в производстве керамических, стеклокристаллических и теплоизоляционных материалов // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. 16-ямеждународнаянаучно-практическаяконференция, г.Абакан,2010 г.С. 29-33.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ ТРАДИЦИОННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПОЛОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ИЗДЕЛИЯ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Аннотация

Предложена принципиальная схема и режимы модифицирования деревянных деталей решетчатых полов, подобрано технологическое оборудование и специальная технологическая оснастка для проведения работ. Разработана и передана предприятиям строительной индустрии нормативная документация на решетчатые полы из модифицированной древесины для животноводческих помещений. Определена экономическая эффективность внедрения разработанной технологии модифицирования древесины и её использования в производстве.

Разработана технологическая схема производства изделий из модифицированной древесины полимерной композицией на основе фенолоспирта с наноразмерными добавками водных дисперсий кремнезоля и углеродных нанотрубок для обеспечения быстрой сквозной пропитки. Данная схема включает все основные переделы производства деревянных изделий из модифицированной древесины, из предварительно подготовленных заготовок обработанных соответствующим образом на деревообрабатывающих станках в столярном отделении. Изготавливаемые элементы готовились с учетом допуска на изменение размера, образующегося в ходе модифицирования древесины и термообработки. Окончательная доработка изделий осуществлялась в столярном отделении при изготовлении решеток пола.

Технологическая схема производства модифицированной древесины включает в себя следующие операции и процессы.

Подготовленные рейки и бруски соответствующего размера поступают из столярного отделения технологическим транспортом – приводной тележкой в цех модифицирования древесины. При выкате тележки из сушильной камеры формируются пакеты. Сформированные пакеты на тележке закатываются в сушильную камеру, где сушатся заготовки в течение суток при температуре 80-105⁰С от начальной влажности 40-45% до конечной влажности 12-14%. После сушки пакеты загружаются при помощи тельфера в тележку автоклава, на которой смонтирована ванна. После закатывания тележки в автоклав, закрывается байонетный затвор, начинается цикл пропитки, который состоит из - вакуумирования 15-20 минут, при разряжении до остаточного давления 0,005-0,01 МПа; подачи раствора фенолоспирта с водными дисперсиями кремнезоля и УНТ - 5-10 минут; создание давления до 0,8 МПа и выдержка в течение 100-120 минут, слив раствора – 5 мин. Пропиточный рас-

твор, из емкостей подается с помощью центробежного насоса. После пропитки тележку лебедкой вытаскивают из автоклава. Пропитанные заготовки, для решетчатого пола поступают во вторую сушильную камеру «Урал 78-1С», где происходит отверждение модификатора полностью для заготовок чистого пола, а для брусков основания решеток – неполное отверждение модификатора. Заготовки сушат при температуре 70-80 °С с начальной влажностью 65-80% до конечной влажности 20-25%, а затем поднимают температуру до 100-120°С. При этом заготовки с начальной влажностью 20-25% до конечной 10-12%, одновременно идет процесс отверждения модификатора в древесине. Готовые доски для решетчатого пола с помощью приводной тележки транспортируются на склад готовой продукции, откуда поступают в столярное отделение для изготовления деревянных решеток.

Технологические характеристики модификаторов следующие:

вязкость по ВЗ-4, 13 – 18 с; концентрация 25-35 %; молекулярная масса - 300 – 1500; рабочая температура - 20 ± 2 °С. Пропитка элементов пола должна быть сквозной. Количество отверждённого модификатора в древесине при сквозной пропитке составляет не менее 20-30%. Разработаны графики технологического режима пропитки деталей пола.

Для реализации научных разработок на практике в условиях действующих животноводческих ферм были изготовлены партии решеток из модифицированной полимерной композицией на основе фенолоспирта с наноразмерными добавками водных дисперсий кремнезоля и углеродных нанотрубок древесины для полов на платформе. Содержание сельскохозяйственных животных осуществлялось на некотором возвышении над каналами навозоудаления, что обеспечивало достаточный воздухообмен и благоприятный микроклимат в помещениях.

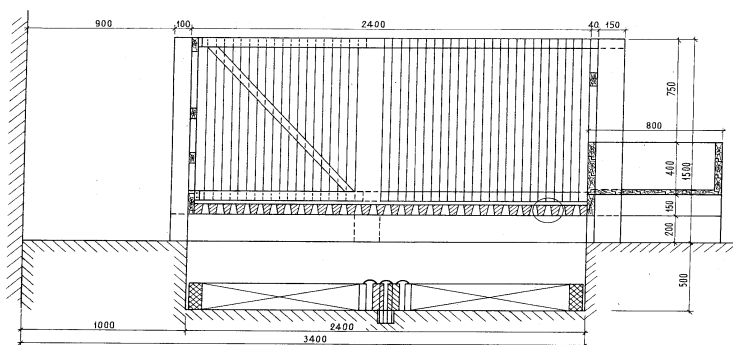


Рис. 1. Детальный разрез коровника с решетчатыми полами-платформами

Система вентиляции после реконструкции позволяет улучшить приток воздуха и сохранить тепло в зимний период, что позволяет осуществлять

комплексная вентиляционная установка «Микроклимат»; система удаления навоза – альфа-скрепером, работающем в автоматическом режиме и удаляющим навоз вниз по наклонному каналу в навозоприемный резервуар. Для экспериментов были выбраны три помещения для содержания крупного рогатого скота. В первом помещении с ремонтным молодняком для сравнения были использованы три вида полов: деревянные обычные, чугунные и решетчатые из модифицированной древесины. Все полы были устроены на полах-платформах, позволяющих свободно размещать решетки размерами 1,0х0,5 м и заменять их в случае необходимости или выхода из строя. Во втором помещении с животными на откорме сравнивались полы из пластмассовых решеток и решетчатые из модифицированной древесины, на платформе. На каждом типе полов находилось не менее пятидесяти сельскохозяйственных животных. Все полы и животные предварительно были обследованы в соответствии с действующими нормами содержания. При этом фиксировались параметры микроклимата: влажность, температура воздуха и пола; микробная загрязненность и загазованность.



Рис. 2. Содержание бычков на решетчатых полах-платформах из модифицированной древесины

Кроме того, осуществлялся контроль за находящимися животными по всем санитарно-гигиеническим и зооветеринарным требованиям и нормам. На рисунке 2 представлена фотография полов на ферме крупного рогатого скота при содержании бычков.

Экспертное наблюдение и регулярное обследование в течение нескольких лет показали преимущества решетчатых полов-платформ из модифици-

рованной древесины в помещениях для откорма, телятнике и у взрослых животных. Температура воздуха на этих полах и температура самих полов была выше, чем на чугунных и пластмассовых полах. Особенно в хорошем состоянии на протяжении всего периода наблюдений были помещения для ремонтного молодняка, где отмечено повышение температуры воздуха и полов. Таким образом, следует отметить, что внедрение новых решетчатых полов на платформе из модифицированной полимерной композицией на основе фенолоспирта с наноразмерными добавками водных дисперсий кремнезоля и углеродных нанотрубок древесины является достаточно технологичным и эффективным техническим решением.

В качестве сопоставимых вариантов для сравнения были приняты полы из натуральной древесины, пластических масс, бетонные и железобетонные решетки, решетки из чугуна и решетчатые полы из модифицированной древесины. Чугунные полы, ввиду того, что они очень жесткие и вызывают боли мягкой ткани надкопытной полости ног животных, считаются самыми неприемлемыми. Кроме того, они являются очень холодными. Пластмассовые решетки - крайне недолговечные ввиду низкой ударной прочности. Модифицированная полимерными составами древесина малоценных лиственных пород в ходе насыщения фенолоспиртом с наноразмерными добавками и последующего отверждения обладает хорошей сопротивляемостью к эксплуатационным воздействиям различного характера, в том числе и к ударным воздействиям от копыт сельскохозяйственных животных. Элементы решетки, изготовленные из такой древесины, менее гигроскопичные, более прочные и химически устойчивые.

Самым большим достоинством нового материала, является его высокая биостойкость, что напрямую оказывает влияние на повышенную долговечность полов. Принятые расчетные сроки службы (в течение 5-8 лет) являются заниженными, так как прогнозный срок эксплуатации животных на полах из данного материала может составлять 10-15 лет без ухудшения состояния и качества конструкции полов.

У древесины, после модифицирования полимерными композициями, остаются все положительные свойства обычной немодифицированной древесины. Она обладает хорошей гвоздимостью, легко пилится, строгается, сверлится, имеет низкую теплопроводность, совместима с копытным рогом сельскохозяйственных животных, не наносит истирающих воздействий на ноги, уменьшая эксплуатационный травматизм. Жёсткость модифицированной древесины не намного выше, чем у обычной, поэтому элементы решетчатых полов из нее достаточно упругие и эластичные.

Оценка экономической эффективности предложенных мероприятий производилась по действующей методике Госстроя России (Инструкция СН-50970). Объёмно-планировочные показатели, для расчета эффективности внедрения решетчатых полов из модифицированной древесины, представле-

ны в таблице 1 для проектного решения коровника с полами-платформами, разрез которого показан на рис. 1.

Таблица 1. Объёмно-планировочные показатели для технико-экономических расчетов эффективности решетчатых полов из модифицированной древесины

Наименование	ед.	объём	
		всего	на 1 гол.
Общая площадь	м ²	1884,0	3,76
в том числе:			
- клеток для телят	м ²	665,6	1,33
- под кормушки	м ²	124,8	0,28
- проходов и проездов	м ²	988,0	1,97
- вспомогательная	м ²	105,6	0,21

Суммарная величина экономического эффекта представляет собой значение общей экономической эффективности выше приведенных направлений и может быть определена по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = A \cdot E_n \cdot K_m (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 \dots + \mathcal{E}_i) + \mathcal{E}_6, \quad (1)$$

где A – годовой объём использования;

E_n – нормальный коэффициент эффективности капиталовложения;

K_m – коэффициент, учитывающий местные условия;

$\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_i$ – единичная эффективность по частному направлению снижения расходов или затрат;

$\mathcal{E}_6$ – кредитная ставка банка.

Приведенные материалы позволяют систематизировать процесс оптимального расчета экономической целесообразности, осуществить выбор рациональной технологии переработки отходов или сырьевых материалов в соответствии с реальной потребностью строительно-технологического комплекса, при помощи компьютерной программы.

Порядок расчета годового экономического эффекта, согласно методике Госстроя, осуществлялся по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_1 - 3_{c1}) \cdot \alpha + [\mathcal{E}_2 - (3_{c2} - 3_{c1})] \cdot A_T + \mathcal{E}_6, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ – приведенные затраты на устройство решетчатых полов из модифицированной древесины по сравниваемым вариантам базовой и новой технологии в рублях на единицу измерения;

$3_{c1}, 3_{c2}$ – приведенные затраты по технологии модифицирования древесины по сравниваемым вариантам базовой и новой техники в рублях на единицу измерения;

α – коэффициент изменения срока службы или улучшения качественных показателей и, как следствие, возможности снижения расхода материала по сравнению с базовым вариантом.

Указанный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$\alpha(Ar) = \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} \quad (3)$$

где P_1, P_2 - доли сметной стоимости конструкции решетчатых полов в расчете на один год службы по сравниваемым вариантам;

E_H - нормативный коэффициент капиталовложений;

$\mathcal{E}_э$ - экономия в сфере эксплуатации конструкции решетчатых полов; принимается одинаковой для сравниваемых вариантов;

$\mathcal{E}_б$ - ставка банковского кредита;

A_r - годовой объем производства. Основные технико-экономические показатели, подсчитанные по приведенным формулам, показывают, что затрачиваемые на модифицирование древесины средства окупаются через 2-3 года.

Таблица 2. Сравнительные данные реконструкции здания для молодняка по технологии содержания на полах-платформах из модифицированной древесины

Показатели	Ед.изм.	Объём		Соотношение показателей, %
		до реконструкции	после реконструкции	
1	2	3	4	5
Вместимость здания	гол.	160	310	193,7
Суточный прирост на 1 гол.	г	340	760	223,5
Сохранность	%	80	100	125,0
Общий прирост поголовья	ц	240	720	300,0
Обслуживающий персонал	чел.	5	5	-
Нагрузка на 1 раб.	гол.	32	62	193,7
Расход кормов на 1 ц прироста	ц. к. ед.	12	7	58,3
Стоимость прироста	т.руб.	340	1220	358,8
Всего затрат	—"—	491,52	821,50	172,1
Прибыль	—"—	156,52	399,90	-
Экономический эффект	—"—	-	-	196,42
Произведено продукции в расчёте на 1 человека	—"—	6,8	24,48	360,0
Себестоимость 1 ц	т.руб.	17300	12400	71,2
Среднемесячная з/плата работающих	—"—	13,7	24,9	181,8

Показатели стоимости, рассчитанные в действующих ценах 2013 года показали (таблица 2), что на один квадратный метр затрачивается менее 250 рублей, тогда как стоимость самих полов варьируется от 1800 до 2400 рублей, а в среднем составляет более 2000 рублей. Затраты на создание модифицирующей

пропитки можно считать незначительными, т.к. общая стоимость одного квадратного метра решетчатых полов находится в диапазоне от 2000 до 3200 рублей и значительно выше затрат на создание пропитки. Получаемая гарантия длительной эксплуатации и отсутствие дефектов, появляющихся в иных случаях в течение двух-трех лет, указывают на то, что данный технологический прием рационален и экономически целесообразен.

Выводы

Предложена принципиальная схема и режимы модифицирования деревянных деталей решетчатых полов, подобрано технологическое оборудование и специальная технологическая оснастка для проведения работ. Разработаны и переданы предприятиям строительной индустрии Временные Технические условия на «Решетчатые полы из модифицированной древесины для животноводческих помещений», для производства работ по сквозной пропитке древесины модифицирующими составами и устройству решетчатых полов в животноводческих зданиях. Определена экономическая эффективность внедрения разработанной технологии модифицирования древесины. Выпущены партии решетчатых полов из модифицированной древесины и внедрены в нескольких животноводческих хозяйствах Новосибирской области. Опыт эксплуатации показал повышенную долговечность полов из модифицированной полимерными композициями древесины по сравнению с полами из натуральной древесины. В помещениях для содержания животных улучшились показатели микроклимата и состояние поголовья.

УДК 666.712:622.333 – 229.88

*Н.К. Скрипникова, В.А. Литвинова,
А.В. Луценко, М.А. Семеновых, (Томск, Россия)*

ОБЖИГОВЫЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. В работе представлены результаты использования алюмосиликатных отходов для обжиговых строительных материалов. Разработаны компонентные составы и технологические режимы получения строительного керамического кирпича на основе алюмосиликатных отходов. Исследованы технологические свойства сырьевых компонентов, а также физико - механические свойства керамического кирпича. Характеристика полученных образцов, изготовленных из смеси глины и алюмосиликатных отходов, показала, что происходит снижение плотности сырьевой массы до 1900 кг/см³ со 100% содержании алюмосиликатных отходов. По водопоглощению предпочтительными являются образцы с содержанием алюмосиликатных отходов до 50%, при котором водопоглощение составляет 4,81 %.

Ключевые слова: строительные материалы, керамический кирпич, прочность, алюмосиликатные отходы, водопоглощение

Abstract. The paper presents the compositional analysis and production conditions for ceramic brick based on aluminum silicate. Component compositions and process conditions for obtaining building ceramic brick on the basis of the aluminum silicate have been designed. The processing behavior of raw materials are investigated as well as physicochemical and mechanical and physical properties of ceramic brick. The phase formation processes are ascertained under the firing conditions of raw materials.. Characteristics of the obtained samples made of the mixture of clay and aluminum silicate showed that the reduction in the density of the raw material to mass of 1900 kg/m^3 of 100 % aluminum silicate takes place. Samples include aluminium silicate wastes about 50%, are characterized by water absorption of 4,81%.

Keywords: building materials; ceramic brick; dispersion, strength; aluminum silicate, water absorption

В современных условиях требуется не только увеличивать объем производства, но и обеспечивать повышение качества и конкурентоспособности керамической продукции. Однако запасы высокопластичных глин для производства керамических изделий повсеместно истощаются, что приводит к вовлечению низкосортных суглинков и техногенных отходов. При комплексном использовании сырья значительная доля материальных затрат общества распределяется на все продукты, что повышает технико-экономические показатели как основного, так и побочного производства. Кроме того, сокращаются непроизводительные расходы на разведку и добычу сырья и удаление отходов в отвалы. В решение важной народнохозяйственной проблемы организация производства строительной керамики на основе побочных продуктов промышленности в ближайшее время займет видное место [1].

В настоящее время повышение качества кирпича, расширение сырьевой базы вовлечение новых видов техногенного сырья является актуальной задачей. Большой интерес в качестве техногенных отходов для получения строительных керамических изделий представляют отходы нефтедобывающей промышленности, которые образуются при бурении нефтяных скважин [2].

Нефтяные скважины служат для вскрытия нефтяной залежи и добычи из неё нефти и попутного газа. Основными видами технологических отходов, образующихся при бурении скважин, являются буровые сточные воды, а именно отработанный буровой раствор, буровой шлам, а также замазученный грунт. Следовательно, нефтяная промышленность является одним из крупных источников загрязнения окружающей среды. В соответствии с этим требуются неотложные меры по исправлению существующей экологической ситуации на предприятиях отрасли. Существование уже заполненных нефтешламовых амбаров требует значительных затрат для уменьшения экологического ущерба. Поэтому в нефтяной промышленности особенно остро стоит вопрос о ликвидации нефтяных шламов, накопленных на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях с начала их эксплуатации.

Особый интерес для нас представляет замазученный грунт, загрязненный маслами. Он представляет собой смесь коричневого цвета, твердые или

очень вязкие, состоящие из углеводородов естественного происхождения в сочетании с инертным минеральным веществом. В табл.1 представлены химические составы отходов нефтедобывающей промышленности.

Таблица 1 – Химический состав бурового шлама, нейтрального грунта

№ п/п	Наименование показателей	Буровой шлам. Фактические результаты	Нейтральный грунт. Фактические результаты
1	Влажность, %	0,87	0,77
2	Потери при прокаливании – (обжиг при 1000 °C), %	20,21	19,31
3	Содержание оксида кремния – SiO ₂ , %	38,40	38,40
4	Содержание оксида железа – Fe ₂ O ₃ , %	3,19	2,83
5	Содержание оксида кальция – CaO, %	19,63	19,86
6	Содержание оксида магния – MgO, %	2,41	2,25
7	Содержание общей серы, в пересчёте на SO ₃ , %	2,27	2,80
8	Содержание оксида алюминия – Al ₂ O ₃ , %	10,2	8,16

Из данных, представленных в таблице, видно, что буровой шлам и нейтральный грунт относятся к сырью с повышенным содержанием оксида кальция (CaO – 19,63%, 19,86%). Большое количество оксидов щелочноземельных металлов (Ca, Mg), повышает пористость, прочность и морозостойкость керамических материалов, сокращает интервал спекания.

Процесс изготовления прессованного полуфабриката является наиболее важным технологическим переделом в производстве керамических изделий методом полусухого прессования. На качество прессовки большое влияние оказывают режим и способ формования, источник создания прессующего усилия и другие факторы.

Порошки представляют собой трехфазную систему, состоящую из твердой минеральной части, жидкой фазы и воздуха. Для получения высокоплотного спрессованного полуфабриката, прикладываемое давление должно обеспечивать полное устранение расположенных между частями свободных промежутков за счет пластической деформации частиц [3].

Изделия изготавливались с применением метода полусухого прессования. Давление составляло 25 МПа. Данный режим выбран с учетом традиционных способов получения кирпича при полусухом способе формования. Формовочная влажность смеси составляла 10 % (от общей массы).

Подготовка сырьевых материалов проводилась следующим образом: сырье подсушивали и измельчали в шаровой мельнице до получения фракции менее 40-60 мкм. Сырьевые компоненты перемешивались в сухом состоянии с заданными весовыми пропорциями. Затем добавлялась вода до необходимой влажности, и смесь повторно перемешивалась до однородной массы. Из

полученной смеси формовались образцы размером 50x50x20 мм. Формование осуществлялось на гидравлическом прессе в разъемной металлической форме. Усилие прикладывалось с одной стороны.

Сушка опытных образцов производилась в сушильном шкафу при температуре 90 – 105°C. Обжиг образцов осуществлялся в лабораторной муфельной печи при температуре 950-1000°C.

Готовые образцы осматривались визуально на наличие внешних дефектов (трещин, деформаций), замерялись, взвешивались и исследовались далее.

Были определены физико-механические характеристики в зависимости от содержания отходов (грунта и шлама) и технологических параметров. Измерение плотности образцов показало, что введение в состав глины алюмосиликатных отходов в количестве 25-75%, позволяет снизить плотность керамических изделий до 2020 кг/см³. При 100% содержании алюмосиликатных отходов, происходит снижение плотности до 1900-2000 кг/см³. Плотность влияет на водопоглощение и прочность при сжатии. По водопоглощению предпочтительными являются образцы с содержанием нейтрального грунта до 50%, при котором W=9,82 % и 50% бурового шлама, при котором W=4,81 %. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Физико-механические показатели керамических образцов в зависимости от состава

№ п/п	Состав	R _{сж} , кгс/см ² (МПа)	W, %	ρ, кг/см ³
1	Грунт – 25% Глина – 75%	1080 (108)	13,69	2600
2	Грунт – 50% Глина – 50%	1440 (144)	9,82	2370
3	Шлам – 75% Глина – 25%	760 (76)	18,49	1744
4	Шлам – 25% Глина – 75%	600 (60)	13,95	2020
5	Шлам – 50% Глина – 50%	1280 (128)	4,81	2429
6	Шлам – 100%	48 (4,8) 160 (16)	25,93	2000 2070
7	Грунт – 100%	860 (86) 1360 (136)	8,06	1900 2140

Из представленных данных таблицы 2 следует, что содержание грунта в сырьевой смеси не должно превышать 50%, так как прочностные показатели резко снижаются. Использование отходов нефтедобывающей промышленности в виде шламов показали его максимальную прочность при сжатии (128 МПа). Увеличение содержания шлама в смеси более 50% является нецелесообразным.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование отходов нефтяных месторождений и разработка рекомендации по их применению в производстве строительных изделий и конструкций, позволяет решить актуальную задачу по реализации алюмосиликатных отходов для получения эффективных обжиговых стеновых материалов.

Библиографический список

1. *Грошев А.И., И.А. Грошев, А.И. Исмаилов* Разработка составов масс для получения фасадной керамики из сырьевых материалов Казахстана // Стекло и керамика. – 2015. – №6. – С.29-33.
2. *Скрипникова Н.К., Юрьев И.Ю., Литвинова В.А., Космачев П.В., Семеновых М.А.*, Использование золошлаковых отходов для получения различных видов строительных материалов // Строительные материалы. – 2015. – №1. – С.1–4.
3. *Котляр В.Д.* Технологические особенности опок как сырья для стеновой керамики / В.Д. Котляр, К.А. Лапунова // Изв. вузов. Строительство. – 2009. – № 11-12. – С. 25-31.

Абраменков Д.Э. (Новосибирск, Россия)

СОЗДАНИЕ ПНЕВМОУДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Реферат: Предложенная система воздухораспределения пневмоударных машин позволяет предельно упростить конструкцию, снизить массу, улучшить санитарно-гигиенические (вибрационные, силовые и шумовые) характеристики, что позволяет создавать типоразмерный ряд пневматических машин с приемлемыми энергетическими параметрами для строительства, реконструкции и реставрации зданий и сооружений различного назначения.

Ключевые слова: энергия удара, частота ударов, давление воздуха, дроссельное распределение, золотник, клапан, пневмоударный механизм

Keywords: impact energy, impact frequency, air pressure, throttle distribution, valve, valve, air percussion mechanism

В строительном комплексе России, большинство малообъемных отделочных, ремонтных и вспомогательных операций выполняются вручную. Сокращение доли ручного труда; может быть достигнуто за счет эффективного использования средств малой механизации (ручных машин). Согласно нормативной документации технологические нормокомплекты средств механизации предусматривают применение машин ударного действия: преимущественно это пневматические молотки с энергией удара от 1 до 160 Дж, а так же пневмопробойники, машины для забивания труб и устройства для

проходки скважин мощностью до 5 кДж; пневмомолоты и молоты для погружения свай мощностью до 40 кДж.

В основу пневматического механизма положена разработанная дроссельная система воздухораспределения (ДПУМ) обеспечивающая простоту конструкции, увеличение ресурса работы в 3...4 раза по сравнению с аналогами, устойчивый запуск и работу при отрицательных температурах (-30°C), удовлетворяет требованиям по шуму и вибровоздействию. Разработки защищены патентами РФ.

Предлагаемая система воздухораспределения позволяет предельно упростить конструкцию машин, снизить массу, улучшить санитарно-гигиенические (вибрационные, силовые и шумовые) характеристики машин на ее основе. Система адаптирована к перепадам температур окружающего воздуха от -30°C до $+40^{\circ}\text{C}$, что позволяет поддерживать работоспособность машины при исполнении работ как в помещении, так и снаружи его в течение всего года.

От известных золотниковых (ЗПУМ) и клапанных пневмударных машин (КПУМ) ДПУМ отличаются наличием только одной подвижной управляющей детали – ударника, что обеспечивает наивысшую надежность работы машины. Отличие от бесклапанных и беззолотниковых механизмов ДПУМ – это независимость величины хода ударника от его длины. Наличие золотниковых и клапанных систем воздухораспределения в ручных машинах не позволяет их использование при отрицательных ($-20\ldots-30^{\circ}\text{C}$) температурах из-за отказа системы воздухораспределения (замерзание воздухоподводящих каналов, а также примерзание золотника (клапана) к направляющей (опорной) поверхности коробки). Стоимость элементов воздухораспределения такой машины составляет более 30% ее стоимости. Применяемые средства вибро- и шумозащиты утяжеляют на 10...15% и на столько же удлинляют ручную машину, что снижает возможности манипулирования при выполнении работ в стесненных условиях и сокращает количество выполняемых технологических операций.

От электрических ручных машин пневматические машины с ДПУМ отличаются более низкой стоимостью, устойчивостью работы при высоких температурах, а так же меньшей массой. Работа с более тяжелым ручным инструментом утомляет рабочего, а следовательно приводит к снижению производительности. Использование пневматических ручных машин с дроссельным воздухораспределением позволяет увеличить общую производительность машины за счет повышения интенсивности рабочего процесса, снизить стоимость обслуживания машин у потребителя до 20%, а так же увеличить более чем в 2 раза коэффициент использования машины в условиях отрицательных температур, что обуславливает перспективность его использования в машинах ударного действия, предназначенных для производства работ в условиях Сибири и Крайнего Севера.

Изготовление молотков и ломов предлагаемого типоразмерного ряда с ДПУМ до 30% дешевле традиционных (ЗПУМ, КПУМ), номенклатура сортамента металлов меньше до 20%. Обслуживание и эксплуатация молотков и ломов до 200% менее затратна, ресурс, в сравнение с традиционными машинами, увеличен более чем в 2 раза.

Вибрационные характеристики машин с новым ДПУМ позволяют работать без средств виброзащиты, уровни вибрации, нормированные ГОСТом на частотах больших 250 Гц с установленной виброзащитой будут соответствовать нормируемым величинам.

Установлено, что работоспособность машин в условиях низких температур в первую очередь зависит от типа воздухораспределительного устройства. Испытания показали, что при температурах воздуха ниже 248К дроссельные пневматические молотки работают устойчиво и надежно при всех возможных давлениях сжатого воздуха (0,3-0,6 МПа) и в большом диапазоне изменения коэффициента отскока ударника от инструмента.

Обобщенные результаты сравнительной оценки экономичности пневмударных механизмов и машин с различными воздухораспределительными системами, различным технологическим назначением сводятся к следующему (в качестве основного критерия оценки был принят удельный вес сжатого воздуха). ДПУМ могут успешно применяться в ручных зачистных, рубильных, клепальных и строительных молотках с ударной мощностью до 0,8 кВт. Экономически выгодным будет изготовление и эксплуатация погружных молотков, пневмопробойников, молотов (см. табл.) Простота конструкций и высокая надежность ручных машин с ДПУМ могут с избытком компенсировать затраты по эксплуатации, обусловленные повышенным расходом воздуха и в группе отбойных и строительных молотков и ломов с ударной мощностью свыше 0,8 кВт.

С позиций технологических требований молотками обеспечивается локальное разрушение обрабатываемого материала с минимальным трещинообразованием периферийных участков, что сохраняет целостность и работоспособность строительных изделий и конструкций после воздействия на них рабочим инструментом молотка.

Применение в указанных машинах ДПУМ с улучшенными параметрами (частота и энергия удара, масса, устойчивость работы при отрицательных температурах, запыленных средах) даст возможность создания эффективных машин по сравнению с существующими (серийно выпускаемыми).

Строительство пробивка отверстий, гнезд, пазов в кирпичных и бетонных конструкциях, насечка поверхностей при нанесении фактурного слоя или удаление облицовочного материала, разрушение небольших объемов твердого грунта, вскрытие асфальтобетонных покрытий при строительстве и реконструкции жилых, промышленных, сельскохозяйственных зданий.

Машиностроение: обработка металлических поверхностей, кромок под сварку, зачистка сварных швов, очистка от ржавчины; вырубка раковин из отливки; клепка, резка.

Горнорудное дело: разрушение скального грунта, отбор проб, зачистка сколов и арок в шахтных разработках и т.д.

Таблица. Номенклатура разработок пневматических машин ударного действия

Изделие	Энергия удара, Дж	Частота ударов, Гц
Зачистные	2	90
	5	50
Рубильно-клепальные	8	50
	12	40
	16	30
Отбойные	29	24
	31	22
	36	20
	42	20
	50	15
Ломы	63	15
	90	13
	120	10
	160	7
Пневмопробойники (замена трубопроводов), d=40...600 мм	100...5000	до 8
Устройство для забивки трубок-кожухов d=40...600 мм	100...5000	до 8
Устройства для проходки скважин с отбором грунта и без d=40...600 мм	100...5000	до 8
Молоты для погружения свай	до 40000	до 6
Навесные молоты	600-2500	до 9

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Суднишников Б.В., Есин Н.Н., Тупицын К.К. Исследование и конструирование пневматических машин ударного действия. - Новосибирск: Наука, 1985.-134с.
2. Абраменков Э.А. Пневматические механизмы машин ударного действия. / Э.А. Абраменков, Д.Э. Абраменков. - Новосибирск: Изд. НГУ. 1993.- 430с.

Э.А.Петросян (Ереван, Армения)
О.С. Субботин, С.М. Довгаль (Краснодар, Россия)

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Статья посвящена основным принципам экологического строительства. Актуальность темы обоснована современным состоянием окружающей среды. Особое внимание уделено экологическим материалам, энергосберегающим и инновационным технологиям в архитектуре и строительстве. Для полного раскрытия темы уточнены термины «зеленые технологии» и «энергоэффективность здания». Приводятся основные преимущества рассматриваемого экологического строительства – нового этапа развития архитектурно-строительной отрасли.

Ключевые слова: экологичность, окружающая среда, инновационные технологии, эффективность, энергосбережение, здание, сооружение, строительство.

FUNDAMENTAL PROVISIONS OF ENVIRONMENTAL BUILDING

Summary

The article is devoted to the basic principles of sustainable construction. Relevance of the topic justified the current state of the environment. Particular attention is paid to modern ecological materials, energy-efficient and innovative technologies in architecture and construction. For a complete disclosure of threads specified the terms «green technology» and «energy efficiency of buildings». The basic advantages of the considered ecological construction – a new stage in the development of architectural and construction industry.

Keywords: ecology, environment, innovative technology, efficiency, energy conservation, building, structure, building

Актуальность темы исследования. В настоящее время все чаще встает вопрос экологического развития страны. Это связано в большей степени с ухудшением экологического состояния окружающей среды различными внешними факторами. Вследствие этого распоряжением Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 1225-р («Российская газета» от 18.09.2002) была принята «Экологическая доктрина Российской Федерации». В указанной доктрине отмечено: «Сохранение и восстановление природных систем должно быть одним из приоритетных направлений деятельности государства и общества. Россия играет ключевую роль в поддержании глобальных функций биосферы, так как на ее обширных территориях, занятых различными природными экосистемами, представлена значительная часть биоразнообразия Земли. Масштабы природно-ресурсного, интеллектуального и экономического потенциала Российской Федерации обуславливают важную роль России в решении глобальных и региональных экологических проблем».

Вследствие этого следует отметить, что такие составляющие как спрос и предложение экологических товаров и услуг выступают неотъемлемой частью рыночной области и одновременно являются инструментом реализации кон-

цепции устойчивого развития в соответствии с принципом сбалансированности экономической, экологической и социальной сфер жизнедеятельности.

В данном отношении экологические материалы и энергосберегающие технологии в архитектуре и строительстве играют большую роль.

Современный строительный материал должен быть экологически безопасным, то есть материалом в процессе, эксплуатации которого не страдает окружающая среда и не наносится вред здоровью человека. При этом новые технологии в строительстве разрабатываются для достижения именно этого качества [1, с.22].

На современном этапе экологического развития в нашей стране, требуется разработка универсальной классификации изделий и материалов для практического применения производителями, которая значительно упростит экологическое понимание человеком процесса создания новых и реконструкции существующих зданий и сооружений для осуществления проектной деятельности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить основные задачи, а именно:

- изучить рынок современных экологических строительных материалов и поиск лучших из них, наиболее удовлетворяющих современным требованиям;
- провести сравнительный анализ современных экологических строительных материалов, т.е. использовать метод сопоставления двух и более результатов исследований, выделение в них общего и различного с целью классификации, и типологии.

Особенно это важно при проектировании и строительстве «энергоэффективных и экологических зданий, нацеленных на заданные высокие ресурсосберегающие и эксплуатационные качества. Взаимосвязанное принятие конструктивных и объемно-планировочных решений дает возможность обосновать с одной стороны, максимально высокие, с другой стороны – практически достижимые параметры будущего здания [2, с.6]».

Основные принципы экологического строительства. Следует акцентировать внимание на тот факт, что экологическое строительство – отрасль, которая включает строительство и эксплуатацию зданий с наименьшим влиянием на окружающую среду. Основная задача экологического строительства заключается в том, чтобы снизить уровень потребления человеком материальных и энергетических ресурсов на протяжении всей эксплуатации здания: от выбора участка застройки, строительных работ, эксплуатации, ремонту, сносу. Таким образом, экологическое строительство стремиться улучшить качество строительства и повысить комфорт и безопасность внутренней и внешней среды. Достигается это при активном внедрении инновационных технологий.

В настоящее время проблема использования новых технологий, экономичности и экологичности, а также создание максимально комфортной, а главное автономной, окружающей среды не только для отдельных зданий, но и для целых поселений, является актуальной и своевременной. При этом, ведущая роль отводится инновациям – нововведениям, обладающими высокой эффективностью, значительно повышающей результативность функционирующих систем. Инновация является итогом интеллектуальной деятельности человека, его творческого процесса в виде новых или отличных от предшествующих объектов открытий, изобретений и разумно обоснованных предложений [3, с.19].

Так, зеленые технологии – реорганизация, в основе которой лежит принцип повторного использования ресурсов и сырья. Благодаря этому принципу снижается негативное воздействие на окружающую среду, за счет уменьшения величины отходов, увеличения энергоэффективности. При этом зеленое строительство в одинаковой мере делает акцент на энергоэффективность здания. Энергоэффективность здания – это здание, в котором за счет реализации совокупности функционально – планировочных, конструктивных и инженерных решений, использования возобновляемых источников энергии, энергоресурсов затрачивается меньше принятых нормативных стандартов при одновременном обеспечении необходимого уровня экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности.

В то же время, экономия ресурсов и объема отходов означает снижение бремени для окружающей среды, убавляет вес экологического рюкзака. Использование вторичных ресурсов - один из аспектов хозяйственной и природоохранной деятельности, состоящий в повторном использовании отходов какого-либо производства, что позволяет не только повысить его экономическую эффективность, но и снизить уровень загрязнения природной среды, его воздействия на социальные процессы. Бережное отношение к строительным и отделочным материалам, с точки зрения их токсичности, позволяет сделать данные дома более здоровыми для их обитателей [4, с.248].

Общие выводы. Таким образом, преимущества экологического строительства следующие:

- сохранение природных ресурсов – компонентов природы, используемые для создания материальных благ, поддержания условий существования человечества;
- защита окружающей среды и биологического разнообразия – разнообразия жизни во всех ее проявлениях, а также показателя сложности биологической системы, разнокачественности ее компонентов;
- снижение негативного влияния строительного производства на человека и окружающую среду – понятие, характеризующее природные условия определенной местности и ее экологическое состояние.

Внедрение новых экологических материалов позволить быстрее перейти на новый уровень строительства, а их экологические свойства улучшат экологию окружающей среды. Одновременно, развитие и распространение зеленых стандартов, направленных на экологическую безопасность человека, значительно стимулирует и рынок строительных материалов и технологий. Вместе с тем, требования экологии необходимо учитывать уже на любой стадии проектирования, начиная от эскизного проекта, концептуальных предложений. При этом проектные решения должны по возможности минимизировать вредные последствия строительства.

Список литературы

1. *Субботин О. С., Бондаренко С.А.* Инновации в архитектуре и строительстве (на примере Краснодарского края). Учебное пособие –Москва: Изд-во РИФ «Стройматериалы» – 2016. – 80 с.
2. *Субботин О. С.* Архитектура интеллектуальных малоэтажных жилых зданий // Вестник МГСУ. – 2009. – № 4. – С. 247-249.
3. *Субботин О. С.* Инновационные материалы и технологии в олимпийских стадионах Сочи // Жилищное строительство. – 2016. – № 8. – С. 19-25.
5. *Субботин О. С.* Ресурсосберегающие технологии в архитектуре малоэтажных зданий // Вестник МГСУ. – 2009. – № 4. – С. 247-249.

Ткачев Б. В. (Новосибирск, Россия)

ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА

Ключевые слова: Абразивный износ, адгезия, полимерный порошок, технология нанесения покрытий, полиэтилен. Abrasive wear, adhesion, polymer powder technology coating, polyethylene

Аннотация: В статье представлена разработка абразивостойких покрытий внутренних поверхностей металлических трубопроводов для зерноперерабатывающих предприятий. Проблема состоит в том, что при транспортировке неочищенных зерен культурных растений, особенно риса, происходит абразивный износ покрытий. В данном исследовании разрабатывается покрытие на основе полимерного порошкового материала, имеющего высокую адгезионную прочность и допущенного к контакту с пищевыми продуктами. В результате работы удалось предотвратить интенсивный абразивный износ покрытия за счет использования минеральных частиц, образующих защитный слой.

This article presents the development of a hard and tough coating of internal surfaces of metal ducts for grain processing enterprises. The problem is that during transportation of the crude grains of cultivated plants, especially rice, is abrasive wear of coatings. In this study, we developed a coating based on polymeric powder material having high adhesion

strength and approved for contact with food products. As a result of work failed to prevent intense abrasion of the coating by the use of mineral particles, forming a protective layer.

Абразивному износу подвергается внутренняя поверхность стальных труб в процессе эксплуатации, т.е. при перемещении различных сыпучих материалов. По заказу ОАО «Росхлебпродукт» проводятся исследования эффективности защитных покрытий трубопроводов для эксплуатации на зерноперерабатывающих предприятиях РФ.

Актуальность работы возрастает в связи с проводимыми мерами по расширению производства импортозамещающей продукции. В том числе: производство рисовой и гречневой крупы. Постоянный мониторинг технического состояния трубопроводов показывает, что ежегодно нужно производить замену до 20% металлических труб и особенно фасонных участков (тройников и отводов).

Основной объем тонкостенных труб для зерноперерабатываемой промышленности поставляется Подольским заводом металлических изделий. Трубы, которые выпускают трубопрокатные предприятия регионального уровня, изготавливают также из черного металла. В редких случаях трубы имеют антикоррозионное покрытие внутри и/или снаружи. В качестве покрытия используется нанесенный электролитическим способом слой цинка. Качество таких труб выше, но покрытия не обеспечивают защиту от абразивного разрушения.

Абразивный износ происходит при ударно-динамических нагрузках при транспортировке неочищенных зерен гречи, сои и особенно риса. Зерна, оставаясь целыми или частично разрушаясь, упруго деформируют металл – этот процесс называют ударно-абразивным изнашиванием. На него влияет природа оболочки, геометрическая форма, масса зерна, твердость, угол атаки, энергия удара и т.д. На поверхности металла появляются неглубокие лунки, царапины и в отдельных случаях – перенаклеп с отделением металла в виде чешуек. Интенсивность изнашивания определяется количеством металла (или покрытия), теряемого с единицы площади изнашиваемой поверхности в единицу времени.[1]

Абразивный износ – неизбежная проблема эксплуатации многих видов промышленного оборудования: насосы, грохоты, шнеки, желоба, циклоны. Если в потоке присутствует жидкость (гидроабразивный износ), то ситуация еще более усугубляется (кроме абразива, воздействие оказывает кавитация) – техника очень скоро потребует замены. Любой механизм, взаимодействующий с потоками твердых частиц, нуждается в эффективной **защите от абразива**.

Абразивный износ сопровождает транспортировку материалов, состоящих из твердых частиц с острыми краями. Решить проблему за счет изменения свойств транспортируемого материала нельзя. Таким образом, необходимо осуществить защиту компонентов транспортировочной системы, с чем

отлично справляются минеральные и керамические покрытия, наносимые на внутренние поверхности труб.

Транспортировочные системы подвержены сильному износу вследствие воздействия высоких скоростей и абразивного характера перемещаемых материалов. Однако степень износа может быть различной на разных участках этих систем. Для этих случаев оптимальным является комбинирование различных износостойких покрытий. При этом для всех элементов системы может быть достигнут одинаковый срок службы

На современных обрабатывающих заводах с высокой пропускной способностью и скоростью транспортировки материалов даже безобидные на первый взгляд материалы могут причинить значительный ущерб оборудованию.

Решение проблемы защиты от износа в условиях высоких температур усложняется необходимостью одновременно решать проблему термических нагрузок между внешним стальным компонентом и защитным слоем.

В результате такого износа обесцениваются капиталовложения в промышленное оборудование, закрываются предприятия и падает производство, что подрывает хозяйственную основу компании. В условиях сильной конкурентной борьбы на мировых рынках такое положение неприемлемо. Решением проблемы может стать надежная защита от износа. Жизненно важным в этой связи становится выбор соответствующего материала и его правильное применение.

Даже самые превосходные износостойкие покрытия не имеют неограниченного срока службы, особенно под воздействием экстремальных сил трения. Это может стать серьезной проблемой, особенно, когда по соображениям экологической безопасности нельзя допустить загрязнения окружающей среды определенными материалами

Электрический метод определения износа Износостойкое покрытие наносится на цилиндр, находящийся под низким электрическим напряжением. Если покрытие разрушится под действием сил трения внутри трубопровода, то электрическая цепь разомкнется.

Пневматический метод определения износа Стальная труба с двойными стенками. При изменении уровня давления в пространстве между двумя трубами, вызванном протечкой, включается индикатор, сигнализация либо останавливается все производство. Этот метод можно использовать для отдельных труб или целых трубопроводов

Механический метод определения износа. В стальном корпусе и износостойком покрытии делается отверстие. С помощью индикаторного зонда можно контролировать толщину или состояние защитного покрытия.[2]

Известны недостатки стандартных методов защиты от абразивного износа:

- **Наплавка или напыление твердых материалов** (например, керамических или металлокерамических покрытий). Недостатком метода является

решение следствия (разрушения детали), а не причины (твердая поверхность легко изнашивается вновь). Ведь проблема заключается в том, что абразивные материалы обычно тверже, чем металл или сплав детали. По этой причине твердая поверхность стирается еще более твердой фракцией.

- **Восстановление изношенной детали и ее защита от абразива с помощью эпоксидно-керамических материалов.** Полимеры, в отличие от металла, не являются однозначно твердыми материалами. Они более устойчивы к истиранию и воздействию твердых частиц. Однако, недостаток у них все тот же: твердая поверхность быстро изнашивается. Т.е. придется снова и снова восстанавливать деталь и защищать ее от абразивного износа. К тому же добавляется проблема с методом нанесения (кисть, шпатель): нет возможности качественно восстановить деталь со сложной геометрией.

- **Замена детали на новую.** Метод практически идеальный: новая деталь имеет большой ресурс, отбалансирована, произведена по тем же стандартам, что и заменяемая деталь, если есть заводская футеровка – то обеспечена еще и антиабразивная защита. **Есть всего два недостатка**, которые перечеркивают все достоинства: во-первых, стоимость (оригинальная деталь для импортного оборудования может стоить сотни тысяч), во-вторых, срок поставки (российские запчасти будут получены через несколько дней, но для импортного оборудования счет идет на недели – а это простой производства и недополученная прибыль)

- **Футеровка резиной или полиуретаном.** Резина и полиуретан обеспечивают лучшую защиту от абразивного износа, чем твердые защитные материалы. К сожалению, существуют серьезные ограничения применения такой футеровки, связанные со сложной геометрией деталей и труднодоступными местами (например, у рабочих колес насосов). В местах сгибов листы резины особенно уязвимы к износу, что снижает их срок службы. Помимо этого, ожидание поставки сменной футеровки также требует времени.[3]

Выполненные нами работы и литературный анализ показали, что наиболее перспективным способом комплексной защиты является нанесение внутреннего покрытия на основе полимерного порошкового материала (ППМ). Диаметр труб варьируется от 100 до 300 мм. Известны три технологии нанесения покрытия: 1 - порошковые вещества наносятся на трубу, предварительно разогретую до температуры, превышающей температуру плавления порошка; Порошок наносится на поверхность трубы электростатическим способом или воздушным напылением; 2 - термопластичные материалы могут наноситься также методом экструзии; 3 - неплохие эксплуатационные результаты показал метод «защитного слоя из стеклоткани», наносимый на праймерный слой жидкого полимера. Но технология нанесения не обеспечивает равномерности покрытия и имеет много «ручных» операций[4].

В НИГ «Строительные материалы» СГУПС проведены предварительные испытания и определены компоненты ППМ – для покрытия, устойчивого к

абразивному износу – это полимерный порошок и дисперсный минеральный материал. Производятся сравнительные испытания полиэтилена (ПЭ) и эпоксидной порошковой краски П-ЭП-219. ПЭ, полученный способом высокотемпературного сдвигового измельчения, представляет собой высокодисперсные микрогранулы с очень низкой плотностью, обусловленной их высококоразвитой губчатой поверхностью. За счет этого образуется пленка равномерная по толщине и возможно создание композиций с высокооднородным распределением компонентов.

Краска П-ЭП-219 представляет собой смесь эпоксидной смолы, поверхностно-активных добавок, отвердителя, ускорителя, пигментов, наполнителей и специальных добавок. Покрытие получается белого цвета и допущено к контакту с пищевыми продуктами.

Преимущества порошковой «окраски» заключается, прежде всего, в прочности, экономичности и экологичности покрытия. В данной технологии не используются огнеопасные и токсичные жидкие растворители, поэтому данная технология практически безопасна. Отсутствие растворителей обеспечивает дополнительную экономию по стоимости краски. ППМ поставляются в готовом виде, что исключает такие дорогостоящие операции как контроль вязкости и колеровка. Это обеспечивает экономичность, стойкость, прочность, долговечность и высокое качество.

Покрытие работает в температурном диапазоне от -60 до +150°C, резкие смены температуры не влияют на качество покрытия.

Разрабатываемая технология нанесения покрытий представляет собой циклично-насыпной способ с автоматизированным дозированием порошковой композиции на одну трубу.

Последовательность операций следующая:

1. Подготовка поверхности трубы – обезжиривание, очистка от пыли и других загрязнений.
2. Предварительный нагрев трубы до температуры 250°C
3. Дозированная засыпка ПК и равномерное распределение по всей длине штанги – лотка.
4. Подача ПК внутрь трубы.
5. Нагрев трубы и ее вращение с угловой скоростью 3-7 об/мин. (в зависимости от вида полимера).
6. Охлаждение покрытия и контроль качества.

В зависимости от вида применяемого полимерного порошкового материала последовательность технологических операций может варьироваться.

Например. При использовании термопластичных материалов – полиэтилена, поливинилбутирала, возможно предварительное нанесение на внутреннюю поверхность чистого полимера и его оплавление. Следующий этап – внесение полимерно-песчаной смеси, её нагрев и образование 2-хслойного покрытия.

Целью данной работы является установление соотношения по массе полимерного материала и минерального компонента. Выбирается гранулометрический состав и возможные виды минерального материала, наиболее доступным является кварцевый песок с размером фракций от 0,25 мм до 1,5 мм.

Определяются физико-механические характеристики и интенсивность изнашивания покрытий в лабораторных и натуральных условиях.

1. Троицкая Н.А., Чубуков А.Б. «Единая транспортная система». М., Академия 2007 436с.

2. Оптимизированные решения компании Kalenborn по защите от износа производственных и трубопроводных систем: [Электронный ресурс]. М., 2014 URL: <http://www.kalenborn.de> <http://stalprotect.ru/d/58871/d/kalenborn-resheniya-po-zaschite-ot-abrazivnogo-iznosa.pdf> (Дата обращения: 18.02.2017).

3. MetaLine (МетаЛайн) футеровка, гуммирование, восстановление, ремонт. Эластомерные антикоррозионные покрытия: [Электронный ресурс]. М., 2014 URL: <http://www.metalline.com.ru>. (Дата обращения: 18.02.2017).

4. Тробатенко В.Г., Сысоев В.Н. «Трубопроводный транспорт твердых материалов» М., Знание 1980.

***В.В. Герасимов, В.В. Иконников, Н.В. Светышев
(Новосибирск, Россия)***

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

Приведены результаты исследования и методические положения по разработке нормативов организационно надежности ресурсообеспечения процессов эксплуатации объекта. В составе методики даны модели, методы и алгоритмы по проектированию параметров строительно-эксплуатационных процессов с учетом риска.

Приведенный материал может быть использован в практике разработки стохастических девелоперских проектов.

Ключевые слова: надежность, ресурсы, обеспечение, строительство, эксплуатация, объект, проект.

Безопасность процессов ресурсного обеспечения на протяжении полного жизненного цикла объектов определяется возможностью сохранения расчетных режимов строительных и эксплуатационных процессов. В практике эти процессы разделяются два самостоятельных блока: блок строительства и блок эксплуатации объекта. В первом случае процесс ресурсного обеспечения направлен на обеспечение строительства объекта. При этом разбалансированность потребности и обеспечения ресурсами создают угрозу снижения уровня потенциала объекта как объекта недвижимости и как следствие снижения его эффективности. Во втором случае процесс ресурсного обеспечения

направлен на обеспечение приоритетных областей эксплуатационных работ – ремонтных, реконструктивных, коммунальных. Разбалансированность потребности и обеспечения ресурсами создают угрозу снижения уровня эксплуатационного потенциала и как следствие снижения его эффективности. В процессе полного жизненного цикла объекта распределение ресурсов и их использование формирует проблему пространственно-временной организации ресурсов, в которой должны решаться задачи управления в сфере строительства и эксплуатации объекта. В рамках распределения ресурсов методические подходы оптимизации организационных решений разработаны и сводятся к решению балансовых задач вида «затраты – ресурсы». Вместе с этим задачи учета в балансах ресурсов неопределенности и риска еще недостаточно разработаны, что вызывает снижение достоверности строительных и эксплуатационных решений.

Организационная безопасность строительно-эксплуатационного производства (СЭП) определяется вероятностными границами параметров процессов, что создает основу для последующего проектирования объектов и управления их реализацией в условиях риска. Строительно-эксплуатационное производство представляет собой комплексный процесс, в котором осуществляется взаимодействие элементов по структурам и процессам СЭП. Опыт показывает, что методические вопросы управления безопасностью организационными параметрами должны решаться в области строительства на основе определения надежности и риска, а в области эксплуатации – неопределенности и риска. При этом надежностью определяется уровень работоспособности строительного потенциала, а неопределенностью – уровень работоспособности эксплуатационного потенциала объекта. В соответствии с существующей практикой уровню работоспособности соответствует понятие надежности как отображение оценки уровня способности потенциала к выполнению заданных режимов функционирования [1–2].

Организационная надежность ресурсного обеспечения является локальной надежностью, характеризующей структурное и процессное состояние объектов системы обеспечения ресурсами в системе материального производства, включающее ресурсное, техническое и экономическое обеспечение. Надежность обеспечения определяется ожидаемым уровнем изменения значений основных параметров структур и процессов производства, обеспечивающих установленный уровень устойчивости объекта в условиях изменения внешних и внутренних факторов.

Внешние факторы характеризуются изменениями внешней среды и определяют уровень основного системного критерия строительного производства — производительности труда, а внутренние — характеризуются состоянием потенциала ресурсного обеспечения и определяют уровень локального критерия — производительности труда его структурных элементов. Факторами первой группы определяются варианты новых возможностей и

опасности организационных решений, второй группой — уровень развитости потенциала и схемы взаимодействия локального с базовым блоком ресурсного обеспечения строительного производства. Уровень состояния потенциала СЭП определяется множеством качественных характеристик, определяющих производительность труда, а схемами — варианты поставок материалов с учетом затрат и рисков выполнения работ. Поскольку внешние факторы оказывают влияние на систему в целом, важным становится дифференциация надежности как критерия работоспособности структур, процессов и схем в зависимости от внутренних факторов. Это позволяет осуществлять направленное регулирование отклонений, возникающих в результате воздействия этих факторов. Ниже приведен подход по решению этой задачи.

Инфомодель надежности системы строительного объекта полного жизненного цикла СЭП имеет вид:

$$H\partial(Cпжц) = (H\partial(Псс), H\partial(Псэ)) \quad (1)$$

$$H\partial(Псс) = (\Delta P o_{max}, Bp o_{max})t \quad (2)$$

$$H\partial(Псэ) = UH\partial(K\vartheta_{ii}) \quad (3)$$

$$H\partial(K\vartheta_{tin}) = \sum H\partial_{tin} \quad (4)$$

где

$H\partial(Cпжц)$ - надежность системы объекта полного жизненного цикла;
 $H\partial(Псс)$ - надежность подсистемы строительства; $H\partial(Псэ)$ - надежность подсистемы эксплуатации; $\Delta P o_{max}$ -отклонения параметров ресурсообеспечения; $Bp o_{max}$ - вероятность отклонений параметров ресурсообеспечения;
 $H\partial(K\vartheta_{ii})$ – надежность кванта i -го периода эксплуатации.

Из уравнений (1) – (4) следует, что надежность объекта определяется в двух сферах – в строительном и эксплуатационном. При этом ресурсное обеспечение является определяющим фактором надежности, который в сфере строительства может быть вычислен на краткосрочный период строительства. В сфере эксплуатации - в течении долгосрочного периода квантовый поток ресурсов может быть вычислен, как множество ресурсов, ориентированных на результат во времени и принятых в качестве дискретных множеств ресурсов по периодам равных периоду среднесрочного планирования.

В соответствии с системной моделью надежность ресурсного обеспечения должна отображать:

- структуру работ и процессов по обеспечению материалами строительных процессов;
- организационные решения потоковых процессов ресурсного обеспечения эксплуатационных процессов;
- вероятности реализации параметров структур и процессов ресурсного обеспечения.

В соответствии с этим инфомодель надежности ресурсного обеспечения объекта имеет вид:

$$O(PO)_c + O(PO)_э = \sum O(PO)_{сэ} \quad (5)$$

$$T(PO)_c + T(PO)_э = \sum T(PO)_{сэ} \quad (6)$$

$$\Delta\Pi(PO) \Rightarrow H\partial(O) + H\partial(T) \quad (7)$$

$$H\partial(Cпжц) = H\partial(O) + H\partial(T) \quad (8)$$

$$P(Cпжц) = 1 - H\partial(Cпжц) \quad (9)$$

где

$O(PO)_c; O(PO)_э; O(PO)_{сэ}$ - соответственно объем работ в сфере строительства, эксплуатации и полного жизненного цикла объекта; $T(PO)_c; T(PO)_э; T(PO)_{сэ}$ - соответственно продолжительность работ в сфере строительства, эксплуатации и полного жизненного цикла объекта; $\Delta\Pi(PO)$ - отклонения параметров ресурсообеспечения; $H\partial(O)$ - надежность по фактору объема работ; $H\partial(T)$ - надежность по фактору продолжительности работ.

Из уравнений (5)–(9) следует, что формирование объемов и продолжительности процессов в структуре ресурсных потоков включает вариационные возможности сопряжения структурных звеньев ресурсного обеспечения со структурными звеньями строительных и эксплуатационных процессов. Вероятности отклонений от установленных нормативов создают возможности для формирования стохастических организационных решений ресурсного обеспечения СЭП.

Определение надежности ресурсного обеспечения необходима для выбора оптимальных вариантов схем ресурсных потоков, согласованных с потоками строительства и эксплуатации объектов для последующей разработки проекта материального обеспечения. При этом к основным требованиям при формировании стохастических решений оценок можно отнести: системность отображения внутренних связей объекта; отображение количественных и качественных свойств объекта; возможность интеграции оценок с включением важностей локальных оценок в общей системе оценок.

Критерий организационной эффективности определен инфомоделью вида:

$$Эпжц = (Эс, Ээ) \quad (10)$$

$$Эс = (Зс, Эурс) / Зс \quad (11)$$

$$Ээ = (Зэ, Эурэ) / Зэ \quad (12)$$

$$Уоэ(пжц) = (Эс \times Тс + Ээ \times Тэ) / Тпжц \quad (13)$$

где

$Эпжц$ – эффективность полного жизненного цикла объекта; $Эс$ – эффективность этапа строительства; $Ээ$ – эффективность этапа эксплуатации; $Зс$ – затраты строительства; $Зэ$ – затраты эксплуатации; $Эурс$ – эффект управления ресурсами строительства; $Эурэ$ – эффект управления ресурсами эксплуатации; $Уоэ(пжц)$ – уровень организационной эффективности полного жизненного цикла объекта; $Тс$ – продолжительность этапа строительства; $Тэ$ – продолжительность этапа эксплуатации объекта.

Уравнением (10) отображаются эффективности использования ресурсных потоков, (11,12) - эффективности в сфере строительства и эксплуатации объекта, (13) – управление эффективностью полным жизненным циклом объекта.

Исследование надежностей системы ресурсного обеспечения проводилось применительно к объектам жилищного строительства в направлении: получения зависимостей надежности вариантов схем потоков ресурсного обеспечения строительно-эксплуатационных потоков; формирования вариантов схем потоков ресурсного обеспечения с учетом схем потоков строительно-эксплуатационных процессов. Организационное решение представлено вариантами движения ресурсных потоков обеспечения в выбранном временном интервале строительства и эксплуатации объектов. В качестве вариантов потоков ресурсного обеспечения использовались: схемы поставок в целом на весь объект, которым гарантируется низкий риск обеспечения ресурсов для строительства и повышенные затраты на хранение ресурсов; схемы поставок под каждый специализированный объект строительства, при которых увеличиваются затраты на содержание запасов со стороны сферы ресурсного обеспечения, но снижаются затраты в сфере строительства объектов; схемы поставок под каждый локальный объект строительства, при которых увеличиваются затраты на содержание со стороны сферы ресурсного обеспечения, но снижаются затраты и риск в сфере строительства и эксплуатации объектов. Вариантное множество формировалось в статистическое поле данных, в котором проводилось исследование распределения отклонений для каждого из множества вариантов схем. В результате имитационного моделирования получены зависимости вида:

$$B = f(\Delta O), \quad (14)$$

$$H = \{(\Delta_{max}) \times (B_{max})\} \quad (15)$$

где

Δ — отклонение объемов работ квантовых потоков объекта, B - вероятность отклонений объемов потоков.

Уравнением (14) отображаются качественные характеристики вариантов организации схем ресурсных потоков, (15) — значение вероятности, по которому принимается норматив надежности варианта решения. Зависимости получены на основе имитационного моделирования всех сочетаний отклонений параметров, границы диапазона которых определены на основании специальных исследований. Шкала отклонений по каждому варианту определялась в соответствии со спецификой каждой схемы организации структур и процессов ресурсного обеспечения.

На основании проведенных исследований системы ресурсного обеспечения процессов строительства и эксплуатации жилых объектов Новосибирска разработаны области организационной безопасности, которыми определяется уровень влияния организационных схем на величину детерминированных

затрат[3]. Вычисленные поправки на учет влияния факторов надежности на эффективность организационных решений приведены в таблице.

Из приведенной таблицы следует:

— факторами влияния на организационную безопасность ресурсного обеспечения являются структурные и процессные отклонения значений параметров объемов и продолжительности работ, что формирует область рисков в строительной и эксплуатационной сфере объекта;

— разнонаправленность влияния факторов и областей рисков в схемах взаимодействия потоков ресурсов и строительно-эксплуатационных работ предопределяет необходимость их оптимизации и управления в процессе реализации объектов строительства;

— области организационной безопасности ресурсного обеспечения определяются характеристиками вариаций схем организации структур и процессов и ожидаемыми отклонениями параметрами объемов и продолжительности работ, которые формируют нормативы надежности и могут быть используемы в практике проектирования потоков ресурсного обеспечения объектов.

Таблица. Области организационной безопасности ресурсообеспечения на условном примере жилых объектов

Базовые схемы	Локаль- ные схе- мы	-Δмр, %	-Δтр, %	-Δфо %	Но, доля	Рк, доля	О _{об}
СХ _{стр}	СХ _{мр}	10	15	10	0,98	0,02	3
	СХ _{тр}	10	15	10	0,94	0,06	3
	СХ _{фо}	10	15	10	0,90	0,1	3
СХ _{эп}	СХ _{мо}	10	15	10	0,84	0,16	2
	СХ _{то}	10	15	10	0,80	0,2	2
	СХ _{фо}	10	15	10	0,76	0,24	1
СХ _{пжц}	СХ _{мо}	10	15	10	0,82	0,18	1
	СХ _{то}	10	15	10	0,87	0,13	2
	СХ _{фо}	10	15	10	0,85	0,15	2

Примечания. СХ_{стр}, СХ_{эп}, СХ_{пжц} — соответственно схема организации обеспечения ресурсами строительной, эксплуатационной сферы и в целом полного жизненного цикла объекта; СХ_{мр}, СХ_{тр}, СХ_{фо} – соответственно схема обеспечения ресурсами- материалами, труда, фондами; -Δ - недопоставка ресурсов; Но –надежность обеспечения Ро-риск обеспечения ресурсами Ооб- области организационной безопасности обеспечения ресурсами объекта: 1- область положительной доходности, 2- область нулевой доходности, 3 – область отрицательной доходности.

Использование методического подхода предусматривает выполнение следующих этапов работ:

— структурирование и классификация множества параметров и факторов по всем блокам системы ресурсного обеспечения сферы строительства и эксплуатации объектов;

— моделирование параметров схем организации ресурсного обеспечения с учетом факторов риска;

— оценка эффективности вариантов схем организации ресурсного обеспечения с установлением характеристик уровня эффективности;

— определение областей организационной безопасности с учетом факторов, принятых для проекта материального обеспечения строительных объектов.

Аналитический комплекс может быть использован для решения следующих научно-практических задач:

— нормализации параметров организационных решений проекта обеспечения с учетом установленного качества параметров решений проекта;

— оптимизации нормализованных параметров проекта ресурсного обеспечения с учетом реализации девелоперского проекта;

— выбора инновационных организационных решений в процессе формирования вариантов девелоперского проекта и его реализации.

Решение первой задачи основано на применении существующих методик и средств автоматизации структурно-сетевой организации работ с вычислением качества организационных решений по критерию уровня организованности процессов на основе определения критериев равномерности, непрерывности, комплексности, интенсивности процессов.

Решение второй задачи основано на применении специальных методик и средств автоматизации структурно-сетевой организации работ с вычислением качества сопряжения процессов ресурсного обеспечения объектов на основе использовании балансовых моделей и методов интегрированной эффективности решений.

Решение третьей задачи основано на применении специальных методик и средств автоматизации структурно-сетевой организации работ с использованием новых форм и процессов организации ресурсного обеспечения объектов на основе использования междисциплинарных методов и инструментов преобразований технико-экономических решений девелоперского проекта.

Разработанный методический подход позволяет в дополнении к существующему методу надежности потоков осуществлять оценку и выбор параметров организационных решений ресурсного обеспечения объектов, что создает возможности формирования нормативно-методической базы для разработки проектов ресурсного обеспечения с целью последующего развития проектного подхода в строительстве и эксплуатации объектов. Практическая проверка методики при использовании ее в ряде проектов показали возможность и целесообразность применения ее в практике строительного инжиниринга [4].

Выводы.

1. В рыночных условиях важной методической задачей является разработка систем безопасности проектов на всех этапах его жизненного цикла. Ресурсное обеспечение строительства и эксплуатации является важным фактором, которым определяется интегрированная эффективность реализации строительных объектов как объектов недвижимости.

2. Приведенной методикой уровень организационной безопасности определяется областью положительной доходности объекта, а надежность - вероятностью отклонений объемов и продолжительности работ на протяжении всего жизненного цикла объекта. Организационная безопасность характеризуется выявленными рисками и схемами их снижения.

3. Разработанные методические положения могут быть использованы при разработке надежности и риска девелоперских проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герасимов В.В. Управление программными рисками территориальных систем [Текст] В.В. Герасимов, Е.А. Саломатин, Н.В. Пятых // Новые технологии в строительном материаловедении. — Новосибирск : НГАСУ, 2012. — С. 156–161.

2. Герасимов В.В. Управление безопасностью социально-экономических систем [Текст] / В.В. Герасимов, Е.С. Лабукин, Н.В. Пятых // Новые технологии в строительном материаловедении. — Новосибирск : НГАСУ, 2012. — С. 161–166.

3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. — М. : Гострой РФ, 1999. — 623 с.

4. Герасимов В.В. Оценка организационно-технологической безопасности строительных проектов [Текст] / В.В. Герасимов, О.А. Коробова, А.Т. Пименов, О.Ю. Михальченко // Изв. вузов. Строительство. — 2012. — № 3. — С. 21–28.

В.В. Герасимов, В.В. Иконников, Н.В. Светышев
(Новосибирск, Россия)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

Приведены результаты исследования по разработке методики оценки эффективности ресурсообеспечения процессов строительства и эксплуатации объекта. В составе методики даны модели, методы и алгоритмы по проектированию параметров строительно-эксплуатационных процессов с учетом риска.

Приведенный материал может быть использован в практике стохастических девелоперских проектов.

Ключевые слова: эффективность, ресурсы, обеспечение, строительство.

Эффективность ресурсообеспечения строительно-эксплуатационных работ объектов обусловлена необходимостью формирования оптимизированного ресурсного пространства потоков ресурсов в объектах, которые локализуются в блоках: строительном, эксплуатационном, по направлениям - организационном, технологическом, финансовом, экономическом. Основной задачей оптимизации этого пространства является минимизация организационных, технологических, экономических перерывов, обусловленных особенностями объемно-конструктивных и планировочно - градостроительных решений на протяжении всего жизненного цикла объекта. Оптимизированное пространство позволяет осуществлять ресурсопоток объектов в соответствии с требованиями минимизации потерь времени и затрат на ресурсообеспечение.

Практика показывает, что разбалансированность потоков ресурсов вызывает значительные потери основных результатов деятельности предприятий, к которым можно отнести следующие:

- потери результата предприятия из-за из-за понижения производительности труда по организационным ресурсам;
- потери результата предприятия из-за понижения производительности труд по технологическим ресурсам;
- потери результата предприятия из-за понижения производительности труда по материальным ресурсам;
- потери результата предприятия из-за понижения производительности труда по денежным ресурсам.

Из положений приведенных выше формирование эффективности ресурсообеспечения может быть представлена группировкой направлений принимаемых решений следующего вида.

Организационные решения включают организационные перерывы и рабочее время ресурсообеспечения. При этом организационные перерывы обусловлены решением по структуризации объектных потоков по критерию минимизации продолжительности работ.

Технологические решения включают технологические перерывы и рабочее время ресурсообеспечения. При этом технологические перерывы обусловлены решением по структуризации процессных потоков работ по критерию минимизации продолжительности работ.

Финансовые решения включают перерывы финансирования и рабочее время ресурсообеспечения. При этом перерывы финансирования обусловлены решением по структуризации денежных потоков по критерию минимизации продолжительности работ.

Экономические решения включают перерывы материализации и рабочее время ресурсообеспечения. При этом перерывы материализации обусловлены решением по структуризации материальных потоков по критерию минимизации продолжительности работ.

Интегрированные решения включают комплекс перерывов и рабочее время ресурсообеспечения. При этом комплекс перерывов обусловлен решением интеграции потоков по критерию минимизации продолжительности работ.

Для решения этой задачи проведены исследования и сформированы методические подходы, которые позволяют использовать формировать онтологические модели и методы оптимизации параметров ресурсообеспечения на протяжении всего жизненного цикла объекта. Онтологические решения предусматривают формирование структурированного пространства как объекта проектирования, планирования и управления.

Онтологические модели и методы приведены ниже и включают следующие решения.

- инфомодель ресурсов объекта

$$Po = (Op, Tr, Mr, Dr) \quad (1)$$

$$Op = (O, T) \quad (2)$$

$$Tr = (P, T) \quad (3)$$

$$Mr = (Mm, Tr, \Phi o, T) \quad (4)$$

$$Dr = (\Phi n, T) \quad (5)$$

- Po- ресурс объекта; Op, Tr, Mr, Dr - соответственно организационный технологический материальный денежный ресурс; O- объем комплекса работ объекта; T- продолжительность осуществления работ объекта; P – объем работы объекта; Mт, Tr, Φo- соответственно материалы, труд, фонды; Φн – финансы.

- инфомодель интеграции ресурсов объекта

$$Op = UPp \quad (6)$$

$$Pp = UMr \quad (7)$$

$$Mr = UDr \quad (8)$$

- инфомодель системы управления ресурсообеспечением объекта

$$Cu1: Pv1 = (Pc/T) > N \quad (9)$$

$$Cu2: Pv2 = (Pc/T) = N \quad (10)$$

$$Cu3: Pv3 = (Pc/T) < N \quad (11)$$

$$Cu3 \Rightarrow Cu2 \Rightarrow Cu1 \quad (12)$$

где

Сц- сценарий эффективности объекта; N – норматив эффективности по производительности; Pv – производительность ресурсообеспечения.

- инфомодель интегрированной эффективности ресурсообеспечения объекта

$$\mathcal{E}(po)u = U\mathcal{E}(o, m, \phi, \varepsilon) \quad (13)$$

$$\mathcal{E}(po)o = (1 - (To - \sum to)/To) \quad (14)$$

$$\mathcal{E}(po)m = (1 - (Tr - \sum tp)/Tr) \quad (15)$$

$$\mathcal{E}(po)\phi=(1-(\Phi n-\sum\phi p)/\Phi n)) \quad (16)$$

$$\mathcal{E}(po)\varepsilon=(1-(3n-\sum\varepsilon p)/3n)) \quad (17)$$

где

$\mathcal{E}(po)$ и- интегрированная эффективность ресурсообеспечения объекта;
 $\mathcal{E}(o,t,\phi,\varepsilon)$ - эффективность локальных блоков ресурсообеспечения объекта;
 $\mathcal{E}(po)o$ - эффективность организации ресурсообеспечения объекта; To - продолжительность комплекса работ объекта; to - продолжительность организационных перерывов объекта; $\mathcal{E}(po)t$ - эффективность технологии ресурсообеспечения объекта; Tr - продолжительность комплекса процессов работ объекта ; tr - продолжительность технологических перерывов объекта; $\mathcal{E}(po)\phi$ - эффективность финансирования ресурсообеспечения объекта; Φn - финансы комплекса работ объекта; Φp - перерывы финансовых потоков объекта; $\mathcal{E}(po)\varepsilon$ - эффективность материализации ресурсообеспечения объекта; $3n$ - затраты материалов комплекса работ объекта; $3p$ - затраты перерывов материальных потоков объекта.

Уравнениями (1-5) отображается структурная схема взаимодействия ресурсов в объекте, , (6-8) – интегрирование ресурсов объекта, (9-12) – системная модель управления ресурсами объекта , (13-17) – эффективность управления ресурсами объекта.

В соответствии с системной моделью эффективность ресурсного обеспечения должна отображать:

- структуру работ и процессов по обеспечению материалами строительных процессов;
- организационные решения потоковых процессов ресурсного обеспечения эксплуатационных процессов;
- вероятности реализации параметров структур и процессов ресурсного обеспечения(Табл.1).

Таблица 1

Характеристики эффективности системы ресурсообеспечения

Наименование	Параметры эффективности по функциям системы ресурсообеспечения			
Функциональные блоки	$\mathcal{E}(po)o$	$\mathcal{E}(po)t$	$\mathcal{E}(po)\phi$	$\mathcal{E}(po)\varepsilon$
Факторы эффективности	$\sum to$	$\sum tr$	$\sum \phi p$	$\sum \varepsilon p$
Области формирования факторов	А-объектов	А-работ	А-финансовых ресурсов	А-материальных ресурсов
Характеристика факторов эффективности	Затраты простоя О-ресурсов	Затраты простоя Т-ресурсов	Затраты простоя Ф-ресурсов	Затраты простоя Э-ресурсов
Методы управления	Уоэ	Утэ	Уфэ	Уээ

Примечания. А – индекс понятия «Архитектура»; О, Т, Ф, Э – индекс понятия соответственно организационный, технологический, финансовый, экономический

ресурс, Уоэ, Утэ, Уфэ, Уээ – понятия соответственно управление организационной, технологической, финансовой, экономической эффективности.

В соответствии с интегрированной моделью управления ресурсами система управления интегрированной эффективностью имеет вид:

$$Уиэ: (\Delta o, \Delta m, \Delta \phi, \Delta \varepsilon) \Rightarrow \min \quad (18)$$

$$Уоэ = (\Delta o(UFo\varepsilon)) \quad (19)$$

$$Утэ = (\Delta m(UFm\varepsilon)) \quad (20)$$

$$Уфэ = (\Delta \phi(UF\phi\varepsilon)) \quad (21)$$

$$Уээ = (\Delta \varepsilon(UF\varepsilon\varepsilon)) \quad (22)$$

$$Фиэ = (Fo\varepsilon, Fm\varepsilon, F\phi\varepsilon, F\varepsilon\varepsilon) \quad (23)$$

$$Fo\varepsilon = (\sum to) \quad (24) \quad Fm\varepsilon = (\sum tp) \quad (25)$$

$$F\phi\varepsilon = (\sum \phi p) \quad (26)$$

$$F\varepsilon\varepsilon = (\sum \varepsilon p) \quad (27)$$

$$Оцүэ = \{ \varepsilon o + \varepsilon m + \varepsilon \phi + \varepsilon \varepsilon \} \Rightarrow \max \quad (28)$$

где

Уиэ - управление интегрированной эффективностью ; $\Delta o, \Delta t, \Delta \phi, \Delta \varepsilon$ – соответственно отклонения от норматива организационных, технологических, финансовых, экономических параметров; Уоэ – управление организационной эффективностью; Утэ- управление технологической эффективностью; Уфэ- управление финансовой эффективностью; Уээ-управление экономической эффективностью; Фиэ- факторы интегрированной эффективности; $Fo\varepsilon, Ft\varepsilon, F\phi\varepsilon, F\varepsilon\varepsilon$ -соответственно факторы «о, т, ф, э»; Оцүэ – оценка управления эффективностью ресурсообеспечения объектов; $\varepsilon o, \varepsilon t, \varepsilon \phi, \varepsilon \varepsilon$ – соответственно организационная технологическая финансовая экономическая эффективность ресурсообеспечения.

Уравнениями (18-22) отображается структурно-процессная схема управления отклонениями параметров объектов, (23-28) – группировка факторов, влияющих на эффективность системы управления ресурсами.

Исследование надежностей системы ресурсного обеспечения проводилось применительно к объектам жилищного строительства в направлении: получения зависимостей надежности вариантов схем потоков ресурсного обеспечения строительно-эксплуатационных потоков; формирования вариантов схем потоков ресурсного обеспечения с учетом схем потоков строительно-эксплуатационных процессов. Организационное решение представлено вариантами движения ресурсных потоков по обеспечению в выбранном временном интервале строительства и эксплуатации объектов; технологическое решение - представлено вариантами движения ресурсных потоков по обеспечению работ в выбранном временном интервале строительства и эксплуатации объектов; финансовое решение- представлено вариантами движения денежных потоков обеспечения работ в выбранном временном интервале стро-

ительства и эксплуатации объектов; экономическое решение - представлено вариантами движения материальных потоков обеспечения в выбранном временном интервале строительства и эксплуатации объектов. Вариантное множество формировалось в статистическое поле данных, в котором проводилось исследование распределения отклонений для каждого из множества вариантов схем. В результате имитационного моделирования получены зависимости вида:

$$B = f(\Delta O), \quad (29)$$

$$H\delta = \{(\Delta \max) \times (B \max)\} \quad (30)$$

где $P_k = 1 - H\delta$ (31)

Δ — отклонение объемов работ квантовых потоков объекта, B — вероятность отклонений объемов потоков.

На основании проведенных исследований системы ресурсного обеспечения процессов строительства и эксплуатации жилых объектов Новосибирска разработаны области организационной безопасности, которыми определяется уровень влияния организационных схем на величину детерминированных затрат[3]. Вычисленные поправки на учет влияния факторов надежности на эффективность организационных решений приведены в табл. 2.

Таблица 2. Области эффективности системы ресурсообеспечения на условном примере жилых объектов

Базовые блоки	Факторы	Δ_o , %	Δ_t , %	Δ_f , %	Δ_{ε} , %	Нд, доля	Рк, доля
Б _о	$\sum t_o$	10				0,98	0,02
Б _т	$\sum t_p$		10			0,99	0,01
Б _ф	$\sum f_p$			10		0,97	0,03
Б _э	$\sum z_p$				10	0,96	0,04
Сотфэ		10	10	10	10	0,72	0,28

Примечания. Б_о, Б_т, Б_ф, Б_э – соответственно блоки системы ресурсообеспечения; Нд- надежность; Рк- риск.

Из приведенной таблицы следует:

— факторами влияния на организационную безопасность ресурсного обеспечения являются структурные и процессные отклонения значений параметров объемов и продолжительности работ, что формирует область рисков в строительной и эксплуатационной сфере объекта;

— разнонаправленность влияния факторов и областей рисков в схемах взаимодействия потоков ресурсов и строительного-эксплуатационных работ предопределяет необходимость их оптимизации и управления в процессе реализации объектов строительства;

— области организационной безопасности ресурсного обеспечения определяются характеристиками вариаций схем организации структур и процессов и ожидаемыми отклонениями параметрами объемов и продолжительности работ, которые формируют нормативы надежности и могут быть используемы в практике проектирования потоков ресурсного обеспечения объектов.

Использование методического подхода предусматривает выполнение следующих этапов работ:

— структурирование и классификация множества параметров и факторов по всем блокам системы ресурсного обеспечения сферы строительства и эксплуатации объектов;

— моделирование параметров схем организации, технологии, финансирования, экономики ресурсного обеспечения с учетом факторов риска;

— оценка эффективности вариантов схем ресурсного обеспечения с установлением характеристик уровня эффективности;

— определение областей организационной безопасности с учетом факторов, принятых для проекта материального обеспечения строительных объектов.

Аналитический комплекс может быть использован для решения следующих научно-практических задач:

— нормализации параметров организационных решений проекта обеспечения с учетом установленного качества параметров решений проекта;

— оптимизации нормализованных параметров проекта ресурсного обеспечения с учетом реализации девелоперского проекта;

— выбора инновационных организационных, технологических, финансовых, экономических решений в процессе формирования вариантов девелоперского проекта и его реализации.

Разработанный методический подход позволяет в дополнении к существующему методу надежности потоков осуществлять оценку и выбор параметров организационных решений ресурсного обеспечения объектов, что создает возможности формирования нормативно-методической базы для разработки проектов ресурсного обеспечения с целью последующего развития проектного подхода в строительстве и эксплуатации объектов [4].

Выводы.

1. В рыночных условиях задача повышения эффективности управления интегрированными ресурсами объектов строительства является важной методической задачей. На практике отсутствие проектов ресурсообеспечения приводит к рассогласованию объектов и ресурсов, что приводит к снижению эффективности строительства объектов.

2. Эффективность ресурсного обеспечения строительства и эксплуатации определяется уровнем согласованности параметров схем организации,

технологии, финансирования и материализации объектов и работ объекта и могут быть определены специальными расчетами

3. Приведенной методикой уровень отклонений параметров организационных, технологических, финансовых, экономических решений определяет эффективность и безопасность объекта, что позволяет осуществлять реальные разработки проектов и планов реализации объектов строительства.

Разработанные методические положения могут быть использованы при разработке эффективности девелоперских проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герасимов В.В. Управление программными рисками территориальных систем [Текст] В.В. Герасимов, Е.А. Саломатин, Н.В. Пятых // Новые технологии в строительном материаловедении. — Новосибирск : НГАСУ, 2012. — С. 156–161.

2. Герасимов В.В. Управление безопасностью социально-экономических систем [Текст] / В.В. Герасимов, Е.С. Лабутин, Н.В. Пятых // Новые технологии в строительном материаловедении. — Новосибирск : НГАСУ, 2012. — С. 161–166.

3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. — М. : Гострой РФ, 1999. — 623 с.

4. Герасимов В.В. Оценка организационно-технологической безопасности строительных проектов [Текст] / В.В. Герасимов, О.А. Коробова, А.Т. Пименов, О.Ю. Михальченко // Изв. вузов. Строительство. — 2012. — № 3. — С. 21–28.

Синицына А.С. (Новосибирск, Россия).

ОЦЕНКА МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Приводятся методы усиления оснований и фундаментов применительно к г. Новосибирску, половина площадей которого относится к так называемым, условно благоприятным или неблагоприятным территориям для строительного освоения с распространением лессовых просадочных грунтов, заторфованных, заболоченных, а также сложенных техногенными грунтами участков с высоким уровнем подземных вод.

Рассмотрены методы и способы устройства противофильтрационных завес, глибинного уплотнения грунтов и углубления фундамента.

Ключевые слова: основания, фундаменты, грунты, дефекты, деформация.

ASSESSMENT OF METHODS FOR STRENGTHENING BASES AND FOUNDATIONS OF REAL ESTATE

The methods of strengthening of bases and foundations in relation to the city of Novosibirsk, half the land which belongs to the so-called conditionally favorable or unfavorable

areas for construction of the development with the distribution of loess subsidence of soils, by peaty, boggy, as well as folded man-made soil plots with high groundwater levels.

The methods and ways the device is impervious screens, deep soil compaction and deepening of the foundation.

Keywords: sub-base, foundations, soils, defect, deformation.

Старение и износ жилого фонда практически на всей территории Российской Федерации побудил федеральные и региональные власти к поиску нетривиальных организационно-технических и экономических решений строительства и реконструкции объектов недвижимости для повышения их долговечности. Особенно остро встала проблема роста аварийного жилья. Инвестиции в новое строительство крайне ограничены, поэтому актуальными являются задачи увеличения долговечности зданий и сооружений путем усиления отдельных конструктивов. Наиболее уязвимыми в процессе эксплуатации являются основания и фундаменты.

Деформации грунтовых оснований приводят к дефектам и повреждениям фундаментов, которые сказываются на техническом состоянии всех строительных конструкций.

Вместе с тем распространение высотного домостроения, применение новых технологий требует и совершенствования существующих, и создания инновационных методов усиления оснований и фундаментов.

Нами выполнен анализ методов усиления оснований и фундаментов, реализованных на объектах г. Новосибирска, позволивший дать рекомендации для их дальнейшего применения и разработки новых.

Приведем некоторые методы и дадим им техническую оценку.

1. Устройство противofiltrационной завесы.

Противofiltrационная завеса представляет собой рядов свай, расположенных в шахматном порядке.

Она выполняется с помощью бетонных набивных вертикальных свай и уплотненного грунта между ними. Сваи изготавливаются путём проходки скважин с использованием пневмопробойников и последующего заполнения их литым цементно-песчаным раствором.

Мониторинг фундаментов жилых зданий показал стабилизацию фундаментов.

2. Метод глубинного уплотнения грунта основания

Данный метод применяется в зонах возможного появления пластических деформаций. Сущность метода заключается в том, что под подошвой ленточного фундамента, где грунты основания находятся в необходимом состоянии, производится интенсивное уплотнение их набивными бетонными сваями, формируемыми с помощью пневмопробойника. При этом происходит соприкосновение и даже наложение зон уплотнения грунта вокруг свай. Образуется свае-грунтовой массив, в который вода практически не мо-

жет проникать, а, следовательно, и влиять на изменение механических свойств.

3. Метод углубления фундамента

Технология углубления фундамента основана на бутовой кладке. Последовательность технологических операций следующая:

- 1) разгрузка фундамента;
- 2) установка рандбалки;
- 3) устройство колодцев на проектную глубину с захватками длиной 1,5...2 м;
- 4) разборка нижней ослабленной части фундамента, подводка под фундамент временных креплений. Кладка нового фундамента с закреплением полусухим цементно-песчаным раствором состава 1:3.

Применение того или иного метода усиления оснований и фундаментов на конкретном объекте дополнительно должно быть экономически обосновано.

Смирнова О.Е., Отточко С.Ю. (Новосибирск, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения функционально-стоимостного анализа при управлении несоответствиями производства кирпича керамического. Приведена процедура проведения анализа при выявлении несоответствий в лаборатории и непосредственно на технологической линии.

Ключевые слова: анализ, стоимость, производство, несоответствие, процесс

В сложных экономических условиях, основными целями организации становятся оптимизация производства, мотивация персонала, сохранение темпов роста, при этом необходимо обеспечивать качество выпускаемой продукции. Чтобы достичь поставленных целей основным направлением деятельности должно стать снижение внутренних издержек предприятия, т.к. именно правильное управление внутренней средой позволяет добиться высоких показателей капиталоотдачи. В этом могут помочь методы менеджмента.

Система менеджмента качества позволяет оценить результативность процессов производства, эффективность производственных процессов можно оценить с помощью функционально-стоимостного анализа (далее ФСА) [1].

В 1952 году Л.Д. Майлс разработал методику, которая известна сегодня как ФСА (VA). ГОСТ Р 52104-2003 дает следующее определение ФСА: анализ функционально - стоимостной это метод системного исследования объектов (изделий, процессов, структур), направленный на оптимизацию соотношения между полезным эффектом и совокупными затратами ресурсов за жизненный цикл применяемого по назначению объекта [2].

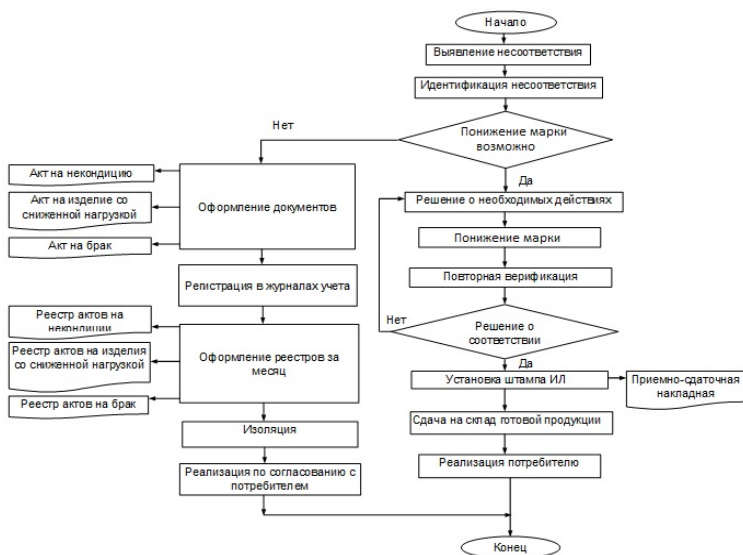


Рисунок 1 – Алгоритм процесса «Управление несоответствиями»

Рассмотрим применение ФСА-анализа для процесса «Управление несоответствиями» при производстве керамического кирпича. Сам процесс «Управление несоответствиями» можно представить в виде алгоритма, приведенного на рисунке 1.

Из данного алгоритма можно сделать вывод о двух основных ситуациях выявления и идентификации несоответствий:

- выявление и идентификация несоответствий керамического кирпича происходит в испытательной лаборатории, где проводят испытания продукции на соответствие требованиям ГОСТ;
- выявление и идентификация несоответствий (кирпичный бой) происходит на поточной линии и производится непосредственно оператором.

Рассмотрим ФСА-анализ для обеих ситуаций. Процедура ФСА на предприятии будет включать:

- определение подпроцессов и их последовательности, времени выполнения;
- определение персонала, ответственного за выполнение операций, согласно штатному расписанию и требованиям должностных инструкций;
- определение стоимости ставки персонала, и стоимости ресурсов;
- определение количества повторений одной и той же операции;

- расчет стоимости подпроцессов и суммарной стоимости выполнения процесса;

- составление временной и стоимостной диаграмм.

В таблице 1 представлен расчёт ФСА-анализа при выявлении и идентификации несоответствий керамического кирпича в испытательной лаборатории.

Таблица 1 – Отчет о функционально-стоимостном анализе
(испытательная лаборатория - ИЛ)

№	Подпроцесс	Время выполнения, час	Организационные единицы	Ставка, руб.	Стоимость ресурсов, руб.	Общая стоимость руб.
1	Выявление несоответствий	4	Лаборант	60	1000	1240
2	Идентификация несоответствий	3	Лаборант	60	1000	1180
3	Понижение марки	1	Лаборант	60	1000	1060
4	Повторная верификация	3	Лаборант	60	1000	1180
5	Получение паспорта ИЛ	1	Начальник ИЛ	150	1000	1150
6	Сдача на склад готовой продукции	4	Грузчик	50	1000	1200
7	Реализация потребителю	1	Менеджер по продажам	130	1000	1130

Время выполнения подпроцессов: 17 часов, стоимость: 8140 рублей

По данным таблицы, построим стоимостную и временную диаграммы (рисунок 2).

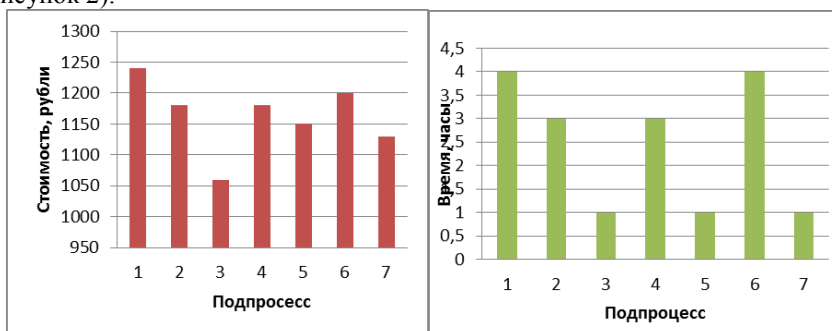


Рисунок 2 – Стоимостная и временная диаграммы при управлении несоответствиями керамического кирпича в испытательной лаборатории

Из представленных диаграмм можно сделать вывод, что самым дорогостоящим является подпроцесс «Выявление несоответствий», а самыми длительными по времени – «Выявление несоответствий» и «Сдача на склад готовой продукции».

В таблице 2 представлен расчет ФСА-анализа при выявлении и идентификации несоответствий (кирпичный бой) на поточной линии непосредственно оператором.

Таблица 2 – Отчет о функционально-стоимостном анализе (поточная линия)

№	Подпроцесс	Время выполнения, час	Организационные единицы	Ставка, руб.	Стоимость ресурсов, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Выявление и идентификация несоответствий	8	Оператор поточной линии	70	1000	4500
2	Оформление документов	2	Начальник ИЛ	150	1000	1300
3	Регистрация в журналах учета	1	Начальник ИЛ	150	1000	1150
4	Оформление реестров за месяц	0,5	Начальник ИЛ	150	1000	1075
5	Сдача в изоляцию	2	Грузчик	50	1000	1100
6	Реализация по согласию с потребителем	1	Менеджер по продажам	130	1000	1130

Время выполнения подпроцессов: 14,5 часов, стоимость: 10225 рублей

По данным таблицы, построим стоимостную и временную диаграммы (рисунок 3).

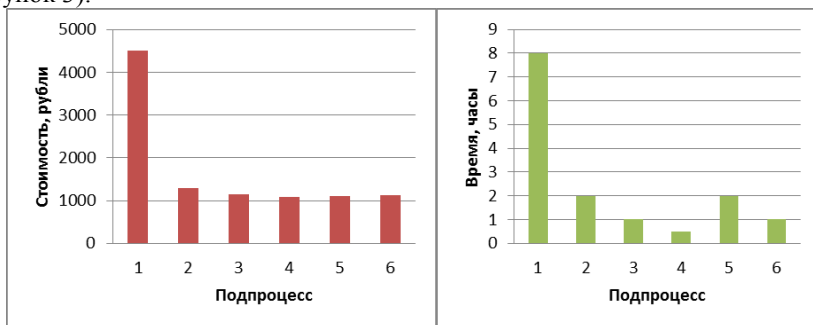


Рисунок 3 – Стоимостная и временная диаграммы при управлении несоответствиями керамического кирпича на технологической линии

Из диаграмм можно сделать вывод, что самым дорогостоящим и долговременным является подпроцесс «Выявления и идентификация несоответствий». Это обусловлено тем, что этот процесс является постоянным, т.е. производится постоянно во время рабочей смены.

Применение ФСА на производстве позволяет снижать издержки, путём более экономичного и менее трудоемкого способа выполнения производственных процессов. При определении первоочередных процессов и операций для совершенствования на основе ресурсосбережения, следует применять диаграмму Парето и ABC анализ.

Список литературы

1. Смирнова, О. Е. Система менеджмента качества в строительной организации: учебное пособие / О. Е. Смирнова. – Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2014. – 86 с.

2. ГОСТ Р 52104-2003. Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Термины и определения" (принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 03.07.2003 N 235-ст) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200032451>. - Загл. с экрана (дата обращения: 14.12.2016).

Бик Ю.И. (Новосибирск, Россия)

О СОСТОЯНИИ, ПРОБЛЕМАХ И ЗАДАЧАХ РАЗВИТИЯ БЕТОННЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В СИБИРСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

В целом по России на речной транспорт приходится всего 1,7% грузов, перевезенных всеми видами транспорта, 1,6% грузооборота (в тонно-километрах), 0,07% пассажироперевозок.

Основные реки Сибирского федерального округа: Иртыш, Обь, Енисей, Лена (с притоками). Протяженность эксплуатируемых водных путей на территории округа – 22,3 тыс.км, в т.ч. с гарантированными габаритами судовых ходов – 14,2 (63,5%). Число дней судоходной кампании колеблется по бассейнам от 138 до 165 дней.

В настоящее время на территории СФО зарегистрировано 7824 судовладельцев.

В Азиатской части России границы федеральных округов не совпадают с границами **речных бассейнов**. На территории нашего округа расположены Енисейский, Обь-Иртышский, Байкало-Ангарский, и, частично, Ленский и Амурский бассейны. Обь-Иртышский бассейн находится на территории Си-

бирского и, частично, Уральского федеральных округов. Ленский, в основном, на территории Дальневосточного и, частично, в Сибирском федеральном округе (верхняя Лена), как и Амурский бассейн. Внутренние водные пути Енисейского, Ленского бассейнов являются безальтернативными по доставке грузов и пассажиров в Северные районы муниципальных образований Красноярского края, Якутии.

Общий **объем грузоперевозок** на внутренних водных путях по сравнению с дореформенным периодом сократился в 6 раз, а по отдельным судоходным компаниям Сибири – в 15. Материально-техническая база пароходств оказалась востребованной частично: множество единиц флота выведено на холодный отстой, часть списана, выведена из транспортного ядра или сдается в аренду, флот класса плавания «река-море» в значительной мере выведен из бассейнов рек, с перегрузочной техникой положение аналогичное.

Основные проблемы водного транспорта – существенное преобладание физически и морально устаревших судов, неудовлетворительное техническое и технологическое состояние портовых погрузочных комплексов и причальных сооружений; низкая производительность и экологичность флота. Более подробно:

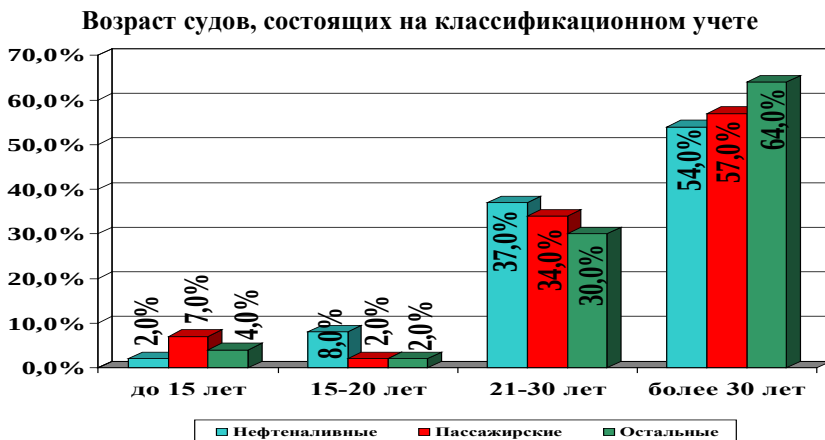
1. Средний возраст судов транспортного флота свыше 27 лет. Низкий технический и эксплуатационный уровень. Значительная часть флота эксплуатируется за пределами нормативного срока службы. Износ перегрузочной техники более 80%. В целом по России по сравнению с 2000 годом количество речных грузовых транспортных и вспомогательных судов снизилось более чем в 2 раза, а пассажирских – на 47%.

Случаи строительства флота в бассейнах СФО в последние годы единичны. Например, на территории деятельности Западно-Сибирского филиала Российского Речного Регистра находится два судостроительных завода (ОАО «Самусьский ССРЗ» в Томской области и ЗАО «МеталСервис» в г.Новосибирск) и две ремонтно-эксплуатационные базы флота. В 2013 году филиал вел техническое наблюдение за строительством 12 обстановочных судов, предназначенных для администраций речных бассейнов. Кроме того, в 2013 году построены 2 плавучие заправочные станции и 1 наплавной мост. В 2016 году на Самусьском заводе продолжается строительство 7 обстановочных теплоходов.

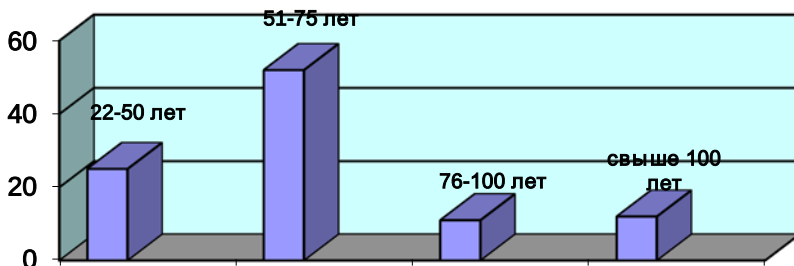
2. Основные причины низкого технического состояния портовых погрузочных комплексов и причальных набережных – недофинансирование и значительный возраст. Средний срок службы причалов в Сибири около 32 лет. Проблема физического износа причальных сооружений и портовых погрузочных комплексов в районах Сибири и Крайнего Севера является особенно острой из-за тяжелых суровых климатических условий.

Особо сложная ситуация с причалами. Объективная оценка технического состояния причальных набережных осложняется невозможностью проведе-

ния обследований насухо, а также практически полным отсутствием данных о напряженно-деформированном состоянии элементов конструкций, получаемых в результате инструментальных или визуальных наблюдений. В период акционирования причальные стенки не должны были включаться в уставный капитал приватизируемых портов (что в большей части и было соблюдено). Причалная стенка осталась в федеральной собственности, а стоящие на ней краны, подкрановые и железнодорожные пути, складские площадки приватизированы. Правовой режим их использования не был определен и сложнейшие гидротехнические сооружения остались фактически ничьи.



Распределение причальных набережных по срокам эксплуатации, %



3. Производительность сухогрузного флота упала по сравнению с до-реформенным периодом в 2-3 раза, буксирного – в 1,5 раза. Основная причина в том, что большегрузный флот эффективен при значительных объемах перевозок и в настоящее время невостребован. При этом в бассейнах Сибири всего 20% объема перевозок грузов на малые и боковые быстромелеющие реки осуществляются в малотоннажном флоте, остальные перевозки из-за

хронической нехватки специальных судов для малых рек выполняются в транзитных крупнотоннажных судах, неприспособленных для работ в стесненных условиях и на мелководье.

В результате этот флот используется с неполной загрузкой, низкими скоростями движения, высокой себестоимостью перевозок, частыми поломками корпуса и движительно-рулевого комплекса и, как следствие, после выполнения экспедиционного завоза грузов на малые реки этот флот в навигационный период ставится на ремонт.

В отрасли нет транспортных средств, способных работать в условиях крайнего мелководья рек (с глубинами 0,5-0,8 м). В то же время современный этап развития производительных сил обуславливает дальнейший рост нагрузки именно на эти малые реки Сибири. Освоение таких рек потребует создания принципиально новых транспортных средств, способных успешно работать в этих условиях.

Структура перевозок в СФО

По объему перевозок в округе лидирует Обь-Иртышский бассейн (35% грузоперевозок и 67,7% пассажироперевозок). По сравнению с 2011 годом объем грузоперевозок снизился на 8%.

Наименование грузов	Количество	Доля перевозок по номенклатуре, %
ГРУЗОПЕРЕВОЗКИ (тыс.т),	23 160,5	100
1. в т.ч.:		
Нефть и нефтепродукты	627,9	2,7
Лес в плотках	2 983	12,9
Сухогрузы, всего	18 571,6	80,2
<i>в том числе: каменный уголь</i>	<i>1 061</i>	-
<i>строительные материалы</i>	<i>13 663</i>	-
2. Остальные грузы	978	4,2
ПАССАЖИРОПЕРЕВОЗКИ (тыс.чел.)	1890,9	-

Вопросы государственной транспортной политики в регионах Урала, Сибири и Дальнего Востока (в том числе в части водного транспорта) были рассмотрены 6 августа 2012 года в Красноярске на выездном совещании Секретаря Совета Безопасности РФ. За прошедшие два года ситуация в части речного флота практически не изменилась.

Так, 29 мая 2014 года исполнительным комитетом Межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение» совместно с нами проведено межрегиональное совещание координационного совета по транспорту МА «Сибирское соглашение». В нем приняли участие Западно-Сибирский транспортный прокурор, руководители органов власти субъектов Федерации округа, админи-

страций бассейнов, речных портов, «Новосибирской государственной академии водного транспорта».

По результатам совещания принято решение:

1. Обратиться в Минтранс России с предложением о разработке и введении в действие нормативных актов, определяющих:

- правила перевозок грузов на внутреннем водном транспорте;
- понятие дноуглубительных работ и устанавливающих запрет на добычу из русел рек грунта, если это создает угрозу экологической безопасности и безопасности эксплуатации водного транспорта;
- критерии и методику оценки угроз экологической безопасности водных объектов и безопасности эксплуатации на них водного транспорта;
- порядок согласования с администрациями бассейнов процесса добычи нерудных строительных материалов

2. Просить Федеральное агентство морского и речного транспорта обеспечить выполнение мероприятий по обновлению обслуживающего флота, предусмотренных подпрограммой «Внутренний водный транспорт»;

3. Рекомендовать органам государственной власти субъектов Федерации округа и органам местного самоуправления:

- составить перспективный перечень рек и отдельных их участков, представляющих интерес для организации или увеличения перевозок грузов;
- включить в действующие нормативные правовые акты, определяющие порядок выдачи лицензий на добычу общераспространенных полезных ископаемых из русел рек и прибрежной территории, требований о наличии согласования такой добычи с администрациями бассейнов;
- направить усилия на развитие туристического бизнеса за счет организации новых круизных и туристических маршрутов;
- для снижения нагрузки на авто- и железнодорожные пути оценить целесообразность переноса части грузопотоков на водный транспорт;
- в региональных программах охраны окружающей среды предусмотреть мероприятия по оказанию поддержки владельцам экологического флота на модернизацию и эксплуатацию; создание единой структуры по сбору и утилизации судовых отходов;
- разработать механизм повышения качества и обеспечения социально значимых пассажирских перевозок речным транспортом путем внедрения современных судов, в т.ч. на воздушной подушке;
- разработать и утвердить региональные долгосрочные целевые программы обеспечения развития внутреннего водного транспорта.

Основные выводы и пути развития водного транспорта:

1. В сложившихся жестких ограничениях по расходам бюджета необходимо обеспечить мобилизацию внебюджетных источников на принципах государственно-частного партнерства для финансирования модернизации причальных и портовых сооружений государственной собственности.

2. Низкая конкурентоспособность водного транспорта вызывает переориентацию потребителей и грузопотоков на иные виды транспорта. Так, в Обском бассейне с улучшением транспортной доступности на севере Западной Сибири (в Тюменской области, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах) – развитием и улучшением автодорог, вводом новых железнодорожных линий грузоперевозки. Ситуацию усугубляет сезонность водного транспорта, непредсказуемость (высокая зависимость от ежегодных климатических условий), более сложная логистика для потребителей по сравнению с железнодорожными и автомобильными перевозками.

Завершение реализации проектов по созданию транспортных коридоров «Северо-Восток - Полярный Урал», «Урал Промышленный - Урал Полярный», предусмотренных Транспортной стратегией России до 2030 года, несет риск дальнейшего снижения конкурентоспособности речного транспорта в Обском бассейне.

В Енисейском бассейне в большинстве районов водный транспорт безальтернативен.

3. Поставленные Главой государства задачи по расширению хозяйственного освоения Арктики создают предпосылки для усиления роли водного транспорта в Сибири. Развитие Северного морского пути открывает новые возможности для объединения в единую транспортную сеть северных морей и крупнейших рек Сибири.

4. Строительство современных портовых комплексов, создание современной системы транспортно-экспедиционного и логистического обслуживания в пунктах взаимодействия различных видов транспорта, прежде всего в крупнейших транспортных узлах – инвестиционные проекты, которые могут быть интересны бизнесу при наличии понятной в долгосрочной перспективе загрузке мощностей.

*О.С. Субботин (Краснодар, Россия),
Э.А. Петросян (Ереван, Республика Армения)*

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРЬЕРОВ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ

В статье анализируются основные принципы архитектурно-художественных решений интерьеров зданий гражданского назначения. Приведены архитектурные возможности применения подвесных потолков. Акцентируется внимание на современные материалы и изделия фирмы КНАУФ в конструкции подвесного потолка. Отмечаются различные средства архитектурной выразительности, такие как композиция, тектоника, масштаб, пропорции, ритм и т.д. Раскрывается отличительная черта современного интерьера, которая заключается в выборе стиля.

Ключевые слова: интерьер, решение, проектирование, материал, строительная конструкция, потолок, композиция, архитектура, сооружение, здание.

KEY ASPECTS OF DESIGN INTERIOR OF MODERN BUILDINGS

Summary

The article analyzes the basic principles of architectural solutions of interiors civil buildings. Results architectural possibilities of application of suspended ceilings. The attention is focused on advanced materials and products from Knauf in the ceiling design. There have been various means of architectural expression, such as composition, tectonics, scale, proportion, rhythm, etc. It reveals the distinctive feature of the modern interior which is the choice of style.

Keywords: interior, decision, design, material, construction design, ceiling, composition, architecture, construction, building.

Грамотное проектирование интерьера позволяет использовать даже незначительную площадь максимально эффективно, отделяя пространственные зоны и облегчая пользование предметами и мебелью. При этом профессионально реализуются тенденции интерьерной моды, инновационные материалы и технологии в контексте многогранного таланта архитекторов и дизайнеров в эксклюзивных проектах интерьеров разных направлений: классика, модерн, эклектика, хай-тек, арт-деко, поп-арт и многие другие. Множество стилей, когда-то популярных в прошлом, снова актуальны и современны, хотя и испытывают некоторые изменения. Создаются сдержанные или эффектные, но в тоже время практичные и удобные пространства для работы или отдыха.

Рассматривая современные требования к проектированию современных зданий, необходимо иметь четкое представление о термине «интерьер». Интерьер (фр.-*interieur*, лат.-*interior* – внутренний) – архитектурно и художественно оформленное внутреннее пространство здания или сооружения, доставляющее человеку эстетическое восприятие и благоприятные условия жизнедеятельности.

В основе дизайна современного интерьера лежит слияние практических и художественных идей и решений, направленных на улучшение условий существования человека в целостной эстетически совершенной форме.

Художественная сторона интерьера всегда соотносится с его назначением, функцией, с выразительными качествами материалов, логикой конструкций. Эстетическая ценность здания определяется выразительным решением его внешнего и внутреннего облика.

К основным, базовым, параметрам в объемном проектировании интерьеров следует отнести три основные составляющие:

- функциональная композиция, обеспечивающая функциональные требования;
- конструктивная композиция, целью которой является подбор соответствующих строительных конструкций и материалов;

- художественная композиция, сущность которой заключается в гармоничном сочетании объемно-пространственных элементов здания с целью придания ему требуемой идейно-художественной выразительности [1, с.187].

Одной из составляющих формирующий интерьер является так называемая строительная оболочка, т. е. пол, стены, потолок. Немаловажную роль играет также предметное наполнение – оборудование и мебель. При этом функциональные процессы, формирующие и пространство проектируемого интерьера, создают определенную чувственно-психологическую атмосферу.

Для более подробного представления о конструкции строительной оболочки в интерьере здания, рассмотрим один из ее центральных элементов – потолок, являющийся нижней поверхностью перекрытия здания (или его покрытия), ограничивающей помещение сверху. Потолок представляет собой также совокупность конструктивно-отделочных элементов, образующих дополнительное перекрытие, «подвешиваемое» к основному («подвесной потолок»).

Подвесные потолки не являются конструктивными (несущими) элементами здания. Они состоят из несущих конструкций, подвесов, соединительных элементов и облицовочного материала (рис. 1). Несущая конструкция подвесного потолка состоит из металлического или деревянного каркаса. Вместе с тем, устройство подвесных потолков позволяет исключить «мокрые» процессы в отделочных работах, улучшить качество отделываемых поверхностей и повысить производительность труда. Подвесы, применяемые в системах подвесных потолков, предназначены для закрепления (подвески) потолочных профилей (брусков) к несущим конструкциям перекрытия. Подвесы закрепляются на несущей конструкции перекрытия анкерными элементами (ж/б потолок) или винтами (по деревянным лагам). Соединители служат для скрепления основных (профили, которые крепятся посредством подвесов к несущему основанию) и несущих (профили, которые крепятся к основному и являются несущим основанием для обшивки) профилей в одном или разных уровнях [2, с.37].

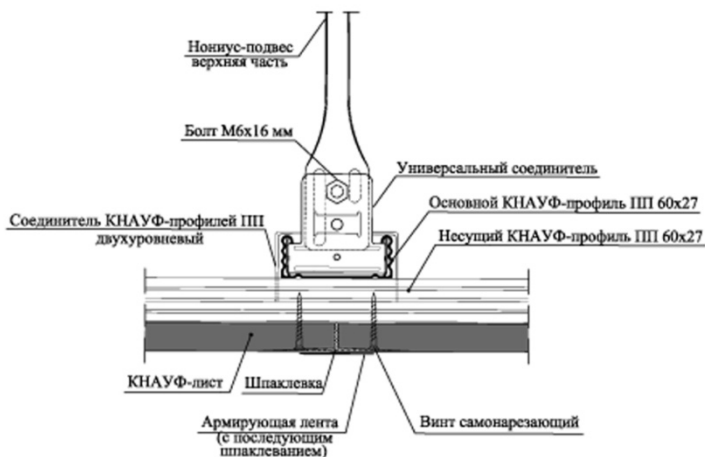


Рис. 1. Материалы и изделия КНАУФ в конструкции подвесного потолка

Вместе с тем, следует отметить, что современный интерьер характерен различными, внешне даже противоречивыми тенденциями: с одной стороны, стремлением максимально насытить пространство интерьера техническими устройствами, специальным оборудованием (системы кондиционирования, компьютерная техника и т. п.), с другой – «приближением» к природе, включением в интерьер естественно-природных компонентов (зелень, бассейны, фрагменты рельефа, прозрачные покрытия и стены, открывающие интерьер в природное окружение).

Наряду с этим единство архитектурного произведения интерьера достигается рядом композиционных и художественных средств. Отмечаются различные средства архитектурной выразительности, такие как композиция, архитектоника, масштаб, пропорции, ритм, пластика объемов, фактура и цвет материалов, синтез искусств и др.

Так, например, архитектоника представляет собой соразмерность художественного произведения, гармония строительной структуры и соотношение между главными архитектурными и конструктивными элементами. Архитектоника выявляет их органические связи, выражается во взаимном расположении частей сооружения, в ритмическом строе, пропорциях (греч. – *строительное искусство* = *archi* – *главный* и *tektonike* – *система конструкции*) [3, с.47]. Архитектурная форма отражает особенности ее конструктивной основы, а именно: параметры, геометрические и физические свойства, работу несущих элементов, соотношение несущего и несомого, организацию конструктивных материалов. Процессом архитектурного формообразования служит композиция, благодаря которой преобразуется в рамках определенных законов природы формообразования – построение композиции с учетом закономерностей формообразования, проявляющихся в природе [4, с.18].

В настоящее время, отличительная черта современности – свобода в выборе стиля. Не существует четкой моды, приветствуется все, что делает здание или сооружение уникальным и отражающим его индивидуальность. Вместе с тем, иногда интерьер в современном стиле в полной мере выражает нынешнюю жизненную философию – максимальная эффективность при минимальных ресурсах.

В качественном проектировании в области дизайна, поскольку отдельные его виды позволяют получать разные результаты, заинтересованы различные лица и организации. Если рассмотреть их специфику с этой позиции, то выяснится, что и здесь идет движение по линии усиления давления заказчика – от индивидуального потребителя, через отдельные организации, ведомства, отрасль – к заказчику, представляющему исполнительную власть. Это зависит, естественно, прежде всего от того, что средовые объекты – объекты комплексные, связанные с интересами больших коллективов, и их проектирование под силу мощным организациям, имеющим власть и возможности бюджетного финансирования [5, с.26].

Следовательно, современный интерьер – создание для каждого клиента определенного стиля, путем сложного творческого взаимодействия архитектора и заказчика в поисках новых направлений в дизайне, открывая для себя инновационные материалы и технологии, простые и сложные объемно-пространственные и цветовые решения.

При этом «применение инновационных технологий и материалов в архитектуре и строительстве является стратегическим направлением государственной политики. Одновременно необходимо повышать качество проектирования и строительства, основополагающим показателям которого является функциональная пригодность, эксплуатационные характеристики, устойчивость, экологичность, надежность и безопасность строительного объекта [6, с.34]».

Список литературы

1. *Субботин О.С.* Архитектурные возможности проектирования интерьеров с использованием подвесных потолков Escorphon // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4. – С. 187-190.
2. *Субботин О.С.* Инновационные материалы в памятниках архитектурного наследия Кубани // Жилищное строительство. – 2015. – № 11. – С. 35-40.
3. *Ивянская-Гессен И.С.* Русско-английский архитектурный словарь: около 13000 архитектурных терминов с ил. – М.: Астрель: АСТ, 2008. – 719 с.
4. *Субботин О. С., Бондаренко С.А.* Инновации в архитектуре и строительстве (на примере Краснодарского края). Учебное пособие –Москва: Изд-во РИФ «Стройматериалы» – 2016. – 80 с.
5. *Ефимов А.В.* Дизайн архитектурной среды: учеб. для вузов / Г.Б. Минервин, А.П. Ермолаев, В.Т. Шимко, А.В. Ефимов, Н.И. Щепетков, А.А. Гаврилина, Н.К. Кудряшев. – М.: Архитектура-С, 2006. – 504 с.

6. Субботин О.С. Инновационные материалы и технологии в зданиях общественного назначения Сочи // Жилищное строительство. – 2016. – № 11. – С. 29-34.

Боровских А.И., Глазырина К.А. (Новосибирск, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ

Увеличивающиеся темпы роста капитального и жилищного строительства требуют постоянного наращивания выпуска, разработки и применения материалов, характеризующихся высокими физико-механическими свойствами и низкой стоимостью. Создание новых дешевых облицовочных материалов способствует существенному снижению стоимости капитального строительства, а также затрат, выделяемых на косметический ремонт зданий и сооружений. Керамические плитки характеризуется высокими эксплуатационными и гигиеническими свойствами, отвечают любым декоративным и архитектурным требованиям.

Выпуск российских плиток в настоящее время не велик, но потребность на рынке в них огромна. Наибольший объем керамической плитки производится в Центральном федеральном округе (47,8 %), в Южном федеральном округе (17,6 %) и в Приволжском федеральном округе (12,2 %). Наименьший объем приходится на Северокавказский и Сибирский федеральный округа (менее 0,1 %) [1].

Согласно ГОСТ [2], для производства керамических плиток, пригодны глины огнеупорные, тугоплавкие, реже легкоплавкие, средне- или умеренно-пластичные. Однако, в последние годы стало наиболее выгодно применение легкоплавких глин, поскольку они широко распространены и могут использоваться как местное сырье. Как правило, такие глины залегают неглубоко, их добыча обходится сравнительно недорого.

Целью работы является изучение возможности замены привозной глинистой породы на местное глинистое сырье.

В работе исследовались суглинки Каменского и Верх-Тулинского месторождений. Оба суглинка относятся к легкоплавким. Известно, что при производстве плиток применяются легкоплавкие глины, обладающие следующими свойствами [3]:

- суммарное содержание крупнозернистых включений в них не должно превышать 1%;
- число пластичности не менее 7;
- должны спекаться при низких температурах и в достаточно широком интервале и давать после обжига равномерно окрашенный черепок.

Суглинки исследуемых месторождений соответствуют выше перечисленным требованиям (табл. 1). Экспериментально установлено, что крупно-зернистые включения в них отсутствуют. Число пластичности превышает 7 и равно 12. По зерновому составу Каменский суглинок можно отнести к грубодисперсным, а Верх-Тулинский суглинок – к тонкодисперсному. В составе каждого имеются растворимые карбонатные примеси.

В качестве местного тугоплавкого сырья использовалась глина Обского месторождения, которая относится к тонкодисперсным. В ее составе также присутствуют растворимые карбонатные примеси. В тугоплавких глинах основным минералом является каолинит, поэтому добавление в шихту 15-30 % таких глин позволяет уменьшить время сушки на 20-40 %, что в ряде случаев существенно повышает производительность технологической линии и уменьшить выход брака.

Таблица 1

Макроскопическое описание сырья

Суглинок	Цвет	Структура, текстура, запеченность	Наличие известняка и его распределение (проба 10 % HCl)	Содержание других примесей
Верх-Тулинское месторождение	Коричнево-бурый	Тонкодисперсная	+++	-
Каменское месторождение	Бурый	Грубодисперсная	+++	-
Обское месторождение	Светло-серый	Тонкодисперсная	+++	-

Химический и гранулометрический составы глинистого сырья представлены в таблице 2.

Таблица 2

Химический, гранулометрический составы

Месторождение	Содержание оксидов, масс. %							Содержание частиц, %			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	П.п.п.	Песчаных	Пылеватых	Глинистых	Число пластичности
Каменское	64,6	14,36	4,52	5,51	1,36	3,76	6,69	2,35	73,5	23,7	11,7
Верх-Тулинское	67,5	13,2	6,22	3,98	2,11	-	6,99	50	36,4	13,6	11,4
Обское	53,9	27,9	1,09	2,2	0,99	-	9,2	41	55,6	3,41	5,3

Для снижения температуры, расширения интервала спекания, образования стекловидной и кристаллической фазы в состав шихт вводили плавни: стекольный бой и волластонит. Введение в состав шихты волластонита значительно снижает усадку изделий при их сушке, предотвращает появление трещин и других дефектов. Частичная замена шихты стеклобоем позволяет сократить расход сырьевых материалов, снижает температуру силикато- и стеклообразования в расплаве [4].

Из высушенного и молотого сырья до полного прохождения через сито 0,063 готовились шихты для формования (табл. 3).

Таблица 3

Составы керамических шихт

№ состава	Основное глинистое сырье, %	Дополнительная глинистая порода, %	Вид и % добавок	
1.	Верх-Тулинское, 70	Привозная, 30	Нет добавок	0
2.	Верх-Тулинское, 70	Привозная, 30	Волластонит	10
3.	Верх-Тулинское, 70	Привозная, 30	Волластонит Молотое стекло	10 15
4.	Каменское, 70	Обская, 30	Нет добавок	0
5.	Каменское, 70	Обская, 30	Волластонит	10
6.	Каменское, 70	Обская, 30	Волластонит Молотое стекло	10 15
7.	Верх-Тулинское, 70	Обская, 30	Нет добавок	0
8.	Верх-Тулинское, 70	Обская, 30	Волластонит	10
9.	Верх-Тулинское, 70	Обская, 30	Волластонит Молотое стекло	10 15

Таблица 7

Результаты испытаний образцов

Состав	Прочность, МПа	Водопоглощение по массе, %	Начальная адсорбция воды, кг/м ² мин.	Прочн. нас. водой, МПа	Коф. размягч.	ККК
1	41.3	15.8	2.74	37.67	0.91	19.8
2	39.2	15.7	2.77	36.51	0.94	19.2
3	36.6	14.7	2.90	37.0	1.00	19.1
4	30.6	14.8	2.46	31.3	0.99	16.0
5	35.6	14.0	2.71	28.4	0.79	14.34
6	35.0	13.7	2.95	26.8	0.76	15.6
7	37.4	15.8	2.68	36.9	0.99	20.9
8	38.6	16.6	2.85	33.4	0.87	20.98
9	38.7	16.6	3.10	29.3	0.76	21.5

Каждая шихта затворялась водой из расчета 14 % влажности. Для равномерного распределения влаги по всему объему материала каждую шихту пропускали через сито 1,25 мм. На образец-цилиндр готовилась навеска по 70 г. Формование образцов осуществляли на прессе гидравлическом при двухступенчатом давлении 750/1500 кгс. Далее образцы- цилиндры высушивались в сушильном шкафу при 105 °С, а затем обжигались в течении 6 часов при часовой выдержке при максимальной температуре 1000 °С. Результаты испытаний полученных образцов приведены в таблице 4.

Выводы:

1. При использовании в качестве добавки к суглинку Верх-Тулинского месторождения привозной глинистой породы обеспечивается получение изделий марки 250, при замене добавки на местное сырье обеспечивается марка 200, при близких показателях всех других свойств. Введение волластонита и молотого стекла приводит к уменьшению прочности и незначительному снижению водопоглощения.

2. Введение добавки местной глинистой породы в Каменский суглинок обеспечивает получение изделий марки 175, но при более низком водопоглощении. Использование волластонита повышает марку изделий до 200 и снижает водопоглощение.

Литература:

1. Новости строительства и керамики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ceramicnews.net>.

2. ГОСТ 9169-75 «Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация». – М.: ИПК Издательство стандартов, 2016. – 5 с.

3. Кучерова, Э.А. Проектирование предприятий по производству керамических плиток: учебное пособие / Э.А. Кучерова, Л.Н. Тацки.– Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2008.– 148 с.

4. Павлушкина Т. К. Использование стекольного боя в производстве строительных материалов / Павлушкина Т.К., канд. техн. наук; Кисilenко Н.Г., канд. техн. наук. ОАО «Институт стекла», - РФ. Москва

УДК 692.92

Шахов С.А., Липин В.В. (Новосибирск, Россия)

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ

Долговечность навесных конструкций во многом связано с износом узлов крепления. Увеличить надежность анкерных креплений возможно с помощью комплексного подхода к усилению системы крепления навесных фасадов.

Ключевые слова: навесной фасад, долговечность анкерных элементов, усиление основания.

The durability of the wall structures is largely due to wear of the attachment. To increase the reliability of anchoring is possible with a comprehensive approach to strengthen the system of fastening of curtain walls.

Key words: *suspended facade, durability of anchor elements, the strengthening of the basis.*

Одной из проблем, возникающих в процессе эксплуатации вентилируемых фасадов, является снижение со временем качества и надежности фасадных систем. Это проявляется не только в ухудшении теплотехнических свойств наружных стен, но и в снижении прочности крепления конструкции каркаса под воздействием пульсирующей ветровой нагрузки, что напрямую связано с безопасностью [1,2].

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.

Основным крепежным элементом, применяемым при устройстве фасадов, является дюбель. Современный дюбель представляет собой полую гильзу с анкерующей (распорной) частью. Как правило, дюбели устанавливаются в предварительно сделанное отверстие в стене. Закрепление (расклинивание) дюбеля происходит в процессе введения в него (забивания или ввинчивания) металлического или усиленного полимерного распорного элемента (в виде шурупа, специального гвоздя, и т.п.). Фасадные дюбели сразу комплектуются необходимыми распорными элементами, т.е. представляют собой совместную систему гильзы и гвозде- или шурупообразного элемента.

Проблемой выбора крепежного соединения занимаются на стадии проектирования, но, к сожалению, не всегда принятый вариант эффективен [3]. Отсутствие до сих пор четкой нормативной базы для определения усилия вырыва анкера от действия ветрового «отсоса» и характеристики циклов «растяжения-сжатия» для определения усталости материалов в узлах крепления фасадов к каркасу здания приводит к тому, что сегодня проектировщики назначают прочность и долговечность узлов крепления навесных фасадов, не имея полных исходных данных.

Основными характеристиками любого крепежного элемента являются: максимально допустимая нагрузка, коррозионная стойкость, морозостойкость, пожарная стойкость, и др. К числу важных проблем анкерного крепления следует отнести проблему обеспечения коррозионной стойкости металлических элементов анкеров. Неспособность анкера сопротивляться долго-

временному воздействию агрессивных сред может привести к существенному снижению его прочностных характеристик и стать причиной аварийного состояния фасадной или другой строительной системы в здании. В связи с этим следует отметить, что для крепления изделий у нас используются самые разнообразные материалы: оцинкованная сталь, алюминиевые сплавы и нержавеющая сталь. Причем используют их в одном крепежном узле. Такой вариант соединений в атмосферных условиях города может продержаться не более 10 лет. Между тем ни в одном техническом документе по анкерному крепежу не указывается такая характеристика, как коррозионная стойкость, а ведь от нее зависит долговечность конструкций и их безопасность.

Важнейшим фактором, влияющим на правильный выбор крепежных элементов, является тип и качество строительного материала, в который они устанавливаются: бетон, материалы с плотной структурой (полнотелые кирпичи), пустотелые материалы с плотной структурой (пустотелые кирпичи и блоки), тонкостенные строительные плиты и др.. Вместе с тем в технических каталогах фирм-изготовителей анкерного крепежа указывается, например, величина несущей способности анкера при вырыве из кирпичной кладки без детализации этого значения в зависимости от марки кирпича и марки раствора. Это допустимо, поскольку применяемый за рубежом кирпич имеет марку не менее М 150. В России же в качестве материала заполнения используют кирпич марок М 50...М 150 при прочности раствора на сжатие от 25 кгс/см² и выше. В связи с этим и прочность анкера при вырыве изменяется в большом интервале значений. Еще более удручающей выглядит картина, когда в самонесущих стенах применяются блоки, изготовленные из ячеистого бетона классов В 0,5...В 2,5. Если раньше нормативы не разрешали применять в наружных стенах ячеистый бетон классом ниже В1,5, то в настоящее время очень часто используются пенобетонные блоки класса В0,5, что обусловило появление такой российской разновидности анкера, как «сквозная шпилька». Легкие бетоны – хороший теплоизоляционный материал, но крепление к таким стенам навесных фасадных систем недопустимо. Зарубежными специалистами в области производства анкерных систем вопрос применения их продукции для крепления фасадных конструкций к подобным стенам даже не рассматривается, поскольку оценить долговечность и эксплуатационную надежность крепежа не представляется возможным [4].

Поэтому наряду с правильным выбором способа анкеровки важное значение с точки зрения надежности узла крепления имеет усиление системы крепления навесных фасадов [4,5]. К числу методов усиления систем крепления относят:

1. Сквозную установку дюбеля с его закреплением с обратной стороны стены. Способ эффективен с точки зрения усиления анкерного крепления и продления долговечности вентфасада, но это также ведет к удорожанию строительно-монтажных работ, увеличиваются затраты на материалы, обяза-

тельна внутренняя заделка мест креплений. Кроме того, сквозное пробивание стены может привести к образованию мостиков холода.

2. Замену дюбелей на химические анкеры (анкеровка инъектированием). Данный способ довольно эффективен, но его стоимость довольно высока, в связи с чем химические анкеры для крепления вентилируемых фасадов применяются очень редко.

3. Усиление основания, к которому крепится фасадная система. Усилить основание можно различными укрепляющими пропитками – полимерцементными, эпоксидными, особенно материалами на основе фторсилкатов и силикатов щелочных материалов, они наиболее полно отвечают термину «упрочняющая пропитка». Пропитка необходима для защиты основания от воздействия химических веществ и иных агрессивных сред, обеспыливания поверхности и придания ей дополнительной прочности. Однако, как серьезное упрочнение обработка упрочняющими пропитками рассматриваться не может. Она лишь придаст некий запас прочности к собственной прочности поверхностного слоя, уплотнит его и дополнительно защитит поверхность. Анкерное соединение на таком основании прослужит дольше, но не на много.

4. Разгрузку основания является наиболее эффективным методом усиления навесной фасадной системы. Этот метод может быть реализован в двух вариантах:

а) Перенос части нагрузки со стен на несущие конструкции каркаса. Если у здания имеется железобетонный каркас, можно крепить усиленные анкеры и кронштейны к железобетонным ригелям каркаса так, чтобы нагрузка от веса фасадов приходилась именно на них. Тогда остальная часть анкеров, закрепленных в слабое основание (например, в газо- пено-блоки как в предыдущем примере), будет нагружена только ветровой нагрузкой, и «оседания» фасада от собственного веса происходить не будет.

б) Устройство самонесущей металлической обрешетки, которая может передавать нагрузки от вентфасада сразу на фундамент, а не на стену. Но это равносильно по стоимости устройству нового фасада, а не ремонту имеющегося, в связи с чем часто нецелесообразно.

Навесные вентилируемые фасады – это эстетичное решение наружной отделки здания, которое стало использоваться сравнительно недавно, но все чаще применяется в современном строительстве. На сегодняшний день очевидно, что эксплуатируемые навесные фасадные системы в процессе эксплуатации будут требовать ремонта, и их крепления необходимо будет усиливать по тем или иным причинам. Долговечность вентилируемых фасадов во многом зависит от надежности системы крепления. Практика показывает, срок службы крепежного соединения в разы уступает долговечности облицовочного материала. Одна из причин, по которой с течением времени смонтированная согласно проекту навесная фасадная система не может полноценно

выполнять свои функции, заключается в том, что стена становится непригодной для надежного крепления навесной конструкции. Верхний слой основания истощает свою несущую способность, иначе говоря, разрушается под воздействием статических нагрузок от веса навесных панелей. Разрушению также способствует попадающая в места креплений влага.

Обеспечение надежности их крепления вентилируемых фасадов возможно через применение комплексного подхода к усилению основания. Такой подход должен предусматривать тщательную подготовку на практике поверхности стены для крепления, позволяющую выявлять и исключать или усиливать слабые участки основания, разработку более эффективных укрепляющих составов, применение дюбелей и одновременно химических анкеров, там где они надежнее, и т. п. Применение комплексного подхода должно позволить оптимизировать соотношение цена-качество.

Литература

1. Гагарин В.Г. Теплофизические свойства современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Сб. тр. II Всерос. науч.-техн. конф. «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий» 10-11 дек. 2009. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. С. 33-45.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. М., 2011. 76 с.
3. Зубарев В.В. Навесные вентилируемые фасады: Современные крепежные технологии // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2003. № 10. С. 35-37.
4. Цыкановский Е.Ю., Гагарин В.Г., Грановский А.В., Павлова М.О. Проблемы при проектировании и строительстве вентилируемых фасадов. URL: <http://makonstroy.ru/forum/>.
5. Федяков Я.Н. Монтаж навесных вентилируемых фасадов: основополагающие принципы. URL: http://www.fasad-rus.ru/-article_532.html).

*Ларичкин В.В., Гусев К.П. (Новосибирск, Россия)
Арынгазин К.Ш., Садвакасов К.С. (Павлодар, Казахстан)*

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЁРДЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И МЕТАЛЛУРГИИ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация

Разработаны рецептуры, получены и испытаны лабораторные образцы строительных материалов и изделий (тротуарного и бордюрного камня, облицовочной плитки, гипсового декоративного камня, гиперпрессованного кирпича формы «Лего»)

с использованием до 30% золошлаковых отходов и бокситового шлама, отвечающие строительным нормам. Проведены натурные испытания тротуарного камня, показавшие отличное качество изделий в условиях резко континентального климата.

Annotation

Are developed formulas, are obtained and tested the laboratory models of building materials and articles (sidewalk and curbstone, facing plate, gypsum decorative stone, the hyper-pressed brick of the form "Of lego") with the use to 30% the ash-slag withdrawals and bauxite slime, that correspond to construction standards. Are carried out the full-scale tests of sidewalk stone, which showed the excellent quality of articles under the conditions of sharply continental climate.

Ключевые слова

Инновационные технологии, золошлаковые отходы, шламы глиноземного производства, переработка отходов, строительные материалы и изделия

Keywords

Innovation technologies, ash-slag withdrawals, the slimes of aluminum production, processing by-products, building materials and the article

Как известно, химический состав и характеристики золошлаковых отходов на разных угольных электростанциях отличаются друг от друга [1, 2]. Это зависит от месторождения угля, способа подготовки топлива к сжиганию, технологии сжигания, системы очистки дымовых газов от золы и способа транспортировки золы в золоотвалы.

В то же время, дисперсность золошлаковых отходов, компактность их расположения и некоторые уникальные свойства, прежде всего, связанные с термообработкой позволяют повысить их экономическую привлекательность для производства различных строительных материалов. В работе было разработано несколько технологий переработки золошлаковых отходов тепловых электростанций в практически полезные материалы и изделия.

Наиболее приемлемой для практического применения является система зола-унос сухого отбора, поскольку она всегда классифицирована в соответствии с полями электрофильтров по фракционному составу. Такая зола может храниться в силосах в сухом виде и применяться в производстве без дополнительной подготовки.

В экономически развитых странах (Германия, Англия, США и др.) практически все золошлаковые отходы переведены в категорию золошлаковых материалов и поэтому широко используются в строительстве. По нашему мнению основными причинами, определяющими низкий уровень использования золошлаковых отходов в России и Казахстане, являются:

- отсутствие экономической заинтересованности тепловых электростанций в стандартизированной подготовке золошлаковых материалов для реализации их на сырьевом рынке – это не их профиль;
- отсутствие адаптации разработанных учеными перспективных технологий переработки золошлаковых отходов к крупнотоннажному производству материалов и изделий на их основе;

– отсутствие законодательной и нормативно-правовой базы, достаточной для экономического стимулирования увеличения использования золошлаковых отходов (материалов).

В настоящее время нами разработаны рецептуры изготовления тяжёлых бетонов с использованием ЗШО различных ТЭЦ Сибирского региона и Павлодарской области. За основу брался состав бетонной смеси в соответствии с маркой по прочности В-30. Была изготовлена опытная партия различных видов строительных изделий: тротуарного и бордюрного камня, облицовочной плитки, гипсового декоративного камня. На рис. 1 показаны некоторые опытные образцы этих изделий, а на рис. 2 реальный тротуар площадью 12 м² из золоплитки, с содержанием среднекальциевой золы Томской ГРЭС-2 до 30 %, выложенный перед Инновационным центром НГТУ в октябре 2012 г.

Проведённый осенью 2016 года осмотр состояния тротуара показал, что трещин, сколов и истирания в течение четырех лет эксплуатации практически не наблюдается, что указывает на высокие эксплуатационные характеристики строительных изделий из золматериалов.



Рис. 1 – Образцы строительных изделий с использованием ЗШО



Рис. 2 - Тротуар из золоплитки

Наряду с этим были проведены экспериментальные исследования использования отвалных спекательных шламов АО Алуминий Казахстана для изготовления различных строительных материалов [3, 4]. В частности, было установлено, что подсушенный шлам может использоваться

- в качестве компонента для приготовления асфальтобетонных смесей;
- в качестве вяжущего вещества в производстве автоклавных силикатных строительных материалов;
- для дорожного строительства.

Результаты испытаний бокситового шлама на морозостойкость показывают, что шлам с 25 и 30 % ($R_{сж}$ от 17,6 до 21,8 МПа) шламового вяжущего выдерживает 200 циклов замораживания - оттаивания, снижение прочности

по сравнению с прочностью контрольных образцов, твердеющих 90 суток в нормальных условиях, составляет 9,1 и 6,9 %, соответственно, что удовлетворяет требованию ГОСТа 10060.1-95. Данный бетон может быть использован согласно СНиП РК 3.03.09-2003 для устройства однослойного или верхнего слоя двухслойного покрытия на автомобильных дорогах всех технических категорий, в III-V дорожно-климатических зонах.

В настоящее время, выведенное из эксплуатации шламохранилище № 1 АО Алуминий Казахстана, может рассматриваться как база для производства силикатного кирпича, автоклавного ячеистого бетона, при производстве гиперпрессованного кирпича формы "Лего". Технология изготовления гиперпрессованного кирпича формы "Лего", разработанная в ПГУ им. С. Торайгырова, включает кроме традиционного оборудования уникальный мини пресс, способный изготавливать 2 кирпича в минуту. Образцы получаемого строительного изделия показаны на рис. 3.



Рис. 3 – Образцы гиперпрессованного кирпича формы «Лего» с использованием спекательных шламов

С целью разработки и реализация инновационных решений в области переработки золошлаковых отходов (ЗШО) тепловых электростанций и отходов металлургии Павлодарской области, а также удовлетворения спроса на недорогие и качественные дорожные покрытия в РК и на сопредельных территориях, снижения экологической нагрузки от отходов угольных ТЭС, металлургических заводов, за счёт их вовлечения в хозяйственную деятельность, необходимо решить следующие задачи:

- разработать систему сухого золошлакоудаления на угольных электростанциях Павлодарской области и технологию фракционирования ЗШО для последующего эффективного использования в производстве строительных материалов;

- регулярно вести анализ химического и гранулометрического состава ЗШО угольных электростанций Павлодарской области, бокситового шлама АО «Алюминий Казахстана»;

- разработать технологический регламент изготовления на основе ЗШО и бокситового шлама различных строительных изделий;

- изготовить и испытать полученные образцы строительных материалов и изделий по методикам ГОСТ, провести сравнение с требованиями стандартов;

- провести НИОКР и создать опытно-промышленное производство строительных материалов с высокими техническими характеристиками и низкой себестоимостью на основе вышеперечисленных отходов;

- разработать информационные системы сопровождения технологии производства (базу данных твердых ЗШО тепловых электростанций и металлургических отходов Павлодарской области и затрат на их сопровождение, методику автоматизированного расчета оптимальных параметров работы технологической линии по производству строительных материалов и изделий);

При решении этих задач ожидаемый социальный эффект будет обусловлен:

- созданием новых рабочих мест в индустрии производства строительных материалов и изделий из них;

- улучшением экологической обстановки региона Павлодарской области за счет сокращения площадей золоотвалов и шламохранилищ (ориентировочно на 15-30 %);

- улучшением качества жизни населения вследствие введения в эксплуатацию новых ранее не используемых строительных материалов, с высокими эксплуатационными характеристиками и низкой стоимостью.

Ожидаемый экономический эффект будет обусловлен, тем, что твёрдые техногенные отходы предприятий теплоэнергетики Павлодарской области являются огромным дешёвым ранее неиспользуемым источником сырья для строительной индустрии. Их вовлечение в народнохозяйственный оборот позволит снизить себестоимость строительных материалов и изделий из них примерно на 15-30%, прогнозируется также значительное снижение затрат на хранение в золоотвалах (до 30%) ЗШО и металлургических отходов.

Ожидаемый научный эффект будет связан с получением новых знаний в строительном материаловедении, при изучении физико-механических и химико-минералогических свойств строительных смесей с использованием твердых техногенных отходов.

Основными потребителями производимой продукции предполагаются крупные и мелкие предприятия строительной отрасли. В основном, это фирмы и предприятия, занимающиеся продажей строительных и декоративно-отделочных материалов, а также дачные кооперативы и частные лица.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективные технологии удаления, складирования и использования золошлаков ТЭС / Б.Л. Вишня, В.М. Уфимцев, Ф.Л. Капустин. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2006. – 156 с.
2. Овчаренко Г.И. Газобетоны на основе высококальциевых зол ТЭЦ / Г.И. Овчаренко, Ю.В. Щукина, К.П. Черных // Алт. Гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 233 с.
3. Комплексная переработка бокситов / А.И. Иванов, Г.Н. Кожевников, Ф.Г. Ситдилов, Л.П. Иванова / Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 180 с.
4. Лихолобов Е.Ю. Переработка шламов глиноземного производства АО «АК» / Е.Ю. Лихолобов, П.О. Быков // Наука и техника Казахстана. - №2. – 2010. - С. 38-42.

*А.А. Денисова, Ю.К. Непочатов,
П.М. Плетнев, И.Б. Красный
(г. Новосибирск, Россия)*

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ШЛИКЕРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЛЮМОНИТРИДНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ НА ОСНОВУ

Нитрид алюминия (AlN) обладает целым комплексом ценных свойств, которые могут быть востребованы в различных отраслях науки и техники. Керамика на основе AlN характеризуется высокими диэлектрическими свойствами и теплопроводностью. Теплопроводность AlN на порядок превышает теплопроводность алюмооксидных материалов. Применение изделий из нитрида алюминия целесообразно в особо термонагруженных конструкциях СВЧ-транзисторов, светодиодах и в силовой электронике. AlN применяется в полупроводниковых приборах (ПП), так как он не реагирует с обычными химикатами и газами, которые присутствуют при эксплуатации ПП в промышленности. Из керамики на основе AlN изготавливают керамические подложки и корпуса.

При изготовлении алюмонитридных изделий используют различные способы формования, а именно: осевое двухстороннее прессование, осевое двухстороннее прессование с использованием ультразвука, горячее прессование, коллекторное прессование, инжекционное формование, прессование-спекание с использованием спарк-плазмы (SPS), литье термопластичных шликеров и литье на основу. Производство тонких теплопроводящих пластин из алюмонитридной керамики, применяемых в полупроводниковых приборах, возможно только методом литья на основу. Технология пленочного литья дает возможность изготовления подложек толщиной 100 мкм, обеспечи-

вает изготовление многослойных корпусов на основе нитрида алюминия и дает возможность группового изготовления подложек картами 165x165 мм. Групповой метод позволяет проводить автоматизированный контроль основных параметров и отбраковку.

При использовании данного метода необходимо разработать состав шликера. Существует 2 вида шликера: водный и органический. Так как нитрид алюминия (AlN) взаимодействует с водой и окисляется (снижается теплопроводность), необходимо разработать шликер с органической связкой для получения изделий с высокой теплопроводностью. Использование шликера на органической основе позволяет получить более устойчивую суспензию и пластичную ленту после сушки.

Связка служит для получения сырой керамической ленты. Связка образует некую сетку, которая соединяет всю химическую систему вместе на время всего технологического процесса. Также можно сказать, что сырая керамическая лента — это полимерная матрица с большим количеством керамического порошка. Связка придает керамической ленте гибкость, прочность, пластичность, гладкость, твердость. Количество связующего компонента должно находиться в определенных пределах, поскольку это влияет на качество керамики (наличие пор, прессуемость, температурная кривая удаления связки, геометрические размеры изделия). Выбор связующего компонента зависит от состава шликера (растворитель, керамический материал), температурного графика (режима) выгорания, размера исходных частиц порошка. Рассмотрим органические связующие: поливинилбутираль (ПВБ), поливиниловый спирт (ПВС) и поливинилацетат (ПВА).

Таблица 1. Поливинилбутираль ПВБ

Показатели	Значения показателей	Химическая формула
Степень полимер	500 – 1600	$\left[\begin{array}{c} \text{—CH—CH}_2\text{—CH—CH}_2\text{—} \\ \\ \text{O—CH—O} \\ \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array} \right]_n$
Плотность, кг/м ³	1100	
Растворим	В спиртах, кетонах, слож. эфирах, хлор. углеводородах, этанола с бензолом.	
Не растворим	В бензине, диэтиловом эфире.	

Таблица 2. Поливиниловый спирт ПВС

Показатели	Значения показателей	Химическая формула
Степень полимер	500 – 5000	$\left[\begin{array}{c} -\text{C}_2\text{H}-\text{CH}- \\ \\ \text{OH} \end{array} \right]_n$
Плотность, кг/м ³	1270 – 1300	
Растворим	В воде	
Не растворим	В органических растворителях	

Таблица 3. Поливинилацетат ПВА

Показатели	Значения показателей	Химическая формула
Степень полимер	1800 – 2000	$\left[\begin{array}{c} -\text{C}_2\text{H}-\text{CH}- \\ \\ \text{OOCCH}_3 \end{array} \right]_n$
Плотность, кг/м ³	1100 – 1200	
Растворим	В уксусной кислоте, ацетоне, метаноле, этилацетате, бензоле, метилен-хлориде	
Не растворим	В бензине, минеральных маслах	

В результате экспериментальных исследований было выявлено, что наиболее оптимальным является использование поливинилбутираля (ПВБ), так как для его удаления требуется плавный режим обжига. Приготовление шликера происходит по следующей технологической схеме (рис. 1).



Рисунок 1 Технологическая схема приготовления шликера

Шликер загружают в приемный бункер для шликера. В течение 30 минут прогревают машину для установления заданных температур согласно температурному режиму на участках сушки в первой и второй зоне. Выставляют необходимую толщину будущей керамической ленты, с помощью микровинтов и микрометров. После чего запускают транспортную ленту, выставляют скорость движения ленты согласно заданному режиму. Затем отрывают кран и подают шликер в литьевую коробку. Захваченный транспортной лентой шликер вытягивается в керамическую ленту и продвигается от первой зоны сушки к второй, затем попадает в третью более нагретую зону. Литьё шликера производится на лабораторной линии литья КЕКО (рис. 2).



Рисунок 2 Линия литья керамической ленты КЕКО.

После прохождения через все зоны сушки керамическая лента наматывается вместе с транспортной лентой на бобину лентоприемника. Бобина с керамической лентой направляется на стадию нарезки для получения заготовок заданных размеров с учетом последующей усадки в процессе спекания. Резка осуществляется с помощью резака гильотинного типа на столике, снабженном механизмом перемещения ленты и измерительной шкалой. Нарезанные заготовки подложек передают на удаления органической связки – медленное и мягкое удаление связующего из материала, без деформации изделий при 500°C . Полученные образцы спекают при 1790°C в среде азота с выдержкой 8ч. На спеченных образцах исследуют теплопроводность методом лазерной вспышки, которая составляет – $180 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{K}$.

Заключение.

В результате экспериментальных исследований было выявлено, что органическая связка поливинилбутирала (ПВБ) является наиболее оптимальной для приготовления шликера на основе нитрида алюминия, так как полное удаление связки происходит при 500°C , что помогает избежать окисления подложек и достигнуть высокую.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРОВЕЛЬНЫХ И ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИБИРИ

Современные однослойные полимерные гидроизоляционные материалы стали широко применяться за рубежом в середине 60-х годов прошлого века, прежде всего, для гидроизоляции крыш. Данные материалы в практике зарубежного, а теперь и отечественного строительства получили название «кровельные гидроизоляционные мембраны». Их доля в общем объеме европейского рынка кровельных гидроизоляционных материалов постоянно увеличивается и составляет сегодня более 30 %/ Технологии производства полимерных мембран и порядок устройства кровли постоянно развиваются, появляются новые материалы и конструктивные решения. Опыт применения, простота и технологичность монтажа, а также долговечность и разумная стоимость являются важнейшими преимуществами данного вида кровельных материалов, поэтому они в последние годы интенсивно распространяются в России и в Сибири. В статье приведены положительные и отрицательные примеры использования кровельных полимерных мембран из пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-П) и других материалов. Первые попытки внедрения были осуществлены при содействии зарубежных производителей и технологов, а в последние годы отлажено отечественное производство таких материалов на предприятиях России. Большинство западных производителей полимерных материалов выпускают несколько типов мембран, свойства которых зависят от климатических особенностей региона, где они применяются. Например, в Испании или во Франции, в странах с теплым климатом, полимерные материалы должны обладать повышенной стойкостью к воздействию высоких температур и УФ-излучению, а в скандинавских странах, где нет столь интенсивного воздействия солнца, наоборот, повышенной морозостойкостью.

Полимерные кровельные мембраны при применении в России должны выдерживать экстремально низкие температуры в зимний период (причем не только в районах Сибири и Крайнего Севера, но и в центральной и даже южной ее части). Наглядным примером послужила зима 2005–2006 гг., когда температура в большинстве регионов страны опускалась на длительное время до отметки ниже –30 °С. Даже на юге Рос

Сейчас уже накоплен определенный опыт устройства кровли и гидроизоляции полимерных мембран отечественными строителями, что позволило обобщить его и выработать определенные рекомендации по технологии производства работ, подбору оптимального оборудования, решению сложных

вопросов в обеспечении качества. Устройство мембранных кровель на больших площадях позволило дать технико-экономическую оценку данной технологии и материалам, выпускаемым в нашей стране. Кроме того, намечены пути повышения технологичности и стойкости полимерных мембранных материалов в сибирских условиях эксплуатации крыш. Важным направлением обеспечения качества устройства кровли является соблюдение всех технологических операций и строгая последовательность выполнения подготовительных работ. Все это способствует тому, что сибирские заказчики и подрядчики обращают внимание на преимущественные особенности однослойных полимерных мембран из ПВХ-П при замене традиционных материалов кровельными полимерными мембранами. Выявились явные преимущества по сравнению с традиционными битумно-полимерными материалами.

Возможность производить кровельные и гидроизоляционные работы круглогодично, даже при отрицательных температурах; обладание полимерных материалов высокими противопожарными характеристиками, что создает возможность их использования на негорючей основе без дополнительных противопожарных рассечек на кровле; производство работ по сварке полотнищ полимерных мембран между собой потоком горячего воздуха с применением специальных автоматических сварочных аппаратов, что исключает использование открытого пламени при монтаже гидроизоляционного ковра; наличие высоких технических характеристик полимерных мембран: механической прочности и эластичности в широком диапазоне температуры (от -35°C до $+110^{\circ}\text{C}$), устойчивость к химическим, механическим и термическим воздействиям с сохранением характеристик после многочисленных циклов «замораживание-оттаивание»; возможность достижения большой площади рулонов без стыков, что ускоряет процесс монтажа и снижает дефектность кровли; высокая ремонтпригодность при возникновении механических повреждений и гарантированный длительный срок эксплуатации (до 50 лет). На фотографиях приведены положительные примеры длительной эксплуатации и некоторые отрицательные моменты, полученные в результате нарушения технологии устройства мембранных крыш или при неправильной технической эксплуатации.





Рис.1. Примеры качественного выполнения мембранной кровли



Рис.2. Примеры некачественно выполненных кровельных работ

УДК 691.544

Пономарев И.В. (Саратов, Россия)

СОВРЕМЕННЫЕ ДОБАВКИ РЕГУЛИРУЮЩИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ

Аннотация. В данной статье представлен обзор применяющихся на данный момент добавок для регулирования реологических свойств тампонажных растворов используемых для герметизации заколонного пространства при строительстве и ремонте скважин для добычи нефти и газа.

Ключевые слова: тампонажный раствор, тампонажный камень, заколонное пространство, герметизация скважины, реологические свойства.

MODERN CONTROL ADDITIVES RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CEMENT SLURRIES

Ponomarev Ilya Vitalevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Saratov state technical University named after Y. A. Gagarin», Russia, Saratov, Undergraduate, e-mail: menov_men@mail.ru

Annotation. This article provides an overview of currently applied additives to regulate the rheological properties of cement slurry used to seal the annulus during the construction and repair of wells for oil and gas.

Key words: grouting mortars, stone backfill, annulus, sealing well, rheological properties.

Одной из важнейших задач при строительстве нефтяных и газовых скважин является обеспечение герметичности эксплуатируемых и попутных горно-геологических горизонтов.

Самым распространенным технологическим решением обеспечения герметичности попутных горно-геологических горизонтов на данный момент является методика спуска стальной колонны из обсадных труб и заполнение их заколонного пространства специальной технологической жидкостью – тампонажным раствором, обладающим свойством в течении определенного времени переходить в камневидное состояние – цементный камень. Для обеспечения надежной эксплуатации конструкции данная система должна обладать минимальной проницаемостью, максимально возможной прочностью и коррозионной стойкостью.

Успех герметизации заколонного пространства в процессе строительства скважин в большей степени зависит от физико-химических свойств, используемых тампонажных материалов, процессов происходящих при формировании камня в заколонном пространстве, условиям воздействия окружающей среды и насыщающих горно-геологический горизонт флюидов.

Сегодня при истощении скоплений флюидов неглубокого и средней глубины залегания (до 2000 метров) нефтяная и газовая промышленность ставит более сложные задачи, такие как извлечение углеводородного сырья из более глубоких пластов залегания, сокращение издержек на разведку, бурение и последующую эксплуатацию промыслов, а как следствие ведется строительство более производительных скважин с глубоким забоем, применяются технологии кустового бурения с обсадными колоннами пробуренными наклонно-направленным и горизонтальным бурением, что не может не влиять на требования, предъявляемые к тампонажным растворам как материалы обеспечивающие герметичность конструкции в целом.

При цементировании скважин со сложными горно-геологическими условиями особое внимание уделяется пониманию процессов структурообра-

зования цементного камня – динамические изменения вязкости, пластичности, упругости и прочности тампонажного раствора в условиях заполнения заколонного пространства скважины – реологические свойства тампонажного раствора. От реологических свойств зависят: показатели гидравлических сопротивлений при технологической прокачке тампонажного раствора, показатель полноты замещения бурового раствора тампонажным, учитываются риски появления осложнений в процессе цементирования конструкции.

Регулирование реологических свойств тампонажных растворов (увеличение, уменьшение вязкости раствора и изменение предельного напряжения сдвига) выполняется за счет введения в состав разнообразных реагентов оказывающих влияние на физико-химические свойства тампонажного раствора.

По своему химическому строению и свойствам реагенты – пластификаторы можно разделить на группы.

1. Неорганические реагенты: бораты и фосфаты (борная кислота, бура, гексаметофосфат натрия, пирофосфаты натрия и калия, ортофосфорная кислота и др.), электролиты (хлористый натрий, калий, кальций и др.).
2. Аминоспирты и фенолы (триэтаноламин, гидрохинон и др.).
3. Окси-, аминокарбоновые кислоты и их соли (лимонная, виннокаменная, глюконовая, галловая, натрий-калий виннокислый и др.).
4. Сахара (сахароза, глюкоза, галактоза и др.).
5. Производные полисахаридов (крахмал, модифицированный крахмал, эфиры целлюлозы).
6. Производные лигнина: активированные гидролизные лигнины (нитролигнин, хлорлигнин, лиоксид и др.), лигносульфонаты (лигносульфонат кальция, феррохромлигносульфонат, сульфитспиртовая барда).
7. Природные таниновые породы и синтанты (каштановый экстракт, пековый реагент, экстракт отходов чая, дубовый экстракт).
8. Гуматы (углещелочный реагент, торфощелочный реагент, окисленный гуматный реагент).
9. Поверхностно-активные мылообразные вещества (сульфонол, дисольван, эфиры полиэтиленгликоля и алкилфенолов).
10. Продукты на основе виниловых и акриловых полимеров (гипан, поливинилсульфонаты, гидролизированный полиакриламид и др.).
11. Прочие добавки органического происхождения (кремний органические жидкости, фурфурол и др.).

Особенностью выше перечисленных добавок является присутствие в составе молекул ионогенных групп (карбоксилов, фенольных гидроксидов и др.) и структурных единиц, склонных к комплексообразованию (аминовых, карбонильных и др.) Основным признаком, отвечающим за способность реагента к уменьшению вязкости и напряжения сдвига структурированного тампонажного раствора, является вид взаимодействия и тип связи молекул с ак-

тивными центрами частиц исходного вяжущего вещества и продуктов гидратации, т.е. с атомами алюминия, кальция, кремния и железа.

При условии применения регуляторов реологических свойств нужно учитывать, что большинство из них влияют на процессы гидратационного твердения в сторону их ускорения или замедления. Большинство из них являются понизителями водоотдачи. Так же некоторые регуляторы способны вызывать значительное пенообразование в процессе приготовления раствора, поэтому при их приготовлении необходимо применять пеногасители.

Как регуляторы реологических свойств так же применяют не только химические реагенты, но и разнообразные наполнители – глину, песок, трепел и т.п. Наиболее широкое распространение в применении с химическими реагентами получила бентонитовая глина. Оптимальные пропорциональные соотношения вяжущего вещества, наполнителя и химических реагентов подбирают экспериментальным путем.

Ниже приведены характеристики наиболее часто применяемых при строительстве скважин реагентов-регуляторов реологических свойств тампонажного раствора.

ГЕКСАМЕТАФОСФАТ НАТРИЯ (NaPO_3) – получают методом выпаривания раствора моносодийфосфата с дальнейшим плавлением. Производится в виде порошка белого цвета. Поставляется в мешках. Используется в качестве понизителя вязкости и предельного напряжения сдвига. Замедляет схватывание и твердение тампонажных растворов. Используется в скважинах, где температура среды забоя не превышает 75°C , так как при $80-100^\circ\text{C}$ теряет свои активные свойства. При хранении не допускаются условия увлажнения.

ЖИДКОЕ СТЕКЛО (СИЛИКАТ НАТРИЯ ИЛИ КАЛИЯ) – производят в виде вязкой жидкости от светло-желтого до желто-коричневого цвета. Плотность - $1300-1800 \text{ кг/м}^3$. Применяют в качестве ускорителя схватывания и твердения тампонажных растворов. При введении в состав раствора 3-5 % жидкого стекла значительно повышает вязкость и предельное напряжение сдвига. Достаточно сильно повышает водородный показатель pH раствора (до 12 и более). Отгружается в бочках и цистернах. Хранить необходимо в закрытых емкостях, так как открытому воздуху разлагается.

КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ ГКЖ-10 и ГКЖ-11 – водно-спиртовые растворы этилсиликоната (ГКЖ- 10) или метилсиликоната (ГКЖ-11) натрия с содержанием основного вещества $30 \pm 5 \%$. Отгружаются в металлической таре, в которой необходимо их хранить в температурном диапазоне от 0 до 30°C , срок хранения не должен превышать 6 месяцев. Применяются как пластификаторы тампонажных растворов, способствуют ускорению их твердения и схватывания. Так же способствуют увеличению прочности и плотности цементного камня.

ОКЗИЛ – продукт окисления в кислой среде сульфит-спиртовой барды хромпиком. Является побочным продуктом в целлюлозно-бумажной про-

мышленности, отгружается в виде сыпучего однородного порошка зеленовато-коричневого цвета (бумажные мешки), так же может отгружаться в виде темно-коричневой жидкости с плотностью 1200-1300 кг/м³ (металлическая тара). Эффективен при уменьшении вязкости и предельного напряжения сдвига тампонажного раствора, обладает свойством резко снижать водоотдачу раствора. Для получения необходимого эффекта от применения реагента необходимо условием его применения является щелочная среда с pH = 8-10. Хорошо сочетается большинством известных реагентов. Диапазон температур для применения - 20 - 200С°. При хранении не допускаются условия увлажнения.

ПЛАСТИФИКАТОР АДИПИНОВЫЙ (ПАЩ) – производится в виде жидкости бурого цвета. Отгружается в цистернах. Является пластификатором тампонажных растворов. Значительного влияния на процесс гидратации не оказывает. Данные о возможности применения при высоких температурах отсутствуют. При хранении не допускаются условия замерзания раствора.

СУЛЬФИРОВАННЫЙ НИТРОЛИГНИН - результат сульфирования нитролигнина солями сернистой кислоты. Производится в жидком и пастообразном виде. Отгружается в металлических бочках и барабанах. Хорошо растворим в воде. Эффективный понизитель вязкости и предельного напряжения сдвига тампонажного раствора, замедлитель их схватывания и твердения. Применяется в виде 10 % раствора с pH =7. Эффективен при температуре до 120 С°. При хранении не допускаются условия замерзания раствора.

С-3 (СУПЕРПЛАСТИФИКАТОР) – результат конденсации нафталинох-сисульфокислот формальдегидом. Степень полимеризации – 2 – 10. Производится в опытном порядке в виде 37% водного раствора бурого цвета, а так же в виде мелкого легко растворимого в воде порошка желтого цвета. Отгружается в бочках или мешках. Очень сильный пластификатор тампонажных растворов. Значительного влияния на процесс гидратации не оказывает. При хранении не допускаются условия замерзания и увлажнения.

Интенсивность роста предельного динамического напряжения сдвига и структурной вязкости во времени возрастает с увеличением алюминатного модуля в портландцементе. С введением в портландцемент бентонита резко возрастает рост пластической прочности цементно-глинистых систем во времени. Работами А.И. Булатова, И.А. Карманова, В.Г. Литвишко показано, как добавка глины вызывает интенсивный рост показателей реологических свойств тампонажных растворов. При введении регуляторов реологических свойств к тампонажным растворам, приготовленных на основе насыщенных растворах солей, нужно принимать во внимание возможность взаимодействия этих добавок с солями, что может привести к появлению эффектов загустевания или расслоения растворов. В этом случае необходимо подбирать вид и содержание регуляторов реологических свойств тампонажного раствора экспериментально.

Обладание навыками управления реологическими свойствами тампонажных растворов в значительной мере поможет специалистам участвующим в проектировании и строительстве скважин в поиске решений направленных на увеличение производительности скважин, и повышение показателей безопасности эксплуатации. Так же полученный опыт исследований и применения новых решений может быть использован в других отраслях промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булатов А.И., Данюшевский В.С. Тампонажные материалы. – М.: Недра, 1987. – 280 с.
2. Булатов А.И. Управление физико-механическими свойствами тампонажных систем. – М.: Недра, - 1975. – 248 с.
3. Данюшевский В.С. Проектирование оптимальных составов тампонажных цементов. – М.: Недра, 1978. - 293 с.
4. Костырин В.И. Тампонажные материалы и химреагенты. – М.: Недра, 1989. – 144 с.
5. Овчинников В.П., Аксенова Н.А., Овчинников П.В. Физико-химические процессы твердения, работа в скважине и коррозия цементного камня: Учеб. пособие для вузов. – Тюмень: Издательско-полиграфический центр, «Экспресс», 2011 – 368 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.	
 60 ЛЕТ ФАКУЛЬТЕТУ ПГС СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННО-ГО УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ	
<i>К.Л. Кунц., (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>6</i>
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ. ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ	
<i>Г.Б. Фишер (Веймар, Германия), А.П. Пичугин (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>10</i>
КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ МАТРИЦЫ Н.Г. Стенина (Новосибирск, Россия).....	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БЕТОНА РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ	19
<i>Кучеренко А.А., Барабаш Т.И., Кучеренко Р.А. (Одесса, Украина).....</i>	<i>25</i>
ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА РАСТВОРЯЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОДЫ ЗАТВЕРЖДЕНИЯ	
<i>Шахов С. А., Рогова Е. В. (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>32</i>
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГИДРОФОБИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОНА	
<i>Шепелев И.И., Бочков Н.Н., *Алгебраистова Н.К., *Жижаев А.М. (Ачинск, *Красноярск, Россия).....</i>	<i>36</i>
ОПЫТНЫЕ И КОСВЕННЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Панова В.Ф., Панов С.А., Камбалина И.В. (Новокузнецк, Россия).....</i>	<i>41</i>
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ СИБИРСКОГО РЕГИОНА	
<i>С.А. Лукьянчиков, А.И. Кудяков (Томск, Россия), Ковлер, К. (Хайфа, Израиль).....</i>	<i>47</i>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОНОМИИ ЦЕМЕНТА В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
<i>Б.С. Мосаков (Новосибирск, Россия) И.Л. Чулкова (Омск, Россия).....</i>	<i>53</i>

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ МАЛОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ

Выровой В.Н., Коробко О.А. (Одесса, Украина)..... 59

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА И ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕТОНА

*В.Н. Зырянова, Г.И. Бердов, Д. Иванов, М.Панов,
С.Аюрова (Новосибирск, Россия) 66*

ВЛИЯНИЕ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ НА ОБЪЕМНОЕ ОКРАШИВАНИЕ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ

*Д.В. Акт, А.Ю. Столбоушкин, В.В. Шевченко,
Е.О. Щербинина (Новокузнецк, Россия).....68*

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

О.С. Субботин, А.А. Авраменко (Краснодар, Россия).....72

СТРУКТУРНОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС ИЗ ПЫЛЕВАТЫХ СУГЛИНКОВ В КОМПОЗИЦИИ С ВЫСОКОДИСПЕРСНЫМ ВОЛЛАСТОНИТОМ

С.А. Шахов, Н.Ю. Николаев, Т.Л. Рудая (Новосибирск, Россия).....75

2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И КАЧЕСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРУНДОВЫХ ПОДЛОЖЕК МЕТОДОМ ПЛЕНОЧНОГО ЛИТЬЯ

Кумачева С.А., Плетнев П.М. (Новосибирск, Россия) 84

КИНЕТИКА ТВЕРДЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СИЛИКАТ-НАТРИЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Иващенко Ю.Г., Павлова И.Л., Кочергина М.П. (Саратов, Россия).....88

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

*В.М.Курдюмова, (Бишкек Кыргызстан),
А.П.Пичугин, А.В.Мазгалева, А.Ю.Кудряшов, К.А.Никитенко,*

А.В.Пермина (Новосибирск, Россия).....92

КАРБОНИЗАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

*Козлова В.К., Маноха А.М., Божок Е.В.,
Рослякова Т.В. (Барнаул, Россия).....95*

ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫЙ ЦЕМЕНТ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КОРУНДОВЫХ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ	
<i>Плетнев П.М., Тюлькин Д.С. (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>99</i>
СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ	
<i>Шайбакова В.И, Шарипов Б.Ф., Бурнашев А.И., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Хозин В.Г.(Казань, Россия).....</i>	<i>106</i>
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И МЕСТНОГО СЫРЬЯ	
<i>А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков, А.С.Денисов, И.В.Белан, М.А.Пичугин (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>109</i>
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БЕТОНА С ВЫСОКОЙ РАННЕЙ ПРОЧНОСТЬЮ	
<i>Б.Я.Трофимов (Челябинск, Россия).....</i>	<i>113</i>
АКТИВАЦИЯ ВОДЫ ЗАТВЕРЖДЕНИЯ ДЛЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА	
<i>Копаница Н.О., Сафронов В.Н., Демьяненко О.В., Шпилекова А.А (Россия, Томск)</i>	<i>122</i>
ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ ГЛИН ПРИ ОБЖИГЕ	
<i>Бурученко А.Е., Харук Г.Н., Мушарапова С.И., Дорошенко А.А. (Красноярск, Россия).....</i>	<i>127</i>
ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА	
<i>А. Хадбаатар (Дархан, Монголия)</i>	
<i>Е.А.Бартеньева, Н.А.Машкин (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>132</i>
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ	
<i>А.И. Кудяков, И.А.Прищепа (Томск,Россия).....</i>	<i>136</i>
ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА	
<i>Хегай Е. А., Козлов Н.А., Зинченко С.М. (Россия, Саратов).....</i>	<i>140</i>
ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК И РЕЖИМОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА СКОРОСТЬ ПОТЕРИ ПОДВИЖНОСТИ И СВОЙСТВА БЕТОНОВ	
<i>С.А. Лукьянчиков, В.И. Паймухун, А.С. Лукьянчикова (Томск, Россия)</i>	<i>142</i>

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ В СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЯХ	
<i>Поздняков И.С., Игнатова О.А. (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>146</i>
КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЫ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТЬЮ В РАННИЕ СРОКИ ТВЕРДЕНИЯ И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ	
<i>Ильенко Е.А., Игнатова О.А. (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>151</i>
ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ТВЕРДЕНИЯ ПЕНОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВОЛОКНИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ	
<i>Ю.Г. Иващенко, Д.Ю. Багапова, А.В. Страхов (Саратов, Россия).....</i>	<i>156</i>

3. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВОК НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ВОДОСТОЙКОСТЬ ГИПСА.	
<i>В.В. Конушева, О.О. Сыркин, А.Б. Стешенко, А.И. Кудяков (Томск, Россия).....</i>	<i>161</i>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОПЛИВНЫХ ШЛАКОВ	
<i>А.П.Пичугин, А.С.Денисов, Е.Г.Лазарев (Новосибирск, Россия)</i>	<i>163</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ГИПСОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>А.И.Кудяков, Л.А.Аниканова, А.И.Курмангалиева, В.С.Казанцева, А.Т.Пискарева, (Томск, Россия).....</i>	<i>168</i>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
<i>Семанцова Е.С., Плетнев П.М., Шемякина И.В. (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>173</i>
ВЛИЯНИЕ ЗОЛЫ ОТВАЛА ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ С МЕТОКАОЛИНОМ НА СВОЙСТВА САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ ПЕСЧАНЫХ БЕТОНОВ	
<i>Галеев А. Ф., Морозов Н.М., *Макаренко С. В. (Казань, *Иркутск, Россия).....</i>	<i>176</i>
ТЕХНОЛОГИЯ ЛИЦЕВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ	
<i>Филин Н.С., Тацки Л.Н. (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>179</i>

**ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ
ОТХОДОВ В ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ
КОМПОЗИТОВ**

*В.И. Верещагин, А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Бердов
О.А. Фомина (Томск, Новокузнецк, Новосибирск, Россия).....183*

КОМПЛЕКСНЫЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

*А.П.Пичугин, В.В.Банул, К.А.Никитенко,
М.Г.Алешкевич (Новосибирск, Россия).....188*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АРБОЛИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лаушкина В. А. , Тимохин Д. К. (Саратов, Россия).....192

ШЛАКОЩЕЛОЧНЫЕ СОСТАВЫ, ИХ СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

Банул А.В. (Новосибирск, Россия).....196

ВЫСОКОПОДВИЖНЫЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Г.И.Овчаренко, Д.В.Бойков, М.В.Нагель (Барнаул, Россия).....200

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОНА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

В.В.Галомзик, Т.Ф. Каткова (Новосибирск, Россия).....204

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ШИХТЫ НА ОСНОВЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ

Кара-Сал Б.К., Седен Б.Р., Чюдюк С.А (Кызыл, Россия) 205

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕГКИХ КРУПНОПОРИСТЫХ БЕТОНОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

*С.В.Коваль, (Одесса, Украина) А.П.Пичугин, А.С.Денисов,
В.Ф.Христанков, Е.Г.Пименов (Новосибирск, Россия) 209*

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ВОДОСТОЙКОСТЬ ГИПСА

*В.В. Конушева, О.О. Сыркин, А.Б. Стешенко,
А.И. Кудяков (Томск, Россия).....214*

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЦЕПТУРЫ И ПРИЕМЫ УСТРОЙСТВА ГРУНТОБЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОГ И ЗЕРНОТОКОВ

А.П.Пичугин, И.К.Язиков, В.А.Гришина, М.А.Пичугин (Новосибирск, Россия), И.М.Хаджиев, к.т.н., доцент (Ургенч, Узбекистан).....217

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАЛОКЛИНКЕРНОГО ЦЕМЕНТА С МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ	
<i>Каткова Т.Ф., Горелова О.В. (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>222</i>
ПЕРЕРАБОТКА РАСТВОРНОЙ ЧАСТИ БЕТОННОГО ЛОМА	
<i>Г.И.Овчаренко, Д.М.Назаров, А.В.Викторов (Барнаул, Россия).....</i>	<i>224</i>
СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ МАГНЕЗИАЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ С ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМИ ЗАПОЛНИТЕЛЯМИ	
<i>А.В. Дицель, Н.А. Машкин (Новосибирск, Россия),</i>	
<i>А. Хадбаатар (Дархан, Монголия)</i>	<i>228</i>
ПЕНОСТЕКЛО – ЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ	
<i>А.Ф. Бернацкий, (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>229</i>
ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	
<i>А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков, А.А.Шаталов, В.В.Балаш (Новосибирск, Россия), А.В.Мишутин (Одесса, Украина).....</i>	<i>234</i>

4. ЭКОНОМИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ СОРСКОГО МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА КАК КВАРЦПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Бурученко А.Е., Сергеев А.А., Белов Ю.В.,</i>	
<i>Шелковников Р.А. (Красноярск, Россия).....</i>	<i>238</i>
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ ТРАДИЦИОННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПОЛОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ИЗДЕЛИЯ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ	
<i>А.П.Пичугин, М.О.Батин, Л.А.Митина,</i>	
<i>А.В.Пермина, И.М.Дзю (Новосибирск, Россия).....</i>	<i>243</i>
ОБЖИГОВЫЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ОТХОДОВ	
<i>Н.К. Скрипникова, В.А Литвинова, А.В. Луценко,</i>	
<i>М.А. Семеновых (Томск, Россия).....</i>	<i>249</i>
СОЗДАНИЕ ПНЕВМОУДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
<i>Абраменков Д. Э. (Новосибирск, Россия)</i>	<i>253</i>

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Э.А. Петросян (Ереван, Республика Армения),

О.С. Субботин, С.М. Довгаль (Краснодар, Россия).....257

ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА

Ткачев Б. В. (Новосибирск, Россия).....260

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

В.В. Герасимов, В.В.Иконников,

Н.В. Светышев (Новосибирск, Россия).....265

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

В.В. Герасимов, В.В.Иконников, Н.В. Светышев (Новосибирск, Россия)

Л.В.Ильченко, к.т.н., проф.(Бишкек,Кыргызстан).....272

ОЦЕНКА МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Синицына А.С.(Новосибирск, Россия).....279

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Смирнова О.Е. , Отточко С. Ю. (Новосибирск, Россия).....281

О СОСТОЯНИИ, ПРОБЛЕМАХ И ЗАДАЧАХ РАЗВИТИЯ БЕТОННЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В СИБИРСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Бик Ю.И. (Новосибирск, Россия).....285

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРЬЕРОВ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ

Э.А. Петросян (Ереван, Республика Армения)

О.С. Субботин (Краснодар, Россия).....290

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ

Боровских А.И., Глазырина К.А. (Новосибирск, Россия).....295

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ

Шахов С.А., Липин В.В. (Новосибирск, Россия).....298

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЁРДЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И МЕТАЛЛУРГИИ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ларичкин В.В., Гусев К.П. (Новосибирск, Россия)

Арынгазин К.Ш., Садуакасов К.С. (Павлодар, Казахстан).....302

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА ШЛИКЕРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
АЛЮМОНИТРИДНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ НА ОСНОВУ**

А.А. Денисова, Ю.К. Непочатов,

П.М. Плетнев, И.Б. Красный (г. Новосибирск, Россия).....307

**ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
МЕМБРАННЫХ КРОВЕЛЬНЫХ И ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В СИБИРИ**

А.Данечек, глава Представительства, (Прага, Чехия)

А.Г.Мишин, И.Н.Болотов, А.П.Пичугин,

В.Ф.Хританков, (Новосибирск, Россия).....311

**СОВРЕМЕННЫЕ ДОБАВКИ РЕГУЛИРУЮЩИЕ РЕОЛОГИЧЕ-
СКИЕ СВОЙСТВА ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ**

Пономарев И.В. (Россия, Саратов).....313

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Международный сборник научных трудов

Подписано в печать 30 января 2017 г. Формат 60х84 $\frac{1}{16}$.
Объем 40 п.л., Тираж 200 экз. Заказ № 1733.

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»
630039, РФ г.Новосибирск, ул.Добролюбова, 160, офис 106.
тел.(383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru

