НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА

СТРОЙСИБ - 2019



ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

НОВОСИБИРСК - 2019

УДК 691(08)

ББК 38.3, я4

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: Сб. Национальной научно-технической конференции с международным участием (г. Новосибирск, 18-22 февраля 2019 г.) / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – 316 с.

Материалы сборника научных трудов сформированы по материалам Национальной научно-технической конференции с международным участием «ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ», состоявшейся 18-22 февраля 2019 года в Новосибирском государственном аграрном университете.

Организаторами данной конференции явились: Новосибирский государственный аграрный университет, 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, Монголии, Молдовы, Украины, Израиля, Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Германии, Чехии и других стран. Основные вопросы и приведенные результаты исследований направлены на решение всей тематики конференции - комплексное рассмотрение вопросов получения качественных строительных материалов 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 и специальных материалов, а также научных работников, аспирантов и студентов.

Ответственный редактор *академик РАЕН, д.т.н., профессор Пичугин А.П.*

Технический редактор *Онищенко Н.В.*

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

д.т.н., профессор Бурученко А.Е. (Красноярск)

д.т.н., профессор Хозин В.Г. (Казань)

ISBN 978-5-965787-482-6

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2019

Входит в РИНЦ®: да

ОРГКОМИТЕТ И РЕДСОВЕТ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

ПИЧУГИН А.П., **д.т.н., проф., академик РАЕН - председатель** ***(Новосибирск)***

ДЕНИСОВ А.С.**, д.т.н., проф., академик РАЕН - 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)**

БУРЬЯНОВ А.Ф., **д.т.н., проф.** ***(Москва)***

ВЕРЕЩАГИН В.И.**, д.т.н., проф.** ***(Томск)***

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

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

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

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

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

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

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

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

НИЗИНА Т.А., **д.т.н.,проф.** ***(Саранск)***

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

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

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

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

СОКОЛОВА Ю.А.**, д.т.н., проф.** ***(Москва)***

СТОЛБОУШКИН 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)***

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

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

ХОЗИН В.Г., **д.т.н., проф.** ***(Казань)***

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

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

ЧУЛКОВА И.Л. **д.т.н., проф.** ***(Омск)***

ЮМАШЕВА Е.И, **главный редактор журнала «Строительные материалы»** ***(Москва)***

ЯКОВЛЕВ Г.И., **д.т.н.,проф.** ***(Ижевск)***

В В Е Д Е Н И Е

Материалы сборника научных трудов «ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ» сформированы по материалам Национальной научно-технической конференции с международным участием, состоявшейся 18-22 февраля 2019 года в Новосибирском государственном аграрном университете.

Организаторами данной конференции явились: Новосибирский государственный аграрный университет, 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, Монголии, Молдовы, Украины, Израиля, Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Германии, Чехии и других стран. Основные вопросы и приведенные результаты исследований направлены на решение всей тематики конференции - комплексное рассмотрение вопросов получения качественных строительных материалов 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 и специальных материалов, а также научных В сборнике нашли отражение статьи, объединенные по следующей т е м а т и к е.

В сборнике нашли отражение следующие н а п р а в л е н и я, рассмотренные в период работы к о н ф е р е н ц и и:

1. Теоретические и методологические вопросы развития науки в области оценки качества строительных и специальных материалов.
2. Физико-химические исследования процессов, обеспечивающих эффективные показатели и качество композиционных материалов.
3. Пути совершенствования приборного и методологического обеспечения оценки качества материалов при применении наноразмерных компонентов и добавок направленного действия.
4. Экономико-организационные вопросы эффективного внедрения новых рецептур и технологий с учетом обеспечения качества строительных и специальных материалов.

По каждому из предложенных направлений представлены статьи и результаты проведенных исследований. По первому направлению в области методологии качества в строительстве и

строительном материаловедении следует отметить работы, выполненные в научных школах Одессы (профессор Выровой В.Н., Кучеренко А.А.), Томска (профессора Кудяков А.И., Копаница Н.О. и др.), Красноярска (профессор Бурученко А.Е.), Барнаула (профессор Козлова В.К.,), Новосибирска (профессор Стенина Н.Г., профессор Белан В.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 Урхановой Л.А. (Улан,Удэ), 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 качества в области материаловедческих и экономических проблем представлены профессорами Шаховым С.А., Плетневым П.М.,, Кудяковым А.И, а также научной школой Монголии. и др.

Пути совершенствования качества и использование нанодобавок в строительном и специальном материаловедении достаточно подробно освещены во многих научных коллективах и научных школах. 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, Кызыла, Новосибирска, Красноярска, Воронеже. Ижевска, Омска, Томска, Одессы, Краснодара и др. городов.

Следует отметить, что большинство рассматриваемых вопросов и исследований направлены на решение главной проблемы, поставленной на Национальной научно-технической конференции с Международным участием - новым технологиям в строительном материаловедении, эффективному внедрению ресурсосберегающих процессов в современном строительно-технологическом комплексе, что позволит повысить качество строительных материалов и изделий. 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*

УДК 691.08

А.П.Пичугин, А.С.Денисов,
В.Ф.Хританков, (Новосибирск, Россия)
В.Н.Выровой (Одесса, Украина)

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Вопрос качества в российском строительстве весьма актуален с дальних времен истории, т.к. в его основе явные противоречия между необходимостью построить качественно, быстро и дешево, при решении определенной степени долговечности и надежности. В период существования советских нормативов и требований данные противоречия выравнивались жесткостью строительных норм и правил. В условиях рыночных отношений в строительстве при отсутствии строительные нормы и большим притоком новых материалов и конструктивных решений, прошлые требования к качеству не работают.

Ключевые слова: *качество строительной продукции, разрушение зданий, физический износ строительных конструкций, катастрофы в строительстве, долговечность зданий и сооружений*

A.P.Pichugin, A.S. Denisov,
V.F.Hritankov, (Novosibirsk, Russia)
V.N.Vyrova (Odessa, Ukraine)

PROBLEMS OF QUALITY OF BUILDING MATERIALS AND RATIONAL WAYS OF THEIR SOLUTION

The issue of quality in Russian construction is highly relevant from the distant past of history, since it is based on obvious contradictions between the need to build qualitatively, quickly and cheaply, while solving a certain degree of durability and reliability. During the period of the existence of Soviet standards and requirements, these contradictions were leveled by the rigidity of building codes and regulations. In the conditions of market relations in construction in the absence of building codes and a large influx of new materials and design solutions, past quality requirements do not work.

Keywords: quality of construction products, destruction of buildings, physical deterioration of building structures, accidents in construction, durability of buildings and structures

По данным центра "Антистихия" риск обрушения конструкций зданий и сооружений в 2018 году был спрогнозирован и реально подтвердился на территории шести федеральных округов России,

в том числе в Москве и Санкт-Петербурге, на территории Сибирского (Красноярский край, Кемеровская, Новосибирская области), Уральского (Свердловская, Челябинская области), Приволжского (Пермский край. Республика Татарстан, Нижегородская, Саратовская, Оренбургская области), Северо-Западного (Санкт-Петербург), Центрального (Московская область, Москва), Южного ФО (Ростовская область). За 11 месяцев 2017 года произошло 58 обрушений зданий и сооружений, что на 45% выше аналогичного периода предыдущего года (40 ЧС и происшествий). Основными причинами чрезвычайных ситуаций являются некачественное выполнение строительно-монтажных работ, ошибки при проектировании, снеговые нагрузки на крыши, ветхость зданий, физический износ материалов, не вовремя выполненные ремонтные работы или демонтаж, усталость конструкций и пр.

Наибольший удельный вес аварийного жилого фонда отмечается на территории Дальневосточного (Магаданская область, Республика Саха (Якутия), Сибирского (Республика Тыва), Северо-Кавказского (республики Ингушетии и Дагестан) Федеральных округов. По мнению многих экспертов большое количество объектов в нашей стране находится в состоянии предельного износа. При эксплуатации зданий происходит износ основных конструкций, в том числе фундамента, который работает в самых тяжелых условиях — оттаивания и замораживания, а также подвергается воздействию грунтовой влаги. Свою лепту в интенсификацию разрушения вызывают частые подтопления, которые опасны особенно для ветхих зданий. Снежные зимы. холодные весны и дождливое лето способствуют периодическому появлению паводковой обстановки. Нижние слои грунта, промерзшие и снег, который сейчас тает, но не всасывается в грунт, соответственно вода просто течет поверху, подтапливая фундаменты зданий. Износ должен постоянно контролироваться специальными организациями, обследующими здания.

Многие катастрофы в России, произошедших из-за халатности, например, крупный пожар произошел в торгово-развлекательном центре "Зимняя вишня" в Кемерово; в торговом центре "Аист" Раменского района Московской области, возгорание в Оренбурге, пожар в здании торгового центра "Перспектива" в городском округе Чехов Московской области, в торговом центре «Синдика» в подмосковном районе Строгино. Кроме того горели здания в Москве, Грозном, Воронеже, Астрахани, орле и других городах и населенных пунктах России.

Так, в день трагедии в здании аквапарка в Ясенево, самого большого в Восточной Европе, находились около 1300 человек. Железобетонный купол обрушился прямо на зону водных развлечений. 193 человека, в том числе 51 ребенок, получили тяжелые травмы, многие остались инвалидами**.**

В марте-апреле 2018 года весенние паводки стали причиной частичного разрушения множества мостов в целом ряде регионов. Так, 19 апреля паводок на реке Урсул вызвал разрушение опор автомобильного моста в селе Онгудай (Республика Алтай). 22 апреля на реке Курнёвка частично обрушился мост на автодороге Муромцево - Низовое в Муромцевском районе Омской области. В Алтайском крае после паводка потребовали ремонта более 30 мостов; в Приморье было разрушено 12 мостов и т.д.

Ранее в МЧС сообщали, что в последние годы число крупных техногенных катастроф и опасных природных явлений неуклонно растет. Риски ЧС, возникающие в процессе хозяйственной деятельности и глобального изменения климата, несут значительную угрозу для населения и объектов экономики. За последние 20 лет в мире жертвами техногенных и природных катастроф стали более трех миллионов человек, еще свыше 800 миллионов человек пострадали.

В документах на сайте МЧС РФ сообщается, что в зонах возможного воздействия поражающих факторов при авариях на критически важных и потенциально опасных объектах живут свыше 90 миллионов россиян, или 60% населения страны. Годовой экономический ущерб (прямой и косвенный) от ЧС может достигать 1,5-2% валового внутреннего продукта — от 675 до 900 миллиардов рублей.

Постоянно развивающийся отечественный комплекс промышленности строительных материалов привели к необходимости оценить качество выпускаемой продукции и определить направления задач по её повышению и эффективности в новых рыночных условиях.

При наличии сертифицированного определения качества (далее по ГОСТ Р ИСО 9000-2001) как «степени соответствия совокупности присущих характеристик требованиям» существуют многочисленные попытки определения этого «термина с целью приближения содержания к конкретному бизнесу. Характеристика может быть собственной или присвоенной, качественной или количественной. Существуют различные классы характеристик: физические или технологические, органолептические, эргономические или физиологические характеристики. связанные с безопасностью человека.

Для решения этой проблемы необходимо определить критерии данного понятия. Так, по мнению Лондонской школой бизнеса есть такое определение: «Качество – это всё то, что включено в ожидание и опыт потребителя и культуру производителя. Оно становится измерением их отношений и создает ощущение разделенных ценностей в этих отношениях» [1]. Это определение построено на характеристике партнерства поставщика-производителя и потребителя. Ориентация на потребителя является основным принципом системы менеджмента качества (СМК), которую рассматривают как способ повышения конкурентоспособности предприятия.

Если сравнивать устойчивость конкурентных преимуществ товаров и услуг на входе, то в условиях предприятий КНАУФ предпочтение следует отдать товару, а не услугам, поскольку поставщиков услуг многократно больше, что позволяет сделать выгодный выбор.

В настоящее время продукция оценивается по комплексу различных критериев и свойств, в т.ч. по степени оснащения передовыми технологиями и оборудованием, является ли предприятие инновационным для строительной индустрии, как построена система контроля качества на производстве, при транспортировке и хранении материалов, изделий и всей продукции. Кроме того, учитываются прогнозные перспективы конкурентного состояния рынка.

Для оценки предложения продукта необходимо выявить и сформулировать перечень характеристик товара, являющихся значительными для основного сегмента потребителей. Конкурентные преимущества продукции предприятий выражаются следующими параметрами.

Комплексность и системность выпускаемой продукции, включающая основные изделия и материалы, отработанные и доступные технологии, наборы для монтажа и крепления, инструменты и оснастка при более сложных методах работ, возможности обучения персонала. Они обеспечивают организацию обустройства внутреннего пространства и фасадов зданий товарами одной торговой марки, отождествляющей европейское качество.

Обеспечение надежности, безопасности и ремонтно-пригодности при п*рименении тех или иных материалов в жилых, гражданских и производственных зданиях, подтвержденные гарантиями нормативной и регламентирующей документацией. и рекомендованные для определенных условий строительства или ремонтно-восстановительных работ.*

Пожарно-техническая безопасность, позволяющая применять материалы и изделия в зданиях в соответствии с установленными степенями огнестойкости и классами пожарной опасности. Огнестойкие стены, перекрытия, перегородки, балки, колонны, лестничные клетки, включая лестничные марши и лестничные площадки, шахты коммуникаций и пр.

Сборность строительных конструкций, способствующая быстрому возведению строящихся объектов при минимальных временных и энергетических затратах, с*опровождаемая пакетом проектной и технологической документации.*

Низкая масса изделий, механизированные способы проведения работ, оснащение с*пециализированной техникой для ручных и монтажных работ, позволяющих повысить эффективность по сравнению с ранее выполняемыми технологиями или приемами работ.*

Умеренный рост цен в соответствии с ростом энергоресурсов и ростом цен сопоставимой продукции.

Способом измерения характеристик качества может быть проверка наличия или отсутствия этих качеств, а также другие способы, используемые для определения показателей конкурентоспособности характеристик. В качестве показателей оценки конкурентоспособности используются весовые коэффициенты характеристик по группе основных конкурентов и взвешенная сумма оценок как интегральный показатель в целом по конкуренту. Эти характеристики должны быть предметом постоянного мониторинга, сравнения со стратегически важными и перспективными конкурентами.

Анализ практического состояния качества строительной отрасли показывает, что нужен кардинально новый взгляд на все составляющие: дома, объекты социального назначения, финансовую инфраструктуру др. В этой ситуации в качестве мощного резерва следует рассматривать инновационные технологии. Формирование новых стандартов качества и комфорта относится в большей степени не к ГОСТам на продукцию, а к стандартам качества предприятий, строящих и создающих комфорт.

Большинством экспертов и организаций предусматриваются следующие методы контроля качества строительной продукции.

Производственный контроль - определяет качество строительной продукции по результатам производственного контроля и оценивает соответствие специальной инструкции по оценке качества строительно-монтажных работ. Производственный контроль качества должен включать входной, операционный и приемочный (с оценкой качества). Данные результатов всех видов контроля должны фиксироваться в журналах работ.

Строительные конструкции, изделия, материалы и инженерное оборудование, поступающие на стройку, должны проходить входной контроль. Операционный контроль должен осуществляться после завершения производственных операций и обеспечивать своевременное выявление дефектов и причин их возникновения, а также своевременное принятие мер по их устранению и предупреждению.

При операционном контроле должен проверяться: соблюдение заданной в проектах производства работ, технологии выполнения строительных процессов; соответствие выполняемых работ рабочим чертежам, строительным нормам и правилам производства работ и стандартам.

Операционный контроль должен выполняться производителями работ и мастерами, а самоконтроль исполнителями работ. К операционному контролю надлежит также привлекать строительные лаборатории.

Приемочный контроль должен производиться для проверки и оценки качества строительных материалов и их частей. Кроме производственного контроля (входного, операционного, приемочного) за качеством строительных материалов следят государственные и ведомственные органы контроля и надзора, действующих на основании специальных положений.

Вопрос качества в российском строительстве весьма актуален с дальних времен истории, т.к. в его основе явные противоречия между необходимостью построить качественно, быстро и дешево, при решении определенной степени долговечности и надежности. В период существования советских нормативов и требований данные противоречия выравнивались жесткостью строительных норм и правил. В условиях рыночных отношений в строительстве при отсутствии строительные нормы и большим притоком новых материалов и конструктивных решений, прошлые требования к качеству не работают.

Усиление внимания к качеству услуг со стороны сбытовых и маркетинговых предприятий, через которые осуществляется связь производителя с конечным покупателем (потребителем), очень важно для обеспечения развития строительного комплекса в целом. Определение качества и работа предприятия над его повышением способны решить как задачу повышения конкурентоспособности предприятия, так и социальную задачу повышения качества и комфорта объектов жилищного и гражданского строительства.

Список литературы

1. *Интегральная оценка конкурентоспособности предприятия// Маркетинг. 2005. № 1. С. 41.*

2. Блинов С.В., Гликин С.М., Гранев В.В. и др. Научно технический прогресс в строительстве промышленных зданий. Под редакцией Хромца Ю.Н. - М., Стройиздат 1987 200с.
3. «Стандартизация и управление качеством продукции", учебник для вузов/ В.А. Швандар, В.П. Панов, Е.М. Купряков и др. - М.: ЮНИТИ - ДАНА, 2005.
4. Басовский Л. Е., Протасьев В. Б. Управление качеством: учебник. - М.: Инфра - М, 2008.- 212с.
5. «Оценка качества строительных материалов», Попов К.Н, Каддо М.Б, 2004. 205 с.
6. "Оценка качества строительных материалов в соответствии с требованиями зарубежных стандартов", П. М. Жук, издательство - Архитектура - С, 2006.- 188с.

УДК 691.08

Белан В. И. (Новосибирск, Россия)
Кудяков А.И. (Томск, Россия)
***Г.Б.Фишер (Веймар, Германия*)**

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе рассматриваются основные требования к качеству строительных материалов, вопросы аккредитации предприятий по оценке соответствия, в том числе подходы и нормативная база.

Ключевые слова: строительные материалы, системы менеджмента качества, нормативная база, аккредитация, ГОСТ

Keywords: Construction materials, quality management systems, regulatory framework, accreditation, GOST

Контроль качества строительных материалов– основной фактор, влияющий на стоимость строительства, экономичность и долговечность объектов. Контролем качества строительных материалов считается проверка соответствия показателей качества строительной продукции установленным требованиям.

Основные требования к качеству материалов и изделий устанавливаются:

- Государственными стандартами (ГОСТ)
- Отраслевыми стандартами (ОСТ)
- Стандартами предприятий (СТП)
- Техническими условиями (ТУ)

За последние несколько лет произошли значительные изменения нормативно-технической документации в области строительных материалов, изделий и конструкций. По информации, предоставленной ЗАО «СиСофт Новосибирск» (Информационно-справочная система NormaCS), в период с 1 января 2010 года по настоящее время, было

добавлено или изменено более 4000 (4212) ГОСТов в области Строительства.

По основным строительным материалам и изделиям добавлено или заменено 10400нормативных документа.

Подверглась изменениям за последнее время и Система менеджмента качества. С 1 ноября 2015 года введен в действие стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

Ключевые отличия ГОСТ Р ИСО 9001-2015 от предыдущих стандартов:

- Переход на высокоуровневую структуру,
- Требования в области анализа рисков,
- Меньший акцент на документирование,
- Большая применимость для сферы услуг,
- Требования в области определения контекста организации,
- Больший акцент на достижение конкретных результатов в области удовлетворенности потребителей.

В соответствии с решением Международного форума по аккредитации (IAF) после переходного периода (1,5 года) сертификация проводиться только по новой версии стандарта. Все сертификаты, выданные по ГОСТ ISO 9001-2011, будут действовать до конца срока действия.

Одной из целей редакции ISO 9001:2015 является введение требований, касающихся изменений на системном и производственном уровне.

Если организация установила (определила) свои процессы, ей будет необходимо выявить риски и возможности, связанные с этими процессами. Для достижения выгоды, связанной с установленными рисками и возможностями, скорее всего, будут необходимы изменения. Эти изменения могут касаться всех элементов процесса – таких, как «входы», ресурсы, участники, деятельность, управление, измерения, «выходы» и т.д.

Предполагается, что изменения должны приносить пользу организации и внедряться так, как это установила (определила) организация. Кроме того, необходимо, чтобы были приняты во внимание новые риски и возможности, возникающие в ходе изменений.

23 декабря 2013 г. Государственной Думой принят Федеральный закон РФ № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации». Закон одобрен Советом Федерации 25 декабря 2013 г. Напомним, что Федеральная служба по аккредитации (Росаккредитация) является федеральным органом исполнительной

власти, выполняющим функцию национального органа РФ по аккредитации в национальной системе аккредитации.

Утверждение о том, что аккредитация в национальной системе аккредитации обязательна для всех органов по сертификации без исключения, является неверным, так как указанный Федеральный закон № 412-ФЗ четко определил тех, для кого аккредитация в национальной системе аккредитации является обязательной и тех, кто может аккредитоваться добровольно. В главе 1 статьи 1 закона пункт 2 гласит: *«Настоящий Федеральный закон также применяется* **в случае обращения** *юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, выполняющих работы по оценке соответствия и обеспечению единства измерений* **в отношении исполнения на добровольной основе** *требований, исследования, испытания и измерения, с заявлениями об аккредитации в национальной системе аккредитации»*.

Данная норма является новеллой. В Российской Федерации до принятия указанного Закона действовали 684 системы добровольной сертификации, созданные по инициативе юридических лиц и (или) индивидуальных предпринимателей и зарегистрированных Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. Данные системы добровольной сертификации действовали по своим нормам и правилам. Более чем в 300 системах добровольной сертификации была предусмотрена или проводилась аккредитация органов по подтверждению соответствия.

Ранее ФЗ "О техническом регулировании" не предусматривал возможности оценки компетентности органов по подтверждению соответствия в системах добровольной сертификации при их регистрации и последующего контроля за деятельностью этих систем. Это создавало среду для развития недобросовестной и некомпетентной деятельности в сфере добровольной сертификации. Вместе с тем эта сфера призвана решать важнейшую задачу - формирование доверия к потребительским свойствам продукции.

Статья 20 закона № 184–ФЗ «О техническом регулировании» устанавливает формы подтверждения соответствия. При этом:

1. Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может носить добровольный или обязательный характер.

2. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации.

3. Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах:

-принятия декларации о соответствии (далее - декларирование соответствия);

-обязательной сертификации.

Иными словами, наличие аттестата аккредитации выданного национальным органом по аккредитации требуется только в случае проведения обязательной сертификации продукции.

В настоящее время представления об уровне требований к качеству строительства в РФ отличаются от международных и требуются дополнительные проработки этого вопроса с целью повышения качества и надежности строительства объектов любого уровня.

Наряду с использованием международного опыта, в строительной отрасли в России действует отечественная система сертификации и контроля качества строительных материалов в испытательных центрах и лабораториях. Для покупателя качество является первоочередным фактором при выборе и состоит из множества аспектов — качества архитектурного проекта, качества строительных материалов, и, конечно же, качество выполнения самих работ. Сегодня эти параметры определяются нормативами, которые указаны в СНиПах, государственных стандартах и т. п. Однако необходимо помнить и о том, что соблюдение этих норм зависит от добросовестности и ответственности не только застройщика, но и организаций которые оценивают и подтверждают качество работ и строительных материалов.

Как известно, процесс реализации строительного проекта проходит множество стадий и качество строительства формируется из нескольких параметров: качества используемых строительных материалов, квалификации работников, системы контроля и оценки выполняемых работ, организации строительного процесса на площадке. Российские строительные нормы в целом более жесткие, чем в Европе, но не развита система контроля качества, не хватает независимой, объективной экспертизы качества строительства объектов при вводе их в эксплуатацию. А ведь контролировать качество выполняемых работ необходимо на каждом этапе. Лишь тогда можно добиться хороших результатов.

За период с мая 2010 по июнь 2011 года в России обрушилось 86 зданий. При этом, 44 % зданий обрушились из-за несоблюдения технологий строительно-монтажных работ, а в 18 % случаев причиной стали недоработки проектировщиков

Стоит отметить, что рушатся не только сооружения из бетона и железобетона, но и здания из кирпича. Это связано как с низкой квалификацией производителей работ и рабочих, так и с использованием низкокачественных строительных материалов. Следует помнить, что **качественные строительные материалы — это залог качества стройки:** из некачественных стройматериалов даже профессиональные строители не смогут построить надежное и прочное здание.

На сегодняшний день качество строительства определенно оставляет желать лучшего и факторов, оказывающих влияние на качество строительства довольно много, но главным фактором, без которого качественное строительство невозможно, были и остаются качественные строительные материалы.

В рамках жесткой рыночной конкуренции, в том числе и в строительной сфере, происходит ежедневная непримиримая борьба между производителями строительных материалов и строительными компаниями. Последние, за редким исключением, предпочитают выбирать строительные материалы для собственных нужд не с позиции качества, надежности и долговечности и даже не с позиции соотношения «цена-качество», а с позиции цены. При этом все понимают, что «дешево — не есть хорошо». С результатами подобных предпочтений можно ознакомиться на любом Интернет-форуме жильцов только что сданного в эксплуатацию дома, где они в подробностях иллюстрируют кривые стены, пол и с трещинами, а также жалуются на неудовлетворительную звуковую и тепловую изоляцию.

В последнее время вопросы оценки качества строительства стоят особенно остро. Появление множества испытательных центров и лабораторий занимающихся вопросами оценки качества строительства не приводит к улучшению ситуации, а лишь усугубляет её. Далеко не все из таких организаций в полной мере могут выполнять требования нормативных документов по проведению надлежащей оценки качества строительного материала или конструкций из за отсутствия необходимого оборудования, профессиональной подготовки рядовых сотрудников , и руководителей, которые зачастую не имеют профессионального строительного образования и необходимого опыта работы в строительной отрасли.

Такие организации приобретают аттестаты аккредитации «на рынке», в ряде случаев работают как посредники и готовы выполнить работы по оценке качества материалов в максимально сжатые сроки и за конкурентно низкую цену, что и привлекает застройщиков к работе с такими недобросовестными организациями. Оценка качества проводится формально и зачастую организация выполняющая оценку качества не имеет ни профессиональных кадров, ни оборудования, заключения по качеству строительных материалов проводятся не на все показатели, как требует ГОСТ или ТУ, а лишь на некоторые параметры. В итоге оценка качества является недостоверной.

Также одним из главных факторов качества строительства является эффективный контроль. Нежелание представителей контролирующих органов разобраться в полноте лабораторных испытаний или правомерности выданных сертификатов приводит к опасным последствиям. Иногда для представителей, к примеру,

Госстройнадзора важно и достаточно наличия у организации проводившей оценку качества строительных материалов аттестата аккредитации выданного РОСАККРЕДИТАЦИЕЙ, в то время, как соответствующего технологического и кадрового обеспечения у организации проводившей оценку соответствия может и не быть.

Таким образом подтверждение соответствия-это комплексное мероприятие, лаборатории в нем занимают важное, но не определяющее место.

Исходя из выше сказанного однозначно устанавливаем, что лаборатория (и даже аккредитованная лаборатория) сама по себе в обязательной форме не дает оценку о соответствии. Оценку соответствия дает «Орган по сертификации», «Строительный надзор», «Заказчик в форме строительного контроля» и др. на основании протоколов испытаний, сделанных лабораторией

Таким образом, российская практика контроля качества в строительстве пока не демонстрирует свей эффективности, а показывает отрицательную динамику качества строительства объектов и с этим что – то надо делать.

УДК 691

Н.Г. Стенина (Новосибирск, Россия)

ЗЕМЛЯ ИСПЫТЫВАЕТ БЕТОН НА ПРОЧНОСТЬ: ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Причина обрушения моста Моранди (Генуя, 2018г.) рассмотрена в контексте феномена «конфликт скала-бетон». Его природу раскрывает концепция аква-комплекса **[$2SiO_3$–OH_2–$M^{n+}2M^{m+}O`_4$]**, универсальной кристаллохимической ячейки минерального вещества, ответственной за его эволюцию. Необычное поведение бетона в природных условиях обусловлено искусственным соединением в этом материале **Ca** и **Si**, антагонистов по отношению к связыванию с водой в единой структуре аква-комплекса.

Ключевые слова: литификация, бетон, «конфликт скала-бетон», мост Моранди (Генуя, Италия)

Key words: lithification, concrete, “rock-concrete conflict”, the Morandy Bridge (Genoa, Italy)

Основой производства строительных материалов (бетон, керамический кирпич и др.) являются физико-химические процессы, происходящие при взаимодействии тонкодисперсных известково-силикатных минеральных компонентов с водой (система C–S–H). Несмотря на длительный опыт использования этой технологии (бетон

известен более 4-х тыс. лет), природа твердения остается до н.в. неясной. Очевидно, что повышение эксплуатационных качеств строительных материалов прямо зависит от решения этой проблемы.

Геологический процесс литификации (окаменения рыхлых осадочных пород) является природным аналогом процессов, происходящих в искусственной C–S–H системе. Поэтому литификация является природной моделью производства строительных монолитов.

В этом процессемогут быть выделены 3 стадии. На первой (Рис. 1а) − происходит механическоеуплотнение и консолидация рыхлых осадочных пород. После этогоначинается химическое взаимодействие между силикатными и известковыми минеральными фазами, при котором происходят твердофазовые минеральные реакции с участием воды. В результате образуются твердые породы, имеющие сланцеватую структуру (Рис. 1б). Дальнейшие структурно-химические преобразования сланцевых пород, известные как геологический процесс метаморфизма, приводят к образованию гранитов, массивных высокопрочных скальных пород (Рис. 1в). Вода является неизменным участником этих процессов, присутствуя в минеральном веществе на стадиях метаморфизма и гранитизации в скрытом виде.

а **б** **в**



Рис. 1Литификация (окаменение) рыхлых осадочных пород в природе: **а** – преобразование щебень - песчано - глинистого субстрата в сланцы, **б** – консолидация и метаморфизм сланцев, **в** – образование гранитов

С этой точки зрения литификация является природной моделью процессов, происходящих в технологической системе C–S–H. На первой стадии (Рис.2а) происходит гидратация искусственно полученных силикатов кальция, клинкерных минералов цемента: алита и др. На второй стадии имеет место упорядочение структурных элементов в протонированной [1] матрице клинкерных минералов, в результате чего образуется пространственная структура, подобная граниту (Рис. 2б).

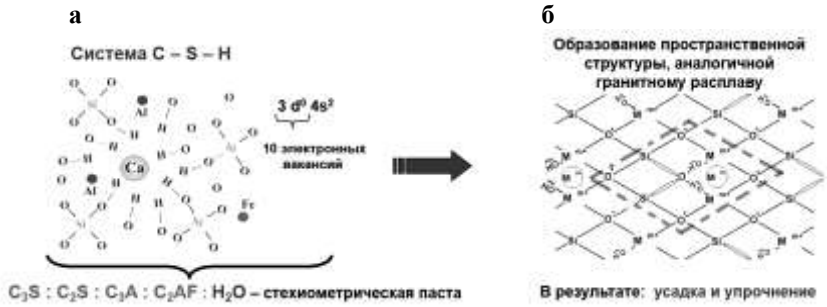


Рис. 2 Образование строительного монолита как природоподобная модель литификации: **а** − гидратация алита, **б** − упорядочение в протонированной структуре алита и образование 3D структуры, подобной граниту

Однако, литификация, как геологический процесс, длится миллионы лет, а производство строительного монолита – от часов до нескольких дней. Поэтому главным отличием первого от второгоявляется то, что природа не использует цемента (клинкерных минералов − искусственно полученных соединений Ca с Si) в качестве основного вяжущего реагента. При этом общей фундаментальной основой природного и искусственного процесса «литификации» является физико-химическая природа взаимодействия воды с твердыми минеральными фазами.

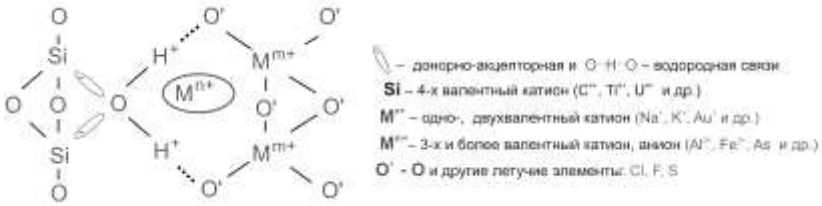
В длительной истории изучения этой проблемы наиболее заметными являются подходы, известные как кристаллизационная теория твердения (Ле-Шателье, 1887 г.) и коллоидная теория В. Михаэлиса (1893 г.). Эти представления были объединены А. А. Байковым [1] на новом уровне. В его теории твердения рассматривается образование продуктов гидратации в твердом состоянии. Эта теория известна под названием «теория протонирования», т.к. она предполагает миграцию ионов водорода (протонов) в объем твердых частиц клинкерных минералов (силикатов кальция) цемента.

Однако, несмотря на длительность изучения проблемы твердения и различные подходы к ее решению, общепризнанной теории, которая могла бы дать исчерпывающее объяснение процессов консолидации и твердения в водно-минеральной системе, иначе – объяснить природу вяжущих свойств при гидратации – вплоть до н.в. не существовало.

Такая же ситуация имела место и в геологии. Несмотря на то, что все процессы минерало- образования и преобразования, наиболее распространенным из которых является метаморфизм, происходят с неизменным участием воды, механизм ее связывания в твердом

минеральном веществе и роль в процессах структурно-химического изменения пород оставался до недавнего времени неясным.

а



Ca (также **Sr** и **Ba) не входит в структуру аква-комплекса!**

б



Рис. 3 Кристаллохимическая модель аква-комплекса (**а**); карстовая пещера (**б**) − природное доказательство невозможности вхождения Ca в его структуру

Решением проблемы является а**ква-комплекс [$2SiO_3$–OH_2–$M^{n+}2M^{m+}O`_4$]**, установленный в результате многолетних исследований взаимодействия воды с минеральным веществом [2, 3].

Кристаллохимическая модель аква-комплекса (Рис. 3а) отвечает на вопрос о механизме связывания воды в алюмосиликатном веществе породообразующих минералов. Здесь тетраэдрически заряженная молекула воды [$\underline{\ }$ **O — 2H$^+$**][4] образует химические связи между двумя тетраэдрами [SiO_4] слева и двумя тетраэдрами [AlO_4] справа. Аква-комплекс является универсальной кристаллохимической ячейкой, из которой могут быть получены все, без исключения, минералы. Его фундаментальная роль в изменении минерального вещества пород и в образовании месторождений полезных ископаемых показана в [3].

Концепция аква-комплекса раскрывает механизм литификации, в котором Ca и Si играют ключевую роль в связывании тонкодисперсных минеральных компонентов в массивную скальную породу. В этом контексте находят объяснение вяжущие свойства клинкерных минералов цемента (алит, белит и др.). Причиной является антагонизм кремния и кальция по отношению к связыванию с водой в структуре аква-комплекса. Si является его главным структурообразующим элементом, тогда как Ca, из-за особенностей своего электронного строения, не может занять в аква-комплексе позицию M^{n+} двухзарядного катиона. Искусственное получение минералов клинкера – соединение Ca и Si при высокой ($\geq$ 1300˚) температуре − имеет своей целью соединение этих элементов в одной фазе (система C – S). При гидратации клинкерных минералов происходит миграция ионизированных атомов водорода, протонов, в матрицу силикатов кальция (Рис. 2а). Из-за невозможности Ca связаться с водой, вокруг него образуется атмосфера водородных связей, которые имеют энергетический потенциал [7]. Благодаря этому, в системе C–S–H начинает генерироваться энергия. Именно она обеспечивает связывание, затем − упорядочение ее структурных элементов (Рис. 2б). В этом процессе происходит объединение друг с другом минеральных микрочастиц гетерогенной системы. Макроскопическими проявлениями внутренних структурных процессов являются твердение, усадка и упрочнение материала, а также выделение тепловой энергии. Хорошо известно, что гидратация цемента имеет экзотермический характер.

Данный механизм раскрывает особые свойства бетона как искусственного скального материала. Практически наиболее важными из них являются особенности его поведения при эксплуатации. Ярким примером являются неожиданные разрушения дамб и других крупномасштабных бетонных сооружений. В связи с этим возник новый термин «конфликт скала-бетон» («rock-concrete conflict"). Концепция аква-комплекса дает исчерпывающее объяснение этому феномену [5, 6]. Бетон, из-за статистически равномерного распределения Ca, концентратора водородных связей, имеет, наподобие аккумулятора, значительную, но ограниченную энергоемкость. Благодаря этому он играет роль стока избыточной энергии внешней системы, но до определенного предела. При превышении этого порога, запасенная внутренняя энергия спонтанно высвобождается и материал взрывается.

Недавно (14 августа 2018г.) случившаяся техногенная катастрофа – обрушение моста Моранди в Генуе (Рис.4а) дает более глубокие доказательства в пользу выше сказанного о природе особых свойств бетона.

а **б** **в**



Рис.4 Складчатые структуры Альп-Апеннин (**а**) и направления основных хребтов (**б**) (●– местоположение Генуи); обрушение моста Моранди (**в**)

Генуя находится на Лигурийском побережье Средиземного моря. Город точно расположен на стыке двух разнонаправленных тектонических структур юго-западных Альп и северных Апеннин (Лигурийский Альпы/Лигурийские Апеннины) (Рис. 4а). В этой точке имеет место наибольший изгиб тектонической структуры (Рис. 4б), чему соответствуют максимальные деформационные напряжения твердой Земной коры. Следует учесть, что на современном этапе ее состояние является особо нестабильным. Обрушение моста произошло в штормовую погоду. При этом, по славам очевидцев, в одну из несущих бетонных опор моста ударила молния, после чего произошло одномоментное обрушение 200-метрового пролета его проезжей части (Рис. 4в).

«Конфликт скала-бетон» не имеет закономерного характера: далеко не все дамбы и другие масштабные бетонные сооружения разрушаются при эксплуатации. Это зависит от места, конкретно от типа пород [5, 6]. Там, где они имеют преимущественно алюмосиликатный состав, техногенные катастрофы не происходят. При высокой концентрации известковых пород (известняки, мраморы и др.) любая нештатная ситуация может привести к спонтанному выделению внутренней энергии бетона, что выглядит как взрыв сооружения.

В случае обрушения моста Моранди данный механизм имеет наиболее иллюстративный характер. Во-первых, позиция Генуи (Рис. 4а, б) в современных условиях нарастания тектонической активности Земли обусловливает критические деформационные напряжения в минеральном континууме. Во-вторых, вся альпийская складчатая область изобилует кальциевыми породами: известняками (Рис. 5а), доломитами (известный доломитовый массив Альп), мраморами. Свойство аква-комплекса трансформировать избыток энергии минеральной системы в процессе структурно-химического преобразования пород объясняет их деформационное поведение. Аква-комплекс является элементарной кристаллохимической ячейкой («клеткой») минерального континуума. В случае ее алюмосиликатного состава, тектонические напряжения снимаются за счет структурно-

химических преобразований минерального вещества пород (метаморфизма) (Рис. 5б). При этом аква-комплекс является интермедиатом (посредником) минеральных реакций. При высоком содержании кальция в породах, минеральная среда не может конвертировать избыток энергии, вызванной в данном случае мощной тектоникой, т.к. Са препятствует образованию аква-комплексов – трансформаторов энергии в минеральной системе.

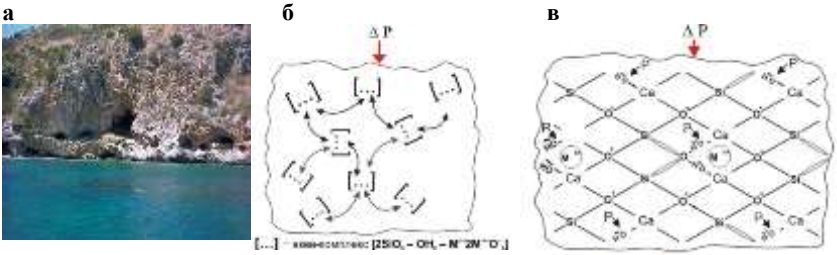


Рис. 5. Известковые скалы на Лигурийском побережье (**а**); конвертация деформации пород (Δ Р) в их структурно-химическое преобразование (метаморфизм) (**б**); аккумуляция энергии деформации (Δ Р) в водородных связях в объеме бетона (**в**)

В этом случае деформационные напряжения начинают аккумулироваться в бетонном объекте. Местами концентрации избыточной энергии являются водородные связи около атомов Са, равномерно распределенных в объеме бетона (Рис.5в). Вследствие этого происходит изменение его электрических свойств, что и явилось причиной попадания молнии в бетонную опору. Особенности катастрофы: спонтанный характер и масштаб разрушения моста − свидетельствуют о высвобождении огромной энергии, аккумулированной в бетонном объекте. Генерация этой энергии в искусственной C–S–H системе бетона обусловлена, по экспериментальным [7] и геологическим [3] данным, природой водородных связей.

Таким образом, обрушение моста Моранди в Генуе раскрывает природу необычного поведения (разрушения) бетона в резко неравновесных природных минеральных системах («конфликт скала-бетон). Верификация теории твердения, основанной на концепции аква-комплекса, объясняет необычное поведение бетонных сооружений при их эксплуатации.

Литература

1. Байков А.А. Техн-экон. Вестник. 1923, Т.3, № 6−7, С. 206 −215
2. Stenina N.G. 2004. Water-related defects in quartz. Bulletin of Geosciences. 2004. V. 79, N4, P. 251−268

3. 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.
4. Bernal J.D., Fowler R.H. A theory of water and ionic solutions with particular reference to hydrogen and hydrogen ions. J. Chem. Phys. 1933. 10(8), P. 515−538
5. Стенина Н.Г. Строительная индустрия в свете решения проблемы связывания воды в силикатном веществе. 2014. Новосибирск: Изд-во НГАСУ (Сибстрин). 48с.
6. Стенина Н.Г. Ca/Si «гид» в строительном материаловедении. В сб. «Физико-химические процессы в строительном материаловедении.2018. А.П. Пичугин (отв. редактор). Новосибирск: Изд-во НГАУ, С.11 – 16
7. Sermon P.A., Bond G.C. Hydrogen Spillover. Catalysis Review. V.8, N2, P. 211

УДК 69.059.25.691

Х. Баатарсурэн, С. Чулуунхуяг, Б. Лхагвадулам
(Улан-Батор, Монголия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ КЛЕЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕМОНТА ПОВРЕЖДЁННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В нашей стране существуют старые здания в возрасте 40 - 50 лет, чьи внутренные и наружные трубопроводные системы перестали удовлетворять современным требованиям по потреблению. В результате, это приводит к появлению таких повреждений как трещины, разрывы и перфорация. Для решения этих проблем было разработано новое решение для ремонта трубопроводов под давлением с использованием органической клеевой технологии. Химические и физические характеристики материала определялись согласно технологических испытаний с использованием соответствующих методов.

Экспериментальная часть

Для определения оптимального состава смеси были изготовлены смеси, составы которых приведены в таблице 1. Образцы и прибор для испытаний представлены на рис 1.

Таблица 1

Смеси	Порошок конской кости, г	Конская кровь, г	Соотноше-ние
Сорьц I (С-I)	15	20	0.75
Сорьц II (С-II)	20	20	1
Сорьц III (С-III)	20	15	1.33



Рис.1. Образцы для испытаний



Рис. 2. Прибор для испытаний

Результаты испытаний трубопроводов с образцами клея на прочность и герметичность показаны на рис.3.

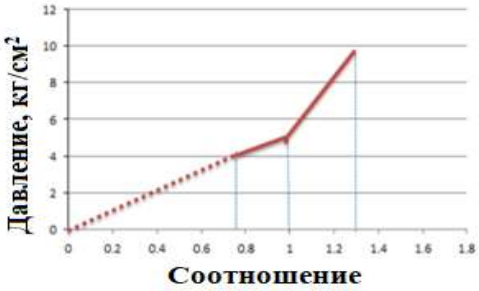


Рис. 3. Прочность давления в трубопроводе с образцами.

Микроструктура смеси.

Для характеристики микроструктуры смеси использовали энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию (EDX) SEM. Результаты представлены на рисунке 4.

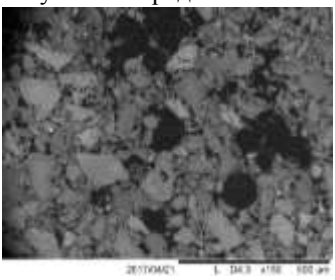


Рис. 4 SEM микрофотографии смеси

Химический состав белой части смеси в основном представлен железом (89,4%) (рис 5б).

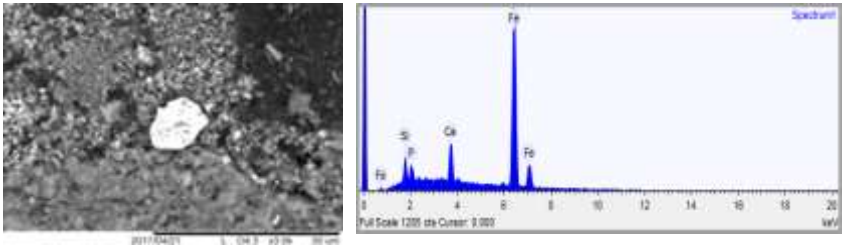


Рис 5. Химический состав белои части смеси.

Химический состав чёрной части смеси в основном состоит из кальции (68, %) рис 6б).

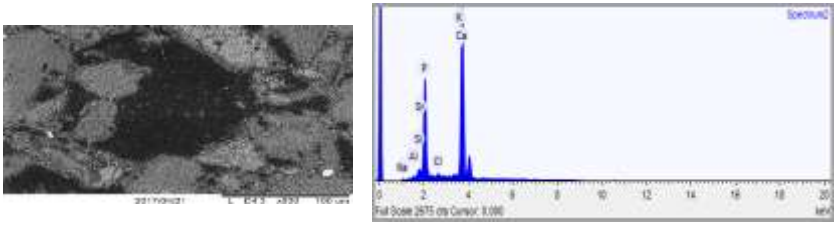


Рис. 6. Химический состав чёрнои части смеси

Выводы:

1. Установлены оптимальный состав смеси шва и технологию наклейки.
2. Показано, что эта технология может быть использована до давления 1,0 МПа.
3. В 2004 году чугунный трубопровод был отремонтирован с давлением 0,6-1,0 МПа с помощью этой наклейки, и этот трубопровод все еще функционирует.

Библиографический список:

1. Дондог С. Органическая химия. УБ. 1992 он
2. Энхтуяа Б. Технология мяса и мясопродуктов. УБ 2009 г. с.265
3. http://www.unen.mn /
4. http://prezi.com/
5. http://biocrystal materials From horse blood /
6. http://glue by horse blood /
7. http://Why Horses Make Good glue- Gizmkdo /

УДК 69.059.14

А.В.Пермина, И.В.Белан (Новосибирск, Россия)

ПРОБЛЕМЫ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ К ВОПРОСУ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ

Техническое обследование зданий и сооружений в настоящее время приобретает все большую значимость, так как это полное исследование конструкций зданий для определения их технического состояния. Оно включает в себя целый комплекс вопросов, которые связаны непосредственно с обеспечением безопасности. Кроме того, в рамках работ по обследованию разрабатываются мероприятия, цель которых обеспечить надежность и долговечность зданий.

В связи с введением ГОСТ 31937- 2011 (входит в перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений установлены требования по обязательному обследованию, в т.ч.:

4.3 Первое обследование технического состояния зданий и сооружений проводится не позднее чем через два года после их ввода в эксплуатацию. В дальнейшем обследование технического состояния зданий и сооружений проводится не реже одного раза в 10 лет и не реже одного раза в пять лет для зданий и сооружений или их отдельных элементов, работающих в неблагоприятных условиях (агрессивные среды, вибрации, повышенная влажность, сейсмичность района 7 баллов и более и др.). Для уникальных зданий и сооружений устанавливается постоянный режим мониторинга.

4.4 Обследование и мониторинг технического состояния зданий и сооружений проводят также:

- по истечении нормативных сроков эксплуатации зданий и сооружений;
- при обнаружении значительных дефектов, повреждений и деформаций в процессе технического обслуживания, осуществляемого собственником здания (сооружения);
- по результатам последствий пожаров, стихийных бедствий, аварий, связанных с разрушением здания (сооружения);
- по инициативе собственника объекта;
- при изменении технологического назначения здания (сооружения);

- по предписанию органов, уполномоченных на ведение государственного строительного надзора.

Комплексное обследование зданий и сооружений начинается с освидетельствования конструкций и составления дефектной ведомости (схемы). При выявлении дефектов и повреждений специалист определяет их характер и анализирует причину их появления. По характерным признакам повреждений эксперт делает прогноз того, как данные повреждения повлияют на общее состояние всего здания, и предлагает комплекс мероприятий по устранению выявленных повреждений.

На второй стадии эксперт должен провести испытания строительных материалов основных несущих конструкций с определением их механических прочностных характеристик. Сравнивая полученные характеристики с заложенными в первоначальной проектной документации, специалист оценивает понижение прочности несущих конструкций. Для выявления механических характеристик применяются разрушающие и неразрушающие методы испытаний. При использовании неразрушающего метода никакого вреда строительным конструкциям не наносится. В этом случае используются современные технологии и приборы, значительно облегчающие процедуру экспертизы. В ООО «НОВОСИБСТРОЙСЕРТИФИКАЦИЯ» имеются возможности для использования основных известных на данный момент методов неразрушающего контроля:

- Магнитный метод - Поиск 2.51, Zircon;
- Ультразвуковой метод – Пульсар 1.1;
- Метод отрыва со скалыванием- прибор Оникс;
- Ударно – импульсный метод – молоток Шмидта, ИПС МГ 4.03;
- Георадиолакационный – приборами георадар ОКО-2, трассоискательRD-800;
- Тепловизионный - при помощи тепловизоровFlukeTi, Testo 875-1,
- Методы неразрушающего контроля для определения параметров материалов: неразрушающий прибор для определения влажности древесины – МГ-4Д, толщиномеры (Константа).

Нередко заказчик с целью экономии средств исключает из технического задания некоторые необходимые для качественной оценки работы, что отрицательно отражается на результате работ и может привести к печальным последствиям. Мнимая экономия средств заказчика может привести наоборот к увеличению стоимости строительных работ, а иногда и к трагедии.

За время своей эксплуатации здания могут претерпевать некоторые изменения -они могут перестраиваться, надстраиваться, переводиться , например, из жилого фонда в нежилой, в результате

чего нормативная нагрузка на перекрытия изменяется, например для жилых помещений временная нагрузка –150 кг/ кв м , а для офисов 200-250 кг/кв м. В подобных случаях эксперту необходимо провести поверочные расчеты строительных конструкций с учетом изменения нормативных нагрузок. Поверочные расчеты являются важным инструментом при проведении экспертизы.

Для максимально достоверной оценки технического состояния отдельных конструкций, совокупности их в сооружении, соответственно, и сооружения в целом, и для определения остаточного ресурса зданий необходимо (особенно для потенциально опасных зданий) проведение поверочных расчетов с максимальным учетом фактических характеристик материалов, конструкций и сопряжений, наличия и расположения дефектов, фактического распределения нагрузок.

При этом, согласно требованиям ГОСТ, для оценки технического состояния и определения необходимости проведения дополнительных мероприятий по усилению конструкций (либо демонтажа отдельных конструкций /здания в целом) необходимо определение таких показателей как период собственных колебаний зданий с помощью специальных измерительных комплексов.Результаты таких измерений должны быть основой поверочных расчетов.Мировым лидером в данном направлении является разработка российских ученых – комплекс «Струна», усовершенствованная версия – комплекс «Стрела».

К сожалению, использование комплексов для оценки собственных колебаний зданий для коммерческих объектов применяется крайне редко. Негосударственные заказчики вообще не прибегают к такого рода испытаниям (хотя для высотных и технически сложных объектов такие испытания обязательны!!!). Интерес к таким исследования проявляет только Министерство обороны (после печально-известных событий в Омске).

Таким образом, для выполнения качественного обследования в настоящее время существует подробная нормативная база. Но, комплексный в подход так и обязательным и общепринятым фактором. Результат – постоянные новости обо авариях, обрушениях с человеческими жертвами. ОтЗаказчика работ требуется понимания сложности и ответственности таких работ при составлении технического задания. Органы власти в свою очередь, должны жестко контролировать исполнение обязательных к применению нормативных требований. Экономия времени и средств в данном вопросе может существенно отразится на эксплуатации объектов и привести к плачевным последствиям.

УДК 692.5

И.М.Себелев., Н.П.,Карасёв, М.Б. Базарова
(Новосибирск, Россия)

ПРОБЛЕМАТИКА ВНЕДРЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК

В настоящее время в строительной сфере России создалась неординарная обстановка с разработкой и внедрением инноваций. С одной стороны, поступают сообщения о многочисленных разработках различных инновационных материалов и технологий их применения, не меньше чем в других отраслях, а с другой стороны, в реальной практике почти незаметен результат этих научных и проектных решений. К тому же в России на инновации в строительстве тратится значительно меньше средств, чем, например, в Европе.

Показательно в этом отношении применение наноматериалов в строительном производстве. Например, много лет сообщается о ведущихся разработках "нанобетонов" и наномодифицированных добавок для бетонов, но если за рубежом имеются примеры применения особопрочных бетонов на основе нанотехнологий, то в России сообщается только о научных или лабораторных стадиях таких работ. Имеются сообщения о перспективных разработках на основе наноматериалов и в лакокрасочной промышленности, но масштабных примеров их применения в России до сих пор нет.

В мире широко распространено мнение, что только на основе применения инновационных наноматериалов может быть достигнут прогресс в строительных технологиях при возведении и эксплуатации энергосберегающих зданий и сооружений, в том числе в малоэтажном строительстве. Имеются, например, перспективные разработки наноплёнок, которые могли бы значительно снизить энергопотери через самый значительный канал утечки тепла - окна.

Ситуацию, сложившуюся в России в области разработок и применения инновационных материалов и технологий, значительное отставание от зарубежного опыта, можно объяснить не просто традиционным нежеланием строителей вкладывать средства в длительные научные разработки даже очевидно рентабельные, а дефицитом свободных финансовых средств, что обусловлено своеобразием экономики России в последнее время.

Даже обычная практика внедрения новых материалов и технологий, существующая годами в строительной сфере и основанная на заимствовании научных результатов из других областей почти прекратила своё существование.

Здесь уместно напомнить, что неизбежно, по устоявшейся мировой практике, возникает задача, доказательства качества и безопасности (валидности) поступающих на рынок товаров. Это

потребует применения узаконенных процедур или разработки и утверждения новых процедур оценки качества и безопасности новой продукции или услуги (работы), и особенно инновационной. Такая деятельность в нашей стране значительно менее развита в силу исторических и других причин. .При этом под качеством продукции понимаетсясовокупность свойств продукции, обусловливающих ее пригодность удовлетворять определенным потребностям в соответствии с ее назначением, а продукция – это результат процесса, протекающего в стабильных условиях в соответствии с требованиями к продукту, предназначенному для обращения на рынке.Таким образом, в требованиях к продукции содержатся требования к производственным процессам, к стабильности условий их осуществления, а стабильные условия - это производство под контролем системы качества в соответствии со стандартами серии ISO9000.

Проблемы управления качеством продукции поставили задачи количественной оценки её качества, необходимой для принятия решений на всех стадиях её производства и стандартизации.

Контроль качества – это в конечном итоге процесс выбраковки. Естественно, качество изделий при этом не повышается за счет выбраковки. Поэтому руководитель предприятия должен сосредоточить своё внимание не на выявление брака, а на его предупреждении, на тщательном контролировании всех стадий производственного процесса.

При этом нельзя обходить стороной условия внедрения инноваций и среду, в которой это происходит. В настоящее время, например, при строительстве "пассивных" домов необходимо учитывать более широкий комплекс требований, который зависит от уровня развития общества: социально-культурный аспект: формирует категории оценки потребностей, отражающие представления современного поколения о качестве жизни. Энергоэкологический аспект: формирует категории оценки потребления природных ресурсов, отражающие стремление современного поколения обеспечить для следующих поколений справедливое право на пользование не возобновляемыми ресурсами Земли. - Экономический аспект: формирует категории оценки соотношения потребностей и потребления, отражающие стремление современного поколения к снижению стоимости жизненного цикла объекта недвижимости.

На такой основе создан, например, стандарт предприятия СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 "Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания".

Этот стандарт базируется на международном стандартеISO 15392:2008 Sustainabilityinbuildingconstruction – Generalprinciples

(Устойчивость при строительстве зданий – Общие принципы). При разработке этого стандарта разработчики учли как требования национальных стандартов, строительных и санитарных норм, правил и методических документов, так и основные положения зарубежных рейтинговых систем оценки LEED (США), BREEAM (Великобритания), DGNB (Германия) и HQE (Франция).

Таким образом, необходимо, на наш взгляд, видоизменять структуру стандарта организации(СТО), чтобы учесть все стадии: проектирование, производство (изготовление), строительство, приёмка и эксплуатация.

УДК 622.245.422

*А.**А.Шаталов, А.П.Пичугин, Ю.И.Бик (Новосибирск, Россия)***
К.Ковлер (Хайфа, Израиль)

ПРОЦЕССЫ КОРРОЗИИ БЕТОНА И ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Обследованы бетонные причальные сооружения, отобраны пробы бетона и определены их свойства свидетельствующие об интенсивной деградации материала. Для обеспечения надежной эксплуатации портовых объектов рекомендуется использовать специальные полимерсиликатные составы с добавками направленного действия, что может существенно повысить стойкость бетонных причалов.

***Ключевые слова:** бетон, причальные сооружения, коррозия бетона, пористость цементного камня, полимерсиликатные композиции, долговечность*

A.A. Shatalov, A.P.Pichugin, Yu.I.Bik, (Novosibirsk, Russia)
K.Kovler (Haifa, Israel)

PROCESSES OF CORROSION OF CONCRETE AND THE POSSIBILITY OF RESTORING ITS CAPACITY

Concrete mooring facilities were examined, concrete samples were taken and their properties indicating intense material degradation were determined. To ensure reliable operation of port facilities, it is recommended to use special polymer silicate compositions with directional additives, which can significantly increase the durability of concrete moorings.

***Keywords**: concrete, mooring facilities, concrete corrosion, cement stone porosity, polymer-silicate compositions, durability*

Бетон и железобетон гидротехнических речных сооружений испытывает целый комплекс различных воздействий, главными из которых являются разрушение при замораживании и химическая

коррозия. К химическому воздействию относят реакции растворимых солей, щелочей и кислот, содержащихся в природных и промышленных водах. Природные воды бывают двух видов: подземные и поверхностные. Грунтовые (подземные) и поверхностные воды могут содержать целый набор различных ионов: H', K', Na', Ca', Mg', Cl' SO''_4 и CO'_3, которые составляют 90-95% всех растворенных в воде солей. По данным многочисленных исследований концентрация ионов водорода в поверхностных водах pH колеблется в пределах от 4,0 до 9,0, а в почвах - от 3,5 до 9,5. Наибольшей концентрацией отмечены ионы натрия во многих природных водах. Ионы калия могут составлять до 10-12%; ионы магния присутствуют почти во всех природных водах и их содержание доходит до нескольких граммов в литре. Широко распространены гидрокарбонатные ионы HCO_3, сероводород в виде молекулярно растворенного газа H_2S, растворенный в результате бактериального разложения в природных водах аммиак. Для некоторых речных бассейнов концентрация активных ионов в воде может достигать по сульфатам, хлору, калию и натрию до 40-50 тысяч мг/л.

В зависимости от характера действия и механизма коррозионного процесса известный ученый В.М. Москвин выделил три вида коррозии бетона. Первый вид связан с воздействием на бетон маломинера-лизованной воды, растворяющей составляющие цементного камня (растворимый гидроксид кальция) и удаляемый из него. При этом изменяется химический состав, происходит снижение щелочности, отмечается перекристаллизация продуктов гидратации цемента, что приводит к уменьшению плотности и прочности бетона.

Второй вид коррозии вызван воздействием кислот и солей с последующим выносом из цементного камня растворимых компонентов в результате обменных химических реакций между гидратированными минералами цементного камня и водной средой.

Третий вид обусловлен реакционной способностью растворенных в воде соединений реагировать с минералами цементного камня с образованием малорастворимых кристаллов в поровом пространстве бетона, приводящих к разрушению и потере прочности материала за счет кристаллизационного давления на стенки пор.

Все эти виды коррозионных процессов имеют тенденцию к ускорению при физических и климатических воздействиях, приложении циклических или знакопеременных нагрузок на конструкции, постоянном замачивании и высушивании, попеременном замораживании и оттаивании.

Объяснением происходящим процессам разрушения бетона в результате замораживания является расширение объема воды при

замерзании и воздействие льда на межпоровые перегородки. А.Коллинзом, Т.Пауэрсом, Р.Хельмутом были проведены комплексные исследования при замерзании воды в пористом пространстве бетона, позволившие установить связь миграции воды из незамерзающих участков с образованием льда в крупных порах, что приводит к разрушению цементного камня. При этом отмечено увеличение гидравлического давления превышающего прочность самого материала. Определена критическая величина пути истечения воды, равная 0,25 мм, что позволило выработать рекомендации по предотвращению морозного разрушения бетона путем введения мелких пузырьков воздуха, обеспечивающих резерв для миграции избытка воды и компенсации избыточного давления. М.Мак-Иннз и Ж.Бодуэн подтвердили данные выводы о разрушительной роли льда и влиянии избыточного давления на пористую структуру цементного камня [1-3].

Не менее важной характеристикой бетона при его сопротивлении морозному разрушению являются вид и свойства заполнителей. Целым рядом исследователей установлено, что поры в заполнителях должны быть минимальными и не превышать 0,3% суммарного объема. Для насыщенных водой заполнителей должен быть установлен критический размер, ниже которого не отмечается действие мороза.

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 пористости, что свидетельствует о влиянии 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.

Таблица. Характеристики пористой структуры образцов бетона причальных сооружений

№ пробы	Описание места отбора и внешнего вида образца	Суммарная пористость, %	Объём микропереходных пор ($r \leq 100$ нм) по бензолу, $см^3/г$	Объём макропор ($r \geq 100$ нм) в % от суммарной пористости	Водопоглощение 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	8,5
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

Несмотря на проведенный ранее капитальный ремонт, в зоне переменного горизонта воды разрушения интенсивно нарастали, о чем свидетельствуют данные образцов (таблица).

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 [2].

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.

Эксплуатационно-профилактические мероприятия предусматривают нейтрализацию агрессивных сред, герметизацию бетона при эксплуатации. Защиту бетона от коррозии можно разделить на первичную и вторичную.

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.

Защитный процесс реакции проникающего вещества с бетоном возобновляется каждый раз заново при попадании на поверхность влаги.

В состав проникающих материалов входят соли щелочных металлов, а также активные полимерные добавки.

Впервые проникающая гидроизоляция была изобретена в 50-х годах в Дании. С тех пор эти материалы разрабатываются под разными марками

и надежно закрепились на строительных рынках всего мира. Их активно применяют как в профессиональных целях, так и при работе своими руками. Самыми популярными марками проникающих гидроизоляторов считаются следующие: Васкон; Гидротекс; Дегидрол, Кальматрон; Ксайпекс; Пенетрон; Стромикс и др. Все марки различаются страной-производителем, ценовой категорией, а также некоторыми техническими нюансами - в жидком или сухом состоянии.

Гидроизоляционные работы рекомендуется производить в период строительства, но может быть использована сухая или жидкая изоляция в процессе ремонта. Смеси активно используются для пропитки фундамента, цоколя, дамб, стен, а также полов здания. С их помощью повышается влагоустойчивость бассейнов, тоннелей, насосных станций и различных технических сооружений [2-4].

Добавка дегидрола не только оказывает минимальное влияние на ухудшение реологических характеристик составов, но и вызывает пластифицирующий эффект. Это приводит к снижению вязкости и реологических характеристик композиций, что весьма важно с позиций обеспечения высокого качества защиты от коррозионного разрушения.

Определена водостойкость и морозостойкость полимерсиликатных наполненных защитных композиций на основе дисперсии ПВА и жидкого натриевого стекла с бинарными минеральными добавками. Прочность материала покрытия при попеременном увлажнении и высушивании, так же, как и при постоянном нахождении в воде практически не изменяется; при замораживании и оттаивании она снижается всего на 5-8% за триста циклов, что свидетельствует о достаточной сопротивляемости защитного материала. При этом следует отметить незначительные потери массы, не превышающие 0,5-2,5%. Наилучшей стойкостью обладают составы с большей степенью наполнения добавки дегидрола. Защитные полимерсиликатные композиции при соотношении дегидрол : отходы ХЦП в пределах от 1:1 до 1:2 являются водостойким и морозостойким материалом, вполне приемлемым для устройства покрытий бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений и инженерных объектов сельскохозяйственного назначения [4,5].

Большинство обследованных бетонных и железобетонных причальных сооружений требуют текущего и капитального ремонта, а отобранные пробы бетона и их характеристики свидетельствуют об интенсивной деградации бетона и необходимости проведения ремонтных работ и восстановительной защиты. Для обеспечения надежной эксплуатации портовых объектов рекомендуется использовать специальные полимерсиликатные составы с добавками направленного действия, что может существенно повысить стойкость бетонных причалов.

Список литературы

1. Соломатов В.И., Селяев В.П. Химическое сопротивление

композиционных материалов. – М.: Стройиздат, - 1987. – 264с.
2. Лесовик В.С. Управление структурообразованием строительных композитов: монография /В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2011.–462с.
3. Бутт Ю.М. Структура цементного камня многолетнего твердения / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев, В.С. Бакшутов // Цемент. - 1969. - № 10. - С. 14-16.
4. Пичугин А.П., Городецкий С.А., Бареев В.И. Комплексная защита сельскохозяйственных объектов от коррозионного разрушения. // Строительные материалы. - 2011, - №3. – С.45-47.
5. Пичугин А.П., Городецкий С.А., Бареев В.И. Коррозионностойкие материалы для защиты полов и инженерных систем сельскохозяйственных зданий и сооружений. (Монография). НГАУ-РАЕН. - Новосибирск, 2010. - 123 с.

УДК 691.33:624.131

Басалаева М.Е., Киричёк В.А., Каткова Т.Ф.
(Новосибирск, Россия)

ПРОЦЕССЫ СТАРЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Асфальтовый бетон в процессе работы в дорожных покрытиях подвергается воздействию комплекса атмосферных факторов и вовремя изменяет свои свойства. Одной из причин разрушения асфальтобетонных покрытий является старение битума, входящего в состав материала, что связанно с потерей им вязкопластических свойств. Это обуславливается испарением масел, входящих в состав битумов. Интенсивность этого процесса зависит от величины поверхности испарения и упругости паров, насыщающих пространство (способны испаряться масла с молекулярной массой ниже 400).

Вторым важным фактором старения органических вяжущих в асфальтобетоне является химическое изменение компонентов битума с образованием новых высокомолекулярных органических соединений. Эти изменения связаны с процессом окисления. Интенсивность этого процесса зависит от величины и совокупности действия многих факторов – теплового воздействия, солнечного света, механических воздействий, действия солей металлов переменной валентности (железа, меди, марганца…) и др.

При старении асфальтобетона в слое дорожного покрытия под воздействием кислорода воздух, температурных условий и воды ярко проявляются четыре основных стадии этого процесса.

Первая стадия старения асфальтобетона характеризуется его упрочнением, повышением водостойкости и снижением деформативных материалов, которые происходят под действием уплотняющих нагрузок от транспортных средств.

Вторая стадия старения наиболее продолжительная и характеризуется практической неизменностью показателей прочности асфальтобетона. Однако водо- и морозостойкостью этого материала на второй стадии старения снижаются.

Третья и четвертая стадии старения характеризуются резким снижением прочности асфальтобетона, ростом его водонасыщения, уменьшением водо- и морозостойкости, которые могут привести к быстрому разрушению дорожного покрытия. При этом четкой границы между третьей и четвертой стадиями не существует.

Представление о старении органических вяжущих основывается на теории цепных химических реакций. Основная роль в этих реакциях принадлежит соединениям, которые образуются на начальных стадиях взаимодействия кислорода с углеводородами. Эти неустойчивые соединения распадаются на свободные радикалы и дают начало новым цепям окислительных реакций. При поглощении кислорода происходит деструкция высокомолекулярных углеводородов с выделением газообразных и жидких веществ (CO, CO_2, H_2O, CH_2O, CH_3CHOR-COOH).

В процессе старения изменяется групповой состав битума, что характеризуется уменьшениями масляной и увеличением смолистоасфальтовой составляющих.

Эти изменения вызывают изменения структуры и свойств битума и асфальтобетона – повышается вязкость, теплоустойчивость, жесткость и упругость, понижается пластичность. Это способствует хрупким разрушениям асфальтобетона при низких зимних температурах.

Эксплуатационные воздействия, способствующие разрушению структуры асфальтобетона можно условно разделить в три основные группы: воздействие автотранспортных средств на асфальтобетон дорожной конструкции; воздействие окружающей среды, вызывающие снижение структурно-механических характеристик асфальтовых бетонов; воздействие факторов, связанных с эксплуатацией асфальтобетонных покрытий.

Литература:

1.*В. Ю. Иливанов, М. Г. Салихов* Исследование долговечности модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона при действии агрессивной среды/ Е.В. Вайнштейн, М.Г. Салихов //Вестник ПГТУ. Лес. Экология. Природопользование. - 2013. – № 2 (18). – С. 38-45.

2. *Д. Г. Игошкин, В. Е. Кошкаров, Д. Г. Неволин, А. В. Втюрин* Устройство асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с использованием асфальтогранулята / Д. Г. Игошкин, В. Е. Кошкаров, Д. Г. Неволин, А. В. Втюрин // Инновационный транспорт. – 2014. – №1 (11). – С. 35-41.

УДК 691.08

С.А.Лукьянчиков (Томск, Россия)
А.А.Кучеренко (Одесса, Украина0

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ НА СЫРЬЕВОЙ БАЗЕСИБИРСКОГО РЕГИОНА

Аннотация: В работе представлены результаты экспериментальных исследований по 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.Показана возможность использования для компенсации усадочных процессов фибры, полученной при измельчении отслуживших свой срок минеральных матов.

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

WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF STRUCTURAL CONCRETE FOR HEAVY RAW BASESOURCE REGION

Abstract: the paper presents the results of experimental studies to improve the efficiency of concrete technology with the maximum use of local raw materials and with minimal investment to re-equip the existing construction industry standard equipment for their preparation. The possibility of using to compensate for shrinkage processes fibers, obtained by grinding end-of-life mineral mats.

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

Современные проекты, для удовлетворения постоянно возрастающих требований потребителей, все чаще, предполагают использование высокомарочных бетонов (класс по прочности В60 и выше). При этом, современные технологии строительного производства, особенно на строительных площадках, 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. 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 бетонов класса по прочности В60 из бетонных смесей средней подвижности, на заполнителях с прочностью 90-105 МПа). Все это вызывает серьезные дополнительные вопросы при организации технологии таких бетонов.

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 микро- и макроуровне.

На микроуровне: выбором вяжущего и добавок, обеспечивающих требуемые прочностные характеристики цементного камня, вида модификации исходных компонентов, формирующих микроструктуру бетона (физико-химическая, механическая, электроимпульсная и т.д.), а также вида воздействий на твердеющий бетон с целью регулирования параметров структурообразования.

На макроуровне: созданием каркасной структуры за счет правильного проектирования зернового состава с малой межзерновойпустотностью и установлением требуемого количества агрегатов (компонентов), образующих оптимальную микроструктуру и макроструктуру композиции.

Реализация перечисленных выше положений предполагает довольно высокую подвижность бетонных смесей при относительно высоком количестве вяжущего, 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 является большой проблемой, наряду с лежащими в ее основе усадкой, ползучестью. Большой объем исследований посвящен решению этой сложной задачи, однако, усадка является явлением, пока не до конца понятым. В исследованиях одного из ведущих специалистов по этой проблеме израильского профессора Константина Ковлера[2,3] обсуждаются 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 капиллярнооого 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.

В рамках выполнения работ по договору № 109-12/НИОКТР с Томским ЗКПД ТДСК было проведено большое количество экспериментов для разработки рецептур высокопрочных тяжелых бетонов с классом по прочности на сжатие не менее В60 при приготовлении бетонных смесей без переоборудования, имеющегося на ЗКПД ТДСК технологического парка и применение дорогих и дефицитных сырьевых материалов. В качестве сырьевых материалов необходимо было использовать минеральные ресурсы Западной Сибири (Томской области) и доступные на рынке Томска модифицирующие добавки. В качестве вяжущего использовался применяющийся в основном производстве ООО «ЗКПД» портландский цемент ЦЕМ1 42,5. В качестве заполнителя, щебень из гравия 5-20, 5-10 и 10-20 мм. Кандинского месторождения и песок Кандинского месторождения с Мк=2,7-3,15. В качестве модификаторов использовались распространенные на Томском рынке добавки фирм «МСBauchemiePowerFlow», «Полипласт», «Юником», «Штайнберг», «Бенотех», «Басф». Для компенсации усадочных процессов вводились различные виды фибр, в том числе и фибра, полученная при измельчении отслуживших свой срок минеральных матов (длина волокон от 0,5 до 9 мм).

В результате проведенных экспериментов получены бетоны с прочностью, приближающейся к прочности заполнителя ($R_з/R_б$ = 1,25 и менее). Кроме этого вызывает интерес факт, что при введении мелкой фибры из минерального волокна от отслуживших свой срок минеральных матов, которые по сути представляют собой вредные отходы, утилизация которых весьма затратна, получены бетоны с сопоставимыми эксплуатационными характеристиками, что и при использовании специально приготовленной фибры. Осмотром разрушенных образцов с помощью лабораторного микроскопа, при незначительном увеличении, установлено наличие неких новообразований, отличающихся по цвету (более светлых тонов) у концов почти всех минеральных волокон, размером до 1,5 – 2 диаметра волокна, с плавным «потемнением» до основного цвета цементного камня. Возможно это вызвано тем, что свежеобразованная поверхность, полученная при разрыве волокон (по сути – кристаллита) в процессе измельчения, может выступать в роли некоего центра

кристаллизации. В настоящее время планируется проведение исследований по подтверждению данной гипотезы с определением минералогии на этих и рядом находящихся участках, их плотности и микротвердости.

Список использованной литературы

1. Кудяков, А.И. Комплексная модификация компонентов и оптимизация структуры бетонов / А.И. Кудяков, С.А. Лукьянчиков // Тезисы докладов Всесоюз. конф. "Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении. Ч. 4. Теория искусственных конгломератов и ее практическое значение / БТСМ, - Белгород, 1989. - С. 82.

2. А.И. Кудяков, Бетоны с повышенной стабильностью качественных параметров с использованием местных мелких песков./ А.И. Кудяков, С.А. Лукьянчиков, А.А Кучеренко, //Ресурсосберегающие технологии и эффективное использование местных ресурсов в строительстве. Международный сборник научных трудов по материалам международной научно-технической конференции «Стройсиб 2013», Новосибирск, 2013, с 219-227.

3. 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.

4. 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.

УДК 691:624.04.

Е.А.Сорокина, В.В. Гулёнин (Воронеж, Россия)

ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СМЕСЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ

Аннотация

Выявлены и обозначены основные проблемы контроля качества бетонной смеси и бетона в условиях 3D-печати. В работе представлен краткий обзор традиционных методов контроля качества сырьевых материалов, бетонной смеси и готового бетона. Приведены причины возникновения трудностей контроля качества бетонной смеси и бетона для строительной 3D-печати.

Ключевые слова: контроль качества, 3D-печать, бетонная смесь, бетон.

PROBLEMS OF QUALITY CONTROL OF MIXTURES FOR CONSTRUCTION 3D PRINTING.

Annotation

The main problems of quality control of concrete mixture and concrete in 3D printing conditions are identified and identified. The paper presents a brief overview of the traditional methods of quality control of raw materials, concrete mixture and ready-made concrete. The reasons for the difficulties of controlling the quality of the concrete mixture and concrete for construction 3D printing are given.

Keywords: quality control, 3D printing, concrete mixture, concrete

В современном обществе всё большее внимание уделяется разработке новых технологий и их освоению. Ярким примером служит технология 3D-печати, которая приобрелане малое значение в строительстве. За последние годы 3D-печать стала одной из самых быстро развивающихся технологий. Сейчас она широко используется во многих производственных процессах. Технология 3D-печати обладает рядом значительных преимуществ, в сравнении с традиционными методами строительства и позволяет открыть большие возможности в современном возведении зданий и сооружений, применение которых может привести к увеличению скорости строительства, уменьшению трудозатрат, к экономии средств за счет последующей чистовой отделки, ресурсо-и энергосбережению[1-5].

Основной проблемой при разработке технологии 3D-печати с применением бетонных смесей является контроль качества смеси и готового бетона. Причиной возникновения такой проблемы является отсутствие нормативной и законодательной базы, именно из-за этого возникает большинство трудностей при возведении зданий.

Поэтому на сегодняшний день актуальным является разработка методики контроля качества материалов для технологии строительной 3D–печати. Контроль качества должен осуществляться на всех технологических этапах, включая контроль сырьевых материалов, смеси и затвердевшего бетона.

Оцениваются показатели качества цемента по ГОСТ 31108-2016 «Цементы общестроительные. Технические условия», песка по ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» и воды по ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия». Все сырьевые материалы должны соответствовать значениям, приведенным в стандарте. Для контроля качества сырьевых материалов допустимо использование традиционных методик, применяемых в данный момент [1].

Для контроля качества смеси применяется ГОСТ 10181-2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний». В соответствии со стандартом оцениваются следующие свойства смеси: удобоукладываемость (подвижность, жесткость, расплыв, степень уплотняемости), средняя плотность, пористость, расслаиваемость, температура, сохраняемость свойств.

Подвижность бетонной смеси оценивают по осадке конуса (ОК), отформованного из бетонной смеси по ГОСТ 10181-2014. Такой метод оценки может также использоваться и для технологии строительной 3D-печати. При контроле температуры и сохраняемости свойств смеси также можно использовать традиционные методы в соответствии с ГОСТ 10181-2014. В то время как при контроле качества жесткости, расплыва, средней плотности, пористости и расслаиваемости бетонной смеси по ГОСТ 10181-2014 в заводских условиях, используют виброплощадку и встряхивающий стол. В технологии строительной 3D-печати данный метод не может использоваться, так как вне завода не представляется возможным оценка данных параметров, такая проблема обуславливается отсутствием нормативной документации.

При контроле качества бетона учитывают такие параметры как: прочность, морозостойкость, плотность, истираемость и водонепроницаемость. Для их оценки применяются: ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности», ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости», ГОСТ 12730.1-78 «Бетоны. Методы определения плотности», ГОСТ 13087-81 «Бетоны. Методы определения истираемости», ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».

На бетон для 3D-печати отсутствует нормативная документация, однако применить имеющиеся стандарты возможно с учетом некоторых поправок. При традиционном контроле качества бетона по всем параметрам производится забор проб в соответствии со стандартами для каждого параметра в отдельности, с дальнейшей их оценкой на специальном оборудовании, в определенном температурном режиме. Для 3D-печати традиционные методы не подходят, по причине отсутствия возможности контроля качества большинства параметров в полевых условиях. Однако, при строительной 3D-печати прочность бетона можно измерить ударным методом с помощью молотка Кашкарова или при использовании Склерометра. Нужные испытания для остальных параметров можно провести только в условиях специально оснащенной лаборатории, из этого следует, что в условиях строительной 3D-печати традиционные методы контроля качества бетона не могут применяться[8].

Таким образом, проблема отсутствия нормативной документации является актуальной в данный момент времени, так как требования к бетону для 3D-печати очень высокие, в связи с применением нетрадиционной технологии печати из бетона. Большое внимание уделяется реологическому составу бетонной смеси для формования, в отличие от традиционного литьевого способа. Для обеспечения контроля качества смесей и бетона для 3D-печати, требуется решение вопросов, связанных с разработкой нормативной документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копаница Н.О., Особенности формирования требований к строительно-техническим характеристикам бетонных смесей для 3d-печати/ Н.О. Копаница, Е.А. Сорокина, В сборнике: Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2016) материалы III Международной научной конференции студентов и молодых ученых. 2016. С. 407-410.
2. Сорокина Е.А. Перспективы развития технологии 3d-печати в строительстве: Перспективы развития фундаментальных наук // Сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 7 томах. Национальный исследовательский Томский политехнический университет; под ред. И. А. Курзиной, Г. А. Вороновой. 2016. С. 115-117.
3. Сорокина Е.А., Анализ эффективности применения технологии строительной 3D-печати/ Е.А. Сорокина, В сборнике: Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития, Материалы 4-й международной научно-практической онлайн-конференции (включая конкурсные работы студентов). 2017. С. 288-291.
4. Sorokina E.A., Investigation of the mobility of a concrete mixture as a fundamental factor in the formation of mixtures for 3D-printing/ E.A. Sorokina, В сборнике: Междисциплинарные проблемы аддитивных технологий // Сборник тезисов III Всероссийского научного семинара с международным участием. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2017. С. 64-65.
5. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении /М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш; пособие для инженеров.– М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. - 220 с.
6. Баженов Ю.М. Технология бетона. Учебник. - М.: Изд-во АСВ, 2002 - 500 стр.
7. Удодов С.А., Белов Ф.А., Золотухина А.Е. 3D-печать в строительстве: новое направление в технологии бетона и сухих строительных смесей // Сб. статей победителей VI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. М.: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017.
8. Сорокина Е.А., Технологические аспекты формирования составов бетонных смесей для 3D-печати/ Е.А. Сорокина, В сборнике: Перспективы развития фундаментальных наук // Сборник научных трудов XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2017. С. 134-136.

УДК 691.3:621.315.61

А.Ф. Бернацкий (Новосибирск, Россия)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНОПОЛИМЕРА

Изучены электрические свойства образцов из бетонополимера, находившихся длительное время в различных влажностных условиях.

Ключевые слова: электрические свойства, бетонополимер.

A.F. Bernatsky (Russia)

ELECTRICAL PROPERTIES OF CONCRETE POLYMER

Electrical properties of concrete samples being in different moist conditions were studied.

Key-words: *Electrical, Properties, Drying, humidity, Ions.*

Большой интерес к бетонополимерам может быть объяснен тем, что в результате сушки и пропитки затвердевшего бетона специальными составами прочность его возрастает в несколько раз, резко увеличивается его долговечность и стойкость в агрессивных средах. Технология бетонополимеров включает процессы подготовки бетона, т.е. освобождение порового пространства бетона от влаги с целью его заполнения мономером или специальным пропитывающим составом, процессы пропитки бетона и последующей полимеризации мономера непосредственно в теле бетона [1-2].

Чтобы удалить влагу из бетона применяют искусственную сушку при повышенных температурах. В технологии бетонополимеров могут быть использованы разные способы сушки: конвективная, радиационная (в том числе инфракрасная), контактная (в основном, электрическая) и микроволновая (высокочастотная).

Все перечисленные методы сушки могут быть технологически эффективными, и выбор одного из них определяется экономическими соображениями и совместимостью с остальными технологическими операциями производственного цикла. Наиболее эффективными являются комбинированные способы сушки, в частности, контактно-вакуумный или радиационно-конвективный способы.

Пропитка бетона мономером является одной из основных технологических операций получения бетонополимера. От качества пропитки зависят основные свойства конечного продукта. Пропитку обычно осуществляют, погружая изделие в среду мономера. Технология пропитки во многом определяется свойствами бетона и пропитывающей жидкости, а также требованиями к конечному материалу - бетонополимеру.

Бетонополимеры - наиболее эффективный способ использования полимерных материалов, недостатком которых в настоящее время являются высокая стоимость, склонность к старению и ползучесть, что затрудняет получение несущих элементов, и в ряде случаев быстрое старение при воздействии атмосферных факторов.

Для изготовления бетонных образцов применялся мелкозернистый бетон состава Ц:П = 1:2 (по массе) и водоцементным

отношением В/Ц = 0,5. Вяжущим служил портландцемент марки 400 ОАО «Искитимцемент», а мелким заполнителем – речной песок из карьера в русле р. Обь с $М_{кр}$ = 1,42. Уплотненные на виброплощадке образцы пропаривались по режиму 4 + 5 + 4 часа при температуре изотермического прогрева 95 °С.

Высушивание затвердевших образцов производилось при 200 °С до постоянства массы. Контроль степени высушенности осуществлялся путем измерения удельного объемного электрического сопротивления (ρ_v) на контрольных образцах. Образцы считались высушенными, когда измеренное значение ρ_v достигало $10^{10}...10^{11}$ Ом·м. Влагопотери бетонных образцов при сушке составляли около 4 % (по массе).

Образцы в сушильных камерах охлаждались до 70 °С и при этой температуре поступали на пропитку во избежание их увлажнения. Затем они загружались в пропиточный автоклав, в котором вакуумировались в течение времени, пока не охлаждались до 20 °С. При этом их влажностное состояние не изменялось, а предварительное вакуумирование способствовало лучшему проникновению пропитывающего вещества вглубь бетона. Для пропитки образцов применялся следующий пропитывающий состав (в % по объему):

- мономер (метилметакрилат) ....83...86;
- инициатор (гидроперекись кумола).....4...5;
- ускоритель (нафтенат кобальта).....10...12.

Затем в автоклаве с помощью сжатого азота создавалось избыточное давление, равное 0,2 МПа. Продолжительность процесса пропитки составляла 16...20 часов. После этого контейнер с пропитанными образцами помещался в камеру полимеризации.

Для осуществления полимеризации мономера метилметакрилата использовался термокаталитический метод, т.е. полимеризация мономера происходила при повышенной температуре с введением в него инициатора и ускорителя. Для того чтобы мономер не испарялся с поверхности пропитанных образцов, процесс полимеризации производился под слоем нагретой до необходимой температуры жидкости (петролатума). Полимеризация мономера происходила при 80...90 °С в течение 8...10 часов.

Одним из основных климатических факторов, влияющих на снижение диэлектрических свойств диэлектрика, является влажность окружающей среды. В сочетании с попеременным действием

температуры (положительной и отрицательной) и солнечной радиации наличие повышенной влажности окружающей среды может привести к полной потере электроизолирующих свойств, в особенности, у пористых материалов, к которым относится и бетонополимер.

Поэтому была определена долговечность и стабильность свойств бетонополимера при нахождении образцов в различных влажностных условиях. Все образцы были разделены на 4 партии, и каждая партия образцов была помещена в различные условия:

1 партия – воздушно-сухие условия (температура 18...22 °С, относительная влажность воздуха 30...40 %);

2 партия – атмосферные условия (образцы находились снаружи помещения, на открытом воздухе, температура и влажность – переменные);

3 партия – над водой (температура 18...22 °С, относительная влажность воздуха – 98 %);

4 партия – в воде (температура – 18...22 °С).

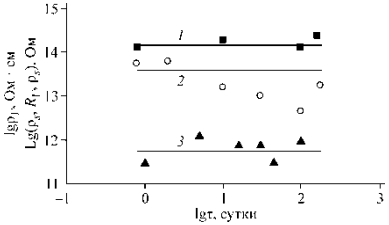


Рис. 1. Изменение электрического электрического сопротивления бетонополимера во времени при нахождении его в воздушно-сухих условиях.

1 – удельное объемное электрическое сопротивление; *2* – удельное поверхностное электрическое сопротивление; *3* – электрическое сопротивление образцов-балочек.

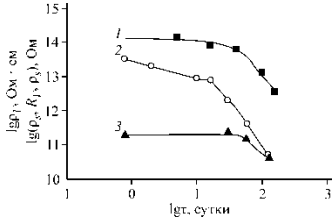


Рис. 2. Изменение сопротивления бетонополимера во времени при нахождении его в атмосферных условиях.

Обозначения те же, что на рис. 1.

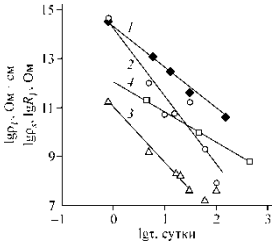


Рис. 3. Изменение электрического сопротивления бетонополимера при нахождении его над водой. *1 – 3*, то же, что на рис. 1.

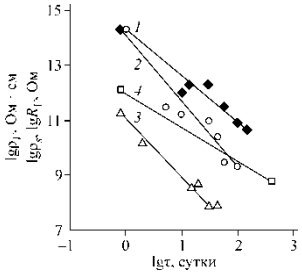


Рис. 4. Изменение электрического сопротивления бетонополимера при его нахождении в воде.

Обозначения те же, что на рис. 3. *4* – то же, для электроизоляционного бетона.

Перед началом климатических испытаний часть контрольных образцов была подвергнута электрическим. Испытания образцов производились после их хранения в соответствующих условиях в течение 10, 30, 180 суток.

К числу электрических испытаний относились: измерение удельного объемного и поверхностного сопротивлений, измерение полного электрического сопротивления, тангенса угла диэлектрических потерь.

Результаты измерений удельного объемного и поверхностного электрических сопротивлений (ρ_v и ρ_s) и объемного электрического сопротивления (R_v) бетонополимерных образцов, находившихся в различных климатических условиях, приведены на рис. 1-4.

Анализируя полученные данные, можно отметить следующее:

а) бетонополимерные образцы, хранившиеся в воздушно-сухих условиях, практически не изменили значения электрического сопротивления, т.е. поглощения образцами гигроскопической влаги из воздуха не наблюдается.

б) образцы, хранившиеся в наружных условиях, в начальные месяцы находились в летнее время. Поэтому на них попеременно воздействовали атмосферные осадки и солнечное тепло, которые оказывали противоположное воздействие на процесс увлажнения образцов. В результате, за период хранения образцов в первоначальные 30 суток заметного изменения объемного электрического сопротивления образцов не наблюдалось.

Последующее хранение образцов в осенний период с повышенной влажностью привело к снижению значения объемного электрического сопротивления на 2 порядка, а поверхностное электрическое сопротивление иногда снижалось на 3 порядка.

Бетонополимерные образцы, хранившиеся в наиболее тяжелых условиях (над водой и в воде), значительно снизили свои значения электрического сопротивления, как объемного, так и поверхностного. Причем, наиболее интенсивное снижение электрических характеристик наблюдалось в первоначальные 100 суток хранения. За этот период значение удельного поверхностного электрического сопротивления (ρ_s на рис. 3 и 4) снизилось почти на 6 порядков, а удельного электрического сопротивления – на 4 порядка. Объемное электрическое сопротивление наиболее интенсивно снижалось в начальные 30 суток – более чем на 3 порядка, а в последующие сроки хранения значение сопротивления стабилизировалось на этом уровне.

В логарифмических координатах зависимости $\rho_v = f(\tau)$, $R_v = f(\tau)$ для бетонополимерных образцов при хранении их над водой и в воде выражаются прямыми. Математически эти зависимости описываются следующим образом.

При нахождении бетонополимерных образцов над водой выражения имеют вид:

$$\rho_v = \frac{2 \cdot 10^{12}}{\tau^{1,7}}, \text{(Ом} \cdot \text{м)}, \quad (1)$$

$$\rho_s = \frac{2 \cdot 10^{14}}{\tau^{2,82}}, \text{(Ом)}, \quad (2)$$

$$R_v = \frac{1 \cdot 10^{11}}{\tau^{2,3}}, \text{(Ом)}, \quad (3)$$

где τ – время нахождения образцов над водой, сутки.

При нахождении бетонополимерных образцов в воде:

$$\rho_v = \frac{2 \cdot 10^{12}}{\tau^{1,7}}, \text{(Ом} \cdot \text{м)}, \quad (4)$$

$$\rho_s = \frac{1,5 \cdot 10^{14}}{\tau^{2,36}}, \text{(Ом)}, \quad (5)$$

$$R_v = \frac{1 \cdot 10^{11}}{\tau^{2,3}}, \text{(Ом)}. \quad (6)$$

Таким образом, снижение объемного электрического сопротивления бетонополимерных образцов происходит с одинаковой скоростью, как при хранении их над водой, так и в воде. Снижение поверхностного электрического сопротивления наблюдается немного быстрее у образцов, хранившихся над водой.

Для сопоставления на рис. 3 и 4 приведена зависимость $R_v = f(\tau)$ (кривая *4*) для образцов из электроизоляционного бетона такого же вида, как и бетонополимерных образцов, находившихся в аналогичных условиях [3-4]. Математически эта зависимость описывается выражением:

$$R_v = \frac{1{,}13 \cdot 10^{12}}{\tau^{1,2}}, \text{ Ом}, \qquad (7)$$

где τ – время, сутки.

Сравнивая зависимости $R_v = f(\tau)$ для образцов из бетонополимера и электроизоляционного бетона, можно отметить, что снижение электрического сопротивления у бетонополимерных образцов в первые 30 суток происходит с гораздо большей скоростью, чем у образцов из электроизоляционного бетона.

Снижение значений электрического сопротивления бетонополимерных образцов происходит вследствие постепенного насыщения их водой. Это подтверждается данными, приведенными в таблице.

Т а б л и ц а

Изменение значений tgδ *бетонополимерных образцов, хранившихся в различных условиях*

Условия хранения образцов	tgδ образцов после хранения в течение, сутки			
	0	10	30	180
Воздушно-сухие	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Атмосферные	<0,01	<0,01	<0,01	0,12
Над водой	<0,01	<0,01	0,13	0,33
В воде	<0,01	<0,01	0,14	0,4

Эта электрическая характеристика для пористых диэлектриков являются показателями, по численному значению которых можно судить о степени водонасыщенности образцов. В нашем случае tgδ можно было измерить только у образцов после хранения во влажных условиях в течение 30 суток. После нахождения образцов в течение

180 суток значение tgδ увеличилось до 0,3...0,4, что свидетельствует о достаточно высокой водонасыщенности образцов.

У образцов, хранившихся в воздушно-сухих условиях, tgδ практически не изменил свои значения, а при хранении в атмосферных условиях изменение tgδ стало наблюдаться после двухмесячного хранения и достигло значения 0,12 после хранения в течение 180 суток. Таким образом, в естественных условиях также происходит постепенное влагонасыщение бетонополимерных образцов.

ВЫВОДЫ

1. Бетонополимерные образцы в исходном состоянии имеют высокие электрические показатели. При нахождении бетонополимерных образцов во влажных условиях наблюдается постепенное их водонасыщение, приводящее к снижению электрических характеристик.

2. Удельное объемное электрическое сопротивление бетонополимерных образцов изменяется во времени по степенному закону с одинаковой скоростью, как при хранении их над водой, так и в воде. Снижение электрического сопротивления у бетонополимерных образцов происходит с большей скоростью, чем у образцов из электроизоляционного бетона, пропитанного петролатумом, которые находились в аналогичных влажностных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников.- М.: Изд-во АСВ, 2006. - 368с.

2. Баженов Ю.М. *Бетонополимеры / Ю.М. Баженов*.- М.: Стройиздат, 1983.- 472 с.

3. Бернацкий А.Ф. Электрические свойства бетона / А.Ф. Бернацкий, Ю.В. Целебровский, В.А. Чунчин.- М.: Энергия, 1980.- 207 с.

4. Бернацкий А.Ф. Электроизоляционный бетон (технология, свойства, конструкции) / А.Ф. Бернацкий.- Новосибирск: НГУАДИ, 2017.- 184 с.

УДК 691.327:666.973

А.С.Денисов, В.Ф.Хританков, А.П.Пичугин,
Е.Г. Пименов (Новосибирск, Россия)
А.А.Кучеренко (Одесса, Украина

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЛЕГКОГО БЕТОНА

Разработана технология изготовления блоков для ограждающих конструкций зданий из легкого бетона, в котором крупный пористый заполнитель расположен в три слоя, каждый из которых включает фракцию определенных размеров. Такая структура является интегральной, а её реализация позволяет улучшить теплозащитные свойства строительных изделий, повысить звукопоглощение материала, а также, исключить конденсатообразование в массиве ограждения.

Ключевые слова: *крупнопористый легкий бетон, малоэтажное строительство, фракционный состав, крупный пористый заполнитель, цементный камень, специальная опалубка с разъемными вкладышами*

A.S. Denisov, V.F. Khritankov, A.P.Pichugin,
E.G. Pimenov (Novosibirsk, Russia)
A.A. Kucherenko (Odessa, Ukraine

NEW PRINCIPLES FOR QUALITY ASSURANCE LIGHT CONCRETE

A technology has been developed for the production of blocks for enclosing structures of lightweight concrete buildings, in which a large porous aggregate is arranged in three layers, each of which includes a fraction of certain sizes. Such a structure is integral, and its implementation allows to improve the heat-shielding properties of building products, increase the sound absorption of the material, and also eliminate condensate formation in the fence array.

Keywords: large pore lightweight concrete, low-rise construction, fractional composition, large porous aggregate, cement stone, special formwork with detachable liners

Создание композиционных материалов, стойких к климатическим, биологическим, производственно-химическим и другим эксплуатационным воздействиям, прочных и надежных в эксплуатации представляет важнейшую научно-техническую проблему. Для сибирских и северных регионов, находящихся в суровых климатических условиях с длительным периодом отрицательных температур и коротким дождливым летом, это является особенно актуальным. Резкие перепады температур способствуют интенсивному накоплению конденсационной влаги в массиве ограждающих конструкций особенно в стенах с многослойными материалами, имеющими различные теплофизические характеристики. Одним из эффективных направлений является

формирование стенового ограждения с плавным изменением коэффициента теплопроводности, что может быть достигнуто за счет изменения поровой структуры легкого бетона. Кроме того, такой пористый бетон позволяет осуществлять фильтрацию воздуха и, следовательно, его осушение в теплое время года.

В настоящее время строительно-технологический комплекс Сибири испытывает существенный недостаток в стеновых строительных материалах и крупном пористом заполнителе для легких бетонов. Важную роль при получении таких материалов играет использование промышленных отходов, в том числе зол и шлаков, а также образующихся при переработке сельскохозяйственной продукции и деревообработке, накапливающихся постоянно на территории сельскохозяйственных предприятий. В частности, открытой остается проблема утилизации органических отходов, ресурсы которых в Западной Сибири составляют сотни млн.тонн с ежегодным приростом в 35-50 млн.т.

Их использование позволяет обеспечить наряду со значительным экономическим эффектом высокую эксплуатационную стойкость и прочность материала. Задачей технологии является получение легких бетонов с оптимальным содержанием крупной и мелкой фракции в объёме бетона и цементного вяжущего.

В течение последних двадцати лет авторами была разработана технология приготовления крупнопористого бетона с изменяемой гранулометрией по сухому и мокрому способам формования легкобетонных крупнопористых изделий с послойной горизонтальной и вертикальной укладкой бетонной смеси. Отработаны методы уплотнения и интенсификации процесса твердения таких бетонных смесей.

Теоретически обоснован и практически исследован принципиально новый строительный материал - легкий бетон с изменяемой гранулометрией (интегральной структурой) пористого заполнителя. Разработана модель функционирования ограждающих конструкций из легкого бетона, в котором крупный пористый заполнитель расположен в три слоя, каждый из которых включает фракцию определенных размеров. Рекомендовано: во внешних слоях (толщиной 30-50 мм) использовать фракцию 5-10 мм; в средних (толщиной 50-100 мм) - фракцию 10-20 мм; во внутреннем слое (толщиной 140-200 мм) - фракцию 20-40 мм. Такая структура является интегральной, а её реализация позволяет улучшить теплозащитные свойства строительных изделий и тепловлажностный режим ограждающих конструкций, исключив конденсатообразование в массиве ограждения и коррозионное воздействие влаги на материал ограждений. Легкий бетон для стен зданий с изменяемым

коэффициентом теплопроводности обеспечивает возможность фильтрации и инфильтрации воздуха.

В качестве мелкодисперсного наполнителя в легких бетонах могут быть использованы отсеянные золошлаковая смесь или отходы асбестоцементного производства, состоящие из волокон хризотиласбеста и 50-60% гидратированного портландцемента. Эти добавки осуществляют микроармирование структуры цементного камня, повышают его адгезионные свойства и трещиностойкость. В составе защитного (фактурного) слоя легкого бетона может быть применен другой мелкий заполнитель (песок керамзитовый, шлаковый и т.п.).

Структура цементного камня в легких бетонах с изменяемой гранулометрией крупного заполнителя обладает высокой упорядоченностью. Микротвердость цементного камня выше во всех случаях на контакте с зернами пористого заполнителя, что может быть связано с поглощением заполнителем части воды из цементного камня. На границе с плотной фракцией заполнителя улучшение менее заметно, а на границе с кварцем оно отсутствует. Упрочнение цементного камня и создание его оптимальной поровой структуры обеспечивают высокую морозостойкость материала с интегральным расположением крупного заполнителя (более 30 циклов) по сравнению с керамзитобетоном на кварцевом песке (18 циклов).

При изготовлении изделий из легких бетонов с изменяемой гранулометрией крупного пористого заполнителя после заполнения всех слоев целесообразно виброуплотнение в течение 15-20 с для объединения всех слоев бетона из различных фракций в единый массив. Тепловлажностную обработку рекомендуется производить без резкого подъема температуры, в течение 3 часов. Максимально рекомендуемая температура пропаривания не должна превышать 70-80 ºС. Это позволяет получить легкий бетон с интегральной структурой крупного пористого заполнителя, имеющий прочность при сжатии от 2,5 до 7,5 МПа, плотностью 300-700 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности 0,12 – 0,30 Вт/(м•ºС).

Разработана технологическая схема получения легких бетонов с интегральным расположением крупного пористого заполнителя с отработкой пооперационных процессов.

Предложенные составы легких бетонов с интегральным расположением крупного пористого заполнителя обеспечивают повышение теплозащитных свойств и улучшают тепловлажностный режим ограждающих конструкций зданий.

Стеновые блоки и камни из легкого бетона с интегральной структурой крупного пористого заполнителя рекомендуется применять в постройках различного назначения высотой 1–5 этажей для наружных и внутренних стен зданий, испытывающих суровые

климатические воздействия. При этом за счет внутренней пористой структуры в таких стенах не будет происходить интенсивного конденсатообразования.

Сконструированы и изготовлены опалубки и комплект оборудования для осуществления технологического процесса. Для производства изделий из крупнопористого легкого бетона на шлакокерамзитовых или гранулированных заполнителях в виде стеновых блоков применяется специальная технология с использованием разделительных вкладышей в специальной опалубке (рис.).

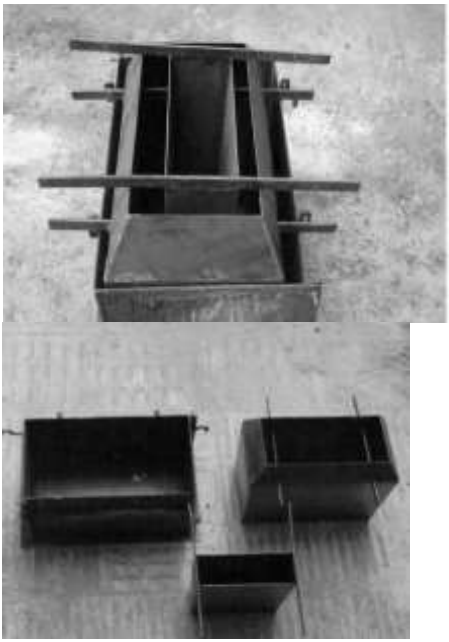


Рис. Специальная опалубка с использованием разделительных вкладышей для раздельной технологии формования стеновых блоков

Специальная опалубка для бетонирования изделий из легкого бетона с направленно изменяемой пористой структурой состоит из внешней жесткой формы размерами 600х400х450 мм и двойной вставки для образований соответственно внутренних пространств (полостей) для бетонирования различными фракциями крупнопористого легкого бетона. Внешняя прослойка (полость) имеет толщину 30 мм и предназначена для легкобетонной смеси с размерами крупного заполнителя фракции 5 – 10 мм. Средняя полость имеет

толщину 80-100 мм и предназначена для легкобетонной смеси с размерами крупного заполнителя фракции 10 – 20 мм. Центральная полость предназначена для бетонирования легкобетонной крупнопористой смесью с размером крупного заполнителя 20 – 40 мм и составляет 140-200 мм. Общий объем получаемого блока 0,11 – 0,12 $м^3$.

Определена нормативная база для внедрения рекомендуемых составов и технологии в виде Технических условий и рекомендаций. Опытно-производственное опробование и внедрение основных результатов работы произведено на Куйбышевском заводе железобетонных изделий (Новосибирская область).

Область применения строительных материалов на основе предлагаемых легких крупнопористых бетонов - стеновые блоки и монолитное домостроение в малоэтажном строительстве при эффективном использовании отходов в виде топливных котельных шлаков или гранулированного растительного сырья. Для дальнейшего совершенствования технологии крупнопористых легких бетонов на различных заполнителях с улучшенными теплотехническими и

минеральных заполнителях при работе нескольких смесительных устройств

звукопоглощающими характеристиками предполагается изучить опыт эксплуатации экспериментальных объектов, а также расширить возможности использования различных отходов и местного сырья в качестве эффективных заполнителей легких бетонов.

Список литературы

1. Пичугин А.П. Технологические возможности использования отходов теплоэнергетики в сельском строительстве/ А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков, А.Ю.Кудряшов, Е.Г.Пименов// Инновации и продовольственная безопасность. – 2017.- №4. – С.45-53
2. Патент № 2661168 Российской Федерации. C04B 18/141; C04B 20/10; C04B 20/1085; C04B 20/12 Способ подготовки шлакового заполнителя для легкого бетона/ Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Кудряшов А.Ю., Пименов Е.Г. Опубл. 12.07.2018 Бюл.№20
3. Пименов Е.Г. Физико-химические исследования процессов снижения открытой пористости крупного заполнителя бетонов / Пименов Е.Г., Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Денисов А.С. // Известия вузов. Строительство. - 2016. - № 10-11. - С.22-31.
4. Пичугин А.П. Роль микроармирования в обеспечении эксплуатационных характеристик крупнопористого легкого бетона /Пичугин А.П., Денисов А.С., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г. Известия вузов. Строительство. - 2016. - № 12. - С.5-15.

2. Физико-химические исследования процессов, обеспечивающих эффективные показатели и качество композиционных материалов

УДК 91.54.004

Г.И.Бердов, В.Ф.Хританков, С.А.Виноградов, М.А.Пичугин (Новосибирск, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

Проведены исследования водно-цементных суспензий, цементных композиций с различными добавками и твердевшими при различных тепло-влажностных условиях, изучена взаимосвязь диэлектрических характеристик с прочностными свойствами для цементных мелкозернистых бетонов, эксплуатируемых в реальных условиях. Получены первые результаты, подтверждающие зависимость материала от его диэлектрических параметров, такие как диэлектрические потери и диэлектрическая проницаемость.

Ключевые слова: *мелкозернистый бетон; микроармирующие добавки, гидратационное взаимодействие цемента; диэлектрические потери; измерителе добротности, диэлектрическая проницаемость*

DETERMINATION OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS AND FORECASTING THE LONGNESS OF FINE SHEET CONCRETE

Studies of water-cement suspensions, cement compositions with various additives and hardened under different heat and humidity conditions were carried out, the relationship of dielectric characteristics with strength properties for cement fine-grained concretes operated in real conditions was studied. The first results were obtained confirming the dependence of the material on its dielectric parameters, such as dielectric loss and dielectric constant.

Key words: fine concrete; micro-reinforcing additives, hydration interaction of cement; dielectric loss; Q-meter, dielectric constant

Усадка мелкозернистых бетонов на цементной основе общеизвестный факт. В то же время использование микроармирования уменьшаются усадочные деформации, так как создается эффект «разряжения» цементного камня. Наибольший эффект в цементнобетонных композиционных материалах проявляется в присутствии большого количества фибры или волокнистых микроармирующих частиц. При малых количествах этот процесс выравнивается. В фиброцементных композициях с содержанием армирующих волокон в достаточно большом

количестве наблюдается хаотичное армирование, что способствует снижению усадочных деформаций во всех направлениях. Для легких мелкозернистых бетонов основным связующим фрагментом является цементная или цементно-песчаная матрица, поэтому введение волокнистого микронаполнителя в цементное тесто может оказать существенное влияние на величину ее усадки.

Проведенные исследования подтвердили данное предположение и показали, что на величину усадки влияет количество и геометрические размеры волокнистого заполнителя, содержание и вид вяжущего. В то же время, при использовании микрозаполнителя для дисперсного армирования необходимо учитывать возможность цементной композиции обладать достаточной адгезией, поэтому вязкость данной системы должна соответствовать расчетным параметрам. Ранее нами был детально изучен этот вопрос, поэтому в данной работе мы приводим результаты дальнейших исследований по определению качественных показателей и трещиностойкости цементной матрицы с добавкой в качестве микроармирующего компонента отходов хризотилцементного производства (ХЦП).

Отходы хризотилцементного производства представляют собой шлам с мелкодисперсной твердой фазой и насыпной плотностью в сухом состоянии до 600 – 700 кг/м³, состоящий из волокон асбеста с содержанием гидратированного портландцемента до 60 – 70%. Экспериментально было показано, что введение отхода АЦП способствует улучшению микроструктуры и значительно снижает трещинообразование на всех этапах технологических переделов и в период эксплуатационных воздействий. Оптимальное содержание вводимого отхода АЦП в цементное вяжущее может составлять в пределах от 12 до 25%. Однако повышенное содержание отхода требует значительного дополнительного расхода воды, что приводит к снижению прочностных свойств затвердевшего цементного камня и увеличению его пористости. При малом количестве вводимого отхода пропадает эффект микроармирования.

Наряду с физико-механическими свойствами от фазового состава, структурных особенностей материала зависят его диэлектрические параметры, такие как диэлектрические потери и диэлектрическая проницаемость. При гидратационном взаимодействии цемента с водой неизбежно изменение диэлектрических свойств системы. Эти изменения связаны со свойствами цементного теста и цементного камня. Структурно-чувствительные диэлектрические характеристики, сканируемые в непрерывном временном режиме, могут дать важную информацию при изучении процессов, протекающих как в начальный период гидратационного взаимодействия, так и в дальнейшем при твердении смеси.

Разработана методика определения диэлектрических свойств концентрированных цементных суспензий (цементного теста), цементного камня, бетона. Выполнены исследования по изучению изменения диэлектрических свойств (диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь) и их взаимосвязи с физико-механическими свойствами при гидратационном твердении портландцемента в мелкозернистом бетоне с добавками ХЦП. Разработана методика оценки качества и определения возраста мелкозернистого бетона методом высокочастотной диэлькометрии.

Установлена корреляционная связь диэлектрических характеристик (тангенса угла диэлектрических потерь, диэлектрической проницаемости) и механической прочности цементного камня и бетона, что позволило определять методом высокочастотной диэлькометрии качество цементного бетона возводимых и эксплуатируемых объектов и их возраст.

Методология работы базируется на рабочей гипотезе о наличии корреляционных связей между структурно-чувствительными диэлектрическими показателями концентрированных цементных суспензий и продуктов их твердения с прочностными характеристиками получаемых материалов. При этом предполагается, что физико-химические процессы адсорбции, гидратации, структурообразования цементных материалов в зависимости от состава, технологии обработки могут быть оценены по величине и временной зависимости диэлектрических характеристик (диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь).

Определение диэлектрических свойств концентрированных цементных суспензий (цементного теста) и цементного камня мелкозернистого бетона с минеральными добавками проведено на измерителе добротности Tesla BM-560.

При диэлькометрическом исследовании бетона из него вырезали заготовки диаметром 50 мм, из которых получали образцы толщиной 15-30 мм. На образцы наносили графитовые электроды. При анализе графической зависимости результаты экспериментов обрабатывались по специальной компьютерной программе.

На основании полученных экспериментальных данных по изменению диэлектрических потерь и прочности цементного камня установлена корреляционная связь, описываемая линейным уравнением.

$$Rсж = 33,7 + 2,73\ Q \qquad (1)$$

Высокочастотный диэлькометрический анализ отражает существенные изменения структуры при гидратации портландцемента. Наряду с исследованиями водно-цементных суспензий, цементных

композиций с различными добавками и твердевших при различных тепло-влажностных условиях, была изучена взаимосвязь диэлектрических характеристик с прочностными свойствами для цементных мелкозернистых бетонов, эксплуатируемых в реальных условиях.

Поскольку диэлектрические характеристики заполнителя из плотных горных пород со временем службы бетона остаются практически неизменными, то эти параметры бетона определяются, в основном, свойствами цементного камня, поэтому по полученной градуировочной кривой в координатах «возраст бетона - добротность» устанавливается срок службы бетонных изделий.

Было выполнено определение возраста мелкозернистых бетонов из тротуарных плиток, эксплуатировавшихся различное время и получены вполне объективные результаты, соответствующие реальности. Дальнейшие исследования, связанные с определением влияния климатических воздействий, знакопеременных нагрузок, органических и минеральных добавок. А также соотношения компонентов продолжаются.

Список литературы

1. *Бердов Г.И.* Диэлькометрический анализ влияния раствора электролита на свойства цементных материалов / Г.И. Бердов, С.А. Виноградов, А.Н. Машкин, В.Ф. Хританков // Известия ВУЗов. Строительство, 2015. - № 8. - С. 21-24.
2. *Машкин Н.А.* Диэлькометрический анализ процесса гидратационного твердения цементного камня / А.Н. Машкин, Г.И. Бердов, С.А. Виноградов, В.Ф. Хританков // Известия ВУЗов. Строительство, 2015. - № 2. - С. 27-30.
3. *Бердов Г.И.* Диэлькометрический анализ процесса гидратационного твердения цементного камня / Г.И. Бердов, А.Н. Машкин, С.А. Виноградов // Строительные материалы, 2016. - № 1-2. - С. 107-109.
4. *Бердов Г.И.* Влияние тепловлажностной обработки на структуру и свойства цементного камня / Г.И. Бердов, С.А. Виноградов, А.Ф. Бернацкий // Строительные материалы, 2017. - № 5. - С. 81-

УДК 666.943+691.33

В.К. Козлова, В.М. Каракулов, В.В Логвиненко
(Барнаул, Россия)

СРАВНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЗОЛ БУРЫХ УГЛЕЙ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Аннотация. В статье рассмотрены особенности работы котельных установок тепловых электростанций при сжигании бурых углей Канско-ачинского бассейна. Определены составы и свойства зол, получающихся при высокой температуре и низкой температуре сжигании указанных углей. Показано, что при низкотемпературном сжигании не формируется шлаковая составляющая, а зола содержит значительное количество минералов, обеспечивающих ей вяжущие свойства. В отличие от зол высокой температуре сжигания, гидратация и твердение зол при низкой температуре сжигания протекают без деструктивных изменений

Ключевые слова: котельных установок тепловых электростанций, угли Канско-ачинского бассейна, золы при высокой температуре и низкой температуре сжигания, вяжущие свойства, шлаковая составляющая.

Annotation. In the article the features of work of boilers of thermal power plants by burning Brown coal Kansk-Achinsk basin. Identified compounds and properties of angry, resulting in high temperature and low temperature combustion of these coals. It is shown that if incineration is not generated slag, and ash contains significant amounts of minerals provide astringent properties to it. Unlike the evils of high temperature burning, hydration and hardening of angry at low temperature combustion flow without destructive changes keywords: boiler units thermal power stations, coal Kansk-Achinsk basin, ash at high temperature and low temperature combustion, astringent properties, slag component.

Как считает большинство экспертов, рост угольной энергетики в ближайшие двадцать лет будет осуществляться в основном за счет ввода энергоблоков с котлами с традиционным пылевидным факельным сжиганием угля [1]. Однако сжигать уголь более экономично и экологически чисто можно разными способами. Одной из самых эффективных технологий является низкотемпературная вихревая технология, способная занять важное место в угольной энергетике ближайшего будущего.

Эта технология основана на аэродинамических приемах организации потоков в топке с перемещением больших масс грубоизмельченного топлива в нижнюю часть топки, а воздуха, необходимого для дожигания, – в верхнюю её часть. За счёт создания

двух зон горения, низкотемпературной вихревой в нижней части топки и несколько более высокотемпературной в зоне дожигания, происходит тщательное перемешивание топочных газов и, как следствие, выравнивание тепловых потоков. Нижняя часть топки оказывается вовлеченной в активный топочный процесс, что в два-три раза увеличивает объём топочного пространства. Это даёт возможность снизить максимальную температуру в вихревой топке на 100–300 ºС и выровнять уровень температуры во всём объеме активного горения.

При высокой температуре горения, характерной для факельного сжигания угля, содержащийся в воздухе азот и кислород реагируют с образованием оксидов азота NO_x (NO и NO_2) – вредных веществ в составе дымовых газов, выбрасываемых тепловыми электростанциями.

При снижении температуры значительно уменьшается количество образующихся оксидов азота. Кроме того, низкий уровень температуры горения и многократная циркуляция частиц позволяют связать диоксид серы SO_2 дымовых газов минеральными остатками топлива, что также снижает вредность отходящих дымовых газов.

Благодаря низкой температуре горения у вихревых топок практически не загрязняются поверхности нагрева. Важное преимущество низкотемпературной вихревой технологии заключается и в том, что сжигается в них грубоизмельчённый уголь, что способствует увеличению общего КПД установки, так как исчезает необходимость в системах пылеприготовления.

Внедрению низкотемпературной вихревой технологии уделялось значительное внимание в начале 1990-х годов. В г. Новосибирске планировалось и было начато строительство ТЭЦ–6, угольные котлоагрегаты которой должны были работать по низкотемпературной вихревой технологии, используя в качестве топлива бурые угли Канско-Ачинского бассейна. Котлоагрегат такого же типа был построен на ТЭЦ–3 г. Барнаула. Но из-за экономических трудностей намеченные работы не были завершены. В настоящее время сжигание топлива по такой технологии осуществляется на Рязанской ГРЭС после её реконструкции. В качестве топлива используются бурые угли Канско-Ачинского бассейна.

Канско-Ачинский бассейн является главным буроугольным бассейном России. С учётом благоприятных природных условий, обеспечивающих возможность крупномасштабной эффективной добычи угля открытым способом, на базе этого бассейна создается крупный топливно-энергетический комплекс. От него по железнодорожной магистрали уголь транспортируется как в западном, так и в восточном направлениях. На базе крупнейших месторождений бассейна (Березовское, Ирша-Бородинское, Назаровское) действуют мощные тепловые электростанции. Кроме того, на углях этого

бассейна работают электростанции во многих городах Сибири (гг. Абакан, Барнаул, Красноярск, Новосибирск и др.). На котлоагрегатах этих станций осуществляется пылевидное факельное сжигание угля.

В связи с широким использованием указанных углей на предприятиях теплоэнергетики существует проблема использования образующихся зол и шлаков. Состав зол высокотемпературного сжигания канско-ачинских бурых углей к настоящему времени хорошо изучен [2], показана возможность их использования в производстве различных строительных материалов при соблюдении определенных условий, так как в этих золах содержится свободный оксид кальция CaO, в пережженном состоянии, что может приводить к деструктивным явлениям.

С целью снижения загрязняющего воздействия на окружающую среду на ряде проектируемых и расширяемых тепловых электростанций предусматривается использование котлов с низкотемпературной вихревой технологией, в которых температура сжигания топлива может варьироваться в широких пределах, от 650 до 1150 $^{\circ}$C.

При сжигании топлива по указанному режиму в минеральных остатках отсутствует шлаковая составляющая, эти остатки полностью представлены золой. С увеличением количества тепловых электростанций, работающих по новой технологии, возникнет проблема использования образующихся зол.

Изучение состава и свойств зол низкотемпературного сжигания выполнено с использованием пробы зол, полученной при экспериментальном сжигании бурых углей Ирша-Бородинского разреза КАБ на опытной установке, являющейся моделью котлов с низкотемпературной вихревой технологией.

Таблица 1.Химический состав зол бурых углей Ирша-Бородинского разреза

Виды зол	Химический состав, %							
	п.п.п.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	SO_3
Низкотемпературное сжигание	9,97	33,10	12,93	6,37	27,40	3,21	1,50	4,18
Высокотемпературное сжигание	1,38	32,12	9,47	10,88	34,72	5,47	1,04	3,15

Максимальное количество оксидов серы в дымовых газах составило 110 мг/нм^3 при предельно допустимом 400 мг/нм^3, содержание оксидов азота 140 мг/нм^3 при предельно допустимом 200 мг/нм^3. Снижение содержания оксидов серы в дымовых газах сопровождалось увеличением количества сульфата кальция в зольных остатках. В зольной части увеличилось также содержание вторичных карбонатов за счет взаимодействия углекислого газа с оксидом кальция. При низкотемпературном сжигании зольные остатки не

содержат шлаковых частиц, так как при таком режиме не образуется стеклофаза. В таблице 1 приведен химический состав золы низкотемпературного сжигания, а также золы от сжигания этих же углей в эксплуатируемых котлах.

По данным физико-химических методов анализа выполнен расчет содержания отдельных фаз для экспериментальной и высокотемпературной зол (таблица 2). Из сравнения приведенных данных видно, что золы, получаемые при низкотемпературном и высокотемпературном сжигании бурых углей, при сравнительно близком валовом химическом составе имеют различный фазовый состав. В золе низкотемпературного сжигания содержится повышенное количество частиц несгоревшего топлива, значительно большее количество свободного оксида кальция, алюминатов кальция, карбоната и сульфата кальция, при меньшем содержании двухкальциевого силиката.

Таблица 2 – Фазовый состав зол бурых углей Ирша-Бородинского разреза

Наименование фаз	Количество фаз, %	
	Зола низкотемпературного сжигания	Зола высокотемпературного сжигания
1.Несгоревшие частицы топлива	4,60	1,24
2.CaO свободный	13,50	4,12
3.Карбонат кальция, $CaCO_3$	7,50	2,49
4.Сульфат кальция (ангидрит)	7,70	5,42
5.Силикаты кальция (в расчете на $2CaO \cdot SiO_2$)	5,20	11,12
6.Алюминаты кальция (в расчете на $CaO \cdot Al_2O_3$)	12,80	4,70
7.Сульфид кальция, CaS	1,53	-

Поскольку экспериментальные золы получены при температуре в топке 830–870 ^{0}C, увеличение в них количества свободного оксида кальция является желательным, так как он мягко обожжен и гидратируется без деструктивных процессов. Повышение его количества приводит к росту потенциальных возможностей золы как самостоятельного вяжущего вещества. Многократная циркуляция частиц угля в процессе сжигания способствует образованию вторичных карбонатов на базе оксида кальция, возникающего при разложении гуматов кальция. Суммарное количество клинкерных минералов в обеих золах практически одинаково, однако в низкотемпературной золе преобладают алюминаты кальция, а в высокотемпературной золе – силикаты кальция (высокотемпературной золе оксид алюминия частично содержится в стеклофазе.

Остальная часть состава зол низкотемпературного сжигания представлена малоизмененной частью топлива (дегидратированные глинистые частицы, песок, гематит) при полном отсутствии стеклофазы, в то время как в золах высокотемпературного сжигания ее содержание составляет 60–70 %.

В таблице 3 приведено сравнение основных свойств зол бурых углей, полученных при низкотемпературном и высокотемпературном сжигании.

Таблица 3 – Свойства зол бурых углей Ирша-Бородинского разреза КАБ

Виды зол	Истинная плотность, г/см^3	Насыпная плотность, г/см^3	Удельная поверхность, м^2/кг	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, мин	
					начало	конец
Зола низкотемпературного сжигания	1,97	0,71	286,0	61,5	180	600
Зола высокотемпературного сжигания	2,32	1,52	201,4	20,6	8	60

Золы низкотемпературного сжигания характеризуются пониженной истинной плотностью за счет развитой пористой структуры частиц, насыпная плотность этих зол также значительно ниже, чем у зол высокотемпературного сжигания. Экспериментальная зола обладает высокой водопотребностью и отличается медленным схватыванием, однако, в отличие от большинства зол, получаемых при высокотемпературном сжигании Канско-Ачинских бурых углей, обладает равномерным изменением объема при твердении.

С использованием зол низкотемпературного сжигания бурых углей без применения других вяжущих был изготовлен силикатный кирпич, который характеризовался высокой прочностью (12,5 МПа), высокой водостойкостью (коэффициент размягчения 0,85) пониженной средней плотностью. Рассматриваемые золы могут успешно использоваться в качестве минеральных добавок в производстве портландцементов, а также в производстве строительных растворов как низкомарочное вяжущее.

Строительно-технические свойства зол низкотемпературного сжигания бурых углей нуждаются в дополнительном исследовании. Необходимо определять влияние их состава на стойкость получаемых строительных материалов против различных видов коррозионного воздействия.

Литература

1. И. Имамутдинов. Топочный вихрь / Имамутдинов И. // Энергетика и промышленность России № 11 (63) – 2005. – ноябрь.

2. Овчаренко, Г. И. Золы углей КАТЭКа в строительных материалах / Г. И. Овчаренко. – Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1992. – 216 с.

3. Кайбичева М.Н., Физико-химические и вяжущие свойства зол углей Березовского, Назаровского, Азейского месторождений / М.Н. Кайбичева, В.М. Уфимцев, Е.А. Лямина // Резервы производства строительных материалов. Межвуз. сб. под ред. В. К. Козловой. – Барнаул : Алтайский политехн. ин-т, 1988. – С. 20–29.

УДК 691.33:624.131

И.С.Степаненко, В.В.Пшенникова, У.А. Каркавина
Т.Ф.Каткова, Л.В.Завадская (Новосибирск,Россия)

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Комплексные критерии оценки долговечности асфальтобетона – показатели его долговременной прочности, вязкости, прочности при сдвиге, выносливости, установленные при положительных и отрицательных температурах.

Долговременная прочность – время от начала деформирования до его разрушения (от 1 до 5000 с).

При оценке долговечности необходимо обеспечивать соответствие структуры и свойств асфальтобетона условиям эксплуатации дорог.

Comprehensive criteria for assessing the durability of asphalt concrete - indicators of its long-term strength, toughness, shear strength, endurance, compliance with positive and negative temperatures.

Long-term strength - the time from the beginning of the deformation to its destruction (from 1 to 5000 s).

When assessing durability, it is necessary to ensure that the structure and properties of asphalt concrete comply with road operation conditions.

Оценка долговечности асфальтобетона была и остается важнейшей проблемой прогнозирования его срока службы в покрытие дорожной одежды.

В связи с отсутствием стандартизованных методов прогнозирования срока службы асфальтобетонных покрытий и их чрезвычайной важностью появилось большое число различных нестандартизованных показателей и методик, позволяющих при проведении сравнительных испытаний оценивать долговечность дорожных асфальтобетонов.

Нестандартные определения долговечности асфальтобетона:

Оценка и прогнозирование долговечности дорожных покрытий по данным их визуального осмотра. Визуальный осмотр позволяет наиболее быстро дать оценку состояния дорожных покрытий, интенсивности образования на них деформаций и разрушений.Разрушение - изменение размеров и формы поверхности покрытия при потере сплошности и изменения массы асфальтобетона. Оценка и прогнозирование долговечности производится путем сопоставления данных с требованиями предъявляемых к покрытиям автомобильных дорог.

Оценка и прогнозирование долговечности дорожных покрытий по интенсивности их износа. Износ характеризуется потерей массы материала, отнесенной к площади оцениваемого участка.

Периодический контроль степени износа дорожных покрытий является непременным условием своевременного обнаружения дефектов и назначения соответствующих ремонтных работ, позволяющих продлить срок его службы. Толщина изнашиваемого слоя определяется путем сравнения условной отметки поверхности в момент ее определения с первоначальной отметкой:

dh=hn-1-hn

hn- отметка поверхности покрытия при последнем измерении, м;

hn-1- отметка поверхности при предшествующим измерении, м.

По результатам испытания дорожного покрытия на износ можно рассчитать долговечность (срок службы) этого материала по износу слоя покрытия:

T=h0/dhr

h0- максимальная величина износа слоя покрытия, допускаемая условиями его эксплуатации, см;

dhr- величина износа покрытия за год, см.

Прогнозирование долговечности асфальтобетона при оценке свойств исходного битума.Сравнительная оценка влияния на битум различных факторов старения показывает, что доминирующим является термоокислительной старение-окисление происходящие при нагревании битума в присутствии кислорода. Для оценки прогнозирования интенсивности старения битума широко используется метод инфракрасной спектроскопии. Об интенсивности старения битумов обычно свидетельствуют глубокие полосы в области частот 1100-1340. 1380 см-1 (валентные колебания группы CH_3), 1600 см-1 (плоскостные колебания С=С связи в бензольном кольце;

их интенсивность указывает на содержание ароматических структур в битумах), 1700 см-1 (валентные колебания карбонильной группы С=О, по их интенсивности можно судить о погодостойкости битумов) и т.д.

Прогнозирование долговечности асфальтобетона путем определения его износостойкости. Долговечность дорожных

покрытий в значительной мере определяется износостойкостью асфальтобетона в покрытии может выражаться в истирании (поверхностный износ), внутреннем износе и шелушении. При правильном подборе состава и соблюдении требований технологии приготовления асфальтобетона смесей износ покрытия будет определяться главным образом, истиранием его структурных элементов, т.е. в значительной степени адгезией битума с поверхностью минерального материала. Износостойкость по истиранию, в основном, определяет срок службы покрытия. Износ асфальтобетона является сложным процессом и не поддается вычислению по формулам. Износостойкость рассматривается как самостоятельная характеристика.

Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий во многом определяется *сдвигоустойчивостью асфальтобетона* в летнее время и его температурной трещиностойкостью зимой. Эти качества асфальтобетона могут оцениваться по пределам прочности при +50 и 0°С. При этом асфальтобетоны на белее вязком битуме (БНД 40/60, БНД 60/90) характеризуются повышенной прочностью, более высокими коэффициентами водостойкости по сравнению с асфальтобетонами на битумах марок БНД90/130 и БНД 130/200. Однако повышение прочности асфальтобетона, как правило, сопровождается снижением его трещиностойкости в период отрицательных температур.

Одним из основных свойств, характеризующихся долговечностью асфальтобетонных покрытий является *морозостойкость асфальтобетона*, оцениваемая потерей прочности материала после заданного количества циклов замораживания-оттаивания (коэффициентом морозостойкости) и количеством переходов температуры через 0°С сквозь всю его толщину.

Кроме рассмотренных методов и показателей, с помощью которых можно лишь косвенно оценить долговечность асфальтобетона, предлагаются *комплексные критерии*, позволяющие, более точно *прогнозировать срок службы дорожных асфальтобетонных покрытий*. К таким комплексным критериям оценки долговечности асфальтобетона можно отнести показатели его долговременной *прочности, вязкости, прочности при сдвиге, выносливости, устанавливаемые при положительных и отрицательных температурах.*

Под долговременной *прочностью асфальтобетона понимается время от начала деформирования материала до его разрушения*, в достаточно широком интервале времени (от 1 до 5000 с). Показатель долговременной прочности предлагается устанавливать *в условиях простого сдвига путем кручения* цилиндрических образцов

асфальтобетона при постоянной скорости деформирования или величине действующей нагрузки.

При оценке долговечности асфальтобетонных покрытий необходимо учитывать все факторы в их комплексе (взаимосвязи), так как результат их совместного воздействия на покрытие существенно отличается от влияния каждого фактора в отдельности. Необходимо обеспечить соответствие структуры и свойств асфальтобетона реальным условиям эксплуатации дорог.

Список литературы

1. Баринов Е.Н. Оценка и прогнозирование долговечности дорожных асфальтобетонных покрытий. - С-Пб., 1993.
2. Илиополов С.К., Углова Е.В. Долговечность асфальтобетонных покрытий в условиях роста динамического воздействия транспортных средств. – М, Федеральное дорожное агентство Министерства транспорта РФ, 2007.
3. Гезенцвей Л.Б., Горелышев Н.В., Богуславский А.М. [и др.]. Дорожный асфальтобетон. - М., Транспорт, 1985

УДК 625.8

В.Д.Галдина, М.А.Ращупкина, И.Л.Чулкова
(Омск, Россия)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОНА ПО МЕТОДУ СИБАДИ

Аннотация. Анализ методик проектирования составов асфальтобетонных смесей, применяемых в разных странах, показал, что в большинстве методик преобладает экспериментальный подбор составов и недостаточно развит математический аппарат расчетов. Автоматизация процесса подбора оптимального состава асфальтобетона актуальна для дорожно-строительных организаций и решается посредством информационных технологий. Авторами предлагается с помощью разработанного программного обеспечения осуществлять подбор оптимального состава асфальтобетона по методу СибАДИ. Программное обеспечение позволяет уменьшить трудоемкость экспериментальной части и максимально использовать современные вычислительные средства.

Ключевые слова: алгоритм подбора состава, асфальтобетонная смесь, программное обеспечение.

SOFTWARE FOR CALCULATIONOPTIMAL COMPOSITION OF ASPHALT-CONCRETE BY THE SIBADI METHOD

V.D. Galdin, M.A.Rashchupkina, I.L.Chulkova
(Omsk, Russia)

Abstract. The analysis of design techniques for asphalt-concrete mixtures used in different countries showed that in most methods experimental selection of

compositions prevails and the mathematical apparatus of calculations is not sufficiently developed. Automation of the process of selecting the optimal composition of asphalt concrete is relevant for road-building organizations and is solved by means of information technologies. The authors propose using the developed software to carry out the selection of the optimal composition of asphalt concrete by the SibADI method. The software allows you to reduce the complexity of the experimental part and make the most of modern computing tools.

Keywords: composition selection algorithm, asphalt mix, software.

Управление структурой и свойствами композиционных материалов должно начинаться на стадии проектирования их составов, когда закладываются основы экономичности и долговечности строительных конструкций. Поэтому не случайно ученые разных стран занимаются совершенствованием методов подбора составов, методик определения эксплуатационных свойств и автоматизацией расчета составов строительных композитов [1-9]. Автоматизировать процесс подбора оптимальных составов смесей, обеспечить высокую точность получаемых результатов и существенно сократить время экспериментов позволяет применение современной электронно-вычислительной техники.

Обзор методов проектирования составов асфальтобетонов показал, что среди методов подбора состава асфальтобетона преобладают экспериментально-расчетные и экспериментальные, то есть в отечественной и мировой практике определение состава асфальтобетона производят преимущественно лабораторным подбором, а не расчетом. Существующие методы не реализуют возможности оптимизации состава асфальтобетона с использованием критериев оптимальности его состава и структуры.

В России в качестве стандартного принят подбор состава минеральной части асфальтобетонных смесей по предельным кривым зерновых составов [4, 10, 11]. Подбор составов асфальтобетонных смесей по этому методу включает испытание и по его результатам выбор составляющих материалов, а затем установление рационального соотношения между ними, обеспечивающее получение асфальтобетона со свойствами, отвечающими требованиям стандарта.

Расчет состава асфальтобетона по методу СибАДИ, разработанный Ю.В. Соколовым [7-9] позволяет рассчитать и оптимизировать состав асфальтобетона с учетом заданной остаточной пористости, свойств и особенностей компонентов.

Математическая модель расчета оптимального состава асфальтобетона по методу СибАДИ включает расчетную межзерновую остаточную пористость асфальтобетона, относительные объемные концентрации зерен щебня (гравия) и песка, объемные расходы щебня, песка, асфальтовяжущего и минерального порошка, объемные расходы битума на смачивание, обволакивание и заполнение отрытых пор щебня, объемные расходы битума на смачивание и обволакивание

зерен песка, объемные расходы минерального порошка и битума, содержит массовые расходы щебня, песка, минерального порошка и битума, среднюю плотность асфальтобетона, общую стоимость компонентов асфальтобетона.

Применительно к расчету оптимального состава асфальтобетона по методу СибАДИ разработаны алгоритм и программа расчета состава асфальтобетона с учетом структуроуправляющих параметров [12, 13].

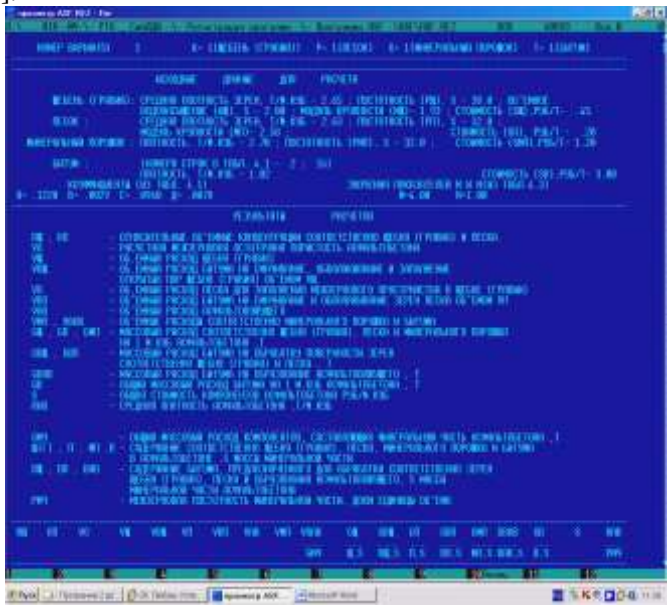


Рис. 1. Результаты расчетов (начало)

Алгоритм и программное обеспечение позволяют рассчитать варианты оптимальных составов дорожных асфальтобетонов (содержание в составе асфальтобетона щебня или гравия, песка, минерального порошка и битума) разных видов и типов, отвечающих требованиям к их структурным, физическим и механическим показателям по ГОСТ 9128–2013. Критерием оптимальности составов асфальтобетонов могут быть: наименьшая стоимость компонентов, наибольшая плотность, наименьшая пустотность минеральной части остова (смеси щебня (гравия) и песка), наименьшая пустотность минеральной части; наименьший расход битума.

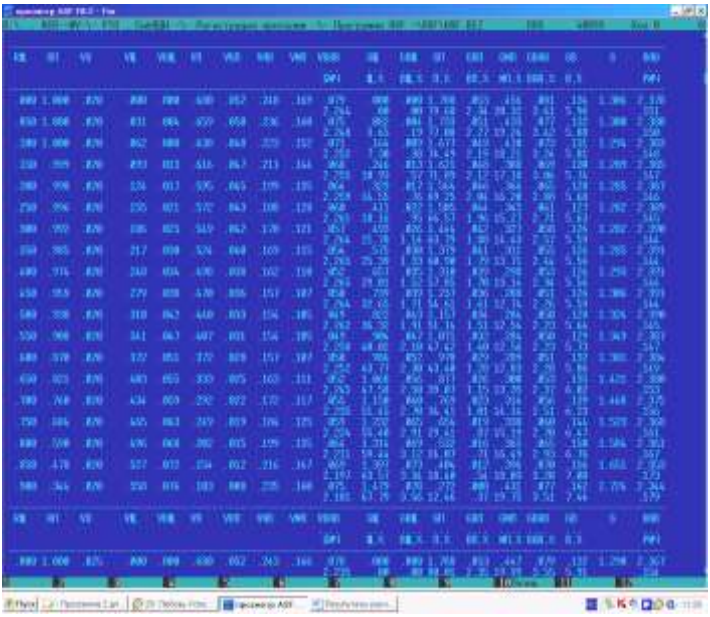


Рис. 2. Результаты расчетов (окончание)

Программное обеспечение расчета оптимального состава асфальтобетона разработано на алгоритмическом языке Fortran для персональных компьютеров и имеет модульное строение, что позволяет легко её корректировать и задавать различные значения величин, входящих в уравнения математической модели. Программа расчета оптимального состава асфальтобетона является универсальной и ее можно использовать при проектировании оптимальных составов асфальтобетонов различных видов и типов по ГОСТ 9128-2013. Программа расчета позволяет оптимизировать составы асфальтобетона при различных постановках оптимизационных задач и соответствующих критериях оптимальности, существенно уменьшить трудоемкость проектирования оптимального состава асфальтобетона.

Исходные данные «Программы расчета оптимального состава асфальтобетона с учетом структуроуправляющих параметров» и фрагменты результатов расчетов показаны на рис. 1 и 2.

Заключение

Программа расчета оптимального состава асфальтобетона с учетом структуроуправляющих параметров открывает возможности:

– расчета и оптимизации состава дорожного асфальтобетона с учетом свойств и особенностей компонентов при заданной остаточной пористости с реализацией различных критериев оптимальности

состава, выбираемых пользователем на сновании реальной производственной ситуации;

– использования щебня, гравия, песка, минерального порошка с любым зерновым составом, характерным для поступающих на асфальтобетонный завод партий этих компонентов;

– расчета расходов битума раздельно для обработки зерен щебня (гравия), песка, образования асфальтовяжущего с наибольшей прочностью, что позволяет реализовать различные варианты технологии приготовления асфальтобетонных смесей повышенной однородности.

Библиографический список

1. Рыбьев, И.А. Асфальтовые бетоны / И.А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 1969. – 398 с.

2. Королев, И.В. Дорожный теплый асфальтобетон / И.В. Королев, Е.Н. Агеева, В.А. Головко, Г.Р. Фоменко. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1984. – 200 с.

3. Волков, М.И. Структурообразование и взаимосвязь структур в асфальтобетоне / М.И. Волков, И.В. Королев // Материалы работ симпозиума по структуре и структурообразованию в асфальтобетоне / Союздорнии. – М., 1968. – С. 38 – 47.

4. Кирюхин, Г.Н. Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний / Г.Н. Кирюхин // Автомобильные дороги и мосты: Обзорная информация. – М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2005. – Вып. 6. – 96 с.

5. Горячие асфальтобетонные смеси, материалы, подбор составов смесей и строительство автомобильных дорог в Северной Америке: передовой зарубежный опыт / E.R. Brown, S. Prithvi S. Kandhal, F.L. Roberts, V.R. Kim, D-Y. Lee, T.W. Kennedi. – Росавтодор, Национальный центр по асфальтовой технологии, NAPA. – 3-е изд., 2009. – 411 с.

6. Лесовик В.С. Управление структурообразованием строительных композитов: монография / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 462 с.

7. Соколов, Ю.В. Проектирование состава дорожных асфальтобетонов (обзор методов) / Ю.В. Соколов. – Омск: СибАДИ, 1994. – 64 с.

8. Соколов, Ю.В. Расчет и оптимизация состава дорожного асфальтобетона. – Омск: СибАДИ, 1989. – 36 с.

9. Соколов, Ю.В. Оптимизация состава асфальтобетона с использованием закономерностей его структурообразования / Ю.В. Соколов // Исследование цементных бетонов и пластбетонов: сб. науч. тр. – Омск: ОмПИ, 1988. – С. 9 – 19.

10. Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов (к СНиП 3.06.03-85 т СНиП 3.06.06-88) / Союздорнии. – М., 1991. – 83 с

11. ГОСТ 9128–2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – Введ. 2014–11–1 ; взамен ГОСТ 9128–2009. – М. : Стандартинформ, 2014. – 50 с.

12. Галдина В.Д., Галдин Н.С. Алгоритм расчета оптимального состава асфальтобетона. – Свидетельство о регистрации электронного ресурса №

16743. Дата регистрации 21 февраля 2011 г. Организация-разработчик ГОУ ВПО «СибАДИ» // Объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование».

13. Галдина В.Д., Надыкто. Г.И. Программа расчета оптимального состава асфальтобетона с учетом структуроуправляющих параметров. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011611746. Правообладатель – ГОУ «СибАДИ»; заявка № 2010618359. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 24 февраля 2011 г.

УДК 621.315.612.5

А.А. Денисова, И.Б. Красный, П.М. Плетнев, Ю.К. Непочатов (Новосибирск, Россия)

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ КЕРАМИКИ НА АДГЕЗИЮ В АЛЮМОНИТРИДНОМ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОМ УЗЛЕ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Металлизация диэлектриков, в частности керамики на основе нитрида алюминия несет за собой ряд проблем связанных с получением высокой адгезии. Для хорошей растекаемости припоя при пайке металлокерамического узла, необходимо покрыть поверхность керамики слоем металла (Au, Ag, Cu, Ni). Для обеспечения адгезии металлических слоев: Au, Ag, Cu, Ni к керамике при химическом и гальваническом осаждение, требуются адгезионный подслой на основе Mo-Mn пасты. Никелевое покрытия дает хорошую растекаемость и выдерживает высокие температуры при пайке серебром. При нанесении никеля методом гальванического осаждения на алюмонитридную керамику с подслоем Mo-Mn пасты, получается однородный слой металла с высоким термоЭДС и высокой адгезией. Алюмонитридная керамика не содержит стеклофазы в своей структуре, из-за чего существуют трудности в получении высокой адгезии с металлизационными покрытиями, но окислив подготовленную поверхность керамики можно получить адгезию 6-8 кгс.

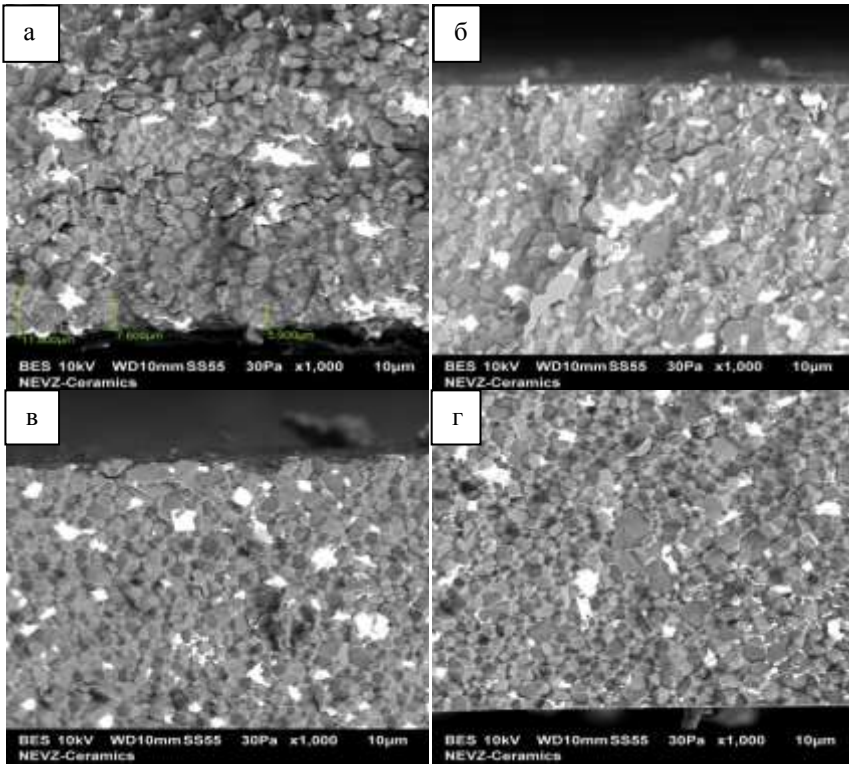


Рисунок 1 – Микроструктура излома алюмонитридной керамики (увеличение 1000х): а) образец шлифованный и окисленный на воздух 1050^0С; б) образец полированный и окисленный на воздух 1050^0С; в) образец шлифованный и окисленный во влажном водород 1100^0С; г)образец полированный и окисленный во влажном водород 1100^0С.

Для проведения эксперимента образцы алюмонитридной керамики отшлифовали и отполировали, далее их окислили в разной среде: воздух 1050^0С и влажный водород 1100^0С. Получилось 4 варианта образцов, на которых провели электронную микроскопию при увеличение 1000х (рис.1 и табл.1).

Исследование микроструктуры излома (рис. 1а и 1б) показало, что при окисление алюмонитридных образцов на воздухе при 1050^0С на полированной поверхности нет изменений кристаллической структуры, а на шлифованной поверхности есть нарушенный слой кристаллической структуры, толщиной 6-12 мкм. При окисление алюмонитридных образцов во влажном водороде (точка россы 25) при 1100^0С по данным микроструктуры излома (рис. 1в и 1г) шероховатость поверхности не имеет значения (шлифовка или

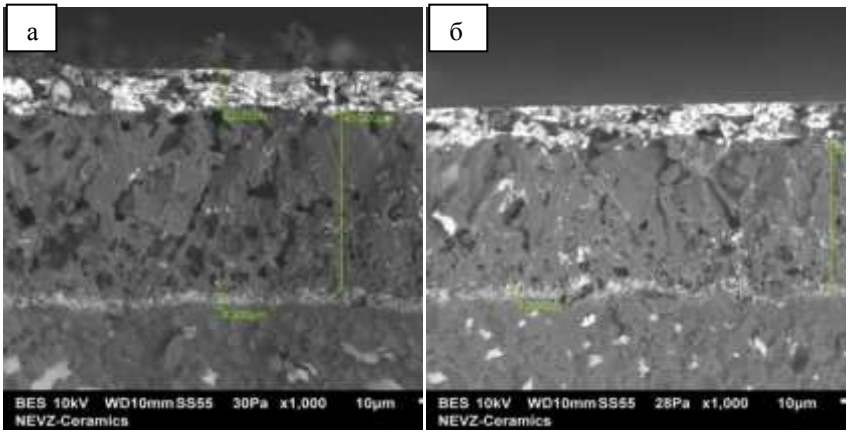
полировка), так как нет изменений кристаллической структуры алюмонитридной керамики.

Таблица 1

.Зависимость толщины окисленного слоя от среды окисления и шероховатости поверхности керамики.

Номер образца	**Тип окисления**	**Тип мехобработки**	**Толщина окисленного слоя**
Образец 1	На воздухе 1050^0C	шлифовка	6-12мкм
Образец 2	На воздухе 1050^0C	полировка	-
Образец 3	влажный водород 1100^0C	шлифовка	-
Образец 4	влажный водород 1100^0C	полировка	-

Далее все 4 вида образцов заметаллизировали Mo-Mn пастой и провели вжигание пасты в водороде, после чего провели исследования излома образцов на электронном микроскопе (рис.2).



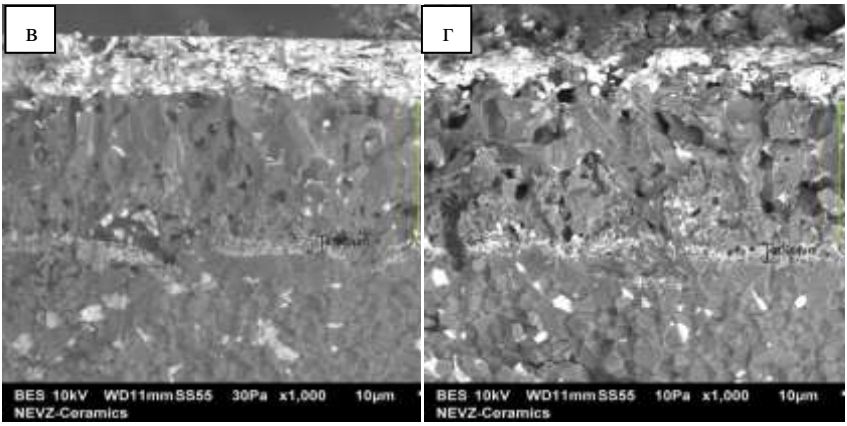


Рисунок 2 – Микроструктура излома металлизированной Mo-Mn пастой алюмонитридной керамики (увеличение 1000х): а) образец шлифованный и окисленный на воздух 1050^0C; б) образец полированный и окисленный на воздух 1050^0C; в) образец шлифованный и окисленный во влажном водород 1100^0C;
г) образец полированный и окисленный во влажном водород 1100^0C.

При исследовании микроструктуры излома металлизированных алюмонитридных образцов (рис. 2) видно, что подслой металлизационной Mo-Mn пасты после вжигания составил 9-10 мкм, далее обнаружен переходный слой керамики толщиной 30-40 мкм со стеклофазой в кристаллической структурой и слой какого то металла толщиной 3-3,5мкм. Предварительно можно сказать, что это переходный слой это продукты взаимодействия Mo-Mn пасты и алюмонитридной керамики, образовавшийся при вжигание пасты в водороде. На изломе образца рис. 2а слой с измененной кристаллической структурой более глубокий 40мкм в отличие от изломов других образцов. Поэтому можно сделать вывод, что у образца со шлифованной поверхностью и окисленного на воздух 1050^0C более активно протекали реакции взаимодействия компонентов пасты и алюмонитридной керамики за счет образования во время шлифовки нарушенного слоя и окисленного слоя при обжиге на воздухе, что наблюдали на рис.1а. То есть образец №1 должен иметь более высокую адгезию, за счет более глубокого слоя проникновения металлизационной пасты в керамику. Так же по результатам электронной микроскопии обнаружен слой титана 3-3,5мкм, который прошел сквозь переходный слой.

Образцы алюмонитридной керамики с подслоем Mo-Mn пасты покрыли никелем методом гальванического осаждения и провели

пайку выводов серебряным припоем. Адгезию на образцах измеряли на разрывной машине INSTRON, данные занесены в табл. 2.

Т

Таблица 2

Данные по измерениям адгезии на разрывной машине INSTRON

Номер образца	**Метод подготовки образца**		**Адгезия, кгс**
	Тип окисления	**Тип мехобработки**	
1	На воздухе 1050^0C	шлифовка	8
2	На воздухе 1050^0C	полировка	5
3	влажный водород 1100^0C	шлифовка	3,5
4	влажный водород 1100^0C	полировка	2

Образец №1 показал максимальное значение адгезии – 8 кгс, так как имел в отличие от других образцов №2, 3, 4 после термообработки поверхности окисленный слой 6-12 мкм и более глубокий слой проникновения металлизационной пасты Mo-Mn в керамику 40-43 мкм. Микроструктура образца № 1 исследована методом электронной микроскопии. По результатам исследования образцов методом электронной микроскопии (рис.3) можно сделать следующие заключение:

- при металлизации образеца №1 (с механической (шлифование) и термообработки (окислением при 1050^0C) поверхности) Mo-Mn пастой и нанесением никеля методом гальваническим осаждения, получаем слой металлизации 13-15 мкм, переходный слой продуктов взаимодействия пасты и керамики глубиной 40-45 мкм, слой титана толщиной 5-7 мкм и трещину в структуре нитрида алюминия около границы раздела кристаллических фаз (рис. 3а);
- по микроструктуре места отрыва при измерении адгезии на образце №1 (рис.3б) видно, что вырыв керамики, идет по границе кристаллических фаз состоящих из слоя титана и нитрида алюминия, где наблюдалась трещина (рис.3а).

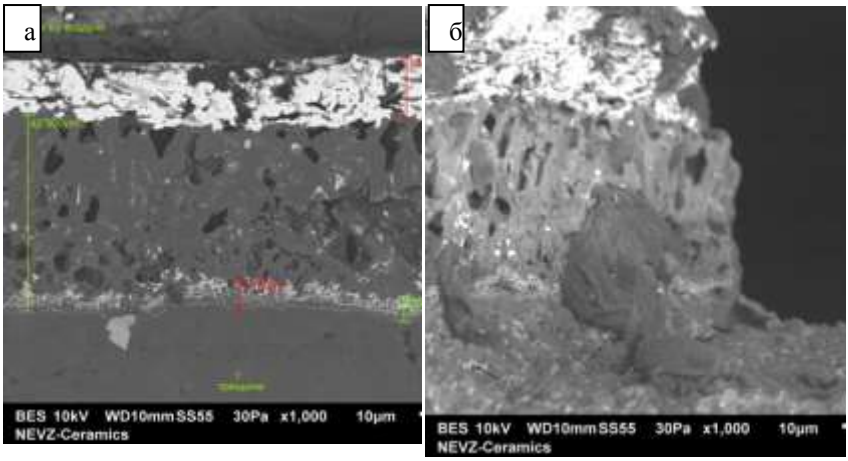


Рисунок 3 – Микроструктура при увеличение 1000х: а) заполированное места излома (аншлиф) образца №1; б) излом места отрыва при измерение адгезии на образце №1.

Заключение. Проанализировав полученные данные электронной микроскопии и данные по адгезии, можно сделать вывод, при механической обработки поверхности алюмонитридной керамики до Ra 0,3 (шлифовка) и при термообработке керамики перед металлизацией на воздухе при 1050^0C, образуется окисленный слой 6-12мкм, за счет которого в дальнейшем происходит процесс взаимодействия подслоя Mo-Mn пасты и керамики. После вжигания подслой Mo-Mn пасты проникает в алюмонитридную керамику на глубину 40-43 мкм, за счет чего получается высокая адгезия - 8 кгс.

УДК 621.315.612.5

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

АНАЛИЗ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Дана оценка вещественного состава и керамико-технологических свойств природного глинистого сырья. Приведены результаты исследования химического, гранулометрического и минерального составов сибирских суглинков. Предложено преимущественное использование тощих мало- и умереннопластичных суглинков в технологии компрессионного формования строительных керамических изделий.

Ключевые слова: *глинистое сырье, химический, гранулометрический, минеральный состав, компрессионное формование, стеновая керамика.*

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

THE ANALYSIS OF CLAY RAW MATERIALS FOR CONSTRUCTION CERAMICS PRODUCTION

The appraisal of material composition and ceramical-technological properties of natural clay raw is given. The results of the research of Siberian loams chemical, granulometric and mineral composition are given. Preferential usage of lean low- and moderately plastic loams in compression moulding technology of construction ceramic products is suggested.

Keywords: *clay raw materials, chemical, granulometric, mineral composition, compression molding, wall ceramics.*

Актуальность. Производство керамических стеновых материалов является материалоемким, многолетняя работа высокопроизводительных заводов пластического формования кирпича приводит к истощению запасов качественного глинистого сырья [1, 2]. Поэтому на современном этапе особенно актуальны вопросы обеспечения отрасли качественным сырьем, поиск и разработка новых видов сырьевых материалов и технологий [3].

Для сибирского региона характерно преобладание тощих пылеватых суглинков, обусловленное литологией образования месторождений глинистых пород. Их использование, в первую очередь, вызывает проблемы получения высокомарочного лицевого кирпича по технологии пластического формования [4].

Цель настоящего исследования заключалась в комплексном исследовании состава и свойств глинистого сырья на примере сибирских суглинков.

Методы исследования. Исследование и характеристика сырьевых материалов проводились по ГОСТ 21216-2014 «Сырье глинистое. Методы испытаний» и ГОСТ 9169-75 «Сырье глинистое

для керамической промышленности. Классификация». Химический состав материалов определялся методом рентгенофлуоресцентного волнодисперсионного анализа (спектрометр ShimadzuXRF-1800), гранулометрический состав – методом дифракции лазерного излучения суспензий (лазерный анализатор Mastersiser 2000). Исследование фазового состава осуществлялось методом порошковой рентгеновской дифрактометрии (рентгеновский дифрактометр ShimadzuXRD-6000).

Объекты исследования. В качестве сырьевых материалов для исследования были выбраны представительные пробы глинистых пород следующих месторождений Западной Сибири: 1 – Новокузнецкое; 2 – Мундыбашское (Кемеровская область); 3 – Бердское (Новосибирская область).

Экспериментальные процедуры. Результаты исследований глинистого сырья представлены в табл. 1-7, (наименование месторождений соответствует вышеуказанной нумерации).

Гранулометрический состав глинистых пород представлен в табл. 1-3.

Таблица 1. Засоренность природными крупнозернистыми включениями

Месторождение	Полный остаток на сите №050, %	Частные остатки в % на ситах с размером отверстий, мм					Классификация по ГОСТ 9169-75
		5	3	2	1	0,5	
Новокузнецкое	0,64	0,12	0,05	0,21	0,04	0,22	Низкое содержание
Мундыбашское	0,36	0,07	0,07	0,11	0,05	0,061	
Бердское	0,57	0,09	0,04	0,16	0,14	0,14	

Характеристика остатка на сите № 050: 1 – преобладают кварцевые включения, встречаются зерна гипса и железистые включения, обломки пород; 2 – преобладают полурыхлые песчаники на глинистом цементе; 3 – обломки пород, карбонатные журавчики.

Запесоченность определялась по ГОСТ 21216.12-2014 путем отмывки навески массой 100 г на сите № 0063 с последующим рассевом сухого остатка на ситах с размером отверстий 0,5; 0,2; 0,09; 0,063 мм. Результаты приведены в табл. 2. Крупнозернистых частиц (>0,5 мм) в пылеватых суглинках практически нет (табл. 1), песчаных частиц чрезвычайно мало (табл. 2), что позволяет отнести исследуемые породы к алевритам. По содержанию глинистой фракции их можно отнести к низкодисперсному сырью (табл. 3).

Таблица 2. Запесоченность глинистого сырья

Месторождение	Полный остаток на сите № 0063, %	Частные остатки в % на ситах с размером отверстий, мм				
		0,315	0,16	0,1	0,063	<0,063
Новокузнецкое	7,84	1,04	3,27	2,89	0,64	92,16
Мундыбашское	5,58	0,8	2,41	2,11	0,26	94,42
Бердское	12,22	0,56	2,11	3,54	6,01	87,78

Таблица 3. Содержание тонкодисперсных фракций в глинистом сырье

Месторождение	Содержание фракций в %, размер частиц в мм					Классификация по ГОСТ 9169-75
	>0,06	0,06-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
Новокузнецкое	-	2,6	62,15	4,18	28,17	Низкодисперсные
Мундыбашское	0,97	35,8	14,1	22,6	26,5	
Бердское	2,60	68,53	4,18	3,19	21,5	

По содержанию глинистой фракции их можно отнести к низкодисперсному сырью, которое в соответствии с классификацией фирмы «Униморандо» малопригодно для производства керамического кирпича без существенной корректировки дисперсного состава (рис. 1).

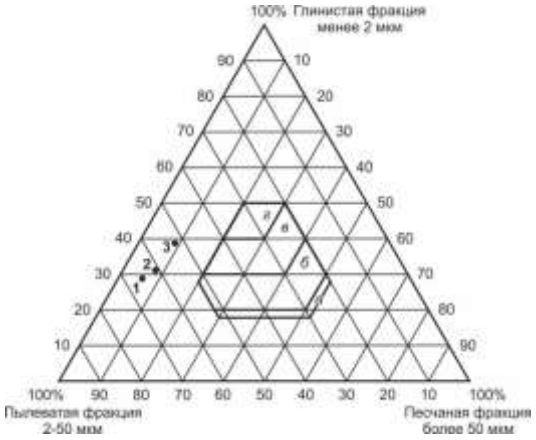


Рис. 1. Диаграмма фирмы «Униморандо»: глины, пригодные для производства: а – полнотелого кирпича; б – пустотелого кирпича; в – черепицы; г – дренажных труб и тонкостенных изделий

Химический состав глинистого сырья приведен в табл. 4, 5

Таблица 4. Химический состав сырья по результатам силикатного анализа

Месторождение	Содержание оксидов в %								
	SiO_2*	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	R_2O	SO_3	*nnn*
Новокузнецкое	62,85	0,85	14,17	4,91	2,38	4,44	3,8	0,45	5,4
Мундыбашское	65,3	0.93	14,23	6,1	1,76	1,38	3,38	0,32	6,2
Бердское	60,5	0,86	13,3	5,35	1,62	5,18	3,60	-	8,63

* – $SiO_{2\ св.}$ в глинистых породах указанных месторождений составляет соответственно: 32,6; 34,2; 26,8 %.

В соответствии с ГОСТ 9169-71 в зависимости от содержания Al_2O_3 в прокаленном состоянии суглинок Новокузнецкого и Мундыбашского месторождений относится к группе полукислого, а глинистое сырье Бердского месторождения – к группе кислого сырья. В зависимости от содержания красящих оксидов (TiO_2 +Fe_2O_3) в прокаленном состоянии все породы классифицируются как глинистое сырье с высоким их содержанием. Во всех месторождениях глинистое сырье имеет высокое содержание свободного кварца (26,8-34,2 %).

В соответствие с диаграммой промышленного назначения глин в зависимости от их химического состава (рис. 2) глинистое сырье пригодно для производства керамического кирпича.

Таблица 5. Химический состав глинистого сырья на прокаленное вещество в среднем по результатам силикатного анализа

Месторождение	Содержание оксидов в %							
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	R_2O	SO_3
Новокузнецкое	66,97	0,91	15,10	5,23	2,54	4,73	4,05	0,48
Мундыбашское	69,91	1,00	15,24	6,53	1,88	1,48	3,62	0,34
Бердское	66,92	0,95	14,71	5,92	1,79	5,73	3,98	0,00

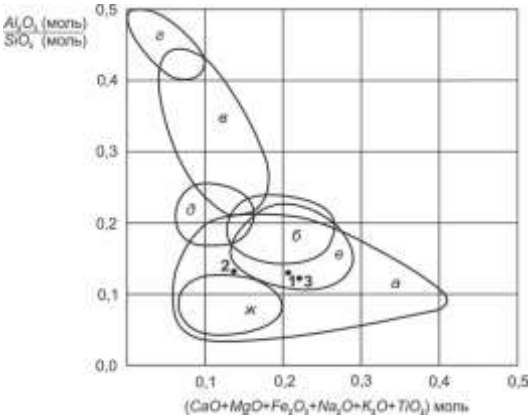


Рис. 2. Диаграмма промышленного назначения глин в зависимости от их химического состава: глины, пригодные для производства: а – кирпича; б – черепицы; в – плиток для пола, канализационных труб, кислотоупорных изделий и каменного товара; г – огне-упорных шамотных изделий; д – гончарных и терракотовых изделий; е – керамзита; ж – мостового клинкера

Минеральный состав глинистых пород представлен в табл. 6.

Таблица 6. Минеральный состав глинистых пород

Наименование месторождений	Преобладающие минералы		Классификация (ГОСТ 9169-75)
	глинистые	остальные	
Новокузнецкое	Гидромусковит, монтмориллонит, немного каолинита	Кварц, плагиоклаз, хлорит вермикулит, *К*-шпат, кальцит, амфиболы	Монтмориллонит-гидрослюдистые
Мундыбашское	Гидромусковит, немного монтмориллонита	Кварц, плагиоклаз, хлорит, *К*-шпат, следы кальцита	Гидрослюдистые
Бердское	Гидрослюда, каолинит	Кварц, полевой шпат, кальцит, хлорит	Гидрослюдисто-каолинитовые

Электронная микроскопия позволила установить, что основным минеральным фоном глинистых фракций исследованных пород являются гидрослюды. Гидрослюда проявляется в виде мелких полупрозрачных чешуек и пластин неправильной формы.

По минеральному составу глинистое сырье относится к полиминеральной группе (ГОСТ 9169-75). По классификации ГОСТ 9169-75 сырье относится к гидрослюдистым и полиминеральным породам гидрослюдисто-каолинитового и монтмориллонит-гидрослюдистого типа. Другими породообразующими минералами являются кварц, карбонаты, полевые шпаты, каолинит, хлорит, амфиболы.

Технологические свойства глинистого сырья представлены в табл. 7-9.

Результаты исследования пластичности по ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик» приведены в табл. 7.

Таблица 7. Пластичность глинистых пород

Месторождение глинистых пород	Влажность, %		Число пластичности	Классификация по ГОСТ 9169–75
	на границе текучести	на пределе раскатывания		
Новокузнецкое	32,1	19,6	12,5	умереннопластичная
Мундыбашское	34,3	21,2	13,1	умереннопластичная
Бердское	29,9	14,52	15,4	среднепластичная

При исследовании сушильных свойств сырья чувствительность к сушке определена по экспресс-методу А.Ф. Чижского, основанному на визуальном фиксировании момента появления трещин в процессе сушки образцов [5]. Огнеупорность и спекаемость глинистого сырья определялась по ГОСТ 21216-2014 «Сырье глинистое. Методы испытаний». Исследуемые глинистые породы относятся к неспекающемуся легкоплавкому сырью. Результаты исследования сушильных и термических свойств сибирских суглинков представлены в табл. 8, 9.

Таблица 8. Чувствительность к сушке глинистого сырья

Наименование месторождений	Коэффициент чувствительности к сушке, сек				Классификация
	отдельные определения			Среднее	
Новокузнецкое	75	73	78	75	высокочувствительное
Мундыбашское	60	51	53	53	высокочувствительное
Бердское	82	88	86	85	высокочувствительное

Таблица 9. Физико-механические свойства образцов пластического формования, обожженных при температуре 950°С

Наименование месторождений	Средняя плотность, кг/м^3	Механическая прочность, МПа		Водопоглощение, %	Морозостойкость, цикл
		при сжатии	при изгибе		
Новокузнецкое	1740	15,3	2,36	17,2	15
Мундыбашское	1810	18,8	2,84	13,1	25
Бердское	1830	22,6	3,21	12,6	35

Анализ керамико-технологических свойств исследованных глинистых пород показал, суглинки являются умеренно- и среднепластичными, высокочувствительными к сушке, относятся к неспекающемуся легкоплавкому сырью.

Результаты исследования. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- установлено, что глинистое сырье представлено легкими и средними пылеватыми суглинками. Породы относятся к низкодисперсному, умеренно- и среднепластичному сырью, имеют высокую чувствительность к сушке. По химическому составу суглинки незначительно отличаются между собой и относятся к кислому и полукислому сырью с высоким содержанием красящих оксидов. Являются легкоплавкими и неспекающимися. Глинистые минералы представлены в основном гидрослюдами, монтмориллонитом и их смешанослойными образованиями. Неглинистые минералы представлены кварцем, карбонатами, полевыми шпатами, хлоритами, амфиболами;

- по гранулометрическому составу исследованные глинистые породы в соответствии с классификацией фирмы «Униморандо» малопригодны для производства керамического кирпича без существенной корректировки грансостава;

- по химическому составу согласно диаграммы промышленного назначения глин в зависимости от их химического состава, исследованные глинистые породы пригодны для производства строительных керамических материалов;

- практика работы заводов пластического формования, использующих данные виды пород, показывает, что из исследованных тощих пылеватых суглинков невозможно получить качественные изделия по технологии пластической экструзии без существенной корректировки шихты. Рекомендуется способ компрессионного формования строительной керамики из гранулированных масс [4].

Благодарности. Результаты исследования получены в рамках выполнения госзадания Минобрнауки РФ, шифр проекта №

7.7285.2017/8.9 «Фундаментальные исследования в области строительных керамических композиционных материалов с матричной структурой на основе техногенного и природного сырья».

Список литературы

1. Талпа Б.В. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики / Б.В. Талпа, В.Д. Котляр // Строительные материалы. – 2015. – № 4. – С. 31–33.
2. Вакалова Т.В. Перспективы расширения отечественной сырьевой базы строительной керамики за счет комплексного использования месторождений глинистого сырья / Т.В. Вакалова, В.М. Погребенков, И.Б. Ревва // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 1 (2). – С. 339–347.
3. 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.
4. Столбоушкин А.Ю. Перспективное направление развития строительных керамических материалов из низкокачественного сырья / А.Ю. Столбоушкин // Строительные материалы. – 2018. – № 4. – С. 24–28.
5. Чижский А.Ф. Сушка керамических материалов и изделий / А.Ф. Чижский. – М.: Стройиздат, 1971. – 176 с.

И.С.Баженова, А.В. Ивакина, А.Ф.Гордина, Г.И.Яковлев (Ижевск, Россия)

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ БИОКРЕМНЕЗЕМАНА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕШАННОГО ГИПСОЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО

Аннотация. Одним из наиболее эффективных способов улучшения физико-механических свойств гипсовых вяжущих является использование комплексных минеральных добавок, позволяющих расширить область применения материалов на основе сульфата кальция. Авторами изучено влияние добавкибиокремнеземана прочностные характеристики системы типа «гипс – цемент».В ходе проведенных исследований были определены механическиесвойствасмешанного композиционного материала присодержания пуццолановогомодификатораот 0,5 до 2% (биокремнезема).Установлено влияние добавки на конечную прочность гипсоцементного композита при сжатии и изгибеобразцовв возрасте 7 и 28 суток.

Ключевые слова: гипс, портландцемент,биокремнезем, прочностные свойства.

Abstract. One of the most effective ways to improve the physical and mechanical properties of gypsum binders is the use of complex mineral additives allowing to expand the scope of application of materials based on

calcium sulfate. The authors studied the effect of biosilica additive on the strength characteristics of the "gypsum – cement" system. In the course of the research the mechanical properties of the mixed composite material were determined with a content of the pozzolana modifier from 0.5 to 2% (biosilica). The effect of the additive on the final strength of the gypsum-cement composite during compression and bending of samples at the age of 7 and 28 days has been established.

Keywords: gypsum, portlandcement, biosilica, strength properties.

Введение

При внутренней отделке зданий широкое применение находят материалы на основе гипсовых вяжущих, что обусловлено рядом их положительных свойств, включая экологичность, огнестойкость, звукопоглощение, хорошие теплоизолирующие свойства, высокуюпаропроницаемость[1].Однако использование вяжущие на основе сульфата кальция ограничено тепловлажностным режимом работы помещения, поскольку гипсовый камень характеризуется низкой водостойкостью,низкой морозостойкостью [2],недостаточной для конструкционного материала прочностью.

Одним из наиболее эффективных способов улучшения физико-механических свойств гипсовых вяжущих является использование комплексных минеральных добавок, позволяющих расширить область применения материалов на основе сульфата кальция.

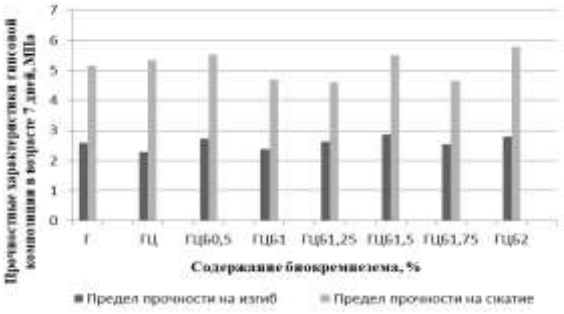
Наиболее перспективнымнаправлением повышения водостойкости гипсовых вяжущих веществ является создание гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ), гипсовых вяжущих низкой водопотребности (ГВНВ), композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) [3], введение в состав ультра – и нанодисперсных добавок.

Целью данной работы является изучение возможности повышения прочностных свойств гипсовых материаловвведением в состав комплексных модификаторов, включающих портландцемент, традиционный компонент композиционных материалов, и бикоремнезем – современная тонкодисперсная добавка биогенного происхождения, более чем на 90% состоящая из активного аморфного диоксида кремния.

В качестве вяжущего использовался нормально твердеющий гипс средней степени помола марки Г-3, соответствующий ГОСТ 125-79, и портланцемент ЦЕМ I 22,5 Н. В качестве активной тонкодисперсной добавки использовался биокремнеземкомпании «СТРОЙСТЕКЛОПЛАСТ», г. Инза.

Для приготовления гипсовых образцов использовались стандартные стальные формы с размерами 40×40×160 мм. Гипсовые образцы выдерживались в формах в течение 20-30 минут, с последующим проведением механических испытаний на прочность. Образцы хранились при температуре Т = 20 ºС в течение 7 и 28 дней в условиях нормальной влажности.

Испытания образцов на прочность проводились на гидравлическом прессе ПГМ-100 с допустимой нагрузкой 100 кН и скоростью нагружения 0,5 МПа/сек в соответствии с требованиями стандарта [4]. За окончательные результаты испытаний принимались средние значения, вычисленные по результатам трех успешных измерений.



а) б)

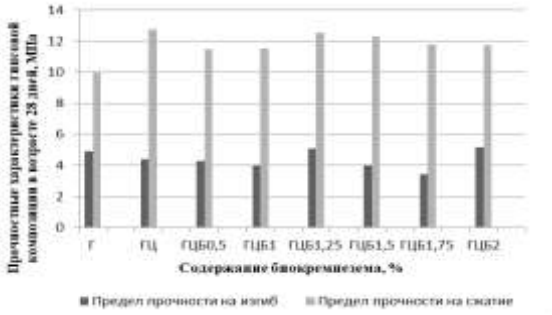


Рис. 1. Прочностные характеристики гипсового вяжущего при введении цемента (5 %) и биокремнезема на 7 сутки (а) и на 28 сутки (б)

Влияние добавки на прочностные показатели системы «гипс - цемент»

Для определения влияния пуццоланого модификатора на прочностные свойства гипсоцементной композиции предварительно экспериментально была установлена водопотребность каждого состава, в котором были приняты следующие концентрации компонентов:

- содержание гипса варьировалось от 93 до 100%;
- содержание портландцемента – 5%;
- концентрация биокремнезема изменялась от 0 до 2% с шагом 0,25%.

Физико-механические свойства разработанный гипсоцементных композиционных материалов при различном содержании пуццолановой добавки представлены на рисунке 1.

Из приведенной зависимости видно, что при введении в систему «гипс - цемент» биокремнезема в количестве от 0,5 до 2% наблюдается незначительное изменение механических параметров композита. Наибольший прирост прочности образцов в возрасте 28 суток составляет 3,7% и 24,8% на изгиб и сжатие соответственно. Оптимальный процент содержаниябиокремнезема в смешанном вяжущем составляет 1,25%. Вероятно, незначительное увеличение механических характеристик гипсового композита обусловлено дисперсностью модификатора (значительным средним размером частиц биокремнезема). С целью улучшения физико-механических свойств гипсовой композиции необходимо исследовать способы активации биокременезема, включая создание суспензий и паст на основе пуццолановой добавки.

Заключение

На основании проведенных испытаний было определено, что при введении биокремнезема в состав гипсоцементной композиции происходит незначительное увеличение прочности.

Для повышения эффективности модификатора необходимы дальнейшие исследования, заключающие изучении способов активации и уменьшении среднего размера частиц добавки, что позволит интенсифицировать процессы структурообразования композиционного материала.

Список литературы

1)Коровяков В.Ф. Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий // Строительные материалы. – 2008. – март – С. 65–67.

2) Шишкин А.В., Сементовский Ю.В. Минеральное сырье. Гипс и ангидрит: [Справочник]. М:М. Геоинформмарк, 1998.

3) Лукьянова А.Н., Старостина И.В. Строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства // Фундаментальные исследования. – 2013. – С. 818-822.

4) ГОСТ 23789-79. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1987 – 8 с.

М.Д.Батова, Ю.А.Семенова, А.Ф.Гордина
(Ижевск, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОКСИЛАТА НА СВОЙСТВА ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО.

Аннотация. Гипс широко известен как строительный материал, используемый для отделочных и штукатурных работ, также используется в архитектуре. В статье изучено влияние поликарбоксилатного пластификатора на физико-технические параметры гипса. Полученный в результате исследований состав имеет механическую прочность выше на 59% в возрасте 28 суток и началом схватывания – 1,5 часа. При этом отмечено снижение водопоглощения, а так же сокращение сроков схватывания гипсового материала

Ключевые слова: *гипсовое вяжущее, поликарбоксилатный пластификатор, физико-технические характеристики.*

Annotation. Gypsum is widely known as a building material used for finishing and plastering works, also used in architecture. The article studies the effect of polycarboxylate plasticizer on the physical and technical parameters of gypsum. The composition obtained as a result of research has a mechanical strength higher by 59% at the age of 28 days and the start of setting is 1.5 hours. In this case, a decrease in water absorption, as well as a reduction in the setting time of the plaster material

Keywords: gypsum binder, polycarboxylate plasticizer, physical and technical characteristics.

Гипс - это широко распространенный в природе минерал, встречающийся в виде залежей пластов осадочной породы. Образуется минерал благодаря седиментации солей, остатков раковин и рыб из испарявшейся морской воды. Геологи установили, что гипс начал появляться на поверхности Земли 200 - 300 миллионов лет назад.

Мировые разведанные запасы гипса составляют более 7500 млн. т. Российская Федерация располагает уникальной по мировым масштабам минерально-сырьевой базой производства гипса, разведанные запасы которой составляют около половины мировых разведанных запасов.

Запасы гипса стран СНГ (без России) составляют около 1000 млн. т (около 14 % мировых запасов). Наиболее крупными запасами из них обладают Республика Украина (около 450 млн. т) и Республика Казахстан (около 250 млн. т).

Из стран дальнего зарубежья наибольшими запасами обладают США (около 1000 млн. т), Канада (около 500 млн. т). Мировые ресурсы гипса во много раз превышают разведанные запасы [1].

По химическому составу гипс представляет собой водный раствор сульфата кальция с химической формулой $Ca[SO_4]*2H_2O$. При нагревании до 200 градусов из кристаллической решетки двугидрата сульфата кальция выделяется адсорбционная вода, в результате чего

образуется так называемый полуводный гипс - $Ca[SO_4]*0,5H_2O$, который находит широкое применение в различных отраслях промышленности. Если к полученному порошку добавить воду, то вода присоединится к сульфату кальция, а материал обретет твердость.

Преимущества гипсового вяжущего перед другими типами минеральных вяжущих – высокие технологические параметры, включая высокую скорость схватывания, которая позволяет сократить сроки проведения работ и увеличить оборачиваемость оборудования и оснастки, снижая, таким образом, издержки производственных процессов.

Прочностные характеристики гипсовых материалов напрямую зависят от количества воды затворения. Для обеспечения прохождения процесса гидратации полуводного сульфата кальция, согласно исследованиям Ферронской [2], необходимо 18,6 % от массы строительного гипса. Однако для обеспечения необходимых технологических параметров при выпуске изделий на основе сульфата кальция объем воды завторения увеличивают в несколько раз, что приводит к формированию матрицы повышенной пористости, и, как следствие, к снижению механических показателей материала.

Поскольку химически несвязная вода в процессе твердения изделий испаряется, приводя к развитию капиллярной пористости, уменьшение количества воды затворения позволяет получать гипсовые материалы с повышенными физико-техническими характеристиками, при этом, не приводя к увеличению стоимости изделий.

Одним из способов улучшения технических свойств гипсовых вяжущих является применение химических добавок, в том числе пластифицирующих, позволяющих модифицировать различные свойства гипсовых вяжущих[3]. Использование пластификаторов позволяет увеличить пластичность смеси воды и полугидрата сульфата кальция, что приводит к снижению водогипсового отношения при сохранении текучести растворной смеси. Кроме того, некоторые виды пластификаторов способны придавать готовым гипсовым изделиям дополнительную прочность. В целом отмечается повышение темпов производства изделий из гипса, более эффективное и рациональное использование оборудования [4,5].

Одними из эффективных пластификаторов, применяемых в настоящее время, является группа пластифицирующих добавок на основе поликарбоксилата[6].По строению полимер поликарбоксилатного пластификатора имеет гребенчатую структуру и состоит из основной цепи – поликарбоксильной кислоты и боковых алкиленоксидных ответвлений различной молекулярной массы. Данная добавка относится к суперпластификаторам и благодаря своей структуре обеспечивает частицам вяжущего

электростатическое и стерическое (пространственное) отталкивание [7]. По некоторым оценкам, силы взаимного отталкивания частиц гипса при введении поликарбоксилатного пластификатора почти вдвое больше, чем у суперпластификаторов на основе меламинформальдегидных или нафталинформальдегидныхполиконденсатов, и почти втрое больше, чем у суперпластификаторов на основе лигносульфонатов. Как и прочие добавки, пластификатор на основе поликарбоксилатного полимера является комплексной добавкой. Даже при минимальных дозировках рассматриваемого пластификатора обеспечивается высокая разжижающая способность, нерасслаиваемость гипсовых смесей и их высокие эксплуатационные характеристики. В отличие от традиционно используемых нафталинформальдегидных пластификаторов поликарбоксилатные - экологически безопасны, обладают антикоррозионными свойствами, введение их в гипс позволяет значительно увеличить долговечность возводимых объектов, а также существенно снизить расходы на их эксплуатацию [8].

Целью исследований было определение влияния пластификатора на основе поликарбоксилата на технические характеристики строительного гипса.

Материалы и методы исследований

В качестве вяжущего использовался нормально твердеющий гипс средней степени помола марки Г-5 предприятия ООО «ВОЛМА» (г. Волгоград), соответствующий ГОСТ 125-79.

В качестве комплексной добавки – гиперпластификатор на основе поликарбоксилата фирмы «Стахема» Stahement 2060. На основе проведенного анализа литературных источников, а так же с учетом рекомендаций производителя концентрация добавки варьировалась от 0,3 до 0,6% с шагом 0,3%, для установления оптимального соотношения компонентов.

Таблица 1. Влияние пластификатора на нормальную густоту гипсового теста

Масса компонентов, г			В/В, %	Ø расплыва
Гипс	Вода	Пластификатор		
300	165	0	55	180
300	141	0,9 (0,3%)	47	120
	150		50	180
	156		52	230
300	135	1,8 (0,6%)	45	145
	141		47	160
	144		48	180

В ходе предварительной оптимизации состава было установлено влияние содержания пластификатора на нормальную густоту гипсового теста (таблица 1). Лабораторные исследования проводились согласно методикам, приведенным в ГОСТ 23789-79. Установлено, что при содержании пластификатора равном 0,6водовяжущее отношение снижается на 7%.

Одной из технологических характеристик сухих смесей, характеризующих их жизнеспособность и определяющих время производства работ, являются сроки схватывания. Данная характеристика оптимизированного состава, при содержании пластификатора 0,3%,0,6%, была определена согласно ГОСТ 23789-79. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сроки схватывания гипсовой смеси

№ опыта	Состав гипсовой смеси	Начало схватывания	Конец схватывания	Время схватывания
1	Гипс – 300 г. Вода – 165 мл. (55%)	5,15 мин.	8,15 мин.	3 мин.
2	Гипс – 300 г. Вода – 150 мл. (50%) Пластификатор – 0,9 г. (0,3%)	7,30 мин.	16,00 мин.	8,30 мин
3	Гипс – 300 г. Вода – 144 мл. (48%) Пластификатор – 1,8 г. (0,6%)	6,45 мин	10,45 мин	4,00 мин

На основании приведенной таблицы можно сделать вывод о том, что при добавлении пластификатора в гипсовую смесь уменьшаются сроки схватывания данной смеси. Это обусловлено уменьшением требуемого количества воды (требуется меньше времени для гидратации).

Для установления влияния гиперпластификатора на механические свойства гипсового вяжущего изготавливались образцы-балочки размерами 40х40х160 мм, которые выдерживались в формах в течение первых 20 минут, после чего производилась их распалубка. Балочки хранились при Т=20±2ºС в течение 28 суток в условиях нормальной влажности. Испытания проводились на гидравлическом прессе ПГМ-100 МГ4 с допустимой нагрузкой 100кН и скоростью нагружения 0,5МПа/сек в соответствии с требованиями стандарта [3]. Результаты физико-механических испытаний представлены на рисунке 2.

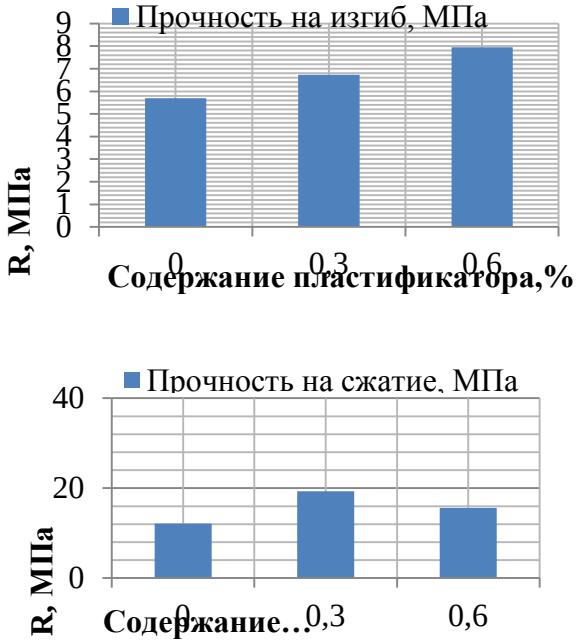


Рис. 2. Прочностные характеристики гипсового вяжущего при введении поликарбоксилатного пластификатора

Проанализировав представленные на диаграммах зависимости можно сделать вывод, что при введении в состав гипсового вяжущего 0,3% пластификатора наблюдается рост прочностных характеристик гипсового камня на изгиб и сжатие на 18% и 59%, соответственно. Повышение механических характеристик обусловлено сокращением количества воды затворения при введении пластифицирующих добавок, что приводит к уплотнению структуры гипсового композита.

В ходе исследований был получен оптимизированный состав гипсового теста, а так же определено оптимальное содержание пластификатора. Обобщенные результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3. Технологические свойства гипсовой композиции

№	Содержание пластификатора, %	В/В, %	Сроки схватывания		Предел прочности в возрасте 28 суток, МПа	
			Начало	Конец	На изгиб	На сжатие
1	0	55	5,15	8,15	5,692	12,14
2	0,3	50	7:30	16:00	6,728	19,29
3	0,6	48	6,45	10,45	7,949	15,61

Таким образом, введение модификатора на основе поликарбоксилата в состав гипсового вяжущего способствует улучшению физико-технических характеристик гипсовых растворов, а именно: снижениюводовяжущего отношения, повышению механических характеристик при оптимальном содержании модификатора, увеличению плотности и уменьшению пористости гипсового камня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Характеристика сырья [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studbooks.net – Характеристика сырья
2. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) // Справочник: Издательство АСВ – 488 с.;
3. Калашников В.И. Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов. – 1996, Воронеж, 89с.
4. Поторочина С.А., Новикова В.А., Гордина А.Ф. Влияние поликарбоксилатного пластификатора на технические параметры гипса.//Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015, Т. 1, №3 – Стр. 1–6.
5. Валеев Р.Ш., Морева И.В., Соколова Ю.А. Исследование влияния суперпластификатора С-3 на физико-технические свойства композиционного гипсового вяжущего. – 2009, 2 с.
6. Шленкина С.С. Совершенствование технологии и повышение качества гипсовых изделий с использованием пластификаторов различной природы. – 2007, Санкт-Петербург, 27 с.
7. Сысоев А.К., Чарухина В.А. Влияние лигносульфоната на основные физико-механические свойства пигментированного гипса.// Инженерный вестник Дона. – 2007, №3,стр 1 – 13.
8. Федорова В.В., Сычева Л.И. Влияние пластифицирующих добавок на свойства гипсовых вяжущих.// Успехи в химии и химической технологии. – 2015, Т. 29, № 7, стр. 78-80.

УДК 691.42:661.31

С.А. Шахов, Н.Ю.Николаев
(Новосибирск, Россия)

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КВАРЦЕВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ ОСАДКА ВОДООЧИСТКИ

Аннотация

Рассмотрены особенностиструктуро- и фазообразования кварцевой составляющей дисперсионной среды осадка водоочистки. Установлено, что специфической особенностью дисперсионной среды осадка водоочистки является.коллоидно-химическая природа, обуславливающая физико-химическое подобие его ПАВ.

Key words: *building ceramics, scourage and sediment of water treatment, quartz, silica.*

В настоящее время, образующиеся при очисткеречной воды осадки,сбрасываются в водоемы, чтоприводит к загрязнениюводы продуктами гидролизакоагулянтов, а также к заиливаниюднаводоемов[1]. Вместе с тем, учитывая значительное содержание в осадках минерального и органического вещества, данные техногенные отходы могут являться ценным сырьевым ресурсом, который потенциально может быть задействован, как в качестве сырьевого компонента минеральных шихт, так и в качестве корректирующей добавки [2].

Ранее [3] было показано, что наличие в осадке коллоидной составляющей позволяет рассматривать осадок промывных вод как наноструктурированную добавку потенциально способную активировать процессы структурообразования на различных технологических стадиях получения строительных материалов.Однако, чтобы выявить механизм действия такой добавки, требуетсяобратиться к подробному и глубокому рассмотрению вопросов, касающихся особенностей ее структуро- и фазообразования.

Цель работы: изучение особенностейструктуро- и фазообразованиякварцевой составляющей дисперсионной среды осадка водоочистки.

Материалы и методы

В работе применялся осадок со станции водоочистки №5 МУП «Горводоканал» г. Новосибирска. Осадок промывных вод с очистных станций представляет собой хлопьевидную желатинообразную суспензию влажностью в пределах 95-97%, характеризующуюся тиксотропными свойствами и слабокислой, агрессивной средой, способной растворять известь.Вода в составе осадка находится как в химически связанном, так и свободном состояниях.

После высушивания суспензии образуется рыхлый малопрочный в основном тонкодисперсный материал. Определен его химический состав минеральной части.

Соединения двухвалентного железа, в виде гидроокислов или железоорганических соединений вследствие окисления содержащимся в воздухе кислородом обуславливают буро-коричневую окраску осадка.

В составе органической части содержится большое количество органических белковых веществ и органических кислот, образующихся в результате неполного разложения растительных остатков.

При проведении исследований использовались методы:

- фотоседиментационного анализа (прибор ФСХ-6К);
- ИК-спектроскопии(ИК-Фурье спектрометр IRAffinity-1S);
- рентгенофазового анализа (РФА), который (дифрактометрBrukerD8 Advance).

Результаты и их обсуждение

Дисперсная фаза осадка содержит минеральную и органическую составляющие.Анализ гранулометрического состава показывает, что дисперсная фаза осадка включает частицы размером от 0,8 до 50 мкм (рис.1). Большая часть частиц имеют неправильную форму, являющуюся следствием образования агрегатов в процессе коагуляции.

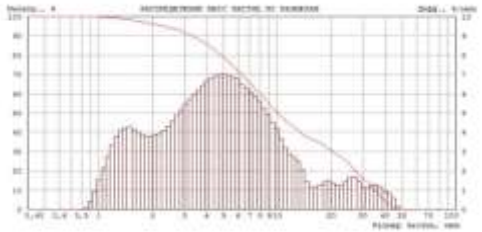


Рисунок 1 Гранулометрический состав осадка водоподготовки

Рентгенограмма осадка указывает на присутствие кварца (рис. 2).

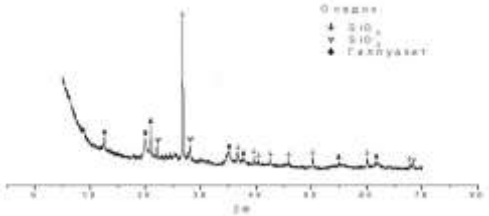


Рисунок 2 Рентгенограмма осадка

Специфической особенностью частиприсутствующего в осадке кварца является его ультрадисперсное состояние. На это, в частности, указывают результаты фотоседиментационного анализа дисперсионной среды, полученной фильтрацией осадка через «белую ленту» (рис. 3) и присутствие на представленной на рисунке 4 ИК-спектрограмме того же фильтрата полос с частотой колебаний 1200 $см^{-1}$ и 1090 $см^{-1}$ характерных связей Si-O.

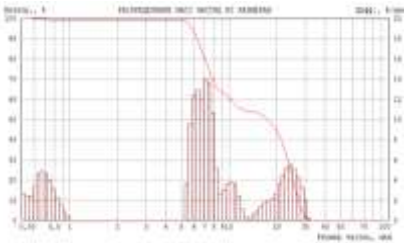


Рисунок 3 Гранулометрический состав дисперсионной среды осадка водоподготовки

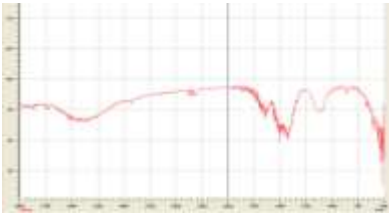


Рисунок 4 ИК-спектр золя, полученного пропусканием дисперсионной среды осадка водоподготовки через фильтр «белая лента»

С целью подтверждения наличия коллоидной составляющей была определена оптическая плотность дисперсионной среды, получаемой при фильтровании осадка водоподготовки, после добавления к ней NaOH и HCl. При подкислении фильтрата до pH 4 показатель оптической плотности остается равным фоновому. При подщелачивании среды до pH 10 в течение 17 минут наблюдается рост оптической плотности, связанный с образованием коллоидного осадка, в результате седиментации которого после 20 минут наблюдается снижение показателя оптической плотности (рис.5).

В результате сушки фильтрата осадка с NaOH в сушильном шкафу при температуре 110 ^{o}C на лабораторном стекле, наблюдалось образование налета белого цвета (рис. 6), который составлял порядка 0,4% от массы фильтрата и был идентифицирован как силикат натрия.

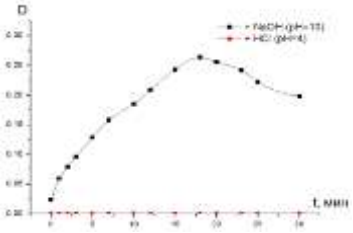


Рисунок 5 Нефелометрические кривые после добавления в фильтрат осадка NaOH и HCl



Рисунок 6 Налет, образующийся после сушки золя при температуре 110 ^{0}C

Из работ по коллоидной химии кремнезема [4,5] известно, что все его формы обладают определенной растворимостью в воде. В процессе растворения имеет место взаимодействие поверхности SiO_2 с водой с образованием монокремниевой кислоты, диссоциирующей на ионы по уравнению:

$$[H_2SiO_3] \leftrightarrow SiO_3^{2-} + 2H^+$$

В результате «старения» монокремниевой кислоты и полимеризации ее мономеров образуется фаза диоксида кремния в виде геля, поскольку система самопроизвольно стремится к снижению поверхностной энергии. [5]

Основываясь на приведенных выше положениях и результатах предложено схематическое строение образующейся единичной частицы **SiO_2 (рис.7).**



Рисунок 7 Схематическое строение единичной ультрадисперсной частицы SiO2

Поверхность частицы образована молекулами кремнекислоты. Анионы этих молекул прочно связаны с ядром частицы и являются потенциалопределяющими ионами, обуславливающими ее отрицательный заряд. Противоионы водорода распределяются частично в адсорбционном, частично в диффузном слое и способствуют образованию ДЭС частицы.

Согласно классификации, приведенной в [4], кремнекислота относится к промежуточному типу высокомолекулярных веществ. Полимеризации и структурированию и образованию неорганического полимера в виде геля способствует избыток ионов H^+ в дисперсионной среде осадка, как в слабой кислоте (pH 4,0—6).Пленка геля кремнезема в свою очередь способствует связи частиц высокодисперсного кварца с другими твердыми частицами и между собой с образованием грубодисперсных агрегатов.

Золь кремнезема относится к полидисперсным системам и характеризуется высокоразвитой межзерновой поверхностью, что является формирующим фактором свободной поверхностной энергии. При динамических условиях кинетика взаимодействий таких химических систем зависит от величины энергии активации, определяющейся свободной энергией частиц твердой фазы и законом подвода энергии к системе [6]. С учетом этоговыявить механизм и физико-химическую сущность действия такой добавки можно посредством оценки энергетических состояний.

Энергетическое состояниезоля оценивалось по термодинамическим параметрам с использованием метода ОВРК (метод Оунса, Вендта, Рабеля и Кьельбле). Для этого измерялось значение краевого угла смачивания поверхности сухих образцов вяжущего на границе раздела фаз, по которому рассчитывалась величина поверхностного натяжения твердой фазы. При этом учитывались полярная и дисперсионная составляющие материалов.

Для измерения значений поверхностного натяжения диспрсионной среды осадка водоочистки были выбраны: вода, керосин, изопропиловый спирт.

Дисперсионная часть поверхностного натяжения, характеризующая силы сцепления частиц физической природы, складывается из внутренней энергии молекул, составляющих поверхностный слой. Этот параметр оказывает влияние на поверхностную энергию материала. Полярная часть поверхностной энергии возникает за счет электростатических сил, источником которых являются полярные группы, образуемые лишившимися части атомов молекулярными структурами, и за счёт химических связей, формирующих электрически нейтральные «диполи». В качестве основной математической зависимости использовалось следующее уравнение:

$$\frac{\sigma_L(\cos\theta+1)}{2\sqrt{\sigma_L^D}}=\frac{\sqrt{\sigma_S^P}\sqrt{\sigma_L^P}}{\sqrt{\sigma_L^D}} \quad (1)$$

Где: σ_L– поверхностное натяжение рабочих жидкостей;

σ_L^D– дисперсионная составляющая поверхностного натяжения рабочих жидкостей;

σ_L^P– полярная составляющая поверхностного натяжения рабочих жидкостей;

σ_S^D– дисперсионная составляющая поверхностного натяжения исследуемого материала;

σ_S^P– полярная составляющая поверхностного натяжения исследуемого материала;

ϑ– краевой угол смачивания исследуемого материала.

Таблица 2 - Значения поверхностных натяжений, эрг/см

Граница	Поверхностные натяжения, эрг/см^2	Полярная составляющая поверхностного натяжения ,эрг/см^2	Дисперсионная составляющая поверхностного натяжения , эрг/см^2
Вода-керосин	47,50	31,0	16,5
Фильтрат осадка - керосин	38,61	16.0	22,61
Изопропиловый спирт (0,03 моль /л) - керосин	39,98	11,18	28,8

Функциональная зависимость (1) имеет линейный характер. Полярная часть поверхностного натяжения исследуемого материала определялась как угловой коэффициент этой прямой, а точка её пересечения с вертикальной осью характеризовала дисперсионную часть [7].

Таким образом, поверхностное натяжение исследуемого материала представляло собой сумму дисперсионной и полярной частей:

$$\sigma_S=\sigma_S^P+\sigma_S^D \quad (2)$$

Результаты экспериментов и расчетов, представленные в табл.2, показывают, что дисперсионная среда осадка водоочистки по своей физико-химической природе представляет собой поверхностно активное вещество.

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Дисперсионная среда осадка промывных вод представляет собой воду, обогащенную частицами кремнезема

наномасштабногоуровня и является химической системой в коллоидном состоянии.

2. Основой применения такого золя в технологии строительной керамики является его коллоидно-химическая природа, обуславливающая физико-химическое подобие его ПАВ.

3. Ориентируясь на работы, рассматривающие влияние наночастиц SiO_2 на структуру и свойства строительных материалов, можно с достаточно высокой степенью достоверности предположить, что наличие в осадке коллоидной составляющей позволяет рассматриватьосадок промывных вод как наноструктурированную добавку потенциально способную активировать процессы структурообразования на различных технологических стадиях получения строительных материалов.

Литература

1. Любарский, В. М. Осадки природных вод и методы их обработки / В. М. Любарский. - М.: Стройиздат, 1980. - 128 с.

2. Гвоздев, В.Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В.Д. Гвоздев, Б.С. Ксенофонтов. - М.: Химия, 1988. – 112 с.

3. Шахов С.А. Потенциал осадка промывных вод как сырьевого компонента строительной керамики / С.А. Шахов, Н.Ю. Николаев, Т.Л. Рудая // Вестник СГУПС №1, 2018. – С. 61-67.

4. Айлер, Р.К. Коллоидная химия кремнезема и силикатов / Р.К. Айлер. - М.: Госстройиздат, 1959. - 280 с.

5. Воюцкий, С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий. - М.: Химия, 1964. 534 с.

6. Успехи коллоидной химии: сб. науч. тр. / под редакцией Овчаренко Ф.Д. – Киев: Наукова думка, 1983. – 256 с.

7. Войтович, Е.В.Проектирование составов композиционного гипсового вяжущего с применением наноструктурированного кремнеземного компонента (термодинамический аспект) / Е.В. Войтович, А.М. Айзенштадт // Промышленное и граж-данское строительство. – 2014. – № 5. – С.

УД К 692.231.2+691.311

Л.А.Аниканова, А.И. Кудяков (Томск,Россия)
К.Ковлер (Хайфа, Израиль)

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ВЯЖУЩИХ, СТЕНОВЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФТОРАНГИДРИТОВОГО СЫРЬЯ

Ключевые слова:*фторангидрит, модифицированное вяжущее, структурообразование, стеновые и отделочные материалы, структурно-методологическая схема исследований*

Реферат*. В работе представлена структурно-методологическая схема и результаты исследований процессов структурообразования фторангидритовых вяжущих, стеновых и отделочных материалов на их основе. Приведены свойства стеновых материалов на фторангидритовом вяжущем,рекомендуемыхдля использования в малоэтажном строительстве и индивидуальном домостроении.*

Keyword: fluoroanhydrite, modified binder, structurization, wall and finishing materials, structural and methodological scheme of research

Abstract. The paper presents a structural and methodological scheme of research to study the processes of structure formation of fluoroanhydrite binders, wall and finishing materials based on them. The main methods of influence on the micro – and macrostructure of materials in order to obtain materials with desired properties are studied.

Научное обоснование выборавторичного сырья и инновационные технологические процессы производства из них эффективных строительных материалов позволяют решать многиезадачиресурсо-и энергосбережения,снижения стоимости строительства жилых зданий.Учитывая опережающие темпы индивидуального домостроения по сравнению с индустриальным строительством жилья,необходимо развивать современные технологии изготовления наиболее востребованных по объему использования конструкционно-теплоизоляционных стеновых материалов и совместимых с ними отделочных твердеющих композиций из сухих строительных смесей (ССС). Востребованность в стеновых материалах иССС на основе гипсосодержащихвяжущих возрастает, в связи с их хорошими технологическими и техническими характеристиками, способностью обеспечивать здоровый микроклимат в помещениях проживания человека.

В регионах России, где отсутствуют гипсовые месторождения,в качестве базового сырья для производства эффективных стеновых и отделочных материалов рекомендуется использовать фторангидрит, побочный продукт производства плавиковой кислоты, состоящий в

основном из безводного сульфата кальция[1,2,3]. Использование вторичных гипсосодержащихресурсов является результативным решением задач комплексного использования природных ресурсов в производстве строительных материалов, уменьшения объемов отчуждения земли для хранения отходов и загрязнения среды обитания человека.

Причиной сдерживания внедрения в строительстветехнологии производства строительных материалов из фторангидритового сырья является недостаточная изученность его генезиса, состава и свойств, физико-химических процессов структурообразования фторангидритового вяжущего, а также недостаточной активностью и прочностью затвердевшего камня, что не позволяет эффективно управлять технологическими процессами, обеспечивающими требуемые характеристики стеновых и отделочных материалов.Разработка технологии производства эффективных строительных материалов повышенного качества с малой энергоемкостью на основе фторангидритового вяжущего и заполнителей является актуальной.

Исследования по разработке научно-обоснованных составов и технологии изготовлениястеновых и отделочных материалов на основе фторангидритового сырья рекомендуется осуществлять с использованием системного подхода управления процессами последовательно на всех этапах жизненного цикла конечной продукции,а именно прианализе состава, структуры,свойстви классификации фторангидритовогосырья по технологическим признакамдля обоснованияспособаего переработки (активации), приразработке и исследованиифторангидритовоговяжущего, композиционной строительной смеси, формировании и структурообразовании изделий, установлении эксплуатационных характеристик готовых изделий, разработкетехнологических регламентов[2,4].

Фторангидрит является разнородным по химическому, гранулометрическому составу и пригодность его для производства конкретных строительных материалов устанавливается в зависимости от генезиса и способа его подготовки. Сложность переработки фторангидритового сырья заключается в невозможности вмешательства в основной технологический процесс с целью регулирования свойств, изменения качественных характеристик в зависимости от условий идлительности хранения. Научно обоснованный выбор способа переработки и рационального использования фторангидрита базируется на знаниях химического состава, способа нейтрализации, условий образования кислого фторангидрита и изменений при хранении в отвалах, умении

прогнозировать свойства строительной смеси в ходе переработки сырья при изготовлении стеновых и отделочных материалов с требуемыми свойствами[3,5,6].

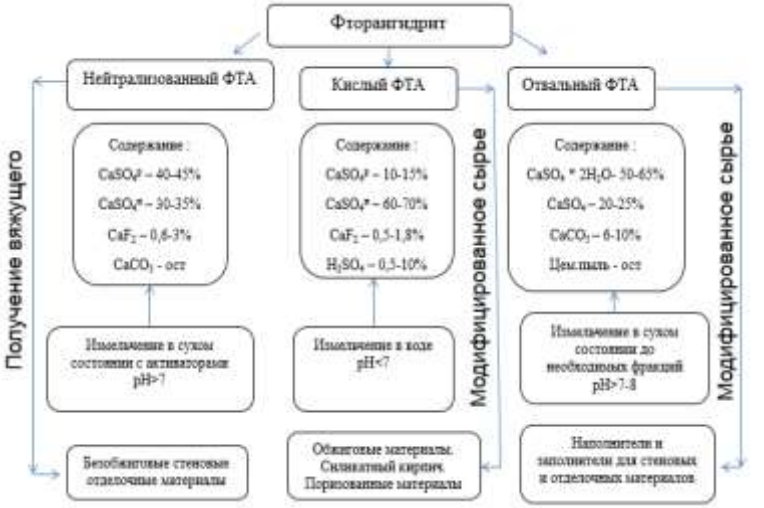


Рис.1. Классификация фторангидритового сырья по технологическим признакам переработки и производства стеновых материалов.

Разработанная авторами классификацияфторангидритового сырья (рис. 1) и структурно-методологическая схема исследований (рис. 2), позволяют систематизировать научные данные о его составе, свойствах с целью направленного использования в технологиях изготовления стеновых и отделочных материалов.

Процессы структурообразования разрабатываемых стеновых материалов исследованы на микро- и макроуровнях, при этом управляемыми факторами на каждом уровне приняты химический состав сырья, параметры структуры, состав смесей и технологические режимы изготовления. В качестве основных способов подготовки компонентов, формирующих микроструктуру материалов, приняты механический и механохимический приемы измельчениясфторангидритового сырья с сухим способом нейтрализации совместно с активаторами твердения до удельной поверхности 400 $м^2$/кг. В качестве активных добавок применялись сульфат натрия, сульфит натрия и сульфид натрия. Кроме того, использованы инструментальные методы внешнего воздействия в виде магнитной и ультразвуковой активации воды затворения,

обеспечивающие ускорение процессов структурообразования и раннего набора прочности[5,6,7].

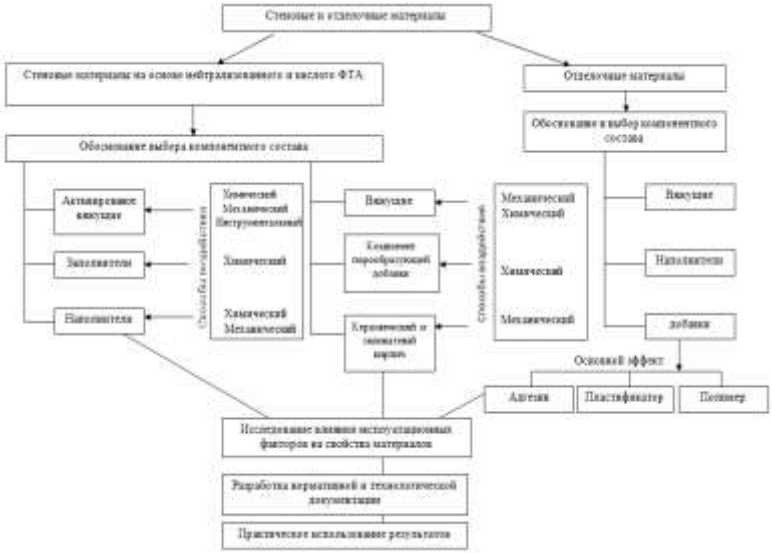


Рис.2.Структурно-методологическая схема исследованийматериаловс химической, механической и инструментальной активацией исходных компонентов

При обосновании физической модели разрабатываемых стеновых и отделочных материалов принята структура, состоящая из легких заполнителей (фракционированная кирпичная крошка, керамзит, древесный заполнитель), имеющих хорошее сцепление с гипсосодержащими вяжущими. Роль мелкого заполнителя и наполнителей выполняют отвальный фторангидрит (центр кристаллизации), кирпичная и известняковая пыль, микрокремнезем(пуццоланова добавка). Модифицированное фторангидритовое вяжущее является матрицей и обмазкой зерен заполнителей.

Таблица 1. Свойства стеновых материалов на фторангидритовомвяжущем.

№	Вид стенового материала	Теплопроводность, Вт/(м·ºС)	Средняя плотность, кг/м^3	Водопоглощение, % (по массе)	Предел прочности при сжатии, МПа
1	Конструкционно-теплоизоляционный	0,13-0,25	510-1300	35-40	2,9-5,0
2	Теплоизоляционный	0,09-0,1	480-500	45-50	1,1-2,5
3	Конструкционный	0,29-0,44	1600-1900	10-14	15-25

При производстве стеновых материалов из кислого фторангидрита, на зернах которого адсорбирована остаточнаясерная кислота, фторангидритвыполнять функции порообразующего компонента (ячеистый бетон), катализатора твердения (полимергипсовые материалы), модифицирующей добавки при изготовлении обжиговых и силикатных материалов. Номенклатура и свойства стеновых материалов регламентируются видом используемого фторангидритового сырья. Физико-механические характеристики разработанных и рекомендуемых к производству стеновых материалов представлены в таблице 1.

Материалы на основе фторангидритового вяжущего могут быть использованы при изготовлении стеновых блоков, межкомнатных межквартирных перегородок, панелей, при отделке стен в строительстве малоэтажных зданий жилого, промышленного и сельскохозяйственного назначения.

Список литературы

1. Кудяков А.И., Аниканова Л.А., Редлих В.В. Материалы для ограждающих конструкций из композиционных фторангидритовых вяжущих// Сухие строительные смеси. 2013.№3. С. 12-14.
2. Лесовик, В.С. Процессы структурообразования гипсосодержащих композитов с учетом генезиса сырья / В.С. Лесовик, Н.В. Чернышова, В.Г. Клименко // Известия вузов. Строительство. – 2012. – № 4. – С. 3-11
3. Anikanova L., Volkova O., Kudyakov A., Sarkisov Y., Tolstov *D.* Influence of Solidification Accelerator on Structure Formation of Anhydrite-Containing binders. Всборнике: AIP Conference Proceedings2. 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. 070002.
4. Кудяков А.И., Копаница Н.О. Системный подход при разработке материалов для многослойных ограждающих конструкций. Строительные материалы. 2005, №12. С. 66-69.
5. Бердов Г.И., Ильина Л.В., Зырянова В.Н., Никоненко Н.И., Сухаренко В.А. Влияние минеральных наполнителей на свойства строительных материалов //Строительные материалы.2012. № 9.С.79-83
6. Аввакумов Е.Г., Гусев А.А. Механические методы активации в переработке природного и техногенного сырья. Новосибирск: Издательство «Гео», 2009г. 155с.
7. Аниканова Л.А. Стеновые материалы на композиционномполимерминеральном вяжущем // Вестник Томского государственного-архитектурно-строительного университета. 2017. №6. С. 127-133.

Шведова М. А. (Воронеж, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО КОМПЛЕКСНЫМИ НАНОДОБАВКАМИ

Цементные композиты представляют собой многофазные системы со сложной структурой, образующиеся в результате различных физико-химических процессов. Создавать высокопрочные структуры цементных композитов, устойчивых к различным видам механических воздействий, можно используя комплексные нанодобавки (КНД) на основе наномодифицированного кремнезема и суперпластификатора (СП), которые являются наиболее эффективными и перспективными модификаторами свойств цементных композитов.

Целью настоящего исследования является изучение влияния КНД SiO_2 - СП Sika®ViscoCrete® 20HE на фазовый состав и прочностные свойства цементного камня.

На начальном этапе исследования синтезировали комплексную добавку с содержанием SiO_2 0,01% из различных прекурсоров [1]. На втором этапе проводили модификацию цементных систем полученными КНД. Для этого готовили цементные системы путем формования цементной пасты с водой затворения, которая содержала комплексную добавку (наноразмерные частицы SiO_2 + СП). Полученные образцы помещали в ёмкость, где поддерживали нормальные условия твердения и оставляли до достижения проектного возраста – 1 сутки, 3, 7, 14 и 28 суток.

Исследование кинетики гидратации модифицированных цементных систем, а также определение их качественного состава проводили с помощью рентгенофазового анализа (дифрактометр ARL X'TRA, CuKα-излучение, λ_{Cu}= 1,541788 Å). Степень гидратации модифицированных систем рассчитывали по содержанию $3CaO \cdot SiO_2$ (C_3S) путем сравнения их дифрактограмм с дифрактограммами образца из цементного клинкера. Предел прочности при сжатии цементного камня определяли на прессе ПСУ-125 ЗИМ (Армавир), размер образцов 4×4×16 см.

Согласно данным рентгенофазового анализа, для всех модифицированных цементных систем характерна ускоренная гидратация. Максимальная степень гидратации достигается уже через 3 суток. Повышение содержания гидросиликатных фаз происходит на всем протяжении процесса схватывания. В возрасте 3 сут наблюдается максимальное количество фаз $(CaO)_x \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot xH_2O$, $2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ и минимальное количество фаз

$3CaO \cdot SiO_2$ и $2CaO \cdot SiO_2$. При гидратации в микроструктуре цементного камня без добавок образуются твердые фазы портландита, гидросиликатов и эттрингита. В целом такая структура разнородна. При гидратации цементного камня с комплексной наноразмерной добавкой образуется более однородная кристаллическая структура.

При изучении прочностных характеристик модифицированного цементного камня выявлено быстрое нарастание прочности в модифицированных системах по сравнению с эталонной системой. Через 7 суток в обеих системах наблюдается небольшой сброс прочности, что может быть связано с вторичной гидратацией C_3A и C_4AF с гипсом, с образованием кристаллов эттрингита.

Таким образом, введение комплексной нанодобавки на основе наноразмерных частиц SiO_2 позволяет ускорить процессы гидратации и набора прочности цементного камня.

1. О.В. Артамонова, О.Р. Сергуткина, И.В. Останкова, М.А. Шведова. Синтез нанодисперсного модификатора на основе SiO_2 для цементных композитов / Конденсированные среды и межфазные границы. 2014. Т. 16. №2. С. 152 – 162.

Выражаю благодарность научному руководителю – к.х.н., доценту кафедры химии Воронежского ГАСУ О.В. Артамоновой за помощь в выполнении данных исследований.

УДК 620.197.2

А.П.Пичугин, В.В.Банул,(Новосибирск, Россия)
В.Г.Хозин (Казань, Росиия)
Г.И.Яковлев (Ижевск, Россия)

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПЫЛЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Исследование посвящено термической устойчивости и огнестойкости полимерных защитных покрытий металлических элементов очистных сооружений и систем навозоудаления. Предложены варианты добавок повышающих данные характеристики напыляемых защитных полиэтиленовых покрытий. Определение термической устойчивости в условиях воздействия агрессивных химических сред производилось на образцах-пластинах, защищенных полимерными составами с добавками направленного типа.

***Ключевые слова**: порошковыми композициями, термонапыление, защитные покрытия, термомеханические кривые, термическая устойчивость, огнестойкость*

A.P.Pichugin, V.V.Banul, (Novosibirsk, Russia)
V.G. Khozin (Kazan, Russia)
G.I. Yakovlev (Izhevsk, Russia)

POSSIBILITIES OF INCREASING THE THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SPRAYED MATERIALS

The study is devoted to thermal stability and fire resistance of polymer protective coatings for metal elements of sewage treatment plants and manure removal systems. Variants of additives are proposed to increase these characteristics of sprayed protective polyethylene coatings. The determination of thermal stability under the conditions of exposure to aggressive chemical media was carried out on sample plates protected by polymeric compositions with directional additives.

Keywords: *powder compositions, thermal spraying, protective coatings, thermomechanical curves, thermal stability, fire resistance*

Повышение эффективности защиты металлических элементов технологического оборудования и очистных сооружений от воздействия агрессивной среды является важным аспектом при эксплуатации зданий и сооружений сельскохозяйственного и перерабатывающего назначения. Ранее авторами разработана технология защиты термонапылением модифицированными полимерными порошковыми композициями и способов формирования на их основе защитных покрытий металлических конструкций, что позволило улучшить экологическую обстановку эксплуатационные параметры предприятий. Однако для некоторых объектов данной защиты оказалось недостаточно и были выдвинуты дополнительные требования по повышению теплофизических характеристик напыляемых материалов.

С этой целью был проведен комплекс исследований по изучению свойств термонапыляемых полимерных порошков и полиэтилена низкого давления (ПЭНД) с добавками микросфер золоудаления и огнезащитной композицией «Фукам».

Как показали проведенные исследования, при введении в раствор кремнезоля (КЗ) раствора углеродных нанотрубок (УНТ) в количестве 2–4% проявляется синергетический эффект, выражающийся в увеличении всех основных характеристик защитного покрытия: адгезии к защищаемой стальной поверхности, плотности, пористости и стойкости к воздействию концентрированных агрессивных сред. Тот же эффект сохраняется при введении огнезащитной композицией «Фукам» в пределах 3-5%. При большей концентрации данной композиции (10%) наблюдаются отрицательные реакции в виде коагуляции составляющих кремнезоля с УНТ, что приводит к неравномерному распределению одних частиц в общей композиции.

Объяснением этого эффекта может служить то, что 30 % водный раствор кремнезоля представляет собой полярную систему и достаточно хорошо соединяется с 3% водной эмульсией УНТ, являющейся неполярной системой. Полученная активирующая композиция оказывает усиливающее действие, как на стальную подложку, так и на термонапыляемый полиэтилен низкого давления, модифицируя его. Огнезащитная композиция «Фукам» в малых концентрациях не проявляет отрицательных реакций, поэтому может быть использована для обеспечения огнезащиты. Это влияние достаточно хорошо графиках (рис.).

При определенных условиях большинство из синтетически полученных высокомолекулярных соединений способны к фазовым превращениям. Кристаллическое фазовое состояние полимера характеризуется наличием трехмерного порядка между отдельными звеньями молекул в пределах каждой отдельной пачки. Показано, что активирующие композиции способствуют созданию центров кристаллизации ПЭНД при формировании полимерной пленки, при этом отдельные идентичные группы атомов, входящие в напыляемый полиэтиленовый порошок, соединяются между собой, образуя разветвленную прочную структуру.

Таблица. Свойства защитных термонапыляемых полиэтиленовых покрытий на предварительно обработанных металлических поверхностях

Свойства	Показатели свойств в зависимости от метода обработки поверхности						
	Без обработки	Кремне-золем (КЗ)	УНТ	КЗ+ 1 %УНТ	КЗ+ 2 %УНТ	КЗ+ 4 %УНТ	КЗ+ 10 %УНТ
Адгезия пленки, МПа	5,4–6,1 5,9–7,2	6,7–8,1 7,7–8,9	9,3–11,6 9,8–12,4	7,1–8,2 7,9–8,8	8,4–10,5 8,7–11,0	8,9–10,8 9,6–12,3	9,1–11,0 9,6–12,4
Средняя плотность пленки, кг/м³	950–965	960–985	980–1050	950–990	970–1035	970–1040	970–1045
Пористость, %	1,2–1,6 1,0–1,4	0,8–1,1 0,7–1,0	0,6–0,7 0,5–0,6	0,8–1,1 0,7–1,0	0,7–0,9 0,6–0,7	0,7–0,8 0,6–0,7	0,7–0,8 0,6–0,7
Стойкость в агрессивной среде, часы	160–170	180–200	220–260	190–210	210–250	210–255	220–260
Расчетный срок службы, годы	0,5–0,7 0,8–1,0	1,2–1,7 1,5–1,9	2,1–2,5 2,2–2,8	1,2–1,7 1,3–1,7	1,6–1,9 1,9–2,2	1,6–1,9 1,9–2,3	1,8–2,1 1,9–2,5

Примечание: в числителе приведены результаты испытаний без обработки порошка ПЭНД; в знаменателе – после предварительной обработки теми же составами

В зависимости от вида обработки порошка и защищаемой поверхности на термомеханических кривых отмечается сдвиг температурных переходов в зону повышенных температур. Ранее было показано, что обработка порошка ПЭНД кремнезолем позволяет сместить температурные переходы на 10–15 °С, а обработка порошка УНТ – на 15–20 °С. Таким образом, активация порошкового ПЭНД способствует улучшению физико-механических и физико-химических свойств материалов. Наибольший эффект для термонапыляемых полимерных покрытий был достигнут при комплексной обработке металлических поверхностей и порошка ПЭНД кремнезолем с УНТ. Комплексные исследования экспериментальных модифицированных полиэтиленовых порошков ДТА, микроструктурным и ИК-спектроскопическим методом подтвердили положительное влияние предварительной обработки порошка ПЭНД активирующими композициями.

При введении огнезащитной композиции «Фукам» отмечено положительное влияние её на термоустойчивость покрытия, выражающееся в сдвиге температурного перехода в зону повышенных температур на 15-25 ºС. При этом отмечено уменьшение величины деформации при нагревании (кривая 2). Еще большее положительное влияние на свойства полиэтиленового напыляемого покрытия оказывает введение микросфер. Их введение приводит к еще большему уменьшению величины тепловой деформации и сдвигу температурного перехода ещё на 20-30 ºС, что свидетельствует о положительном влиянии этого компонента на свойства защитного покрытия.

Исследование термической устойчивости и огнестойкости наряду с химической стойкостью полимерных защитных покрытий металлических элементов очистных сооружений и систем навозоудаления животноводческих комплексов является одним из необходимых условий оценки пригодности материала для антикоррозионных покрытий в условиях воздействия агрессивных эксплуатационных сред сельскохозяйственных и производственных помещений. Определение термической устойчивости в условиях воздействия агрессивных химических сред производилось на образцах-пластинах, защищенных полимерным составом, подвергнутых тепловому воздействию газовым нагревателем, и фиксировалось электронными термощупами. Основным критерием термической устойчивости полимерного покрытия служило наличие дефектов (отслаиваний в виде вздутий, трещин), приводящих к коррозии стали и изменению массы образцов. Во всех случаях отмечено

положительное влияние добавок «Фукам» и микросфер. По материалам проведенных исследований подана заявка на Патент РФ.

Список литературы

1. Пичугин А.П. Влияние наноразмерных добавок на адгезионную способность защитных полимерных покрытий// А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков, В.В.Банул, А.Ю.Кудряшов // Строительные материалы №1-2. 2018. – С.39-44.

2. Пичугин, А.П. Полы из модифицированных полимерными компози-циями материалов в сельском хозяйстве [Текст] / А.П. Пичугин, М.О. Батин, В.В. Банул // Строительные материалы. 2012. № 8, – С. 80–82.

3. Пичугин, А.П., Стойкость термонапыляемых полимерных покрытий в средах животноводческих помещений [Текст] / А.П. Пичугин, В.В. Банул // Строительные материалы. 2013. № 8, – С. 47–49.

Е.В. Гончикова, Е.В.Доржиева (Улан-дэ, Россия).

ПОЛИСТИРОЛБЕТОН, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКСНЫМ КОЛЛОИДНЫМ МОДИФИКАТОРОМ

Аннотация

В статье даны результаты исследований полистиролбетона с использованием комплексного коллоидного модификатора, полученного виде многокомпонентного золя кремниевой кислоты, гидроксидов железа и алюминия и хлористого кальция.

Ключевые слова - комплексный коллоидный модификатор (ККМ),

золь-гель технология, полистиролбетон

The article presents the results of research of polystyrene concrete using a complex colloidal modifier obtained as a multicomponent silica Sol, iron and aluminum hydroxides and calcium chloride.

complex colloidal modifier (CCM), sol-gel technology, polystyrene concrete

Среди бетонов на особо легких заполнителях к числу наиболее перспективных для применения в качестве теплоизоляционного слоя трехслойных конструкций можно отнести полистиролбетон [1]. Известны результаты исследований по получению составов энергоэффективных наномодифицированных высокопрочных легких бетонов. В данных работах в качестве добавок предложены модификаторы, получаемые по трехэтапной золь-гель технологии, включающей перевод истинного раствора в коллоидный с последующей стабилизацией [2, 3]. При разработке комплексного коллоидного модификатора (ККМ), получаемого путем химической поликонденсации, нами был предложен технологически упрощенный

синтез модифицирующей добавки в виде многокомпонентного золя кремниевой кислоты, гидроксидов железа и алюминия и известного ускорителя твердения цемента – хлористого кальция.

Таблица 1. Химический состав и характеристика ККМ

Содержание в 100 г раствора, г		$HCl/_{ПЦ}$	Плотность, г/см^3	pH	Содержание в 100 г. раствора, г			
ПЦ	HCl				H_4SiO_4	$Al(OH)_3$	$Fe(OH)_3$	$CaCl_2$
3,0	3,65	1,2	1,042	2,5	0,99	0,24	0,11	0,381

\

Удалось получить устойчивый (не требующий дополнительной стабилизации) высококонцентрированный золь, представляющий собой некристаллическую конденсационную нанодисперсную структуру из метастабильных растворов. В составе комплексного коллоидного модификатора содержатся одновременно три вида золя: золь кремниевой кислоты, золь гидроксида железа, золь гидроксида алюминия, а также ускоритель твердения цемента – хлористый кальций. Химический состав и характеристика комплексного коллоидного модификатора приведены в таблице 1.

Для определения размеров частиц комплексного коллоидного модификатора был применен метод турбидиметрии на спектрофотометре LEKI SS – 1207. Принцип метода основан на измерении интенсивности света определенный длины волны, прошедшей через кювету, содержащую добавку. Определены оптические плотности с использованием различных светофильтров, рассчитан коэффициент преломления n, далее по калибровочной Геллера определены размеры частиц. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2. Экспериментальные и расчетные величины турбидиметрического определения размеров частиц комплексного коллоидного модификатора

Возраст ККМ, сут.	Значения оптической плотности / коэффициента n в зависимости от применяемого светофильтра (длина волны)				
	красный	желтый	зеленый	синий	фиолетовый
	690 нм	575 нм	500 нм	455 нм	420 нм
7	0,020	0,026	0,348	0,383	0,533
	0,750	0,166	2,600	3,570	-
30	0,078	0,090	0,110	0,452	2,068
	0,759	1,450	1,761	1,778	-
60	0,287	0,337	0,047	0,402	2,032
	1,430	3,528	1,387	1,220	-

Анализ результатов данных эксперимента позволяет сделать вывод, что сложный характер изменения оптических свойств раствора при коагуляции комплексного коллоидного модификатора обусловлен изменением дисперсности, образованием комплексных агрегированных частиц, отличающихся от исходных частиц по размеру и по плотности. Использование комплексных коллоидных модификаторов (ККМ), полученных с помощью золь-гель метода, доказало возможность получения эффективного тяжелого бетона с высокими эксплуатационными свойствами [4-5].

Были проведены исследования возможности получения модифицированного полистиролбетона с использованием ККМ. Полистиролбетон является одним из наиболее эффективных конструкционно-теплоизоляционных материалов. К преимущест-вам полистиролбетона по сравнению с другими конструкционно-теплоизоляционными материалами можно отнести удовлетворительные прочностные характеристики при низкой плотности, пониженную теплопроводность и сорбционную влажность, улучшенные показатели по водонепроницаемости, морозостойкости, химической и биологической стойкости. Для изучения влияния ККМ на основные физико-механические свойства полистиролбетона были изготовлены образцы бетонов размерами 10×10×10 см. Характеристика исходных материалов и составы бетонов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Составы полистиролбетона

№ состава	Состав бетонной смеси					В/Ц, %
	ПЦ 500 Д0 (кг/м)	ПВГ ($м^3$)	ККМ (% от массы ПЦ)	СП-1 (% от массы ПЦ)	Вода (л)	
контрольный	420	0,75	-	-	120	0,28
Состав 1	420	0,75	-	0,8	96	0,22
Состав 2	420	0,75	0,6	0,8	96	0,22
Состав 3	420	0,75	0,8	0,8	96	0,22
Состав 4	420	0,75	1,0	0,8	96	0,22

Для проведения основных экспериментальных работ, направленных на получение и на изучение зависимости эффективности ККМ в составах полистиролбетона был использован портландцемент М500 Д0 ООО «Тимлюйский цементный завод», вспененные полистирольные гранулы ОАО «Ангарский завод полимеров», суперпластификатор Полипласт СП-1, комплексный

коллоидный модификатор, полученный путем химической поликонденсации.

Таблица 4. Основные физико-механические свойства полистиролбетона с содержанием ККМ

№ состава	Основные физико-механические свойства			
	ρ, кг/м^3	$R_{сж}$, МПа	F, циклы	λ, Вт/м ˚С
контрольный	500	2,35	100	0,18
Состав 1	500	2,8	100	0,18
Состав 2	500	3,0	150	0,16
Состав 3	500	3,5	150	0,15
Состав 4	500	3,1	150	0,16

В таблице 4 представлены основные физико-механические характеристики исследуемых составов.

Результаты экспериментальных исследований показали перспективность использования ККМ в составах полистиролбетона. Эффект прироста прочности на сжатие у модифицированных образцов достигает 48 % при дозировке ККМ 0,8 % от массы цемента. Использованием ККМ позволяет повысить класс прочности легкого бетона с В1,5 до В2,0. Экономическая эффективность модифицированного полистиролбетона с применением ККМ обусловлена возможностью повышения класса бетона без использования дополнительных сырьевых компонентов (цемента, песка и т.д.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Король Е.А. Особенности определения прочностных и деформативных характеристик полистиролбетона. - Москва.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Экономические предпосылки внедрения легких высокопрочных бетонов. - Казань, 2012.
3. Степанова И.В. Разработка и применение новых зольсодержащих добавок для повышения качества бетонов различной плотности. - Санкт-Петербург, 2004.
4. Гончикова Е.В., Архинчеева Н.В., Доржиева Е.В. Наномодифицрование цементного камня введением многокомпонентного золя. «Строительные материалы», 2011.
5. Гончикова Е.В., Архинчеева Н.В., Доржиева Е.В. Исследования влияния золь-гель процессов на свойства цементного камня. «Нанотехнологиии в строительстве», 2011.

В.В. Ларичкин, В.А. Кальнеус, Д.А Немущенко
(Новосибирск, Россия) nikpi42@gmail.com

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЗОЛОКЕРАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОДОБАВОК Al_2O_3 и SiO_2

Реферат. *Была получена наилучшая рецептура золокерамики при условии низкопроцентного введения ультрадисперсной добавки. Изучено влияние добавки нано-SiO_2, а также нано- Al_2O_3 на свойства золокерамики. На основе исследований физико-механических свойств полученной керамики (предела прочности при сжатии, водопоглощения, морозостойкости) было выявлено положительное влияние низкопроцентного введения нано-SiO_2, а также нано-Al_2O_3.*

Ключевые слова *Зола уноса, переработка отходов, строительная керамика, золокерамика, нанопорошок, Al_2O_3, SiO_2*

Fly ash, recycling, civil ceramics, fly ash ceramic, nanopowder, Al_2O_3, SiO_2

Утилизация золы, полученной после сжигания угля на энергетических предприятиях, может помочь значительно снизить негативное влияние на окружающую среду и улучшить экономические показатели предприятия [1]. На сегодня зола широко используется в различных производствах и обладает хорошими рыночными перспективами.

Создание строительных материалов на основе золы уноса вносит значительный вклад в утилизацию золы и улучшение экологической обстановки региона. В современной практике утилизация золы ограничена, главным образом, использованием золы при создании строительных материалов с низкими техническими требованиями. Тем временем, развитие перспективных технологий и материалов, в частности технологий получения ультрадисперсных добавок, позволяет создавать рецептуры новых строительных материалов, с улучшенными физико-механическими свойствами и невысокой себестоимостью при условии промышленного производства ультрадисперсной добавки, которые могут получить широкое применение в строительстве.

Цель работы – выявление наилучшей рецептуры золокерамики с использованием наноразмерных добавок SiO_2 и Al_2O_3. Задачи, решаемые в ходе работы: изучение влияния нанодобавок на свойства образцов керамических изделий, полученных с использованием твёрдых техногенных отходов (зол-уноса от сжигания угля на электростанциях и стеклобоя); сравнительный анализ полученных результатов с целью выявления наилучшей рецептуры.

В рецептуре были использованы следующие ультрадисперсные добавки:

- наноразмерный порошок диоксида кремния (нано-SiO_2), полученный исследователями Института теоретической и прикладной механики СО РАН и Института ядерной физики СО РАН методом испарения [2] с последующим охлаждением высокотемпературного пара и конденсацией, средний размер первичных частиц SiO_2 составлял ~ 22 нм, удельная поверхность ~ 123 $м^2/г$;

- наноразмерный порошок альфа-корундовой фазы оксида алюминия (нано-Al_2O_3), полученный исследователями Института химии твёрдого тела и механохимии СО РАН методом измельчения в планетарных мельницах; средний размер частиц Al_2O_3 составлял ~ 60 нм.

Соотношение компонентов рецептуры, режимы сушки и обжига аналогичны тем, что описаны в работе [3]. В результате были получены экспериментальные образцы, удовлетворяющие требованиям нормативных документов к керамическим изделиям.

В результате анализа полученных экспериментальных данных была выявлена наилучшая рецептура золокерамики с 0,5 % содержанием добавки нано-Al_2O_3. Как показали экспериментальные данные, именно 0,5 %-ная добавка Al_2O_3 оказывает наиболее сильное влияние на прочность при сжатии и водопоглощение опытных образцов золокерамики. Обнаружено положительное влияние наноразмерных частиц SiO_2 и Al_2O_3 на физико-механические параметры (прочность при сжатии, водопоглощение, морозостойкость) полученных после обжига образцов, которые имеют в составе, как природные, так и техногенные компоненты. По показателям морозостойкости, прочности при сжатии и водопоглощению керамические образцы удовлетворяют требованиям ГОСТ 6787-2001 и могут быть использованы в качестве напольной керамической плитки.

Получен патент РФ на рецептуру создания керамической плитки с использованием твёрдых техногенных отходов и наноразмерного наполнителя SiO_2 [4]. Планируется проведение дополнительных испытаний опытных образцов керамической плитки на прочность при изгибе, кислотостойкость, с целью выявления возможного диапазона применения разрабатываемых рецептур керамики.

Литература:

1. Зырянов В.В., Зырянов Д.В. Зола уноса – техногенное сырье. – 320 с.

2. Патент 2067077, МПК6 C01B 33/88. Российская федерация. Способ получения ультрадисперсной двуокиси кремния, устройство для его осуществления и ультрадисперсная двуокись кремния / В.П. Лукашов, С.П. Бардаханов, Р.А. Салимов, А.И. Корчагин, С.Н. Фадеев, А.В. Лаврухин, № 94002568/26; заявл. 26.01.94; опубл. 27.09.96 – 6 с.

3. Исследование влияния добавки нанопорошка SiO_2 на физико-механические свойства золокерамики / В.В. Ларичкин, Д.А. Немущенко, В.А. Кальнеус, Е.А.

УДК 622.245.422

А.А.Шаталов, А.П.Пичугин, А. Ю.Кудряшов,
А.П.Минаев (Новосибирск, Россия)
А.В.Мишутин (Одесса, Украина)

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Бетоны причальных сооружений постоянно находятся в состоянии физических и климатических воздействий между окружающей средой и материалом. Попеременное увлажнение и высушивание, набухание и усадка, нагревание и охлаждение, замораживание и оттаивание бетона во влагонасыщенном состоянии - всё это приводит к образованию трещин, деформаций и микроразрушений. В статье рассмотрены различные методы повышения долговечности и сохранности бетона причальных сооружений.

Ключевые слова: *бетон, причальные сооружения, коррозия бетона, водостойкость, морозостойкость, химические добавки, защитные мероприятия*

A.A. Shatalov, A.P.Pichugin, A.Y. Kudryashov,
A.P.Minaev (Novosibirsk, Russia)
A.V. Mishutin (Odessa, Ukraine)

METHODS OF INCREASING THE DURABILITY OF CONCRETE PORT STRUCTURES

Concrete mooring facilities are constantly in a state of physical and climatic influences between the environment and the material. Alternating moisture and drying, swelling and shrinkage, heating and cooling, freezing and thawing of concrete in a moisture-saturated state - all this leads to the formation of cracks, deformations and micro-damage. The article discusses various methods for improving the durability and safety of concrete berthing facilities.

Keywords: *concrete, mooring facilities, concrete corrosion, water resistance, frost resistance, chemical additives, protective measures*

Экстремальными условиями можно назвать воздействие на бетонный камень очень низких температур и различных веществ, обладающих повышенной агрессивностью. Проведенные исследования позволили получить объективную характеристику разрушения бетона гидротехнических сооружений в речных Сибирских бассейнах. Испытание образцов, отобранных из различных зон

сооружений со сроком службы от 10 до 50 лет, показали, что одной из основных причин разрушений является циклическое воздействие, замерзания и оттаивания в порах бетона. Анализ продуктов химических реакций, происшедших в цементном камне, показал, что коррозия наружной части бетонных массивов, в основном, связана с карбонизацией цементного камня. Наружная часть бетонных причалов, подверженная периодическому замачиванию и

высыханию, отличается наличием нерастворимых кристаллов. Главными производственными факторами, способствующими снижению долговечности бетона обследованных гидротехнических сооружений, явились: неплотная структура бетона, облегчающая доступ фильтрующим водам; применение в бетонах местных заполнителей без учета их качества; использование цемента с неудовлетворительным химико-минералогическим составом, оказавшимся нестойким в условиях воздействия агрессивных вод; отсутствие каких-либо защитных мероприятий в зоне переменного уровня воды и капиллярного подсоса, что способствовало усилению химической коррозии в воде.

Распространенным случаем коррозии бетона в экстремальных условиях является разрушение материала под воздействием сульфатов (химическая коррозия бетона). В первую очередь, с сульфатами взаимодействуют алюминатные составляющие бетонного камня и гидроксид кальция. Очень нежелательным является взаимодействие алюминатных минералов и сульфатов. В результате образуется несколько модификаций гидросульфоалюмината, самым опасным из которых, является *эттрингит* ($3CaO•Al_2O_3•3CaSO_4•32H_2O$). Данная соль по мере своего роста (увеличения кристаллов) образует внутри бетона очень высокие напряжения, которые значительно превышают прочностные характеристики цементного камня. В результате, под воздействием растворов, в состав которых входят сульфаты, коррозионное разрушение бетона протекает очень интенсивно.

Защиту бетона от коррозии можно разделить на первичную и вторичную. Первичная защита бетона от коррозии предусматривает при его изготовлении и формировании введение в состав бетона специальных добавок. При этом изменяется минералогический состав бетона. Этот способ считается наиболее эффективным.

В качестве добавок могут служить различные водоудерживающие, пластифицирующие, стабилизирующие, химические модификаторы и др.

Химические добавки могут существенно улучшить эксплуатационные свойства бетона, повысить его плотность, в результате чего агрессивные агенты в порах замедляют скорость своего передвижения. Арматура, находясь в плотном бетоне менее подвержена коррозионным разрушениям.

Также при помощи химических добавок можно значительно увеличить количество условно замкнутых пор. В результате морозостойкость бетона возрастает в разы.

Самыми распространенными химическими добавками, которые применяются для защиты бетона от разрушений являются:

пластифицирующие, противоморозные, уплотняющие, гидрофобизирующие, воздухововлекающие, замедлители схватывания, газообразующие, ингибиторы коррозии арматуры.

Вторичная защита бетона от коррозии предусматривает нанесение на цементный камень различных лакокрасочных материалов, защитных смесей, покрытий и облицовку различными плитами, т.е. гидроизоляцию бетона.

К вторичной защите также можно отнести карбонизацию (выдержку бетона на воздухе).

Защита бетона от коррозии лакокрасочными и акриловыми покрытиями применяется при воздействии на него твердых и газообразных сред. Образовавшаяся защитная пленка эффективно защищает поверхность бетона не только от воздуха и влаги, но и от воздействия различных микроорганизмов.

Защита бетона от коррозии мастиками применяется при воздействии на него влаги, контакте с твердыми средами. Часто применяются мастики на основе различных смол (смолизация).

Защиту бетона от коррозии уплотняющими пропитками используют почти во всех средах (жидкой, газообразной), особенно при повышенной влажности. Уплотняющие пропитки заполняют наружный слой бетона, придают ему хорошие гидрофобные свойства, снижают водопоглощение.

Биоцидные материалы применяются для защиты бетона от воздействия различных видов грибков, плесени, бактерий, микроорганизмов. Химически активные вещества биоцидных добавок заполняют поры бетона и уничтожают бактерии.

Защита бетона от коррозии оклеечными покрытиями применяется при эксплуатации бетонного камня в жидких средах, грунтах с высокой влажностью и местах частого смачивания электролитом. Например, нижнюю часть бетонного волнореза оклеивают полиизобутиленовыми пластинами.

Защита арматуры бетона от коррозии. Существует несколько способов защитить стальную арматуру в бетоне от коррозии: облагородить окружающую металл среду (т.е. использовать качественный бетон специального состава, введение ингибиторов); дополнительная защита арматуры бетона от коррозии (пленки и т.п.); улучшить характеристики самого металла.

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 сооружений в течение десятков лет.

Число существующих причальных набережных, частично или полностью исчерпавших свой ресурс эксплуатации либо находящихся в ограниченно-работоспособном, предаварийном, аварийном (предельном) техническом состоянии постепенно растет. Большинство портовых гидротехнических сооружений требует текущего и капитального ремонта.

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.

Коррозия бетона вследствие образования и кристаллизации в порах труднорастворимых веществ. Кроме вышеописанных коррозионных разрушений бетона при наличии микроорганизмов возможно протекание биокоррозии. Грибки, бактерии и некоторые водоросли могут проникать в поры бетонного камня и там развиваться. В порах откладываются продукты их метаболизма и постепенно разрушают структуру бетонного камня.

С целью продления его срока службы бетона недостаточно применения только одного способа защиты. Чтобы бетон не поддавался вредному влиянию окружающей среды уже на стадии проектирования проводят профилактические мероприятия по его защите. Эксплуатационно-профилактические мероприятия предусматривают нейтрализацию агрессивных сред, герметизацию бетона при эксплуатации. Важную роль в предохранении бетона от дальнейшего разрушения играет рациональное конструирование. При этом необходимо придание бетонной поверхности конструкционной формы, которая будет исключать скопление в углублениях воды и различных органических веществ.

Список литературы

1. Соломатов В.И., Селяев В.П. Химическое сопротивление композиционных материалов. – М.: Стройиздат, - 1987. – 264с.
2. Иванов Ф.М. Коррозия в промышленном строительстве и защита от нее. М.: «Знание», 1977. - 64с.
3. Лесовик В.С.Управление структурообразованием строительных композитов: монография /В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова.–Омск: Изд-воСибАДИ, 2011.–462с.
4. Бутт Ю.М. Структура цементного камня многолетнего твердения / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев, В.С. Бакшутов // Цемент. - 1969. - № 10. - С. 14-16.

3. *Пути совершенствования приборного и методологического обеспечения оценки качества материалов при применении наноразмерных компонентов и добавок направленного действия*

А.А.Куликова, Н.О.Копаница, О.В.Демьяненко
(Томск, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С КОМПЛЕКСНОЙ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ

Аннотация:В работе представлены результаты экспериментальных исследований цементного камня, модифицированного комплексной добавкой, состоящей из отходов переработки мрамора и нанодиоксида кремния. Показано, что введение комплексной добавки, с заменой цемента на 2,5 %, позволяет увеличить прочность на сжатие цементного камня на 56%, прочность на сжатие цементно-песчаного состава на52%, прочность на изгиб на 5 %.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, модифицирующие добавки, микрокальцит, нанодиоксид кремния, цементный камень.

STUDY OF DRY CONSTRUCTION MIXTURES WITH COMPLEX MODIFICATING ADDITIV

Abstract: The paper presents the results of experimental studies of cement stone, a modified complex additive consisting of waste processing of marble and silicon nanodioxide. It is shown that the introduction of an additive, with the replacement of cement by 2.5%, allows to increase the compressive strength of cement stone by 56%, the compressive strength of cement-sand composition by 52%, bending strength by 5%.

Keywords:dry construction mixtures, modifying additives, microcalcite, silicon nanodioxide, cement stone.

Производство современных строительных материалов невозможно без применения модифицирующих добавок, обеспечивающих повышенные показатели качества. В одном составе одновременно может использоваться до 15 модификаторов. Производители строительных материалов строго контролируют пропорции и сочетаемость с другими компонентами [1].

Одним из наиболее перспективных направлений в производстве сухих строительных смесей является создание системы многофункциональных добавок, обеспечивающих строительным растворам специальные свойства. Вводимые в незначительных количествах, как правило, не превышающих долей процента от массы цемента, эти вещества активно влияют на процессы гидратации и образования плотной структуры затвердевшего камня [2].

Производство современных композиционных строительных материалов (бетоны, растворы) различного назначения на основе

цементных вяжущих базируется на широком использовании комплексов эффективных модифицирующих добавок, в том числе наномодификаторов, активно влияющих на повышение эксплуатационных свойств материалов и изделий и обеспечивающих возможности расширения ассортимента. В то же время, использование добавок импортного производства, что в настоящее время является основным, в составе композиционных материалов, приводит к существенному их удорожанию. Поэтому исследования по оценке влияния наномодифицирующих добавок отечественного производства, а также разработка комплексных добавок на свойства растворных и бетонных смесей является актуальным.

Многие исследователи отмечают, что перспективным направлением при производстве бетонов и растворов является применение в качестве модифицирующих добавок нанодисперсных оксидных систем SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, близких по составу и структуре к продуктам гидратации цемента, обладающих избыточной внутренней энергией и высокой химической активностью, что позволяет получить вяжущие с высокими физико-механическими характеристиками [3, 4].

Среди широкого ассортимента наномодифицирующих объектов, используемых в различных областях, особый интерес для строительных композиционных материалов представляет собой нанодиоксид кремния, который по своим структурным характеристикам максимально приближен к новообразованиям твердеющего цементного камня.

Были проведены исследования по влиянию на цементные композиции добавки нанодиоксида кремния Ts38 в количестве 0,03 % от массы цемента[5]. Эффективность введенной добавки оценивалась по показателям прочности на сжатие образцов-кубиков 2×2×2 см в 7, 14, 28 суток.

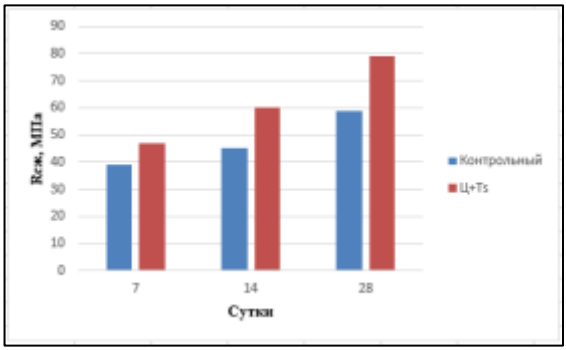


Рисунок 1 – Прочность цементного камня

Из представленной диаграммы видно, что модифицирующая добавка ускорят набор прочности цемента в ранние сроки, и в 28 суток прочность модифицированного образца на 34 % выше контрольного.

С целью выявления новых фаз, формирующих структуру твердения, и изменения интенсивности существующих фаз, происходящих в исследуемых системах, был проведен рентгенофазовый анализ контрольного и модифицированного цементного камня.

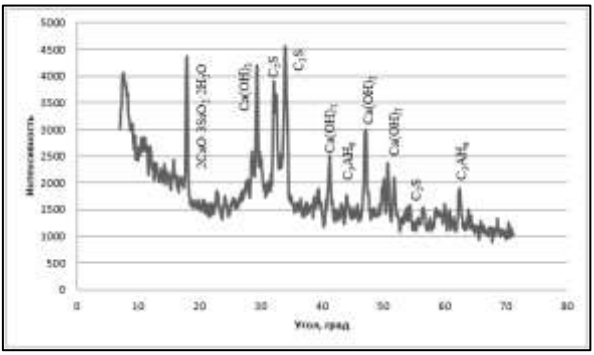


Рисунок 2 – Рентгенофазовый анализ контрольного образца

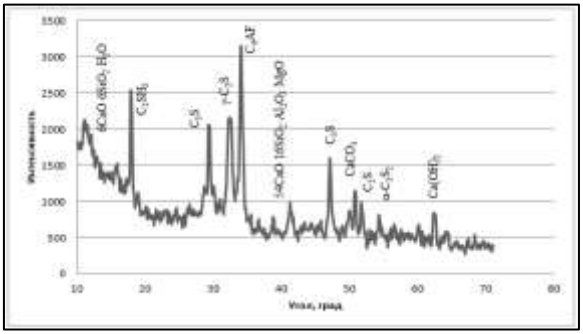


Рисунок 3 – Рентгенофазовый анализ образца модифицированного добавкой наномодификатораTs38

Согласно данным РФА (рис. 3), введение добавки Ts38 активизирует связывание гидроксида кальция, создавая дополнительные объемы низкоосновныхгидросиликатов кальция, что и приводит к повышению прочности цементного камня. Значительное уменьшение доли свободного гидроксида кальция способствует предотвращению процессов коррозии затвердевшего цементного камня и строительных смесей на его основе [6].

Ранее в исследованиях по разработке модифицирующих добавок для цементных композиций былаустановлена эффективность влияния отходов переработки мрамора в виде микрокальцита на свойства цементного камня [7-9].Для разработки комплексной добавки, было решено ввести наномодификатор в виде нанодиоксида кремния Ts38.Для возможности сокращения расхода вяжущего, без потери физико-механических характеристикводили добавку микрокальцитаи комплексную добавку с одновременным снижением цементана количество введенной добавки (2,5 %).

Влияниекомплексной модифицирующей добавки на цементный камень оценивалось по показателям прочности на сжатие образцов-кубиков 2×2×2 см в возрасте 3, 7 и 28 суток. Результаты испытаний представлены на рисунке 4.

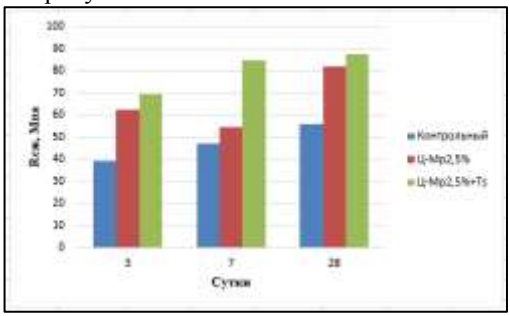


Рисунок 4 – Прочность цементного камня

У обоих составов с заменой на добавку цементом, можно наблюдать быстрый набор прочности в ранние сроки. В 28 суток прирост прочности у состава с добавкой микрокальцита составил 46,37 %,по сравнению с контрольным. У состава модифицированногокомплексной добавкой прочность выше, чем у контрольного на 56,77 %.

Из приведенных выше результатов видно, что подобранные составляющие комплексной добавки согласуются друг с другом, что приводит к синергетическому эффекту от введенной добавки. Преимуществом является то, что введение комплексной добавки позволяет сократить количество цемента на 2,5 %, улучшая физико-механические характеристики.

Для установления влияния комплексных модифицирующих добавок на прочностные характеристики строительных смесей были проведены испытания цементно-песчаных образцов-балочек на изгиб и на сжатие.

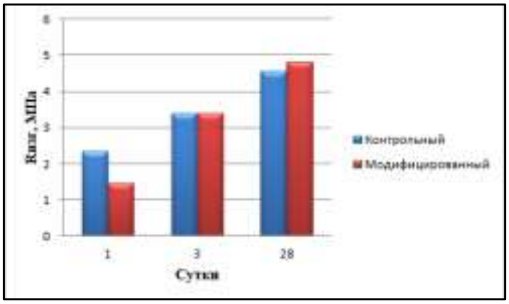


Рисунок 5 – Прочность на изгиб цементно-песчаного раствора

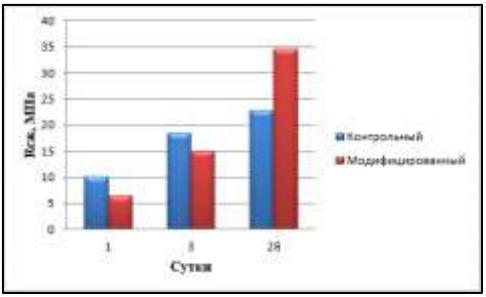


Рисунок 6 – Прочность на сжатие цементно-песчаного раствора

Можно сделать вывод что комплексная модифицирующая добавка замедляет набор прочности в ранние сроки у цементно-песчаных составов, в 28 суточном возрасте почти не влияет на прочность на изгиб, увеличивая ее лишь на 5 %, но прочность на сжатие по сравнению с контрольным составом увеличилась на 52,37 %.

Заключение

Таким образом в работе показана эффективность разработанной комплексной модифицирующей добавки, состоящей из отходов переработки мрамора и нанодиоксида кремния, значительно улучшающей эксплуатационные характеристики цементных композиций.

Список использованной литературы

1. Разновидности сухих смесей и обзор производителей ССС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stroitel-lab.ru/raznovidnosti-suxix-smesej-i-obzor-proizvoditelej-sss.html

2. Бурьянов, А. Ф. Гипс, его исследование и применение – от П. П. Будникова до наших дней. / А. Ф. Бурьянов // Строительные материалы. – 2005. – № 9. – С. 40-43.

3. Лхасаранов, С. А. Модифицированный бетон на композиционных вяжущих с применением нанокремнезема: дис. канд. тех. наук. – Улан-Удэ: ВСГУТУ, 2013.

4. Urukhanova, L.A. Build. Mater / L.A. Urukhanova, S.A. Lkhasaranov, S.P. Bardakhanov. – 2014. – № 8. – С. 52-55
5. Демьяненко, О. В. Закономерности повышения прочности цементного камня при введении нанодиоксида кремния с разной степенью дисперсности / О. В Демьяненко // «Перспективы развития фундаментальных наук» сборник научных трудов XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2017. – С.80-82
6. Саркисов, Ю. С. Коррозия как фактор деградации материалов / Ю. С. Саркисов, Т. С. Шепеленко, Н. П. Горленко, Д. А. Афанасьев // Техника и технология силикатов. – 2014. – Т. 21. – № 4. – С. 21-25.
7. Демьяненко, О. В. Эффективность применения микрокальцита в производстве цементных композиций на цементной основе / О. В. Демьяненко, А. А. Куликова // Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2017). Избранные докладыIV Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – 2017. – С. 39-41.
8. Копаница Н.О. Применение нанодисперсного кремнезема в производстве строительных смесей/Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Демьяненко О.В.//Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 5 (58). С. 140-150.
Демьяненко О.В. Влияние наночастиц диоксида кремния на эксплуатационные свойства цементных систем /Демьяненко О.В., Копаница Н.О.//Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Томский

Л.В. Ильина, М.М. Семенова, А.И. Ильина
(Новосибирск, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК МИКРО- И НАНОКРЕМНЕЗЕМА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА

Аннотация. Статья посвящена модифицированию мелкозернистого бетона нано- и микрокремнеземом. Введение данных добавок позволяет получить быстротвердеющие высокопрочные бетоны. Определено оптимальное количество добавок с точки зрения повышения прочности при сжатии и ускорения набора прочности. Авторы показали возможность увеличения прочности при введении нанокремнезема на 76,3 % в 3-х суточном возрасте, в 7-ми суточном – на 66,2 %, в 28-ми суточном – на 44,0 %. Скорость набора прочности при этом повышается. Добавление 12 % микрокремнезема позволяет увеличить прочность при сжатии до 43 %.

Ключевые слова: бетон, микрокремнезем, нанокремнезем, увеличение скорости набора прочности, прочность, повышение прочности.

Annotation. The article is devoted to the modification of fine-grained concrete by nano- and microsilica. The introduction of these additives allows to

obtain fast-hardening high-strength concrete. The optimal amount of additives is determined from the point of view of increasing the compressive strength and accelerating the set of strength. The authors showed the possibility of increasing the strength with the introduction of nanosilica by 76.3% in the 3rd day of age, in the 7th day - by 66.2%, in the 28th day - by 44.0 The rate of strength increase increases . The addition of 12% micro-silica allows an increase in compressive strength up to 43%.

Keywords: concrete, microsilica, nanosilica, increase in the rate of curing, strength, increase in strength.

Введение

Основной показатель, которым характеризуется бетон – прочность на сжатие. Так как строительство подразумевает быстрое и качественное возведение сооружений, целесообразно применять высокопрочный бетон, имеющий повышенную прочность в начальные сроки твердения. Это возможно применением нано- и микро- добавок кремнезема [6].

С учетом результатов экспериментов, полученных различными авторами [1, 2, 5], можно отметить, что удельная поверхность (S/m = от 50 до 500–1000 $м^2/г$) наночастиц SiO_2 является решающим фактором повышения механических характеристик бетона, способствуя активизации реакции гидратации силикатов кальция и образования гидратов C-S-H и изменение наноструктуры геля C–S–H.

Использование микро- и нанокремнезема позволяет:

- повысить стойкость к истиранию;
- снизить расход цемента;
- повысить прочность бетона, в т. ч. мелкозернистых;
- повысить раннюю прочность при твердении в нормальных условиях (25–40 МПа в возрасте 1 сут.);
- получить высокоподвижные (ОК = 22–24 см) бетонные смеси повышенной связности – нерасслаиваемости;
- повысить антикоррозионную стойкость. Добавление МК снижает водопроницаемость на 50%, повышает сульфатостойкость на 100%;
- снизить проницаемость для воды и газов W12–W16;
- увеличить морозостойкость F200–F600 (до F1000 со специальными добавками).

Целью данной работы является анализ воздействия нано- и микрокремнезема на прочностные характеристики мелкозернистого бетона и определение их оптимального количества.

1. Исследуемые материалы и методы испытаний.

В исследованиях, связанных с повышением прочности бетона при помощи модифицирования нанокремнеземом, в качестве вяжущего использовался портландцемент класса ЦЕМ I 42,5Н Топкинского цементного завода (ГОСТ 31108-2003). Минералогический состав

цемента, % массе: C_3S – 61,0, C_2S – 14,5, C_3A – 7,4, C_4AF – 12,3, $CaO_{своб}$ – 0,52;

В работе использовался кварцевый песок ОАО «Камнереченский каменный карьер». Песок соответствовал требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия». Естественная влажность 6 - 7 %, насыпная плотность составляла 1420 кг/ $м^3$, истинная плотность – 2650 кг/$м^3$, модуль крупности- 1,8; содержание загрязняющих примесей 0,5 %.

В качестве модифицирующих добавок использовались микро- и нанокремнезем. Микрокремнезем марки МК («ОАО «Кузнецкие ферросплавы»), соответствовал требованиям ТУ 14-106-709-2004 «Микрокремнезем конденсированный». В соответствие с техническим паспортом производителя его процентный массовый состав по размерам (диаметру) входящих частиц оказывается следующим: меньше 2,0 мкм – 90,07 %; 2÷ 2,36 мкм – 1,17 %; 2,36÷3,4 мкм – 0,86 %; 3,4÷5,4 мкм – 1,47 %; 5,4÷ 8,3 мкм – 1,51 %; 8,3÷ 15,3 мкм – 2,86 %; 15,3÷ 20,0 мкм – 1,0 %; 20,0÷ 46,3 мкм – 1,06 %. Химический состав и физические свойства определены по заказу производителя французской фирмой «Filter Media». Микрокремнезем имел светло серый цвет, его удельная поверхность равнялась 2180 м²/кг. Химический состав микрокремнезема МК-85 в процентах по массе следующий: SiO_2 – 93,2; Al_2O_3 – 0,74; Fe_2O_3 – 0,68; CaO – 0,81; MgO – 0,91; Na_2O – 0,79; K_2O – 1,38; C – 1,20; S – 0,29.

Нанокремнезем AEROSIL 200 («Evonik»), соответствовал требованиям ТУ У 24.1-05540209-003:2010. В соответствии с техническим паспортом производителя его средняя величина первичных частиц – 12 нм, при pH = 3,6-4,3.

Нанокремнезем имел голубовато-белый цвет, его удельная поверхность равнялась 200 м²/г. Химический состав нанокремнезема в процентах по массе следующий: SiO_2 – 99,9; Al_2O_3 – 0,01; Fe_2O_3 – 0,001; TiO_2 – 0,01.

В качестве пластификатора использовалась добавка СП-1 – ρ=1099 кг/$м^3$, с содержанием твердой фазы 20 % по массе. Суперпластификатор вводили в количестве 0,5 масс. % от расхода цемента.

Для определения характеристик растворной смеси и раствора готовили цементно-песчаный раствор состава 1:3 В/Ц отношение составляло 0,45.

Порошки микро- и нанокремнезема и раствора суперпластификатора вводились в воду затворения, их равномерное распределение достигалось с помощью ультразвуковой обработки перед смешением с цементом и песком. Полученный раствор добавки вводился в сухую смесь песка и цемента. Цементно-песчаный раствор готовился при механическом перемешивании в течении 60 - 90 с.

Из полученной смеси формовались образцы размером 40х40х160 мм, которые твердели в нормальных условиях в течение 3, 7 и 28 суток.

2. Рассмотрим влияние нанокремнезема на прочности мелкозернистого бетона

Добавка нанокремнезема вводилась в количестве 0,05; 0,10; 0,25 и 0,5 % от массы цемента. У готовой смеси мелкозернистого бетона определяли осадку конуса (табл. 1).

Таблица 1. Влияние количества нанокремнезема на подвижность смеси

Подвижность смеси от количества SiO_2, масс. %			
0	0,05	0,10	0,25
5,5 – 6,0	4,0 – 5,0	3,0 – 3,5	2,0 – 2,5

Анализ результатов показал, что осадка конуса при равном В/Ц и равном количестве добавленного суперпластификатора была ниже в тех растворах, в которые вводили нанокремнезем. Таким образом, можно сделать вывод, что нанокремнезем повышает вязкость растворной смеси.

В таблице 2 представлено приращение прочности при сжатии в 3-х, 7-ми и 28-суточном возрасте при разных количествах добавки нанокремнезема при В/Ц = 0,45. В таблице 3 показана скорость набора прочности мелкозернистого бетона при введении нанокремнезема.

Таблица 2. Определение прочности цементных образцов на сжатие (МПа)

Возраст образца, сут.	Количество нанокремнезема (по масс. % к цементу)				
	0	0,05	0,10	0,25	0,50
3	21,5	27,5 (+27,9 %)	32,7 (+52,1 %)	35,6 (+65,6 %)	37,9 (+76,3 %)
7	30,8	40,6 (+31,8 %)	43,8 (+42,2%)	47,8 (+55,2%)	51,2 (+66,2 %)
28	42,7	50,4 (+18,0 %)	59,1 (+38,4 %)	59,0 (+38,2%)	61,5 (+44,0 %)

Таблица 3. Набор прочности раствора (по отношению к 28-суточному возрасту)

Возраст образца, сут.	Количество нанокремнезема (по масс. % к цементу)				
	0	0,05	0,10	0,25	0,50
3	50,3	54,6	55,3	60,3	61,6
7	72,1	80,6	74,1	81,0	83,3
28	100	100	100	100	100

Анализ экспериментальных данных позволил выявить влияние нанодобавки на прочность и скорость набора прочности. При

введении нанодобавки прочность в 3-х суточном возрасте увеличивается на 76,3 %, в 7-ми суточном – на 66,2 %, в 28-ми суточном – на 44,0 %. При этом наибольшее упрочнение достигнуто при введении 0,5 % нанокремнезема. При введении нанокремнезема скорость набора прочности на сжатие повышается. Особенно этот эффект замен при твердении раствора в течение 3-х суток. Это предполагает использование нанодобавки для получения быстротвердеющих бетонов.

По мнению ряда ученых [1 - 4] полученные результаты по повышению прочности раствора следует объяснять эффектом наноструктурирования, достигаемого при введении наночастиц кремнезема. Эти частицы характеризуются большой удельной поверхностью и ее высокой физикохимической активностью. За счет влияния поверхности наночастиц кремнезема увеличивается скорость гидратации цемента и происходит направленное формирование упорядоченных надмолекулярных структур гидратов силиката кальция, структурирующих цементную матрицу и повышающих ее прочность.

3. Рассмотрим влияние микрокремнезема на прочности мелкозернистого бетона

В таблице 4 представлено приращение прочности при сжатии в 3-х, 7-ми и 28-суточном возрасте при разных количествах добавки микрокремнезема при В/Ц = 0,45. В таблице 5 показана скорость набора прочности мелкозернистого бетона при введении микрокремнезема.

Таблица 4. Определение прочности цементных образцов на сжатие (МПа)

Возраст образца, сут.	Количество микрокремнезема (по масс. % к цементу)				
	0	4	8	12	14
3	21,5	24,7 (+14,8 %)	25,9 (+20,4 %)	29,2 (+35,8 %)	23,6 (+9,8%)
7	30,8	34,4 (+11,7 %)	38,2 (+24,0 %)	43,1 (+39,9 %)	34,1 (+10,7%)
28	42,7	46,8 (+9,6 %)	53,9 (+26,2 %)	61,0 (+42,9 %)	44,2 (+3,5 %)

Таблица 5. Набор прочности раствора по отношению к 28-суточному возрасту)

Возраст образца, сут.	Количество микрокремнезема (по масс. % к цементу)				
	0	4	8	12	14
3	50,3	52,8	48,1	47,9	53,4
7	72,1	73,5	70,9	70,7	77,1
28	100	100	100	100	100

Добавление в состав мелкозернистого бетона 12 % микрокремнезема позволяет увеличить прочность на сжатие до 43 %.

По мнению ряда ученых [1, 5,6] положительное действие микрокремнезема в цементных композициях объясняется реакцией пуццоланизации в результате которой микрокремнезем связывает свободный гидроксид кальция в низкоосновные гидросиликаты кальция, имеющие большую прочность.

$$SiO_2 + Ca(OH)_2 + H_2O = mCaO \cdot nSiO_2 \cdot qH_2O.$$

Анализ экспериментальных данных показал, что применение в мелкозернистых бетонах нанокремнезема превышает эффективность микрокремнезема, что обеспечивает снижение оптимальной дозировки нанокремнезема до 25 раз, по сравнению с оптимальной дозировкой микрокремнезема при сопоставимых значениях роста прочности при сжатии.

При применении добавок микро - и нанокремнезема наряду с увеличением прочностных показателей возможны дополнительные эффекты действия (повышение сульфатостойкости, морозостойкости, стойкости к миграции хлоридов и т.д.). Все это предмет дальнейших исследований авторов.

Заключение

В результате анализа действия нано- и микродобавок кремнезема, установлено. При введении нанодобавки кремнезема прочность при сжатии увеличивается на 76,3 %, в 7-ми суточном – на 66,2 %, в 28-ми суточном – на 44,0 %. При этом наибольшее упрочнение достигнуто при введении 0,5 % нанокремнезема. Скорость набора прочности повышается. Добавление в состав мелкозернистого бетона 12 % микрокремнезема позволяет увеличить прочность при сжатии до 43 %. Введение добавок нано- и микрокремнезема позволяет получить быстротвердеющие высокопрочные бетоны.

Список литературы

1. Потапов В.В., Горев Д.С. Сравнительные результаты повышения прочности бетона вводом нанокремнезема и микрокремнезема / В.В. Потапов, Д.С. Горев // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 9 – С. 98-102.
2. Кашутин А.Н. Применение нанодобавки кремнезема для повышения прочности при сжатии строительного раствора М200 / А.Н. Кашутин, В.В. Потапов, К.С. Шалаев, Д.С. Горев, Т.С. Горева // Фундаментальные исследования. - 2013. - № 8-2. - С. 275-280.
3. Потапов В.В. Нанодисперсный диоксид кремния: повышение прочности строительных материалов / В.В. Потапов, А.Н. Кашутин, А.А. Сердан, В.А. Горбач, К.С. Шалаев // Наноиндустрия. - 2012. - № 2. - С. 44-51.
4. Потапов В.В. Механизм повышения прочности бетона вводом гидротермального нанокремнезема / В.В. Потапов, Д.С. Горев, Ю.В. Ефименко, А.А. Карабцов // Вестник Инженерной школы Дальневосточного Федерального университета. - 2017. – №3. - С. 32-46

5. Холин С. Применение микрокремнезема на бетонных производствах. [Электронный ресурс] / С. Холин / - Режим доступа: http://library.stroit.ru/articles/kremzem/index.html
6. Ильина Л.В. Влияние дисперсных минеральных добавок на прочность мелкозернистого бетона / Л.В. Ильина, С.А. Хакимуллина, Д.А. Кадоркин // Фундаментальные исследования. - 2017. – № 4 (часть 1) – С. 34-38

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

ВЛИЯНИЕ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕКОРАТИВНОЙ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ

Приведены результаты исследований физико-механических свойств декоративной стеновой керамики из глинистого сырья и марганецсодержащих отходов, изготовленной по традиционной и разработанной технологиям. Установлено отрицательное влияние добавки красящих отходов на физико-механические свойства керамических образцов пластического формования и полусухого прессования. Установлено, что формирование матричной (каркаснокрашенной) структуры обеспечивает высокий красящий эффект и не снижает прочностные характеристики декоративных керамических материалов при минимальном количестве марганецсодержащих отходов. Раскрыт механизм формирования керамического матричного композита, обеспечивающий концентрацию красящего компонента в дисперсионной среде (матрице) и исключающий его негативное воздействие на процессы спекания глиняных гранул при обжиге.

Ключевые слова: *декоративная стеновая керамика, марганецсодержащие отходы, компрессионное формование, физико-механические свойства.*

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

THE MANGANESE-CONTAINING WASTES INFLUENCE ON PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF DECORATIVE WALL CERAMICS

The results of the research of physical-mechanical properties of the decorative wall ceramics from argillous raw material and manganese-containing wastes, made by traditional and developed technology are represented. Negative influence of the additive from coloring waste on physical-mechanical properties of ceramic specimens, made by plastic moulding or semi-dry pressing technology was established. It is established that the formation of matrix (frame-colored) structure ensure a high coloring effect and don't reduce strength characteristics of the decorative ceramic materials with minimal amount of manganese-containing wastes.Mechanism of the ceramic matrix composite formation, that ensures a coloring component concentration in disperse medium (matrix) and prevents its negative influence on the sintering of clay granules during firing was disclosed.

Keywords: *decorative wall ceramics, manganese-containing wastes, compression moulding, physical-mechanical properties.*

Нетиповое строительство и комплексная застройка большинства Российских городов во втором десятилетии XXI века привели к изменению их архитектурного облика. Новые подходы в строительстве, наряду с пластикой форм и фасадов современных зданий, требуют увеличения производства мелкоштучных стеновых материалов [1]. Среди них декоративный керамический кирпич по праву является одним из самых популярных, поскольку обладает ценными качествами: от высокой прочности и морозостойкости до экологичности и архитектурной выразительности. В привлекательности для потребителя не последнюю роль играет цветовая гамма кирпича [2].

Для получения цветной окраски стеновой керамики используют различные технологии (ангобирование, глазурование и др.) и технологические приемы (снижение температуры обжига, изменение окислительной среды обжига на восстановительную и т.д.) [3]. Однако основным способом является объемное окрашивание керамических масс путем введения различных минеральных добавок (мел, доломит, известняк) или цветообразующих оксидов металлов (Fe_2O_3, MnO_2, TiO_2 и др.).

В связи с тем, что производство концентрированных керамических пигментов требует больших финансовых затрат, связано с высокотемпературным синтезом и необходимостью использовать дорогое, высокосортное сырье [4, 5], в последние годы проводятся активные поиски по их замене на альтернативные нетрадиционные сырьевые материалы – техногенные отходы, содержащие в своем составе красящие оксиды металлов [6-9].

Медленное освоение техногенного сырья в производстве стеновой керамики связано с нестабильностью его состава и свойств, а также недостаточными исследованиями физико-химических процессов, протекающих при обжиге такого сырья [10]. Использование в производстве декоративной стеновой керамики красящих отходов не только снизит затраты на импорт пигментов, но и улучшит экологическую обстановку промышленных регионов, что на сегодняшний день является актуальной задачей [11].

Кроме того, обычно вводимые модификаторы цвета влияют не только на внешний вид керамики, но и на ее физико-механические свойства и, как правило, ухудшают их [12]. Поэтому в процессе изучения влияния добавки на декоративные качества материала особенно важно контролировать прочностные характеристики и спекание керамических изделий.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния марганецсодержащих отходов на физико-механические свойства стеновых керамических материалов в зависимости от способа

изготовления изделий.

В качестве основного сырья использовался новокузнецкий суглинок, относящийся к полукислому, умереннопластичному, легкоплавкому глинистому сырью с низким содержанием крупнозернистых включений. В роли окрашивающей добавки выступали отходы добычи марганцевых руд (ОМР) Селезеньского месторождения Кемеровской области. Результаты исследования химического и гранулометрического составов сырьевых материалов приведены в работе [13].

В соответствии с поставленной целью были изготовлены три серии керамических образцов: первая серия – пластическим формованием глиномассы; вторая серия – полусухим прессованием пресс-порошков; третья серия – запатентованным способом компрессионного формования опудренных гранул [14].

Для получения объемно-окрашенных образцов применялась двухкомпонентная шихта. Содержание ОМР в шихте последовательно изменялось от 0 до 10 мас. %, и их соотношение к суглинку было одинаковым во всех трех сериях образцов. Для контроля свойств были изготовлены керамические образцы из глинистого сырья без добавок.

Технологические параметры и режимы приготовления декоративных керамических образцов приведены в работе [15].

Во всех трех сериях тонкомолотая добавка ОМР в состав шихты приводит к окрашиванию образцов в различные оттенки красно-коричневого цвета, что объясняется высоким содержанием четырехвалентного оксида марганца в химическом составе отходов. За исключением третьей серии ощутимое изменение окраски образцов наблюдается только при введении в состав шихты 10 мас. %. марганецсодержащего компонента. Результаты изучения структуры образцов при окрашивания марганецсодержащими техногенными отходами приведены в работе [15].

Физико-механические свойства декоративных керамических образцов на основе новокузнецкого суглинка и ОМР, изготовленных различными способами приведены в таблице.

Сравнение основных физико-механических свойств керамических образцов первой и второй серий показало уменьшение прочностных характеристик с ростом количества добавки марганецсодержащих отходов. При введении добавки в количестве 10 мас. % прочность образцов снижается в среднем более чем на одну треть (при пластическом формовании в ≈ 1,5 раза, при полусухом прессовании в ≈ 1,28 раза). Одновременно с этим, происходит увеличение водопоглощения образцов (при полусухом прессовании ≈ 1,45 раза), что свидетельствует о негативном влиянии модификатора цвета на спекание глинистого сырья при обжиге.

Установленные зависимости изменения физико-механических свойств показывают, что введение в шихту красящих отходов в количестве более 4-5 мас.% нежелательно при использовании классических способов приготовления стеновых керамических изделий. Однако такое количество добавки ОМР фактически не приводит к заметному объемному окрашиванию керамического материала и ставит под сомнение целесообразность ее применения.

Таблица. Физико-механические свойства декоративных керамических образцов из суглинка с марганецсодержащими отходами

Содержание ОМР в шихте, мас. %	Воздушная усадка, %	Огневая усадка, %	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа	Водопогло-щение, %	ККК
Способ пластического формования						
-	9,8	2,8	1908	39,4	12,3	20,7
2	10,1	2,3	1879	33,6	13,2	17,9
5	9,9	2,4	1861	30,4	13,9	16,3
10	10,9	2,6	1833	26,4	14,3	14,4
Способ полусухого прессования пресс-порошков						
-	1,4	0,9	1812	28,9	11,1	15,9
2	1,3	0,8	1831	28,7	11,7	15,7
5	1,2	0,6	1844	26,6	14,2	14,4
10	0,9	0,6	1846	22,5	16,0	12,2
Способ компрессионного формования опудренных гранул						
-	1,6	1,4	1895	33,9	12,8	17,9
2	1,4	1,0	1906	33,2	13,0	17,4
5	1,2	0,9	1906	32,9	13,4	17,3
10	1,0	0,9	1962	38,6	12,5	19,7

Противоположная картина наблюдается у керамических образцов третьей серии. Запатентованный способ массоподготовки глинистого сырья [14] обеспечивает повышение прочности образцов из глинистого сырья без красящей добавки (в среднем на 15 %, с 28,9 до 33,9 МПа) по сравнению с образцами полусухого прессования второй серии эксперимента.

Разработанный способ изготовления стеновой керамики, включающий опудривание глиняных гранул тонкодисперсными ОМР в количестве 8-10 % от состава шихты, обеспечивает повышение прочности и снижение водопоглощения декоративных керамических образцов по сравнению с контрольными образцами без добавки.

Полученные экспериментальные зависимости свидетельствуют о так называемом «нормальном прохождении» процессов спекания, протекающих в многокомпонентных минеральных системах при обжиге глинистого сырья. При формировании сырца в образцах

третьей серии красящий оксид марганца внутрь глиняных гранул практически не поступает. Его отсутствие исключает негативное воздействие на глиняный компонент агрегированного заполнителя при обжиге. Напротив, концентрация красящего оксида марганца в поверхностной оболочке гранул (матрице) при их опудривании обеспечивает выраженное усиление окраски образцов третьей серии.

Вывод. Установлено, что формирование матричной (каркаснookрашенной) структуры обеспечивает высокий красящий эффект и не снижает прочностные характеристики декоративных керамических материалов при минимальном количестве марганецсодержащих отходов. Раскрыт механизм формирования керамического матричного композита, обеспечивающий концентрацию красящего компонента в дисперсионной среде(матрице) и исключающий его негативное воздействие на процессы спекания глиняных гранул при обжиге.

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

Список литературы

1. Шлегель И.Ф. Классификация изделий керамических облицовочных / И.Ф. Шлегель, Я.И. Шлегель // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 66–69.
2. Езерский В.А. Количественная оценка цвета керамических лицевых изделий / В.А. Езерский // Строительные материалы. 2015. № 8. С. 76–80.
3. 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.
4. Tena M.A. Study of Cr-SnO2 ceramic pigment and of Ti/Sn ratio on formation and coloration of these materials / M.A. Tena, S. Meseguer, C. Gargori, A. Fores, J.A. Badenes, G. Monros // Journal of the European Ceramic Society. – 2007. – № 27. – P. 215–221.
5. Shen L. Preparation of nanometer-sized black iron oxide pigment by recycling of blast furnace flue dust / Lazhen Shen, Yongsheng Qiao, Yong Guo, Junru Tan // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – № 177. – P. 495–500.
6. Prim S. R. Synthesis and characterization of hematite pigment obtained from a steel waste industry / S. R. Prim, M. V. Folgueras, M. A. de Lima, D. Hotza // Journal of Hazardous Materials. – 2011. – № 192. – P. 1307–1313.
7. Andreola F. Agricultural waste in the synthesis of coral ceramic pigment / Fernanda Andreola, Luisa Barbieri, Federica Bondioli // Dyes and Pigments. – 2012. – № 94. – C. 207–211.

8. Ozel E. Production of brown pigments for porcelain insulator applications / Emel Ozel, Gurkan Unluturk, Servet Turan // Journal of the European Ceramic Society. – 2006. – № 26. – P. 735-740.
9. Щукина Л.П. Использование техногенных отходов для получения лицевого керамического кирпича / Л.П. Щукина, Е.В. Любова, И.В. Билан, М.Ф. Картавенко // Строительные материалы. 2010. № 8. С. 28–30.
10. Верещагин В.И. Возможности использования вторичного сырья для получения строительной керамики и ситаллов / В.И. Верещагин, Е.А. Бурученко, И.В. Кащук // Строительные материалы. 2000. № 7. С. 20–23.
11. 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.
12. Столбоушкин А.Ю. Улучшение декоративных свойств стеновых керамических материалов на основе техногенного и природного сырья / А.Ю. Столбоушкин // Строительные материалы. 2013. № 8. С. 24–32.
13. Столбоушкин А.Ю. Влияние способа получения пресс-масс на окрашивание керамических образцов с добавкой марганцевых отходов / А.Ю. Столбоушкин, Д.В. Акст, О.А. Фомина, В.В. Шевченко // Строительство-2016: материалы II Брянского Международного инновационного форума. – Брянск: БГИТУ. 2016. С. 147–152.
14. 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.
15. Столбоушкин А.Ю. Получение декоративной стеновой керамики из глинистого сырья и отходов добычи марганцевых руд / А.Ю. Столбуошкин, О.А. Фомина, Д.В. Акст и др. // Строительные материалы. 2016. № 12. С. 38–44.

УДК 693.547

О.В.Казлитина., Д.М.Сопин, С.А.Казлитин, А.К Голубинский., Д.А Моторыкин (Белгород, Россия)

МОНОЛИТНЫЙ ФИБРОБЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКАХ

Аннотация: *В работе рассматривается возможность получения высококачественных мелкозернистых фибробетонов для монолитного строительства с повышенными эксплуатационными и физико-механическими характеристиками, за счет использования техногенного сырья и разработанных композиционных вяжущих.*

Ключевые слова: *композиционное вяжущее, фибробетон, техногенное сырьё.*

Abstract: *this paper examines the possibility of obtaining high-quality fiber-reinforced concrete for monolithic construction with high performance through the use of technogenic raw materials and composite binders.*

Key words: *composite binder, fibrobeton, technogenic raw materials.*

В современном строительстве используются все виды как традиционных, так и новых материалов и технологий, направленные на повышение качества работ, сокращение сроков строительства, улучшение эксплуатационных качеств возводимых сооружений. Материалы и технологии, используемые в современном строительстве, должны отвечать условиям экологической безопасности. Большой вклад в изучение технологии и свойств железобетона и железобетонных конструкций внесли известные отечественные ученые и инженеры [1-2]. Результаты их научной и практической деятельности позволили обобщить и развить основные идеи современной технологии монолитного бетона. Из существующих способов возведения малоэтажных зданий и сооружений наиболее перспективным является монолитное бетонирование.

Монолитное бетонирование – технология возведения зданий и сооружений из бетона, которая позволяет в короткие сроки возводить здания и сооружения практически любой сложности [3]. В настоящее время в монолитном строительстве всё большую популярность приобретает бетон с добавлением металлической фибры (особой формы стальная проволока или полимерная нить), которая значительно повышает прочность бетона (особенно верхнего слоя) на сжатие и растяжение.

Добавление фибры также уменьшает вероятность образования усадочных деформаций в бетоне. Высокие технические характеристики обеспечили фибробетону широкую сферу применения в промышленности и строительстве.



Рис. 1. Устройство монолитной плиты перекрытия с традиционным армированием





Рис. 2. Металлическая фибра используемая для дисперсного армирования

Из сталефибробетона отливаются шпалы, фундаменты, настилы мостов и берегозащитные полосы. Используется он при устройстве промышленных полов и тоннелей. Фибробетон с наполнением из стальной фибры, применяется в дорожном строительстве, устройстве посадочно-взлетных полос, тротуаров, в качестве высокопрочного покрытия. Из него изготавливают тротуарную плитку и бордюры.

Очень часто такой бетон используют при возведении каркасов зданий и строительстве монолитных бетонных сооружений. Фибробетон со стальными волокнами также применяется при устройстве водоотводных каналов и шахт канализационных колодцев, водоочистных резервуаров и плотин. Пол из фибробетона, имеющего в своем составе стальную проволоку, способен выдерживать значительные нагрузки, что с успехом применяется в возведении промышленных и сельскохозяйственных зданий [4-6].

Фибробетон отличается от традиционного более высокими показателями прочности на растяжение, изгиб, срез, ударной и усталостной прочностью, трещиностойкостью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, жаропрочностью и пожаростойкостью. По показателю работы разрушения фибробетон до 20-ти раз может превосходить обычный бетон. Все это обеспечивает его высокую технико-экономическую эффективность [7-10].

Дисперсное армирование бетона позволяет полностью или частично сократить объемы традиционных арматурных работ.

Таблица 1. Характеристика вяжущих

Наименование вяжущего	Удельная поверхность, $м^2/кг$	НГ, %	Начало схватывания	Конец схватывания	Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, $кг/см^2$ (МПа)
ТМЦ - 70	504	26.25	100	190	45,8
ВНВ-70	520	25.3	90	170	53,8
ЦЕМ I 42,5 Н	320	27.2	60	430	38,0

Как видно из результатов исследований вяжущее ВНВ-70 характеризуется низким водовяжущим отношением и более высокой активностью по сравнению с цементом ЦЕМ I 42.5 Н и ТМЦ-70.

Таблица 2. Составы и свойства мелкозернистых фибробетонов

Вид вяжущего	Расход материалов на $1м^3$ смеси, кг				Предел прочности образцов при сжатии R, МПа
	Вяжущее	Мелкий заполнитель	Вода	Ст. фибра	
ТМЦ-70	420	1840	190	70	39,8
ВНВ-70	420	1840	155	70	44,3
ЦЕМ I 42,5 Н	420	1840	170	70	33,2

Обеспечение показателей прочности у вяжущих с кремнеземистой составляющей происходит за счет повышения удельной поверхности и, как следствие, увеличения доли мелких частиц, которые способствуют увеличению скорости гидратации.

Исследования физико-механических характеристик показало, что свойства бетонов изготовленных на композиционных вяжущих во всех случаях превышают характеристики образцов аналогичного состава, изготовленных на портландцементе. Отсюда можно сделать вывод, что применение композиционных вяжущих с добавкой суперпластификатора позволяет существенно увеличить прочностные характеристики фибробетона.

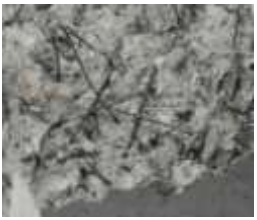


Рис. 3. Расположение металлической фибры в бетоне

Таким образом, применение композиционных вяжущих позволяет получить технический и экономический эффект практически во всех областях применения цементных вяжущих и практически по всем элементам, составляющим разнообразие технологии бетонных работ. В стране сегодня накоплено достаточно минеральных ресурсов в виде различных отходов промышленности и минеральных шламов, чтобы при эффективном их использовании и рациональном расходе цементных и композиционных вяжущих получать высококачественные фибробетоны.

Список литературы

1. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Клюев С.В., Лесовик Г.А., Сопин Д.М. Разработка методологии проектирования мелкозернистых фибро-текстиль бетонов на техногенных песках белгородской области // Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области. 2015. С. 227-241.

2. Лесовик, Р. В. Активация наполнителей композиционных вяжущих / Р. В. Лесовик // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 87-89.

3. Ивашова О. В. Фибробетон для каркасно-монолитного строительства с использованием промышленных отходов // Сборник докладов Международной молодежной конференции 12 – 13 сентября «Экологические проблемы горнопромышленных регионов», г. Казань. 2012. С. 68-70.

4. Казлитина О.В., Лесовик В.С., Казлитин С.А. Фибробетон для монолитного строительства. Saarbuken, 2018, С. 84.

5. Гинзбург А.В., Лесовик В.С., Потапов В.В., Казлитина О.В. К проблеме управления процессами структурообразования бетонов на композиционном вяжущем // Сборник докладов Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 89-92.

6. Лесовик Р.В., Клюев С.В., Ракитченко К.С., Ивашова О.В. Классификация стальных фибр для дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы

68-й Всероссийской науч.-техн. конф. по итогам НИР 2010 г. Самарск.гос.арх.-стр.ун-т. г.Самара. 2011. С. 493 - 495

7. Клюев С.В., Клюев А.В., Сопин Д.М., Нетребенко А.В., Казлитин С.А. Тяжелонагруженные полы на основе мелкозернистых фибробетонов // Инженерно-строительный журнал. 2013. №3. С. 7-14.

8. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород: – М.: Изд. АСВ, 2006. 526 с.

9. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Исследование изменения прочности композиционных вяжущих во времени // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 10-12.

10. Гинзбург А.В., Лесовик В.С., Потапов В.В., Казлитина О.В. К проблеме управления процессами структурообразования бетонов на композиционном вяжущем // Сборник докладов Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 89-92.

УДК 621.315.612

Б.К., Кара-сал, Т.В.Сапелкина., Н.М. Биче-оол (Кызыл, Тыва, Россия)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА СИЛИКАТНЫХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ

Выявлено, что для получении силикатного стенового материала неавтоклавного твердения на основе извести и песчаника из вскрышных пород оптимальными технологическими параметрами являются: размер частиц заполнителя не более 0,14 мм, содержание извести 30 %, давление прессования 30 МПа, тепловлажностная обработка в течении 12 ч и предварительная выдержка увлажненной известковопесчаниковой смеси в 3 суток.

Ключевые слова: *песчаник, известь, состав, смесь, прессование, тепловлажностная обработка, свойства.*

It was revealed that the optimal technological parameters for obtaining a silicate wall material of non-autoclave curing, based on lime and sandstone, from overburden are: the size of aggregate's particles of not more than 0.14 mm, lime content of 30%, pressing pressure of 30 MPa, heat and moisture treatment for 12 hours and pre-exposure curing of moist lime-sandstone mixture during 3 days.

Keywords: sandstone, lime, composition, mixture, pressing, heat and moisture treatment, properties.

Значительное подорожание энергоресурсов вынуждает вести поиск альтернативных способов получения более экономичных и экологически чистых строительных материалов. Одним из перспективных направлений в данной области является производство силикатных изделий неавтоклавного твердения на основе попутных продуктов промышленности. Силикатные материалы становятся особенно привлекательными для производителей и потребителей, так как они могут производится различной конфигурации и назначения: стеновой, отделочный, облицовочный, архитектурные детали и элементы садово-паркового дизайна [1].

Замена традиционных сырьевых материалов более дешевыми и доступными попутными продуктами промышленности позволяет снизить содержание отходов в отвалах и существенно расширить сырьевую базу производства силикатных изделий. Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий является одним из перспективных путей решения всегда актуальной задачи конкурентноспособности предприятий.

В работе рассмотрено влияние технологических факторов при получении дешевого стенового материала на основе вскрышной породы угледобычи и извести.

Объектами исследования были песчаники из отвалов вскрышных пород Каа-Хемского угольного разреза (Республика Тыва) и воздушная известь полученная путем обжига местного известняка месторождения Хайыраканское.

Песчаники представлены породами серого цвета, мелкозернистой структуры, размерами щебня (5-50 мм) и валунов. Минеральный состав песчаниковых вскрышных пород сложен из кварца, альбита, биотита, железистых соединений и доломита. В дифрактограмме песчаника зафиксированы пики кварца (d/n 0,334; 0,181; 0,153; 0,137 нм) и альбита (d/n 0,411; 0,321; 0,295; 0,255 нм).

В химическом составе песчаников содержание основных оксидов следующее (мас. %): SiO 70,15; Al_2O_3 10,84; $Fe_2O_3$5,14; CaO 2,95; MgO 1,94; K_2O 1,84; Na_2O 1,03; п.п.п. 0,87. Соотношение основных оксидов характерно для полиминеральных песков. Содержание оксида кремния в пределах 70 %, что свидетельствует об ограниченной активности сырья для силикатных изделий. Доля Al_2O_3 менее 13 % и сырье относится к группе кислых материалов. Концентрация щелочеземельных оксидов (CaOиMgO) менее 5 %. Низкая потеря массы породы при обжиге свидетельствует об отсутствии гидратированных и газообразующих минералов.

Использованная известь полученная путем обжига при 1000°С отличается высокой активностью (содержание CaO более 95 %).

При выполнении работы применена следующая методика. Щебенистые частицы песчаника измельчили в щековой дробилке с

зазором 0,5 мм и просеяны через сито вразмерами ячейки 0,63; 0,31 и 0,14 мм. Для получения тонкодисперсной фракции (менее 0,063 мм) частицы размерами 1,25-5 мм измельчалась в вибрационной мельнице. Обожженная известь после гашения высушена и после измельчения просеяна через сито с размерами ячейки 0,14 мм. Известь в состав смеси ввели в виде порошка в оптимальном количестве 30 %, что определено опытным путем. Из полусухой смеси влажностью 12% изготовлены образцы-цилиндрики диаметром и высотой 30 мм методом прессовании. Твердение образцов происходило в обычных условиях, во влажной и тепловлажностной средах. После 28-суточного твердения определены физико-механические свойства образцов.

Сначала выявлено влияние размера частиц измельченных сырьевых материалов на свойства получаемых изделий. Образцы изготовлены при удельном давлении 5 МПа. Твердение образцов происходило во влажной среде (в эксикаторе над водой). В таблице 1 приведены результаты исследований.

Таблица 1

Размеры частиц заполнителя, мм	Объемная масса, г/см³	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа
Менее 0,63	1,61	22,4	4,64
Менее 0,31	1,64	21,5	5,31
Менее 0,14	1,67	19,6	6,73
Менее 0,063	1,76	18,3	7,89

Выявлено, что чем меньше размер частиц измельченных песчаниковых вскрышных пород, тем плотнее и прочнее получаемые изделия. Как установлено, более легкими (1,61 г/см³) являются образцы из смеси заполнителем с размером частиц менее 0,63 мм, а объемная масса образцов из песчаника измельченного в вибрационной мельнице с размерами частиц менее 0,063 мм равна 1,66 г/см³ и прочность изделий максимальная – 7,89 МПа. С уменьшением размера частиц наблюдается более плотная упаковка твердых частиц с уменьшением межзерновых пустот, которые заполняются известковой суспензией.

В данном случае твердение известьсодержащей смеси на основе каа-хемского песчаники протекает за счет кристаллизации гидроксида кальция из насыщенного раствора и карбонизации гидроксида кальция с углекислым газом с образованием карбоната кальция [2].

Изучение влиянии важного технологического фактора как величина удельного давления прессования проводилось с применением заполнителя с размерами частиц менее 0,14 мм, так как слишком тонкое измельчение менее 0,063 мм вызывает дополнительных энергетических затрат. В таблице 2 представлены

физико-механические свойства образцов изготовленных при различном давлении прессования затвердевших во влажной среде.

Таблица 2

Давление прессования	Объемная масса, г/см³	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа
5	1,67	19,6	6,73
10	1,78	17,2	7,84
20	1,85	15,4	8,93
30	1,91	13,3	10,74
40	1,93	13,0	10,98

Как установлено, с увеличением давлении прессования известково-песчаниковые смеси постепенно уплотняются с уменьшением внутренней пористости и увеличением поверхности контакта связующего с твердыми зернами, что приводит к повышению прочности материалов до 10,74-10,98 МПа. Это равно прочности силикатного кирпича марки М100. Выявлено, что оптимальной величиной прессования для данного состава смеси является 30 МПа, так как выше указанной величины не наблюдается существенное уплотнение и упрочнение материала.

Исследование влияния технологических условий твердения известково-песчаниковых смесей показало, что для улучшения строительно-технических свойств силикатных изделий неавтоклавного твердения необходимо вести тепловлажностнуюобработку изделий. В таблице 3 приведены свойства образцов на основе 30 % извести, изготовленных из смеси с размерами частиц менее 0,14 мм при давлении 30 МПа и затвердевших при различных условиях. Как видно из таблицы 3, после тепловлажностной обработки в среде пара при температуре 90°С в течении 12 часов, и последующем твердении во влажной среде, прочность образцов увеличивается до 13,15 МПа, что равно прочности силикатного кирпича марки М125.

Таблица 3

Условие твердения	Объемная масса, г/см³	Водопголощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа
На воздухе	1,88	16,7	6,83
Во влажной среде	1,91	13,3	10,74
Тепловлажностная обработка	1,93	12,4	13,15

Для улучшения качества силикатного материала неавтоклавного материала необходимо использовать химическую активность и адсорбционную способность вяжущего. Ранее выявлено [3], поглощение $Ca(OH)_2$ песчаником происходит постепенно и максимум наблюдается через 3 суток.

Установлено, что образцы изготовленные из смеси (размеры частиц менее 0,14 мм) содержащей 30 % извести и предварительно хранившейся в течении 3 суток, после прессовании и твердении во влажной среде показали предел прочности при сжатии 12,6 МПа. Повышение прочности образцов обусловлено с увеличением доли новообразований связанных с взаимодействием кремнезема и извести на поверхностных слоях зерен. Следует отметить, что связывание извести протекает постепенно и в конце твердения она входит в состав новообразований (карбоната кальция и низкоосновных силикатов кальция). Увеличение прочности силикатного камня также связано с упрочнением межзерновых контактов за счет повышения степени кристалличности новообразований.

Таким образом, технологические факторы оказывают решающее влияние на твердение смесей на основе известковопесчаниковых вскрышных пород и определяют строительно-технические характеристики силикатного камня, предъявляемые для стеновых изделий.

Литература

1. Шинкевич Е.С., Луцкин Е.С. Технологические особенности производства силикатных изделий неавтоклавного твердения. //Строительные материалы. – 2008. - № 11. С. 15-17.

2. Тихомирова И.Н., Макаров А.В. Механизм фазообразования и твердения механоактивированных известково-кварцевых смесей при тепловлажностной обработке. //Строительные материалы. – 2013. - № 1. – С. 44-46.

3. Сапелкина Т.В., Кара-сал Б.К. Гидравлическая и адсорбционная активность вскрышных пород угледобычи Тувы. //Фундаментальные исследования. – 2018. - № 9. – С. 7-12.

Кудяков А.И., Симакова А.С.
(Томск, Россия)

ДОРОЖНЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ БЕТОНЫ С ГЛИОКСАЛЬСОДЕРЖАЩИМИ ДОБАВКАМИ

The article considers the aspects on introducing of glyoxal containing and reinforcing additives, and also additives increasing the speed of hardening in cement composite materials. These methods allow improving the quality of concrete of a road covering.

Ключевые слова: глиоксаль, олигомер молочной кислоты, структурообразование, твердение, микроструктура, дорожный бетон, прочность.
Keywords: glyoxal, lactic acid oligomer, structurization, reology properties, microstructure, road concrete, strength.

Введение. Социально-экономическое развитие России во многом сдерживается из-за состояния и уровня развития автомобильных дорог. Перспективными в строительстве автомобильных дорог за рубежом являются покрытия из цементных тяжелых бетонов, обладающие повышенными прочностными характеристиками, стойкостью к суровым климатическим условиям и долговечностью. При высоких уровнях нагрузки цементобетонные покрытия служат в 2,5-4 раза больше, чем асфальтобетонные [1,2]. В развитых странах автомобильные дороги с покрытиями из цементных бетонов составляют: в США 35 %, Германии 31 %, Китае 22 %, а в России только 9 % [3,4].

В соответствии с ВСН 139-80* к цементному бетону дорожного покрытия предъявляются серьезные требования по прочности при сжатии и расстяжении при изгибе, морозостойкости, истираемости и водопоглощению.

Основным ограничением в технологии укладки цементобетонного дорожного покрытия является короткий интервал положительных температур, в частности в Западно-Сибирском регионе, при котором возможно нормальное твердение цементобетонного покрытия. Решить эту проблему возможно применением модификаторов, ускоряющих процессы структурообразования и твердения цементного бетона, что позволит ускорить технологический процесс строительства цементобетонных дорог. Ускорить гидратацию цементных частиц и структурообразование в ранние сроки, а также интенсифицировать твердение дорожного бетона возможно используя комплексные глиоксальсодержащие добавки. В связи с этим актуальным является проведение исследования по разработке научно-обоснованных составов с глиоксальсодержащими добавками и технологии

изготовления дорожного цементобетона с ускоренным структурообразованием и повышенными эксплуатационными характеристиками.

Применяемые материалы и методы исследования. В качестве сырьевых материалов при проведении опытных исследований применялся портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2003), песок речной с модулем крупности 1,8 (ГОСТ 8736-2014,), щебень из гравия фракции 10-20 мм месторождений Томской области (ГОСТ 8267-93) и водопроводная вода (ГОСТ 23732-2011). Бетоны проектировались с учетом требований ГОСТ 27006-86 и ОДМ 218.3.081-2016. Лабораторные испытания и оценка качества бетонной смеси и бетона проводились в соответствии с ГОСТ 10181-2014, ГОСТ 10180-2012, ГОСТ 7473-2010 и ГОСТ 26633. В качестве микроармирующей добавки применялось базальтовое волокно диаметром 13-17 мкм, длиной 14 мм (ТУ 5769-004-80104765-2008), изготовленное НПО «Вулкан».

В качестве модифицирующих добавок при проведении исследований применялись 40-% водный раствор глиоксаля, изготовляемый ТД «Новохим» г. Томск (ТУ 2633-003-67017122-2011), молочная кислота фирмы «Purac» и ее олигомер. Олигомеры получали из молочной кислоты методом поликонденсации в лаборатории полимеров и композиционных материалов НИ ТГУ [7,8]. При научном обосновании выбора исходных компонентов модифицирующих добавок бетонной смеси и разработки на их основе комплексных модификаторов учитывалась способность органических добавок влиять на ускорение или замедление структурообразования цементного теста и камня.

При проведении экспериментальных исследований было проведено проектирование составов бетона с осадкой конуса 4-6 см с базальтовыми волокнами (диапазон дозирования от 0 до 5 % от массы цемента) и модифицирующими органическими добавками: 40-% водным раствором глиоксаля с концентрацией 0,035 % от массы цемента (Gl 0.01); молочной кислотой (LA) и олигомером молочной кислоты (PLA) с концентрацией 1 % от массы цемента. Приготовление бетонной смеси осуществлялось в два этапа:
перемешивание в сухом состоянии инертных, цемента и базальтовой фибры, а затем затворение полученной смеси необходимым количеством воды с учетом поправки на водопотребность волокон и пластифицирующую способность комплексных модификаторов [5].

Исследования влияния глиоксальсодержащих добавок и микроармирующих волокон на прочность бетона проводились на стандартных образцах кубах и призмах. Образцы после формования хранились сутки в формах в ванне с гидравлическим затвором, а затем после расформирования в камере естественного твердения. Испытания

образцов на сжатие проводилось в возрасте 28 суток на гидравлическом прессе.

Экспериментальная часть. Для повышения прочности при растяжении и сжатии дорожного цементного бетона было исследовано влияние степени микроармирования бетонной смеси базальтовыми волокнами. Результаты испытаний приведены на рис. 1.

При содержании волокон 0,5 % от массы цемента прочность при жатии базальтофибрсобетона увеличилась на 43,4 % и при растяжении

Табл. 1 – Предел прочности при сжатии бетона с комплексными глиоксальсодержащими добавками

на 17,5 %, с коэффициентом вариации прочности фибробетонных образцов не более 2,8 % [6].

Для ускорения набора прочности в ранние сроки и повышения класса бетона по прочности и морозостойкости научно обосновано два варианта комплексных глиоксальсодержащих добавок: олигомер молочной кислоты и водный раствор глиоксаля (PLA+Gl 0.01); молочная кислота и водный раствор глиоксаля (LA+Gl 0.01. Результаты определения прочности при сжатии образцов бетона с добавками в возрасте 28 суток приведены в табл.1.

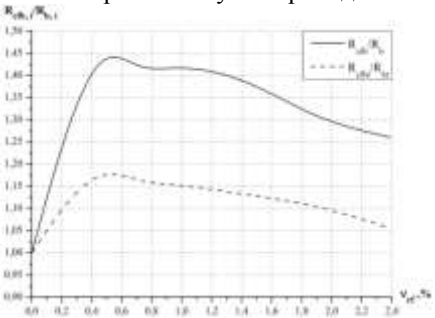


Рис. 1. Относительная прочность базальтофибробетона при сжатии и растяжении в зависимости от содержания базальтовых волокон.

В бетонах с КМД GL+PLA и GL+LA в условиях естественного твердения повышается прочность бетона при сжатии в возрасте семи суток на 38,5 % и 35 % соответственно;

в возрасте 28 суток на 30,5 % и 28, 5 % соответственно; после пропаривания прочность бетона с добавкой GL+LA повышается на 52 % . По данным рентгеноструктурного анализа установлено, что в структуре цементного камня увеличивается содержание низкоосновных гидросиликатов кальция, наблюдается большая

однородность зерен кристаллитов по размерам, чем и объясняется повышение прочностных характеристик [7,8].

Заключение. Разработана научно-обоснованная технология получения модифицирования цементных бетонов повышенного качества с микроармирующими и комплексными глиоксальсодержащими добавками. Введение комплексных модификаторов позволяет управлять процессами структурообразования цементного камня в заданные сроки и получать бетоны с требуемыми параметрами качества.

С разработанными комплексными модификаторами на основе глиоксаля получены дорожные базальтофибробетоны класса В 55 с маркой по морозостойкости F 400.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Ф. Коровяков. Предпосылки для развития строительства дорог с применением цементных бетонов // Технология бетонов , 2014, №3 - С. 25-29.

2. Базилевич, А.Л. Температурная сегрегация асфальтобетонных смесей при строительстве дорожных покрытий / А.Л. Базилевич, А.И. Кудяков // Вестник ТГАСУ. – 2009. – №1. – С.116-122.

3. Якобсон, М.Я. Актуальность и перспективы применения цементобетона в дорожном строительстве / М.Я. Якобсон, А.А. Кузнецова, А.С. Введенская, А.В. Бычков // Системные технологии. – №1 (18). – 2016. – С. 132-140.

4. Крамар Л.Я., Кудяков А.и., Трофимов Б.Я, Шулдяков К.В. Цементные тяжелые бетоны для строительства скоростных автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017, №4 (63). С. 147-157.

5.Abdulhadi M. A comparative study of basalt and polypropylene fibers reinforced concrete on compressive and tensile behavior. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). 2014. Vol. 9. № 6. P. 295–300. (In English)

6. Kudyakov A.I., Plevkov V.S., Kudyakov K.L., Nevsky A.V., Ushakova A.S. Improvement in manufacturing technology of basalt fiber concrete with increased uniformity//Строительные материалы. 2015. № 10. С. 44-48.

7. Simakova A., Kudyakov A., Efremova V., Latypov A. The effects of complex glyoxal based modifiers on properties of cement paste and hardened cement paste // AIP Conference Proceedings. 3. Сер. "Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects, YSSIP 2016: Proceedings of the III International Young Researchers Conference "Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects"" 2017. С. 020006. DOI: 10.1063/1.4973022.

8. Кудяков А.И., Симакова А.С., Кондратенко В.А., Стешенко А.Б., Латыпов А.Д. Влияние органических добавок на свойства цементного теста и камня //Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018; (6). С. 138-147

Табл. 1 – Предел прочности при сжатии бетона с комплексными глиоксальсодержащими добавками

Вид модифицирующих органических добавок в бетоне	Предел прочности при сжатии бетона при естественном твердении в возрасте		Предел прочности при сжатии бетона после ТВО, в возрасте 2 сут, МПа
	7 сут, МПа	28 сут, МПа	
Контрольный	**42,7**	**56,0**	**28,5**
Gl 0.035	48,4	58,2	37,5
LA	53,7	61,5	37,0
PLA	54,6	65,2	33,5
Gl+LA	**57,6**	**71,6**	**43,4**
Gl+PLA	**59,0**	**72,7**	36,0

УДК 666.943:691

A STUDY ON COMPLEX ANALYSIS OF SOME FLY ASH OF MONGOLIA

Danzandorj Sunjidmaa[1], Dr.Eng, Associate Professor; Sanjay Pareek[2], Dr.Eng, Associate Professor; Shaikhslam Takibai[3], teacher; Sosorburam T. Serenbaljid[1], doctoral student;

[1]MUST, Ulaanbaatar, Mongolia; Nihon University Japan, [3]Pavlodar University, Republic of Kazakhstan

1. Introduction

Fly ash was firstly used as mineral filler in road pavement in 1930. The "Fly ash" contained in concrete was published in a research paper of Concrete Institute of USA in 1937. Utilization of coal combustion products have following results: 1. Reducing land degradation, 2. Saving environmental resource, 3. Harmless effect in environment, 4. Decreasing carbon dioxide, 5. User-saving, 6. Decreasing price of electricity. These results are the world tendencies to use coal combustion products and slag [1]. The chemical elements, mineral composition, particle forming condition and physical chemical properties of fly ash have been studied by SEM [2-3]. Mongolia will be filled to capacity in the coming years; therefore it is a good opportunity to study for ways to reuse the fly ash as a raw resource for roads, building material or agriculture and to verify if the

power plant has changed its combustion procedure. The properties of fly ash depend heavily on the coal mine, mode of operation and other parameters.

The main objective of this study focuses on the study of the properties of ash to create databases for future research and use in modern technological methods.

2. Experimental

2.1 Materials

We used for the following types of ashes:

- fond ash of fourth thermal Power Station (TPP4);
- fly ash of TPP4;
- fly ash of Amgalan Thermal Station (Amgalan PP);
- fly ash of Ukhaahudag Thermal Power Station (Ukhaahudag TPP);
- fly ash of Kazakstan.

The Fourth Thermal Power Station uses for burning a mixture of coal from baganuur and shivee ovoo coal basins. The Amgalan PP uses shivae ovoo coal and the Ukhaahudag TPP uses tavan Tolgoi coal.

2.2 Results

Chemical properties.

Samples were measured by X-ray Fluorescence Spectrometer. Results of the analysis are shown in Table 1.

Table 1

Chemical composition of coal ash.

№	Compounds and Elements	Fond ash of TPP4	Fly ash of TPP4	Fly ash of Amgalan PP	Fly ash of Ukhaahudag TPP
1	SiO2, %	51.05	48.32	51.59	38.30
2	TiO¬2, %	0.634	0.699	0.559	0.516
3	Al2O3, %	15.85	16.03	15.14	11.28
4	Fe2O3, %	6.33	12.48	8.82	5.26
5	CaO, %	4.53	15.48	13.72	13.11
6	MgO, %	0.85	3.01	3.75	3.30
7	Na_2O, %	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
8	K_2O, %	0.81	0.98	1.30	0.78
9	MnO, %	0.095	0.440	0.471	0.325
10	P_2O_5, %	1.471	0.085	0.050	0.037
11	LOI, %	17.05	0.79	1.72	25.72
12	As, mg/kg	8	48	20	29
13	Co, mg/kg	19	43	29	17
14	Cr, mg/kg	64	78	49	53
15	Cu, mg/kg	73	69	38	66
16	Mo, mg/kg	13	49	57	21
17	Ni, mg/kg	41	37	23	14

18	Pb, mg/kg	21	36	43	37
19	Sr, mg/kg	1142	1318	998	1016
20	Th, mg/kg	17	46	37	33
21	U, mg/kg	20	27	27	15
22	V, mg/kg	73	111	86	69
23	W, mg/kg	<8	<8	<8	<8
24	Zn, mg/kg	86	91	70	89
25	Zr, mg/kg	189	119	211	99

According to the results of the analysis, fly ash covered by the study has a high content of calcium oxide.

Mineralogical compounds.

Sample was measured by X-ray Fluorescence Spectrometer. Results of the analysis are shown in picture 1.

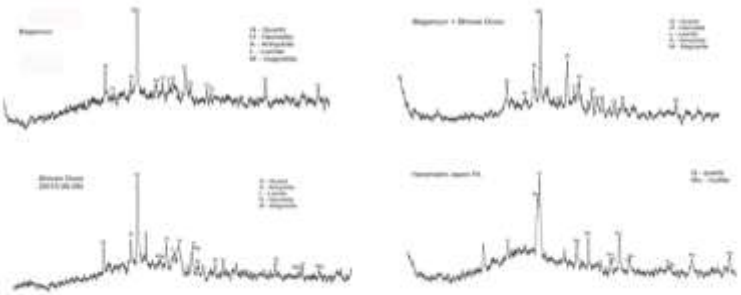


Figure 1. X-ray pattern of ash

The test results show that the silicate phases prevail. This may reduce their quality coefficient.

Fineness of Fly ash.

The fineness of fly ash was studied with a laser diffraction particle size measuring device L(LMS-24). Results of the analysis are shown in picture 2.

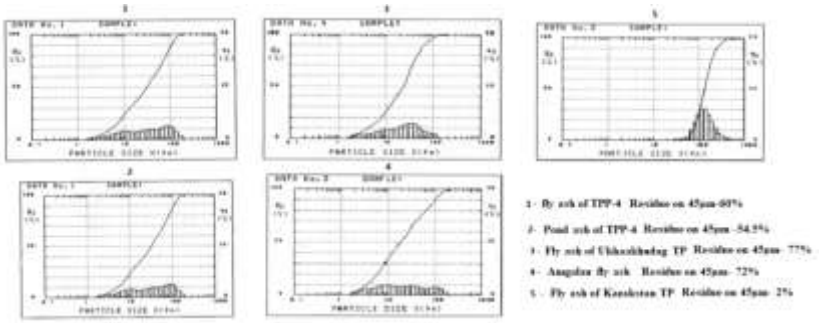


Figure 2. The fineness of fly ash

SEM analysis

SEM (Energy dispersive x-ray spectroscopy (EDX)) was applied to characterize the form of the fly ash particles. Results are depicted in Figure 3.

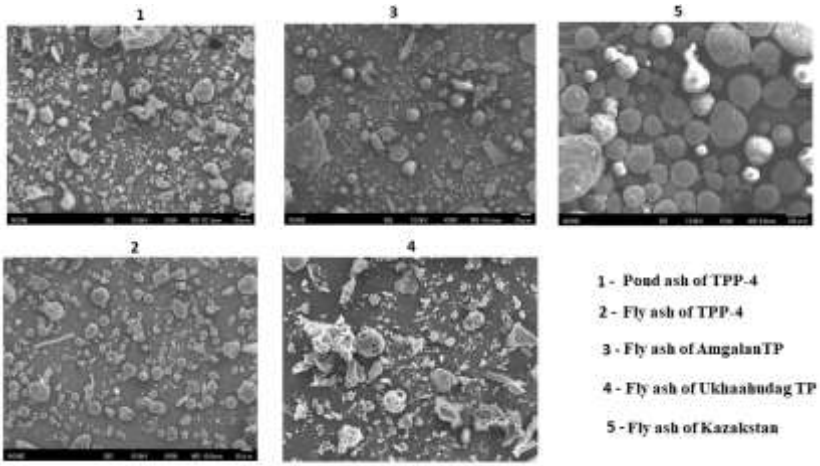


Figure 3. SEM micrograph of fly ash

The microstructure of fly ash from foreign countries consists mainly of spherical balls, similar to Kazakhstan, which are shown in Figure 1 under number 5. Mongolian fly ash consists of small particles of various shapes.

3. Conclusion

As a result, it can be concluded that:

1. According to the standard MNS 3927:2015 Thermal power plant fly ashes for construction materials. Technical requirements and testing methods, ashes fall into categories II and III.

2. Mongolian fly ashes contain high content of calcium oxide. This should be noted when using them.

References:
1. Susane C. Openshaw, W.Lamar Miller, W.Emmett Bolch, David Bloomquist., Utilization of Coal Fly Ash, State University System of Florida, Florida Center for Solid and Hazardous Management. 2207 nw 13 Street, Suite D, Gainesville, FL 3209, Report#**92-3**. September 1992.
2. E.V.Sokol, N.V.Maksimova, N.I.Volkova, E.N.Nigmatulina, A.E.Frenkel., Hollow silicate microspheres from fly ashes of the Chelyabinsk brown coals (South Urals, Russia). Fuel Processing Technology **67** (2000) 35-52.
3. E.V.Sokol, V.M.Kalugin, E.N.Nigmatulina, N.I.Volkova, A.E.Frenkel, N.V.Maksimova., Ferrosphers from fly ashes of Chelyabinsk coals: chemical composition, morphology and formation conditions. Fuel **81** (2002) 867-876.
4. J.Temuujin. Characteristics of coal ash, full processing and use. 2017.

УДК 620.1.08:624

В.Т. Гуляев,А.Н. Маннапова
(Владивосток, Россия)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ГЛАЗИРОВАННОГО КИРПИЧА

Аннотация. В данной статье описана актуальность глазированного кирпича и потребность его в Приморском крае, а также приведены преимущества, которые наглядно показывают эффективность применение глазированного кирпича. В данной работе были проанализированыглобальные и локальные проблемы. Изложены широкие спектры разнообразных мер, способствующих к разрешению проблем производства кирпича, благодаря которым предоставляется возможность обеспечить Приморский край данным материалом. Сделан вывод, что поставка кирпича в основном с центральной России, что значительно влияет на цену облицовочного кирпича. Например, средняя цена одного облицовочного кирпича 28-30 рублей, не учитывая поставки, что значительно влияет на его актуальность спроса, на Дальнем Востоке. И мы знаем, что такое же положение существует на Дальнем Востоке России, где нет действующих предприятий по выпуску облицовочного кирпича.

Ключевые слова: глазурь, кирпич, предприятие, глобальные и локальные проблемы**.**

Abstract.This article describes the relevance of glazed brick and the need for it in the Primorsky territory, as well as the advantages that clearly show the effectiveness of the use of glazed brick. In this paper, global and local problems were analyzed. A wide range of various measures contributing to the resolution of the problems of brick production, through which it is possible to provide Primorsky Krai with this material, are presented. It is concluded that the supply of bricks mainly from Central Russia, which significantly affects the price of facing bricks. For example, the average price of one facing brick is 28-30 rubles, not taking into account

the supply, which significantly affects its relevance to demand in the far East. And we know that the same situation exists in the far East of Russia, where there are no existing enterprises for the production of facing bricks.
Key words: glaze, brick, enterprise, global and local problems.

Введение

Наружные ограждающие конструкции защищают помещения от неблагоприятных воздействий климата. В качестве ограждающих конструкций зданий наружные стены подвергаются воздействию целого ряда факторов, тесно связанных с процессами, происходящими как вне здания, так и внутри него. К числу этих факторов, в частности, относятся: атмосферные осадки, высота снежного покрова, глубина промерзания грунта, влажность наружного воздуха, водяной пар, температура наружного воздуха и перепады температур, химически агрессивные вещества, содержащиеся в воздухе и другие факторы. Связи с этим возникает потребность создания в инновационных материалов, которые будут устойчивы к неблагоприятным факторам. К такому материалу можно отнести глазированный кирпич.



Рис. 1 – Процесс разрушения облицовочного кирпича в результате влияния влаги и резких температур

Кирпич - традиционный строительный материал, который производится и применяется не одно тысячелетие, но и сегодня он по-прежнему находит широкое применение для сооружения различных зданий и сооружений. Современный рынок предлагает большое разнообразие цветов и форм керамического кирпича, которые придают зданиям неповторимый облик. Южная часть России, как и северная часть насыщена большим количеством легкоплавких глин с высоким содержанием соединений железа, которые с успехом применяются в производстве керамического кирпича, но цветовая гамма их представлена только красно-коричневыми тонами. Разнообразить ассортимент продукции в этом случае возможно лишь за счет разнообразия форм изделий. Поэтому керамический кирпич светлых тонов из красножгущихся глин является наиболее востребованным и актуальным материалом в современном строительстве.

До настоящего времени известные способы получения декоративного кирпича не позволяли производить кирпич светлых тонов из красно-жгущихся глин с относительно большим содержанием соединений

железа. В данном случае необходим качественно новый подход к существующим и общепринятым технологиям производства лицевого керамического кирпича, выражающийся в отбеливании черепка и получении на его основе кирпича светлого цвета. При этом технико-эксплуатационные свойства изделий не должны ухудшаться и выходить за пределы требований ГОСТ для лицевого керамического кирпича.

Так как керамический кирпич эксплуатируется на протяжении многих десятилетий, то в течение времени происходит частичное разрушение его лицевой поверхности из-за действия атмосферной среды. Используя глазурованный кирпич в кладке зданий и сооружений можно не только продлить срок их службы, но и придать зданиям неповторимый архитектурный дизайн. Однако до настоящего времени керамический кирпич глазуровали в основном свинец содержащими глазурями, производство которых является токсичным и неприемлемо в современных условиях. В связи с этим исключительно важно разработать легкоплавкую прозрачную целитно-хлорное, не содержащую свинец, для глазурного покрытия для лицевого керамического кирпича, как зелено-красного, так и отбеленного.



Рис.1 Глазированный кирпич

В условиях современного строительства облицовочный (глазированный) кирпич зарекомендовал себя, как наиболее рациональный, эффективный и экономически выгодный, метод возведения зданий, при которых стены осуществляют только оградительную и декоративную функции, защищая помещения от погодных явлений, а также придавая фасаду здания привлекательный вид. Требования к подобным конструкциям уже не предполагают высокую прочность, главными здесь являются шумоизоляция, теплоизоляция, устойчивость к агрессивным средам, морозостойкость, декоративность, небольшой вес. Так как легкие и мягкие тепло- и звукоизолирующие материалы стен не способны находится длительное время на открытом воздухе, подвергаясь воздействию

прямых солнечных лучей, влажности, дождя, ветра, не разрушаясь, их необходимо защищать материалами, срок эксплуатации которых в агрессивных средах значительно выше. Одним из таких материалов является облицовочный (глазированный) кирпич, спрос на который существует и сейчас, в отличие от рядового.

Глазированный кирпич обладает следующими конкурентными преимуществами:

– прочен и износостоек: обладает высокой морозостойкостью, что подтверждается многолетним опытом его применения в строительстве;

– хорошая звукоизоляция: стены из керамического кирпича, как правило, соответствуют требованиям [СП] 51.13330.2011 «Защита от шума».

– низкое влагопоглощение (менее 14 %, а для клинкерного кирпича этот показатель может достигать 3 %): облицовочный кирпич быстро высыхает;

– экологичность: облицовочный кирпич изготовлен из экологически чистого натурального сырья - глины, по технологии, знакомой человечеству десятки веков. Во время эксплуатации построенных из него зданий, красный кирпич не выделяет вредных для человека веществ, таких как газ радон;

– устойчивость почти ко всем климатическим условиям:

– позволяет сохранять надёжность и внешний вид;

– высокая прочность (15 МПа и выше -- 150 атм.);

– высокая плотность (1950 кг/мі, до 2000 кг/мі при ручной формовке);

– морозостойкость: облицовочный кирпич обладает высокой морозостойкостью, а для северного климата это особенно важно. Морозостойкость кирпича является наряду с прочностью важнейшим показателем его долговечности. Керамический облицовочный кирпич идеально подходит для российского климата;

– прочность и устойчивость: благодаря высокой прочности и малому объёму пористости кладка, возводимая из облицовочных изделий, отличается высокой прочностью и поразительной устойчивостью к воздействию окружающей среды;

– различная фактура и цветовая гамма: диапазон различных форм и цветов облицовочного кирпича даёт возможность создания имитации старинных построек при возведении современного дома, а также позволит возместить утраченные фрагменты фасадов старинных особняков.

На ряду с преимуществами данный вид обладает недостатками, а именно:

1. высокая цена: в связи с тем, что керамический кирпич требует несколько этапов обработки, его цена довольно высокая, по сравнению с ценой силикатного кирпича;

2. возможность появления высолов: в отличие от силикатного кирпича, керамический кирпич «требует» качественный раствор, в противном случае могут появляться высолы;

3. необходимость приобретать весь требуемый облицовочный кирпич из одной партии: если облицовочный керамический кирпич приобретается из разных партий, могут возникнуть проблемы с тоном.

Сейчас существуют различные типы заводов по производству керамического кирпича и технологические процессы в них отличаются, но есть ряд факторов, которые являются общими для разных типов предприятий.

Если рассматривать глазури, требующие первичного обжига, то есть их можно наносить на кирпич-сырец, то они наиболее эффективны, так как не требуют повторного обжига, что сокращает энергозатраты. Так как глазури необходимо наносить на кирпич-сырец, то этапы от получения сырья предприятием по производству кирпича до формования можно пропустить. После того как формованный глиняный брус минует гильотину, из-под которой он выйдет уже в виде кирпича-сырца у нас появляется возможность покрывать две его грани глазурью. Из-за того, что после гильотины кирпичи-сырцы собирают в сушильных шкафах, а после сушки они уходят в печь на вагонетках, то из-за высокой мобильности отдельно взятого кирпича-сырца нанести на него глазурь становится крайне затруднительно. В таком случае лучше всего наносить глазурь на кирпич-сырец после того как он был отделен от бруса и до того, как он будет помещен в сушильный шкаф, к тому же влажная глина обладает лучшей адгезией, чем после сушки.

Хоть глазурование является весьма доступным способом получения лицевых граней на кирпиче, бывают случаи, когда предприятия не прибегают к такому решению, потому что в многих регионах страны глазури попросту не производятся, а приобретение глазури, в сумме с транспортными расходами, значительно увеличит стоимость облицовочного кирпича и он станет не конкурентоспособен. Вследствие подобных проблем появляются разные проблемы, как локального характера, так и глобального.

Глобальные проблемы. В современных условиях производство строительных материалов является одним из важнейших направлений нашей отечественной промышленности. Это объясняется ежегодно повышающимися темпами строительства и дефицитом высококачественных стройматериалов. Недостатки, низкое качество и дороговизна многих стройматериалов, заставляют искать более

совершенные и инновационные методы их производства. К подобным материалам относится производство глазированного (облицовочного) кирпича.

Хоть глазурование является весьма доступным способом получения лицевых граней на кирпиче, чаще всего, предприятия не прибегают к такому решению, потому что во многих регионах страны глазури попросту не производятся.

Причин тому множество, некоторые предприятия работают на устаревшем, изношенном оборудовании, которое не в состоянии перерабатывать глину должным образом, что приводит к возникновению дефектов, другие, из-за географической удаленности от месторождений качественной глины вынуждены пользоваться местной глиной, на которой получение лицевого кирпича в принципе невозможно.

Второй наиболее важный недостаток – это высокая стоимость глазированного кирпича. Приобретение глазури, в сумме с транспортными расходами, значительно увеличит стоимость облицовочного кирпича, и он станет не конкурентоспособен.На изготовление этого вида кирпича используется глина самого высокого качества. Вследствие вышеуказанных условий цена его превышает цену на рядовой строительный кирпич. В среднем стоимость на кирпич облицовочный варьируется от 20 до 45 рублей. Цена на кирпич напрямую зависит от его наружных характеристик, таких как цвет и фактура. Глазированный кирпич отличается повышенной устойчивостью к воздействию перепадов температур, критических температур, а также устойчив к воздействию различных осадков и влажности. Это довольно долговечный материал, который не требует какого-либо специального ухода. Специалисты рекомендуют использовать для любых работ кирпич одной партии, тогда вся стена будет красивого однородного оттенка. Надо отметить, что облицовочный кирпич может быть также рельефным, фасонным и фигурным. С его помощью дизайнеры воплощают самые необычные идеи, придавая зданию современный и оригинальный вид.

Третий недостаток - это большой вес материала, делающий облицовочный слой значительной нагрузкой на основание и несущие стены. В некоторых случаях могут потребоваться предварительные мероприятия по усилению фундамента.

Локальные проблемы. Рассмотрев широкий спектр глобальных проблем производства глазированного кирпича, нельзя не отметить, что также есть и региональные особенности.

Например, если в больших городах заводы работают на устаревшем оборудовании, которое не может выпускать глазированный кирпич, то и в малых регионах чаще всего отсутствует

специальные обжигающие печи для нанесения глазури на керамический кирпич.

Аналогичный глазурованный керамический кирпич реализуется предприятиями, расположенными в таких городах как: Ревда, Краснодар, Москва. Подобные предприятия географически удалены от дальневосточного округа, да и многих других городов России, что в значительной мере влияет на ценообразование производимой ими продукции за счет транспортных расходов. Открытие предприятия по производству глазури на Дальнем Востоке позволит обеспечить предприятия дальневосточного округа и близлежащих округов сырьем для производства глазурованного керамического кирпича.

Такая ситуация существует на Дальнем Востоке России, где нет действующих предприятий по выпуску облицовочного кирпича. Причин тому множество, некоторые предприятия работают на устаревшем, изношенном оборудовании, которое не в состоянии перерабатывать глину должным образом, что приводит к возникновению дефектов, другие, из-за географической удаленности от месторождений качественной глины вынуждены пользоваться местной глиной, на которой получение лицевого кирпича в принципе невозможно. Глазури для строительной керамики на Дальнем Востоке не выпускают, а закупать глазури из других регионов и стран обойдется не дешево. В таких условиях рынок облицовочного кирпича на Дальнем - Востоке представляют предприятия из других регионов России и из-за рубежа (Китай, Ю. Корея), а учитывая стоимость доставки, сам лицевой кирпич дорого обходится покупателям.

Чтобы местные производители кирпича смогли производить конкурентоспособный и коммерчески выгодный лицевой кирпич, необходимо местное производство, которое будет способно обеспечить их недорогой глазурью. Чтобы стоимость глазури была невысока, сырье из которого она производится должно быть легкодоступным, дешевым и желательно местным.

Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта и оценка платежеспособного спроса: Основной сегмент потребителей глазури - заводы по производству керамических изделий. На Дальнем Востоке насчитывается более 32 подобных заводов, которые не способны выпускать лицевой керамический кирпич. Производителей глазури для строительной керамики найти не удалось, поэтому расчет сделан исходя из цен на рядовой, лицевой и глазурованный керамические кирпичи, которые представлены на рынке Дальнего Востока. Средняя стоимость рядового керамического кирпича в регионе составляет 9 руб./шт., а лицевого керамического кирпича - 30 руб./шт. Средняя стоимость глазурованного керамического кирпича на заводах производителях (г. Ревда, г. Москва, г. Краснодар) составляет

35 руб. 80 коп. (при учете транспортных расходов стоимость такого кирпича составит не менее 40 руб./шт.).

Для того, чтобы внедрение какой-либо операции в технологический процесс на производстве не оказало на него экономического серьезного влияния и не требовало значительных денежных затрат, необходимо учесть все аспекты действующего производства наиболее рационально. Сейчас существуют различные типы заводов по производству керамического кирпича и технологические процессы в них отличаются, но есть ряд факторов, которые являются общими для разных типов предприятий. Географическая удаленность также дает о себе знать. Поставщикам приходится заказывать партию глазированного кирпича, что значительно влияет на итоговую стоимость. К этой проблеме также можно отнести, запас месторождения глазури. Даже при наличии оборудования для обжига кирпича, но отсутствие близлежащего месторождения глазури, скажется на стоимости поставки глазированного кирпича.

Также одной из проблем можно отнести – сложность укладки. Для того, чтобы полностью раскрыть декоративные способности лицевого кирпича, требуется высокая квалификация и опыт. Для больших регионов значительно легче найти хорошего специалиста, но что касаемо малых городов, наблюдается дефицит квалифицированных кадров.

Заключение. В статье были приведены основные локальные и глобальные проблемы производства глазированного кирпича. Подобные факторы помогают выявить, как конкурентные преимущества, так и недостатки данного материала. Автор излагает широкий спектр разнообразных мер, способствующих к разрешению проблем производства кирпича, благодаря которым предоставляется возможность обеспечить Приморский край данным материалом. Все перечисленные факторы, по мнению автора, безусловно, будут способствовать к открытию предприятия выпускаемого облицовочного материала, а также смогут увеличить эффективность. в развитии данного направления.

УДК 691.55:666.914

А.П.Пичугин, А.С.Денисов, В.Ф.Хританков,
М.А.Пичугин, Е.П.Матус (Новосибирск, Россия)
Г.Б.Фишер, (Веймар, Германия)

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

При многократной переменной нагрузке материал может разрушиться значительно раньше, чем при действии напряжений, которые соответствуют предельным для данного материала при однозначных статистических нагрузках. Часто под воздействием атмосферных факторов изменяются первоначальные свойства материала, со временем происходит его «старение», сопровождаемое понижением прочности. Эти факторы являются важными при разработке составов мелкозернистых бетонов для тротыаров и пешеходных дорожек.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон; температурные перепады, минеральны добавки, микроармирующие компоненты, долговечность мелкозернистых бетонов

Разработке составов мелкозернистых бетонов определение требований, которые необходимо учесть и выполнить при расчетах. Естественно, что эти требования должны учитывать эксплуатационные особенности, в том числе воздействие на них нагрузок и атмосферных факторов при функционировании объектов, на которых будут использованы мелкозернистые бетоны. Зимой выпадает около 100 – 150 мм осадков. Снежный покров не более 20-40 см, поэтому грунт глубоко промерзает. Лето теплое, но короткое – около 3 месяцев. Средняя температура +18-22˚С, максимальная – выше 40˚С. Период без заморозков составляет не более 2-3 месяцев. Кроме того, климат Сибири характеризуется высокой влажностью, относительные показатели которой для воздуха летом и зимой около 100% . Это способствует интенсивному накоплению влаги в массиве ограждающих конструкций без возможности осушения в летний период из-за короткого теплого периода сухого воздуха. Сопровождающееся при этом повышение коррозионной агрессивности атмосферы характеризуется продолжительным увлажнением (2020-2580 ч/год) в виде поверхностных пленок влаги и продолжительного увлажнения фазовой и адсорбционной пленками влаги, имеющим достаточно высокие показатели, составляющие соответственно 1340-1690 и 710-1430 ч/год.

Строительные материалы подвергаются различным нагрузкам, воздействиям от изменения температуры среды, атмосферы или других факторов, в результате материалы испытывают внутренние напряжения сжатия, растяжения, изгиба, среза. От различных напряжений материал в конструкциях по-разному деформируется, т.е. испытывает линейные и объемные изменения, вследствие чего появляются трещины, отколы и др. При многократной переменной нагрузке материал может разрушиться значительно раньше, чем при действии напряжений, которые соответствуют предельным для данного материала при однозначных статистических нагрузках. Часто под воздействием атмосферных факторов изменяются первоначальные свойства материала, со временем происходит его «старение», сопровождаемое понижением прочности.

Учитывая широкий спектр воздействующих факторов на строительные конструкции, расположенные в Сибирской климатической зоне, необходимо было разработать составы мелкозернистых бетонов, отличающиеся повышенными водо и морозостойкостью, трещиностойкостью, высокой прочностью, способностью противодействовать истирающим нагрузкам, нов в то же время не быть скользкими.

Таблица 1. Расчетный мелкозернистого бетона

Компоненты	Расход материалов	
	по массе, кг	В %
Кварцевый песок	750-1050	63-70
Цемент	280-400	20-25
Отходы ХЦП	115-185	8-12
Вода	120-170	-

По общепринятым методикам были выполнены предварительные расчеты состава мелкозернистых бетонов с различными добавками, результаты которых приведены ниже (табл.1).

Для оптимизации составов и улучшения их эксплуатационных свойств рекомендуется использовать оптимальную гранулометрию песка, позволяющую получать более плотные мелкозернистые бетоны при пониженном расходе минерального вяжущего вещества. В таблице.2 приведены оптимальные расчетные значения гранулометрического состава песка.

Таблица 2. Расчётная гранулометрия песка, обеспечивающая максимальную упаковку зерен

Насыпная						В уплотнённом виде					
Содержание фракций, %				Плотность, кг/м³		Содержание фракций, %				Плотность, кг/м³	
1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,14	0,14-0,063	Расч.	Факт.	1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,14	0,14-0,063	Расч.	Факт.
62,3	6,9	23,6	5,2	1966	1810	63,4	11,1	22,5	3,1	2170	1910

С учетом выполненного расчета были исследованы различные составы мелкозернистых бетонов с минеральными добавками направленного действия и определены их некоторые эксплуатационные свойства, которые приведены в таблице 3. Так, введение небольшого количества отходов хризотилцемента почти не влияет на показатели прочности материала на сжатие, в то же время существенно (почти в три раза) увеличивают предел прочности при изгибе.

Количество воды регулировалось в соответствии с заданной пластичностью бетонной смеси и варьировалось от 30 до 60 % по массе.

При введении отходов ХЦП более 25% наблюдается снижение не только прочностных показателей, но и существенно уменьшается адгезионная способность составов. Введение отходов хризотилцементного производства в количестве более 15-20% от массы смеси способствует снижению усадки в 1,5-2,0 раза. В то же время, вводя отходы ХЦП (более 20%), можно значительно снизить коэффициент теплопроводности, что очень важно при использовании тротарных плит в закрытых помещениях. Для повышения адгезионной способности и эксплуатационной надежности мелкозернистых бетонов при сохранении высоких прочностных показателей и водо- и морозостойкости в их состав необходимо ввести полимерные и проникающие добавки.

Таблица 3. Исследованные составы мелкозернистых бетонов и их свойств

№ п/п	Состав компонентов в сухой смеси. кг/м^3			Свйства затвердевшего раствора				
	Цемент	Песок	ОХЦП	Прочность, МПа		Адгезия к основанию, МПа	Средняя плотность, кг/м^3	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м ºС)
				при сжатии	при изгибе			
1	300	1100	-	11,0	1,3	1,6	1480	0,94
2	300	1000	100	11,2	1,7	1,3	1500	0,75
3	300	900	150	14,3	3,2	102	1450	0,48
4	300	800	200	8,7	2,3	0,8	1350	0,38
5	300	700	250	6,7	2,0	0,6	1300	0,33
6	300	600	300	4,4	1,6	0,5	1250	0,30

Одним из негативных проявлений конгломератных материалов, в т.ч. и мелкозернистых бетонов является их усадка во времени, которая вызвана уменьшением объема цементного камня в растворной части смеси при твердении. Такие деформации обусловлены испарением воды из микрокапилляров и последующим обжатием структуры цементного камня капиллярными силами. В обычных бетонах величина усадки может составлять 0,5-0,8 мм/м, что приводит к образованию усадочных трещин, которые отрицательно сказываются на эксплуатационных свойствах. Кроме того, усадка отрицательно сказывается на долговечности соединяемых элементов или защитных составов ввиду возможности насыщения трещин водой и различными растворами, способствующими нарушению целостности и возникновению дополнительных касательных напряжений.

На величину усадочных деформаций влияет целый ряд различных факторов**,** одними из которых является количество цемента и степень крупности мелкого заполнителя. Так, при повышенном расходе минерального вяжущего величина усадки может составлять более одного миллиметра на метр (кривые 3, 4; рис.). При снижении процентного содержания цемента в бетонной смеси отмечается уменьшение усадки (кривая 1, рис.).

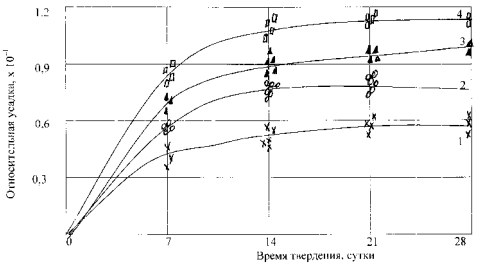


Рис. Влияние соотношения между вяжущим и заполнителем на усадку затвердевших мелкозернистых бетонов :
1 – Ц : П = 1 : 4($М_{кр}$ = 1,5); 2 – Ц : П = 1 : 3($М_{кр}$ = 1,5);
3 – Ц : П = 1 : 3($М_{кр}$ = 2,2); 4 – Ц : П = 1 : 2($М_{кр}$ = 2,2)

Таким образом, для снижения усадочных деформаций необходимо чтобы расход минерального вяжущего не превышал двадцати - двадцати пяти процентов от инертного заполнителя. Кроме того, мелкий минеральный заполнитель, по возможности, должен представлять достаточно четко регламентированный гранулометрический состав, обеспечивающий плотную упаковку минеральных составляющих без излишних пор и пустот. С этой целью рекомендуются составы на основе песков средней крупности с модулем крупности от 1,2 до 1,8.

Литература

1. И.В.Белан, А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков Разработка составов сухих строительных смесей с повышенными эксплуатационными характеристиками// Строительные материалы. – 2014. - №3. – С.45-48.
2. А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков, И.В.Белан Сухие строительные смеси с повышенными эксплуатационными характеристиками. Монография//Новосибирск: НГАУ-РАЕН, 2014. - 165 с.
3. О.С.Субботин, А.П.Пичугин, И.В.Белан Материалы и архитектура малоэтажных зданий, эксплуатируемых в особых природных условиях. Монография. // Новосибирск: НГАУ-РАЕН, 2012. - 192 с.

УДК 691.618.93

И.Ю.Соктоева, Э.А.Оксахоева, Л.А.Урханова, М.Е. Заяханов, Д.Р.Дамдинова (Улан-Удэ, Россия)

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В статье рассмотрены проблемы утилизации золошлаковых отходов для производства эффективного конструкционно-теплоизоляционного материала пеностекла. Подобраны составы пеностекол и определены его основные физико-механические характеристики. Получены изделия – плиты и блоки на основе пеностекла с улучшенными показателями по плотности и прочности.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, пеностекло, теплоизоляционные материалы, альтернативные источники сырья, рациональное использование отходов предприятий теплоэнергетики.

The article deals with the problems of ash and slag waste disposal. Their rational use as an alternative source of secondary raw materials for the production of general-purpose foams is proposed. The composition of ash and slag waste by oxides is given. Given the physico-mechanical parameters of the samples.

Keywords: ash and slag waste, foam glass, insulation materials, alternative sources of raw materials, rational use of waste heat and power plants.

Введение. Проблема утилизации золошлаковых отходов (далее ЗШО) возникла уже очень давно. В настоящее время действует государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики» до 2030 года, где прописаны целевые показатели использования ЗШО. По данным из многочисленных источников в России ЗШО используется в среднем менее 2,5 млн.т в год из 30млн. т которые образуются, поэтому вопрос утилизации золошлаковых отходов весьма актуален, площади золоотвалов стремительно растут.[1]. На территории г.Улан-Удэ располагаются золоотвалы, относящиеся к ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, здесь в год образуется 160 тыс.т отходов, не считая отходов от различных мелких котельных. В 2013 году на ТЭЦ-1 выход ЗШО составил 139940 т, в 2014г. – 108549 т, а по ТЭЦ-2 эти показатели составили 37497 т – в 2013г. и 31006 т – в 2014г. соответственно. Эту экологическую проблему необходимо решать для сохранения экологического равновесия на территории Байкальской экологической зоны. В качестве еще одной из проблем можно отметить несовершенство законодательства в области обращения золошлаковых отходов, отсутствие комплексного подхода к регулированию обращения с ними, а также недостаток механизмов регулирования и стимулирования вовлечения золошлаковых отходов ТЭС в полезный хозяйственный оборот.

Целью работы явилось использование золошлаковых отходов ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 г.Улан-Удэ в создании пеностекол общестроительного и технического назначения и исследование их физико-механических и эксплуатационных свойств.

Известно, что пеностекло - высокопористый ячеистый неорганический теплоизоляционный материал, получаемый спеканием тонкоизмельченного стекла и газообразователя. Мелкопористая структура пеностекла с замкнутыми порами обеспечивает низкие значения коэффициента теплопроводности (0,060-0,070 Вт/(м·К)) и показателя водопоглощения (2-4% по объему), что способствует повышению надежности и увеличению срока эксплуатации изделий и конструкций из пеностекла [2].

В экспериментальных исследованиях для получения пеностекол были использованы золошлаковые отходы, стеклобой и горные породы (перлит, кварцитовый песчаник, известняк и др.). В работе были использованы в основном ЗШО, попадающие в золошлакоотвалы при мокром удалении зол-уноса и топливных шлаков, образованных в топке котла. Золошлаковые отходы по химическому, гранулометрическому и фазово-минералогическому составам во многом идентичны природному минеральному сырью.

Ранее было установлено, что в золошлаковых отходах, стеклобое и горных породах имеются все необходимые стеклообразующие оксиды для получения пеностекла алюмосиликатного состава (табл.1)

Таблица1. Химический состав исходных сырьевых материалов.

Наименование пород и материалов	Содержание оксидов на сухое вещество, масс. %										
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	CaO	MgO	TiO_2	SO_3	K_2O	Na_2O	п.п.п
Золошлак ТЭЦ-1	39,4	17,3	3,62	-	2,23	0,96	0,75	0,45	1,26	-	14,48
Смесь золошлака ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2	40,4	17,9	3,53	-	0,59	1,01	0,85	0,5	1,25	-	15,24
Стеклобой	71,46	2,47	0,40	-	6,74	3,43	-	0,20	0,85	14,45	-
Перлит	68,3	12,75	1,20	0,05	0,98	0,48	0,16	0,03	3,13	3,73	8,58
Кварцитовый песчаник	99,3	0,200	0,070	-	0,010	-	0,005	-	-	-	-

По классической технологии, разработанной И.Китайгородским [3], используется специально сваренное стекло (эрклез) с использованием кварцевого песка, известняка, соды и сульфата натрия, что требует возведения стекловаренной печи и больших капитальных затрат. Использование в настоящей работе комплексной шихты, состоящей из золошлаковых отходов, стеклобоя и горных пород, а также технологических добавок- интенсификаторов плавления позволило получать пеностекло без использования высокотемпературной варки.

Для получения пеностекла и изделий на его основе исходные материалы предварительно подверглись сушке, дроблению в щековой дробилке и измельчению в вибрационном истирателе до удельной поверхности 300-450 м²/кг. Компоненты затворяли водным раствором гидроксида натрия и тщательно перемешивали в лабораторном смесителе принудительного действия. Для получения гранулированного пеностекла порции пенообразующей смеси подвергали грануляции в виброгрануляторе. Для получения блоков, плит и фасованных изделий пенообразующую смесь прессовали в пресс-формах. Влажность образцов на уровне формования составляет не более 16-18 %. Изготовленные образцы нагревали и вспенивали в электрокаменной печи с максимальной температурой подъема до 1100 °С. Результаты экспериментов приведены в таблице 2.

Таблица.2. Результаты опытных испытаний по получению вспененного материала

№ п/	Состав пеностекла, % по массе					Условия обжига		Свойства пеност	
	ЗШО	Стекл	Кварцито песчанни	*NaOH*	H_2O	Т, °С	τ, мин	$\rho_{ср.}$ кг/м^3	$R_{сж}$ МПа
1.	40	40	20	7	14	850	30	1200	19,5
1.	40	40	20	7	14	850	30	1165	17,33
2.	40	40	20	8,5	17	900	30	1000	13,23
2.	40	40	20	8,5	17	900	30	928	11,97
3.	40	50	10	8	16	900	30	930	12,01
3.	40	50	10	8	16	900	30	896	11,86

Анализ результатов исследований – показал что, повышение температуры обжига приводит к снижению средней плотности за счет увеличения вспенивания стекломассы. Кроме того, показатели плотности пеностекла зависят от содержания компонентов шихты. Поэтому для получения эффективных теплоизоляционных изделий из пеностекла было принято решение исключить из состава шихты горные породы и использовать только ЗШО, стеклобой и технологические добавки.

Содержание компонентов составляет, % по массе:

- для плит: золошлак - 20...30%; стеклобоя- 60...80%; едкого натра (гидроксида натрия)- 8...9 %; жидкого стекла 2,5...3,5%.

- для блоков: золошлак- 30...40; стеклобой - 45...60%; едкого натра (гидроксида натрия)- 7...8%; жидкого стекла- 3,3...4,6%.

Основные физико-механические свойства полученных изделий приведены в табл.3.

Таблица 3. Физико-механические показатели изделий

Наименование	Физико-механические показатели.

по плотности	Средняя плотность (кг/м³)	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)	Предел прочности при сжатии (МПа)	Водопоглощение по объему (%)
Блок 350	301-350	0,090	0,9	не более 5 %
Блок 400	351-400	0,093	1,00	не более 5 %
Блок 450	401-450	0,095	1,50	не более 5 %
Блок 500	451-500	0,095	2,00	не более 5 %
Блок 550	501-550	0,97	2,50	не более 5 %
Блок 600	551-600	0,100	2,70	не более 5 %
Плита 150	150-200	0,075	0,70	не более 5 %
Плита 200	201-250	0,080	0,76	не более 5 %
Плита 250	251-300	0,085	0,80	не более 5 %
Плита 300	301-350	0,088	0,85	не более 5 %

В результате проведенной работы был получен патент №2671582 от 2 ноября 2018г.

Выводы. Благодаря комплексному использованию золошлаковых отходов и стеклобоя снижается энергия активации, плавления и вспенивания пеностекол при обжиге. Использование золошлаковых отходов позволяет экономить природное минеральное сырье, поскольку ЗШО это не только отходы, а вторичное сырье, отвечающее всем необходимым требованиям для производства теплоизоляционных пеностекол, снижающее экологическую нагрузку на окружающую среду. Полученные изделия из пеностекла можно использовать для теплозащиты трубопроводов, для заполнения каркасов зданий вместо кирпича, но при этом они обладают лучшими теплозащитными свойствами, за счет пористой структуры, а также в других отраслях промышленности.

Исследования проведены в рамках научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР) на тему: «Получение пеностекол общестроительного и технического назначения с использованием зол уноса и золошлаковых отходов ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 г. Улан-Удэ. (Договор № УУЭК-2023-15 от 17.06.2015 г.).

Литература:

1. Восканян Е. Ценное, но не востребованное сырье...[Текст]/ Е.Восканян.//Энергетика и промышленность России.- 2017- №6 (314)
2. Дамдинова Д.Р., Хардаев П.К., Константинова К.К. Эффективные пеностекла на основе эффузивных пород и стеклобоя. Улан-Удэ: Издательство ВСГТУ, 2006. 166с.
3. Китайгородский И.И. Пеностекло / И.И.Китайгородский, Т.Н.Кешишян. М.: Промстройиздат, 1953. 132с.

УДК 691.327.333

А.Б. Стешенко, А.И. Кудяков
(Томск, Россия)

ПЕНОБЕТОН С КОМБИНИРОВАННОЙ ДОБАВКОЙ

Аннотация. Качество пенобетонной смеси и пенобетона предложено повышать путем селективного воздействия на цементную матрицу комбинированной добавкой Реламикс Т2 и базальтовой фиброй в количестве 0,5% и 0,4% от массы цемента, соответственно. В пенобетоне с комбинированной добавкой уменьшается теплопроводность на 6 %, повышается класс пенобетона по прочности на сжатие с В1 до В2 при сохранении марки по средней плотности D500.

Ключевые слова: *пенобетонная смесь, пластификатор, микроармирующие волокна, прочность и теплопроводность бетона.*

Abstract. It has been proposed to increase the quality of the concrete mix and hardened foam concrete by selectively affecting the cement matrix with the combined additive Relamiks T2 and basalt fiber in the amount of 0,5 and 0,4% of the cement mass, respectively. In foam concrete with the combined additive, thermal conductivity decreases by 6%, the class of foam concrete in compressive strength rises from B1 to B2 while maintaining the average density of D500

Key words: *foam concrete mixture, plasticizer, micro-reinforcing fibers, strength and thermal conductivity of concrete.*

Основными нормативными параметрами качества пенобетона ограждающих конструкций зданий являются предел прочности на сжатие, оцениваемый с учетом однородности классом бетона, и коэффициент теплопроводности. Изготовляемые в настоящее время пенобетоны не всегда удовлетворяют повышенным требованиям при проектировании ограждающих конструкций зданий и современным строительным технологиям. Увеличение несущей способности ограждающих конструкций, как правило, достигается за счет повышения прочности и средней плотности пенобетона, что приводит одновременно к увеличению коэффициента теплопроводности и снижению теплозащиты здания. Большая роль в формировании

прочной структуры пенобетона отводится межпоровым перегородкам из цементно-песчаного раствора. Для обеспечения высокой прочности цементного камня в растворе необходимо минимизировать количество воды затворения. Однако, учитывая технологические особенности при транспортировании и укладке смеси в форму либо в опалубку, необходимо использовать пенобетонную смесь с повышенным содержанием воды, что приводит к увеличению пластической усадки в ранние сроки твердения, а также усадочных деформаций, увеличению капиллярной пористости и снижению прочностных характеристик материала в проектном возрасте [1,2].

Пенобетон должен соответствовать требованиям ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия», а изделия из него - ГОСТ 21520-89 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия». Согласно ГОСТ 25485–89 пенобетон с маркой по средней плотности D500 (теплоизоляционный пенобетон) – должен иметь класс по прочности на сжатие В0,75–В1 и коэффициент теплопроводности в сухом состоянии 0,12 Вт/м·^{o}С, что достаточно при устройстве стен в монолитном одноэтажном строительстве. Однако при строительстве домов из стеновых блоков по ГОСТ 21520–89 требуется использовать пенобетон с классом по прочности не ниже В1,5 при марке пенобетона по средней плотности - D700 и коэффициенте теплопроводности 0,18 Вт/м·^{o}С.

Для повышения ресурсосбережения и теплозащиты при строительстве индивидуального жилья предлагается путем использования инновационных технологических приемов обеспечить требуемую прочность пенобетона при существенном снижении средней плотности пенобетона [3,4].

Авторами предлагается использовать положительные свойства пластифицирующих и волокнистых добавок путем совместного их введения в смесь в виде комбинированной добавки и селективного воздействия на процессы структурообразования пенобетона.

Цель настоящей работы – разработка научно-обоснованных составов с комбинированной добавкой, включающей пластификатор и минеральные волокна, и совокупности технологических приемов для повышения уровня качества цементного пенобетона.

Введением микроармирующих волокон в состав пенобетонной смеси с пластификатором можно обеспечить требуемые реологические параметры и повысить прочность затвердевшего раствора межпоровых перегородок. Результаты исследований совместного применения пластификатора Реламикса Т2 и микроармирующих волокон в качестве комбинированной добавки в пенобетоне показаны в табл. 1.

При введении в пенобетонную смесь комбинированной добавки Реламикс Т2 и базальтовой фибры в количестве 0,5 % и 0,4 % от массы

цемента, соответственно, увеличился расплыв смеси на 1,5-5 см без существенного уменьшения её объема.

При совместном применении пластификатора Реламикс Т2 и микроармирующих волокон прочность образцов пенобетона по сравнению с контрольным повышается на 79 %, при этом коэффициент вариации полученных результатов не превышает 10 %. Введение комбинированной добавки позволяет повысить класс по прочности на сжатие пенобетона с В1 до В2 при сохранении марки по средней плотности D500.

Таблица 1. Свойства пенобетонной смеси и пенобетона с комбинированной добавкой

Состав пенобетона	Расплыв, см	Средняя плотность смеси, кг/м^3	$R_{сж}$, МПа 28 суток	λ в сухом состоянии, Вт/м·^{o}С.
Контрольный состав	12	673	1,47	0,112
Реламикс Т2 + базальтовые волокна	17	664	2,63	0,105

Как следует из результатов исследований теплопроводности у пенобетона с комбинированной добавкой Реламикс Т2 и базальтовой фиброй в сухом состоянии коэффициент теплопроводности снизился на 6 % по сравнению с контрольным образцом. Полученные результаты по теплопроводности соответствуют требованиям ГОСТ 25485-89 для пенобетонов средней плотности D500. Установленные составы и режимы приготовления пенобетонной смеси рекомендованы для приготовления теплоизоляционного пенобетона при устройстве стеновых конструкций в монолитном индивидуальном домостроении и блоков стеновых в заводских условиях.

Литература:

1. Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Староверов В.Д. Влияние армирующих волокон на формирование структуры ячеистых бетонов в раннем возрасте // Вестник гражданских инженеров. 2014. №3 С.154-158.

2. Стешенко А.Б., Кудяков А.И. Ранее структурообразование пенобетонной смеси с модифицирующей добавкой // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 2(54). С. 56–62. DOI: 10.5862/MCE.54.6

3. Моргун В.Н., Моргун Л.В. Обоснование одного из методов совершенствования структуры пенобетонов // Строительные материалы. 2018. №5. С. 24-16.

4. Kudyakov A.I., Steshenko A.B. Shrinkage deformation of cement foam concrete // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2015. Vol. 71. № 012019. Pp. 1-5. DOI: 10.1088/1757 899X/71/1/012019

Е.А. Бартеньева, Д.С. Ерофеев, Н.А. Машкин, В.Е. Русаков, Л.В. Полтористова, А.В. Левкович

(Новосибирск, Россия)

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

Ключевые слова. Пенобетон естественного твердения, белковый пенообразователь, базальтовая фибра, волластонит, диопсид, морозостойкость, усадка при высыхании.

Аннотация. В НГАСУ (Сибстрин) и НГТУ проведен анализ изменения свойств неавтоклавного пенобетона на белковом пенообразователе при введении дисперсных волластонита, диопсида и базальтовой фибры. Отмечено снижение плотности пенобетона (до марки D300, D400), морозостойкости материала, а также усадочных деформаций. Приведена технологическая схема получения пенобетона естественного твердения при раздельном приготовлении пены и растворной смеси.

IMPROVE THE PROPERTIES OF CELLULAR CONCRETE BY INTRODUCING MINERAL ADDITIVES

E.A. Bartenjeva, D.S. Erofeev, N.A. Mashkin,
V.E. Rusakov, L.V. Poltoristova, A.V. Levkovich
(Novosibirsk, Russian Federation)

Key words: non-autoclaved foam concrete, protein foamer, basalt fibra, wollastonite, diopside, frost resistance, shrinkage during drying.

Abstract. The article is concerned on the analysis of changes in the properties of non-autoclaved foam concrete on protein foaming agent. As additives used dispersed wollastonite, diopside and basalt fiber. The research was conducted at the the NGASU (Sibstrin) and NSTU. It is noted that the use suggested additives decreases the density of foam concrete to the grade D300, D400, frost resistance of the material and shrinkage deformations. The article shows the technological scheme of obtaining foam concrete with natural hardening with the separate preparation of foam and mortar mixture.

Использование в промышленности строительных материалов эффективных теплоизоляционных материалов является актуальной задачей. Пенобетоны естественного твердения обладают технологичностью, низкой стоимостью, достаточной прочностью, малой теплопроводностью [1-3]. Трудность при производстве этих материалов заключается в сохранении начальной пористости смеси и ее объема. Задача данной работы заключалась в улучшении эксплуатационных свойств пенобетонов естественного твердения пониженной плотности.

В работе использовали портландцемент ПЦ500Д0 (г. Искитим) со следующим химическим составом, % мас.: SiO_2 – 20,46, Al_2O_3 – 4,29; Fe_2O_3 – 3,69; CaO – 63,63; MgO – 1,94; Na_2O – 0,41; K_2O – 0,97; SO_3 – 1,77; P_2O_5 – 0,08; TiO_2 – 0,23; MnO – 0,09; ППП – 2,44. Истинная плотность портландцемента – 3060 кг/м^3, насыпная плотность – 1083 кг/м^3. В качестве кремнеземистого заполнителя применяли кислую золу-уноса (г. Новосибирск, ТЭЦ-5) со следующим химическим составом, % 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 – 885 кг/м^3, истинная – 1870 кг/м^3. В данном эксперименте использовали пенообразователь на протеиновой основе «FoamCem» (Италия).

Волластонит – минерал из класса силикатов Алтайского месторождения, истинная плотность которого равна 2455 кг/м^3, удельная поверхность – 90 м^2/кг. 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 Слюдянского месторождения со следующим химическим составом, мас.%: CaO – 25,03, MgO — 20,01; SiO — 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 – 2778 кг/м^3, удельная поверхность – 116 м^2/кг.

В работе использовалось базальтовое волокно длинной 12,0 мм диаметром 12,0 мкм, химический состав, мас. %: SiO_2 — 50,5, Al_2O_3 – 18,0, CaO – 8,5, Fe_2O_3 – 12,0, MgO – 4,5, Na_2O – 3,5, K_2O – 3,0.

Пенобетонная смесь готовилась по традиционной технологии на лабораторной установке турбулентного типа при скорости вращения рабочего органа 1350 об/мин, оптимальное время приготовление пены 4,5 мин. Минеральные добавки вводили в сухую смесь портландцемента и золы и тщательно перемешивали в течение 2 мин, базальтовые волокна вводили с водой затворения для их более равномерного распределения. Оптимальная концентрация пенообразователя составляет 2,5%.

Для проведения эксперимента был запроектирован оптимальный состав пенобетона с маркой по плотности D500, где соотношение заполнителя к вяжущему составило 0,6, а В/Т = 0,49.

Введение указанных добавок позволяет улучшить стойкость пены в растворной смеси структуры пенобетона и получить больший объем воздухововлечения [4], при этом снижается средняя плотность пенобетона (табл. 1).

Усадка при высыхании составляет 1,7 мм/м для образцов пенобетона с волластонитом и 2,0 мм/м для образцов с диопсидом, что меньше по сравнению с контрольным образцом на 35% и 23% соответственно. При введении базальтовой фибры усадка увеличивается на 7% по сравнению с контрольным образцом.

Пластическая усадка снижается при введении диопсида на 15,6%, волластонита – 20,8%, базальтовой фибры – 61%. Такое значительное снижение пластической усадки при введении базальтовых волокон может быть связано с тем, что волокна базальтовой фибры образуют стойкий каркас, не позволяя пенобетонной смеси опадать [5].

Таблица 1. Физико-механические показатели пенобетона

Показатели	Вид добавки

	Контрольный состав	Диопсид	Волластонит	Базальтовая фибра
Средняя плотность, кг/м^3	547	274	375	449
Предел прочности при сжатии, МПа	1,22	0,57	1,00	1,05
Класс бетона по прочности (ν=0,95)	B0.75	B0.5	B0.75	B0.75
Усадка пластическая, мм/м	7,20	6,08	5,70	2,81
Усадка при высыхании, мм/м	2,6	2,0	1,7	2,8
Марка по морозостойкости	20	25	25	25

За счет химического сродства к минералам цементного камня добавки диопсида, волластонита [6] обеспечивают более прочный контактный слой между добавкой и цементным камнем. Волластонит и диопсид действуют как дополнительные центры кристаллизации, что в результате повышает стабильность пены в растворной смеси и позволяет получить однородную структуру пенобетонной смеси, препятствовать ее усадке.

Пористость пенобетонных образцов определялась в соответствии с ГОСТ 12730.4-78 «Бетоны. Методы определения показателей пористости», данные представлены в таблице 2. При введении исследуемых добавок повышается объем условно-закрытых пор пенобетона до 52,9-53,8%, что может обеспечивать повышение марки по морозостойкости.

На основании результатов экспериментальных исследований, предлагается следующая технологическая схема приготовления пенобетона, представленная на рисунке 1.

Технологический процесс состоит из следующих переделов: приготовление пены и растворной смеси, приготовление пенобетонной смеси, формование изделий, твердение в естественных условиях, распалубка, резка массива на изделия, далее идет добор прочности готовых изделий до отпускной, затем производится их упаковка. Смесь подается устройством подачи к посту формования. Готовая смесь заливается на полный объем в формы. Изделия после распалубки на поддоне отправлялись на склад готовой продукции.

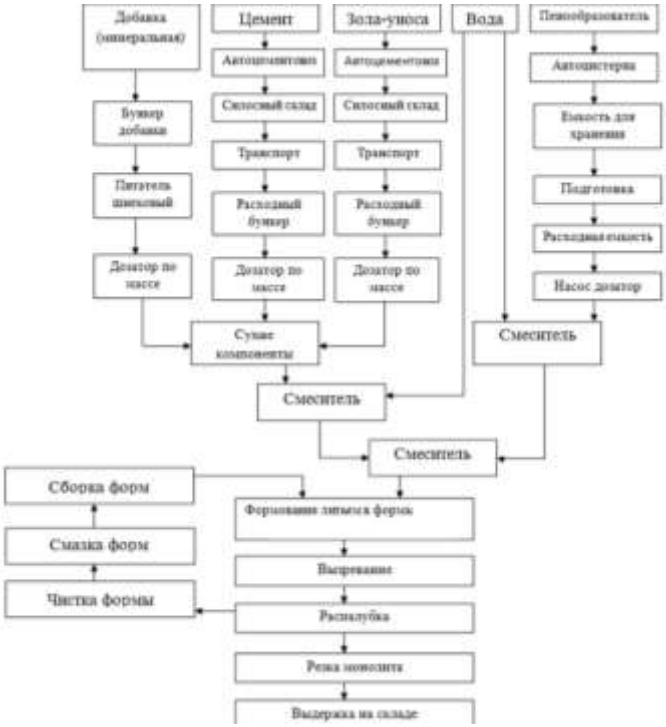


Рисунок 1. Технологическая схема производства пенобетона

Таблица 2. Пористость пенобетона исследуемых составов

Показатель	Вид добавки			
	Контрольный	Диопсид	Волластонит	Базальтовая фибра
Полный объем пор, %	67,0	87,0	81,0	75,0
Объем открытых капиллярных пор, %	14,9	13,6	15,3	15,2
Объем открытых некапиллярных пор, %	16,22	20,53	11,90	8,93
Объем условно-закрытых пор ПБ, %	35,9	52,9	53,8	50,9

Таким образом, введение минеральных добавок волластонита и диопсида позволяет получить неавтоклавный пенобетон с плотностью D300, D400 и классом по прочности B0.5, B0.75. Полученные образцы обладают пониженной усадкой при высыхании, а также наблюдается

повышение марки по морозостойкости, что позволяет использовать его как эффективный теплоизоляционный материал.

Список литературы:

1.Монтаев С.А., Рыскалиев М.Ж., Маликова С.М. Целесообразность использования цементно-шлакового вяжущего в производстве пенобетона // Новости науки Казахстана 2016. №2. С. 164-174.
2.Сравнительная эффективность ячеистых бетонов различного состава и перспективы их применения/ Т.В. Аниканова, Ш.М. Рахимбаев, А.С. Погромский// Техника и технология силикатов. – 2018. – Т. 25. – № 3. – С. 70-74.
3.Foam Concrete/ MD Jalal, Aftab Tanveer, K Jagdeesh and Furqan Ahmed// International Journal of Civil Engineering Research. – 2017. – Vol. 8. - № 1. – pp. 1-14.
4.Исследование свойств модифицированного пенобетона/ Е.А. Бартеньева, Н.А. Машкин// Строительные материалы. – 2017. - № 10. – С. 36-40.
5.Кудяков А.И., Стешенко А.Б., Конушева В.В., Сыркин О.О. Технологические приемы уменьшения усадки неавтоклавного пенобетона и повышения класса по прочности// Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 5 (58), С. 129-139.
6.Бердов Г.И., Ильина Л.В. Повышение прочности портландцементного камня при введении минеральных добавок// Сухие строительные смеси. – 2017. – №6. – С. 40-41.

УДК 620.691:678

А.В.Мазгалева, А.П.Пичугин
А.Ю.Кудряшов (Новосибирск, Россия)

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЛЕГКОБЕТОННЫХ ПОЛОВ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Разработаны коррозионно-стойкие теплые легкобететонные полы с защитным покрытием на основе отходов асбестоцементной промышленности.

A.V. Mazgaleva, A.P. Pichugin , A.U.Kudryshov
(Novosibirsk, Russia)

CORROSION RESISTANCE IN LIGHT CONCRETE FLOORS IN ANIMAL HUSBANDRY BARNS

Corrosion resistant warm light concrete floors where the coverage is made of material containing the wastes from asbestos cement industry have been developed.

Основными материалами для полов животноводческих помещений являются древесина и бетон. Однако, данные

материалы не отвечают всем требованиям эксплуатации и специфики условий, где вследствии биохимических процессов, протекающих между экскрементами животных, остатками кормов и подстилочными материалами образуются различные органические и неорганические, жидкие и газообразные вещества, которые непрерывно оказывают агрессивное воздействие на полы животноводческих зданий. К числу таких веществ относятся следующие:

- неорганические соединения: натриевые, калиевые, кальциевые, магниевые аммонийные соли соляной, фосфорной, серной и других кислот;
- органические соединения: мочевина, креатинин, гиппуровая и мочевая кислоты, амины, аминокислоты;
- газы: аммиак, двуокись углерода, сероводод.

Микроклимат животноводческих помещений обычно характеризуется высокой влажностью воздуха, повышенной концентрацией некоторых газов. Максимальная относительная влажность воздуха достигает 100%, а температура колеблется от отрицательных до $+40^0$С (таблица 1).

Таблица 1. Показатели агрессивности среды животноводческих зданий

Здания	Показатели				
	Агрессивность среды, pH	t воздуха, ^{0}С	Относительная влажность, %	Концентрация аммиака, мг/м^3	Концентрация углекислого газа, %
Свиноводческие	от 2 до 9	от -5 до 40	до 100	до 40	до 0,4
Для КРС	от 4 до 10	от -5 до 40	до 100	до 30	до 2,3

Кроме указанных агрессивных факторов, полы животноводческих зданий подвержены и механическим воздействиям – удару, истиранию, износу, сжатию, изгибу.

Полы из традиционных материалов в сложных эксплуатационных условиях или быстро разрушаются и требуют ежегодного ремонта, или не удовлетворяют зоогигиеническим требованиям, что отрицательно сказывается на состоянии и продуктивности животных.

Из-за несовместимости в распространенных материалах двух противоположных свойств – стойкости к коррозии и малой теплопроводности – полы в животноводческих помещениях приходится делать двухслойными. Нижний основной слой должен

обеспечивать высокие теплотехнические свойства и достаточную прочность. Защитное покрытие должно быть коррозионно-стойким, водонепроницаемым, нескользким, неабразивным и т.п. При этом должно иметь хорошую адгезию к основному слою и иметь малую теплопроводность.

Исследование коррозионной стойкости является одним из необходимых условий оценки пригодности материала для покрытия полов животноводческих помещений.

Разработаны коррозионно-стойкие теплые пенополистиролшлакобетонные полы с защитным покрытием на основе отходов асбестоцементной промышленности. Полы представляют собой конструкцию, включающую подстилающий слой из легкого бетона класса В5 плотностью не более 900 кг/м^3 толщиной слоя 120-150 мм. Защитное покрытие устраивается из раствора марки 100 с заполнителем – отходами асбестоцемента с плотностью в сухом состоянии не более 1200 кг/м^3 и водопоглощением не более 2% по массе (толщина слоя 20-30 мм).

Определение коррозионной стойкости защитного покрытия в агрессивных химических средах производилось на образцах-кубиках размерами 40х40х40мм. Основным критерием химической устойчивости покрытия служило изменение предела прочности при сжатии образцов, подвергнутых испытанию. Агрессивные среды заменялись не реже двух раз в месяц.

Для проведения испытаний на коррозионную стойкость взяты следующие химические среды: азотная, серная, соляная и уксусная кислоты, едкий натр, жиры, водный раствор аммиака, синтетический раствор мочи животных, вода дистиллированная (таблица 2).

Таблица 2 - Концентрация водных растворов и время пребывания в различных агрессивных средах

Среда	Концентрация, %	Время пребывания в среде, дни
1	2	3
Азотная кислота	5	180
Угольная кислота	5	365
Соляная кислота	5	365
Уксусная кислота	25	7
Едкий натр	5	180
Сероводород	-	365
Сахарный сироп	-	90
Водный раствор аммиака	5	365
Синтетический раствор мочи животных	-	365
Вода дистиллированная	-	365

В результате испытаний установлено, что предел прочности не снижается ниже регламентированных 7,5 МПа, исключением является угольная кислота, где прочность снизилась до величины 7,2 – 7,3МПа, однако следует отметить, что данной концентрации кислоты на практике не имеет место быть, о чем свидетельствуют достаточно устойчивые свойства материала в реальных экспдуатационных условиях.

Анализ полученных результатов показывает, что материал обладает достаточной коррозионной стойкостью и может применяться в качестве защитных покрытий полов в условиях агрессивных сред сельскохозяйственных помещений.

Список литературы

1. Мазгалева, А.В. Защитные растворы на основе отходов асбестоцементной промышленности для полов животноводческих помещений [текст]/ А.В.Мазгалева, А.П.Пичугин // Эффективные материалы и конструкции для сельскохозяйственного строительства: Международный сб. науч.тр. – Новосибирск, 1995г.
2. Денисов, А.С. Исследование характера взаимодействия и преобразований в полиминеральных системах [текст]/ А.С.Денисов, А.В.Мазгалева, А.П.Пичугин // Эффективные материалы и технологии в сельском строительстве: Международный сб. науч.тр.– Новосибирск, 1999. – С.96-72.
3. Мазгалева, А.В. Разработка материалов двухслойного пола на основе отходов производства [текст]/ А.В.Мазгалева, Пичугин А.П.// Экология и ресурсосбережение в материаловедении: Международный сб. науч.тр. – Новосибирск, 2000. – С.49-53.
4. Мазгалева, А.В. Изучение микроструктуры бетонополимера [текст]/ А.В.Мазгалева // Сибирский научный вестник XIV – Новосибирск, 2010. – С.163-165.
5. Эффективность модификации строительных материалов полимерами [текст]/ А.В.Мазгалева, А.В.Пермина, А.П.Пичугин, А.П.Минаев, М.С.Золотов // Стройсиб-2015. Строительные материалы 4С: состав, структура, состояние, свойства: Международный сб. науч. тр. – Новосибирск, 2015. – С.330-335.

Эффективные полимерсодержащие композиции для защиты зданий и сооружений от коррозии [текст]/ А.В.Мазгалева, В.М.Курдюмова, А.П.Пичугин, А.Ю.Кудряшов и др.// Стройсиб-2017. Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении: Международный сб. науч. тр. – Новосибирск: НГАУ, 2017. – с.9

УДК 691 327: 666.973.2

Банул А.В.(Новосибирск, Россия)

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБЖИГА НА ПРОЧНОСТЬ И ОГНЕВУЮ УСАДКУ ЖАРОСТОЙКИХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ШЛАКОБЕТОНОВ

Аннотация. *Целью работы стало исследование влияние способов грануляции шлаков, цементно-шлакового отношения, режимов обжига на прочность и огневую усадку жаростойких мелкозернистых шлакобетонов. Исследования проводились современными методами изучения свойств и составов строительных материалов.*

The aim of the work was to study the influence of methods of granulation of slag, cement-slag ratio, firing modes on the strength and fire shrinkage of heat-resistant fine-grained slag concrete. 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: *Жаростойкие мелкозернистые шлакобетоны.*

Для проведения исследования были изготовлены образцы, составы которых приведены в таблице1. Использовался измельченный гранулированный шлак мокрой и полусухой грануляции металлургического комбината г.Новокузнецка. Данный состав применялся для цементно-шлаковых отношений от 1:2 до 1:3. В качестве вяжущего использовался ШПЦ М300. Дозировка воды во всех замесах производилась до достижения подвижности смеси 2 см по погружению конуса [1].

Исследования шлака проводились на базе лаборатории ИНХ СО РАН новыми методами изучения техногенного сырья – методом рентгеновской порошковой дифрактометрии и методом энергодисперсионной спектроскопии.

Порошковые дифрактограммы регистрировались на автоматическом дифрактометре фирмы Philips PW 1830/1820/1710 с “Automatic Divergence Slits”. За основу для сравнительного анализа, в качестве эталонных, были взяты порошковые дифрактограммы шлаковых вяжущих.

Поэлементный состав определялся на энергодисперсионном дифрактометре фирмы Hitachi TM3000 TableTop SEM[2].

Установлено, что сушка мелкозернистого бетона на доменных шлаках способствует повышению его прочности на 12-17% [1]. Однако при сушке пропаренных образцов на шлаке полусухой грануляции прочность бетона возрастает на 22-36% (рис.1)

При обжиге жаростойкий бетон уменьшил свою массу. При этом более жирные составы по содержанию цемента имели большую потерю массы, чем тощие. Причем, на шлаке полусухой грануляции

эта потеря проявилась в большей степени, чем на шлаке мокрой грануляции (рис.2). Основная причина этого явления заключается в обезвоживании цементного камня, которое сопровождается структурными нарушениями в бетоне [3].

Таблица 1.- Составы мелкозернистых бетонных смесей на гранулированных доменных шлаках

	Расход материалов, кг на 1 м^3 бетонной смеси на шлаке					
	Мокрой грануляции с цементно-шлаковым отношением			Полусухой грануляции с цементно-шлаковым отношением		
	1 : 2	1 : 4	1 : 6	1 : 2	1 : 4	1 : 6
	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5	Состав 6
ШПЦ марки 300	686	406	289	704	422	301
шлак	1372	1624	1734	1408	1688	1806
вода	240	238	237	237	224	225

Испытания образцов жаростойкого бетона на остаточную прочность и огневую усадку производились на образцах 7,07*7,07*7,07см. при температурах до 700°С. Температура в печи до заданного значения поднималась при загруженных в нее образцах со скоростью 150-200°С в час, далее следовал обжиг в течение 4 часов и медленное охлаждение. Затем образцы 10 суток выдерживались в ванне с гидравлическим затвором, после чего у них определялась прочность на сжатие.

Полученные в результате испытаний при 600°С прочностные показатели в некоторой степени совпадали со значениями остаточной прочности составов жаростойкого бетона после циклического обжига (рис.3), поэтому причины, предопределившие такие значения прочностных показателей исследуемых составов, также аналогичны.

Обжиг образцов при температуре 700°С ведет к дальнейшему спаду прочности бетона. Наибольший спад (51-64%) происходит в образцах, твердевших до сушки в нормальных условиях. При этом максимальные значения спада прочности наблюдаются в более «тощих» по содержанию цемента составах. Спад прочности в пропаренных образцах происходит менее интенсивно и составляет 32-48%.

Огневая усадка шлакобетона определялась путем обмера микрометром условно обозначенных на образцах осей проходящих через центры противоположных граней, до сушки и после обжига. Установлено, что в температурном интервале до 400°С величина огневой усадки бетона, независимо от предварительной

тепловлажностной обработки, находится для каждого значения Ц:Ш примерно в одних и тех же пределах. Однако, при температурах обжига свыше 400°С величина огневой усадки пропаренных образцов в отличие от непропаренных в значительной мере возрастает и при 700°С для бетона на шлаке мокрой грануляции достигает 0,58-0,74% против 0,46-0,57% (рис.4). Огневая усадка бетона на шлаке мокрой и полусухой грануляции практически имеет одни и те же значения. Полученные значения огневой усадки полностью согласуются с развивающимися в исследуемых бетонах деструктивными процессами при воздействии высоких температур.

Для более полной оценки свойств жаростойкие мелкозернистые шлакобетоны были испытаны на деформацию под нагрузкой 2кгс/см^2. Испытания проводились на образцах-цилиндрах в лабораторной электрической печи с механической установкой системы, позволяющей нагружать образцы и отсчитывать величину деформаций. Печь обеспечила равномерный нагрев образцов со скоростью не более 10 °С в минуту до 800°С и с интервалом в 4-5°С при дальнейшем подъеме температуры. При испытаниях образцы деформировались, приняв бочонкообразную форму, а на их поверхности появились трещины и выплавки шлака.

Таблица 2.- Деформации мелкозернистого жаростойкого бетона на доменном гранулированном шлаке под нагрузкой при высоких температурах

Способ грануляции шлака	Степень деформации и температурный интервал разрушения бетона	Температура в °С, соответствующая различным стадиям деформации под нагрузкой образцов-цилиндров			
		Хранившихся в нормальных условиях, отношение Ц:Ш		Пропаренных, отношение Ц:Ш	
		1 : 2	1 : 6	1 : 2	1 : 6
мокрая	Начало разрушения	860	850	860	840
	Деформация 4%	920	880	1260	900
	Деформация 40%	1300	940	1320	960
Полусухая	Начало разрушения	800	800	890	850
	Деформация 4%	1020	900	1240	870
	Деформация 40%	1300	940	1290	930

Установлено, что в «тощих» составах бетона (при Ц:Ш=1:6) тепловлажностная обработка почти не изменяет величину температур, соответствующих контрольным величинам деформации, а в «жирных» составах пропаривание бетона вызывает повышение этих температур, особенно соответствующих 4%деформации. (табл.2).

Кроме того в «жирных» составах температурный интервал разрушения бетона значительно возрастает и составляет 400-500°С при Ц:Ш=1:2 против 80-140°С при Ц:Ш=1:6. При этом в более «жирных» составах температура, соответствующая контрольным величинам деформации, во всех случаях выше, чем в «тощих». Способ грануляции шлака, как видно из приведенных ниже данных, практически не сказывается на деформативных свойствах жаростойкого бетона под нагрузкой.

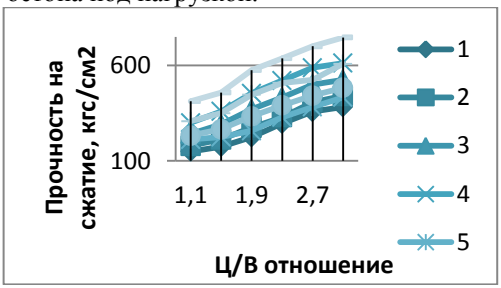


Рисунок 1. Зависимость прочности жаростойкого мелкозернистого шлакобетона от Ц/В отношения и условий выдерживания. Кривые 1,2,3,4 – составы на шлаке мокрой грануляции; 5,6,7,8 - составы на шлаке полусухой грануляции

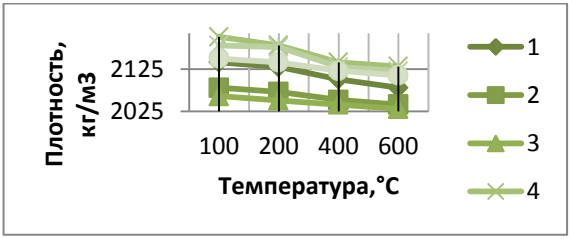


Рисунок 2. Изменение плотности бетонных образцов в зависимости от температуры обжига по составам 1-6 в соответствии с табл.1.

На основании выполненных комплексных исследований установлено, что на доменном шлаке, гранулированном мокрым и полусухим способом, и на шлакопортландцементе М300 можно готовить мелкозернистые бетоны с прочностью на сжатие в высушенном состоянии 400-500 кгс/см^2, при наличии предварительной тепловлажностной обработки с прочностью - 600-700 кгс/см^2.

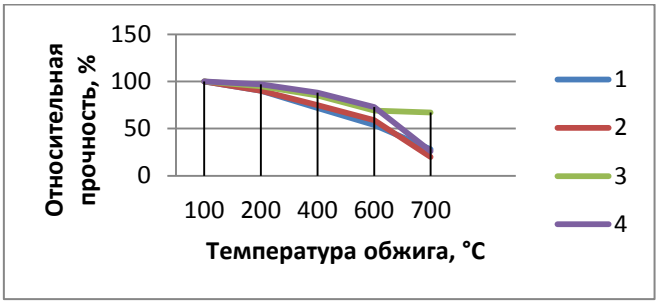


Рисунок 3. Зависимость прочности жаростойкого мелкозернистого бетона на шлаке мокрой грануляции от условий твердения и температуры обжига: 1-нормальные условия, Ц/Ш-1:2; 2-нормальные условия, Ц/Ш-1:6;. 3-пропаривание,Ц/Ш=1:2; 3-пропаривание,Ц/Ш=1:6.

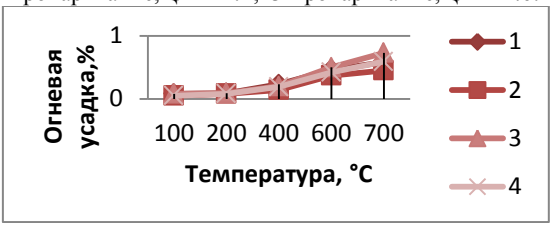


Рисунок 4. Огневая усадка мелкозернистого бетона на шлаке мокрой грануляции: 1-нормальные условия, Ц/Ш-1:2; 2-нормальные условия, Ц/Ш-1:6;. 3-пропаривание,Ц/Ш=1:2; 3-пропаривание,Ц/Ш=1:6.

Список литературы

1. Банул А.В. Влияние способов грануляции шлаков, режимов сушки на свойства жаростойких мелкозернистых шлакобетонов/ Банул А.В., Кобзарь Н.С.//Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении: материалы Международного сборника научных трудов Международной научно-технической конференции в рамках Международной выставки «СТРОЙСИБ-2017», г. Новосибирск, (14-17 февраля 2018 г.); – Новосибирск: Изд-во НГАУ «Золотой колос».- 2018.- С.234-239

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. Банул А.В. Высокопрочные шлаковые составы, их свойства и технология производства / Банул А.В., Ткачев Б.В.// Материалы международной научно-практич. конф. в 3 частях "Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика" г. Новосибирск, (19-20 октября 2017 г.). Изд-во СГУПС.- 2018.- С.234-239.

УДК ***69.059.7***

А.П.Пичугин, К.А.Никитенко, А.А.Шаталов,
М.Г.Алешкевич (Новосибирск, Россия)
И.В.Руссу (Кишинеу, Молдова)

ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Учитывая суровые климатические условия Сибири, где длительный зимний период и короткое влажное лето отрицательно воздействуют на ограждающие конструкции, снижая долговечность, теплозащитные и физико-механические качества материалов, а интервал изменения температур составляет около 100 °С, т.е. от -50°С до +50°С, необходимо разработать дополнительные меры по обеспечению длительной сохранности наружной отделки существующих старых зданий.

Установлено, что структура и свойства стеновых материалов эксплуатируемых зданий заметно отличаются от новых изделий и конструкций, что обусловлено целым рядом причин: постоянное пребывание в зоне образования конденсата, попеременное многократное замораживание и оттаивание, наличие внутренних напряжений от воздействующих нагрузок и т.п. Всё это не обеспечивает требуемого уровня долговечности отделки стеновых конструкций.

Проанализированы различные условия усиления и технологические приемы использования полимерных композиций для упрочнения стеновых материалов различного вида. Рациональным путем увеличения несущей способности и долговечности эксплуатируемых стен можно считать пропитку пористых каменных и легкобетонных материалов различными полимерсодержащими водорастворимыми композициями, увеличивающими прочностные показатели материала и способными создавать дополнительную структуру за счет комплексной работы всего массива. Кроме того, такие композиции достаточно технологичны, т.к. способны к разбавлению и доведению составов для пропитки до требуемой вязкости. К таким композициям относятся водные дисперсии ПВА, латекса, кремнезоля, диспергируемые порошки типа ВАЭ и др.

Учитывая тот факт, что защитные композиции на основе полимерных связующих используются преимущественно для обработки каменных и легкобетонных стен, предварительно были изучены свойства различных стеновых материалов с определением их плотности, пористости, прочности и других параметров. Эти данные,

приведенные в таблице 1, показывают, что максимальная плотность достигает 1820 до кг/м³ для силикатного кирпича, а минимальная - для газобетона - 500 кг/м³. Пористость стеновых материалов также варьирует в широких пределах от 7 до 83%. Прочностные показатели наиболее широко использованных материалов расположены в интервале от 0,6 до 7,0 МПа. Также большой разброс значений имеют коэффициенты теплопроводности и величины водопоглощения материалов.

Таблица 1. Свойства стеновых пористых материалов

Вид стенового материала	Показатели свойств				
	Плотность кг/м^3	Пористость, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент теплопровод-ности Вт/м^2, ºС	Водопогло-щение, %
Красный кирпич	1300 - 1740	12-22	1,5- 6,2	0,66-0,87	8-23
Силикатный кирпич	1640 - 1820	8-19	2,5-7,0	0,78-0,99	7-14
Газобетон	500-550	68-79	1,0-2,5	0,14-0,36	38-52
Керамзитобетон	550-600	71-83	0,6-1,5	0,17-0,35	35-67
Шлакобетон	900-1100	32-44	1,5-3,5	0,35-0,47	25-71
Штукатурный раствор	950-1200	12-36	0,3-2,4	0,59-0,74	12-34

Учитывая тот факт, что ранее была доказана целесообразность введения дегидрола, было сделано предположение, что при дополнительном помоле этого компонента раскроются активные центры и дополнительно проявятся защитные свойства. С этой целью было изучено влияние дополнительного измельчения дегидрола на свойства, как самой композиции, так и защищаемых конструкций из каменных материалов, легкого бетона и штукатурных составов.

Были исследованы пленкообразующие составы, включающие полимерную и минеральную (силикатную) составляющие, т.е. полимерсиликатные композиции, состоящие из жидкого стекла и дисперсии ПВА или латекса. Латексные составы и дисперсии ПВА являются традиционными материалами, используемыми для улучшения качества бетона и железобетона. В то же время вследствие

низкой начальной вязкости состава (η = 12-25 *с* по ВЗ-4) отмечен большой расход из-за повышенного проникания в пористые цементные бетоны и растворы. Поэтому были проведены исследования по модифицированию дисперсии ПВА и латекса СКС-65ГП жидким стеклом с целью создания условий по снижению их пропитывающей способности.

Полимерсиликатные пленочные покрытия значительно лучше моносоставов (табл.2), а при введении воды в защитную композицию характеризуются повышенными показателями деформативности и водостойкости, но имеют повышенную пористость и, как следствие, проницаемость для воды и агрессивных жидкостей.

Кроме того, такие составы отличаются длительными сроками высыхания и затвердевания. В то же время для латексных композиций с добавкой в оптимальных соотношениях жидкого стекла отмечено формирование достаточно устойчивой прочной пленки, обладающей высокой адгезией к различным материалам. Полученные отливки-образцы из ненаполненных композиций имеют высокие показатели объемной усадки превышающей 5-8% (рис.1). При нанесении такого полимерсиликатного защитного покрытия вследствие высоких касательных напряжений возможно отслоение защитной пленки и оголение защищаемой поверхности.

Таблица 2. Свойства защитных покрытий из бинарных составов

Свойства	Виды защитных пленок					
	Латекс	Латекс + жидкое стекло	Латекс + жидкое стекло + вода	ПВА	ПВА + жидкое стекло	ПВА + жидкое стекло +вода
Прочность пленки, МПа	2,3–2,5	4,8–5,6	3,7–4,4	5,9–6,2	7,9–8,2	5,2–6
Относительное удлинение при разрыве, %	320	240	340	230	210	270
Водопоглощение за 24ч, %	33,7	8,3	10,9	5,4	3,8	6,7
Разбухание за 24 ч, %	10,4	2,8	3,9	4,2	1,6	2,6

При нанесении такого полимерсиликатного защитного покрытия вследствие высоких касательных напряжений возможно отслоение защитной пленки и оголение бетонной поверхности.

Поэтому дальнейшие исследования осуществлялись на композициях с минеральными наполнителями, введение которых обеспечивало резкое снижение усадочных деформаций, а также способствовало сближению коэффициентов линейного температурного расширения защитной композиции и бетонного основания. В качестве наполнителей были использованы: молотый речной песок, отходы асбестоцементного производства, цемент, гипс, молотый керамзит и полимерминеральная добавка «дегидрол».

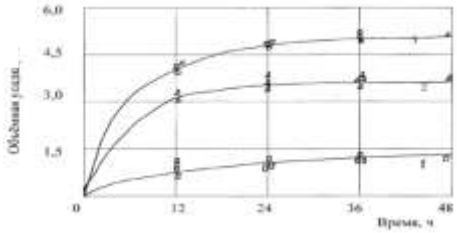


Рис. 1. Развитие объёмной усадки ненаполненных полимерсиликатных композиций: 1 – фенолоформальдегидная смола; 2 – дисперсия ПВА; 3 - латекс СКС-65ГП

Лучшими являются полимерсиликатные составы, включающие дисперсию ПВА (40-60%), жидкое натриевое стекло (25-35%) и воду (до15%). В целях снижения усадочных напряжений рационально введение в указанный состав до 30-50% минеральных добавок, что обеспечит уменьшение объемной усадки в 2-3 раза. Лучшие адгезионные свойства защитных композиций получены при введении дегидрола и цемента. Все минеральные добавки вызывают увеличение вязкости при повышении объемного содержания и приводят к загустеванию защитной смеси; наиболее значительное повышение вязкости отмечено при введении отходов хризотилцементного производства (ОХЦП).

Добавка дегидрола не только оказывает минимальное влияние на ухудшение реологических характеристик составов, но и вызывает пластифицирующий эффект. Это приводит к снижению вязкости и реологических характеристик композиций, что весьма важно с позиций обеспечения высокого качества защиты от коррозионного разрушения. На рисунке 2 представлена зависимость глубины проникновения защитной композиции для полимерсиликатных композиций с различным содержанием воды и добавки дегидрола на различных бетонных поверхностях.

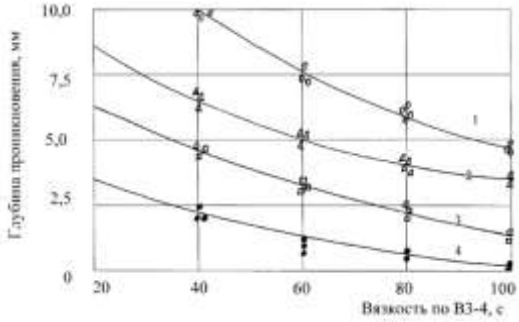


Рис.2. Проницаемость бетонных образцов в зависимости от состава полимерсиликатной композиции: 1 - с добавкой дегидрола 15%; 2 - то же, 10%; 3 - то же, 5% ; 4 - без добавок

Изучение гидрофильных свойств защитных покрытий на поверхности бетонных и каменных материалов осуществлялось на установке определения краевого угла смачивания. Для получения надежного и экономичного защитного покрытия краевой угол смачивания должен находиться в пределах от 90 до 135°. Такой состав обеспечивает достаточную адгезию к подложке и в то же время создает благоприятные условия по пропитке и кольматации пористой структуры подложки.

Были проведены исследования по изучению влияния бинарных наполнителей и степени наполнения полимерсиликатных составов на коэффициент линейного расширения. Это позволило определить оптимальные наполненные полимерсиликатные составы с бинарным наполнителем, обладающие повышенной адгезионной прочностью с обычными цементными бетонами, представляющие смесь отходов асбестоцементного производства с дегидролом. Как показали проведенные испытания таких составов, разрушения целостности контактного слоя не происходит. Наблюдается неполное смачивание обычного бетона в зоне контакта, однако разрушение испытываемых образцов, как правило, происходит в зоне обычного бетона. Прочность в контактной зоне при испытании на сдвиг колеблется в пределах от 5,0 до 12,5 МПа, а при испытании на отрыв – от 0,8 до 4,5 МПа. Следует отметить, что адгезионная прочность зависит от прочности цементного бетона и качества поверхности бетонного основания, его чистоты и влажности. Лучшим является состав, включающий 30-40% мас. минерального наполнителя при соотношении - дегидрол : отходы АЦП от 1:1 до 1:2.

Определена водостойкость и морозостойкость полимерсиликатных наполненных защитных композиций на основе дисперсии ПВА и жидкого натриевого стекла с бинарными минеральными добавками. Прочность материала покрытия при

попеременном увлажнении и высушивании, так же, как и при постоянном нахождении в воде практически не изменяется; при замораживании и оттаивании она снижается всего на 5-8% за триста циклов, что свидетельствует о достаточной сопротивляемости защитного материала. При этом следует отметить незначительные потери массы, не превышающие 0,5-2,5%. Наилучшей стойкостью обладают составы с большей степенью наполнения добавкой дегидрол. Защитные полимерсиликатные композиции при соотношении дегидрол : отходы АЦП в пределах от 1:1 до 1:2 являются водостойким и морозостойким материалом, вполне приемлемым для устройства покрытий бетонных и железобетонных конструкций инженерных систем и частей зданий сельскохозяйственного назначения.

Анализ полученных данных по исследованию химической стойкости полимерсиликатных покрытий на бетонных образцах позволил сделать следующие выводы:

полимерсиликатные составы на основе дисперсии ПВА и жидкого стекла с минеральными добавками устойчивы к большинству агрессивных сред малой концентрации, в том числе к растворам кислот с концентрацией до 2 %;

устойчивость материала против воздействия щелочей, солей, продуктов нефтехимии и агрессивных сред животноводческих помещений является вполне достаточной для практических целей;

несколько ниже стойкость полимерсиликатных композиций против воздействия спирта и других аналогичных растворителей в допустимых или предельных концентрациях;

полимерсиликатные защитные покрытия нестойки в бензоле, уксусной кислоте, ацетоне и кислотах повышенной концентрации;

состав вполне устойчив в нейтральных средах, таких как масло, жиры, вода и т.д.

Таким образом, проведённое исследование химической устойчивости полимерсиликатных защитных композиций показало достаточно высокую коррозионную стойкость предлагаемого материала в условиях агрессивных сред животноводческих ферм и комплексов. Результаты определения истираемости, прочности на удар, твёрдости, усадки и других характеристик полимерсиликатных защитных покрытий из дисперсии ПВА и жидкого стекла с добавкой отходов ХЦП и дегидрола представлены в таблице 3 в виде осреднённых показателей по различным составам.

Таблица 3. Основные физико-механические свойства полимерсиликатного защитного покрытия оптимального состава

№ п/п	Свойства покрытия	Ед. измер.	Показатели
1	Плотность	кг/м^3	1,2-1,4
2	Предел прочности при: сжатии изгибе растяжении	МПа –"– –"–	22,0 4,6 7,0
3	Усадка	%	0,5-0,7
4	Твёрдость	МПа	122,5
5	Истираемость	г/см^2	0,06
6	Прочность на удар	МПа	4,0-8,5
7	Водопоглощение	%	0,4-0,6
9	Морозостойкость	Кол-во циклов	300 150
10	Термостойкость	°С	
11	Адгезия к бетонному цементному основанию, МПа		2,5-4,8
12	Химическая устойчивость		Высокая, разрушение по цементному бетону

С учетом приведенных выше данных была проведена оптимизация составов методами математического планирования экспериментов и определено оптимальное содержание компонентов для защитного наполненного полимерсиликатного состава: на 10 массовых частей суммарного содержания полимерсиликатной наполненной композиции расход компонентов составляет:

дисперсия ПВА с жидким стеклом - 7,0 – 7,2; специальная добавка дегидрол - 1,2 – 1,4; отходы хризотилцементного производства (ОХЦП) - 1,5 – 1,7.

Для реализации на практике были определены конструкции и части зданий, наиболее подверженные агрессивному воздействию и интенсивно разрушаемые (полы, стены, каналы навозоудаления, системы инженерных сооружений и др.), а также приняты методы их испытаний в соответствии с условиями реальной работы. Исследованы оптимальные защитные композиции на основе полимерсиликатного состава с минеральными добавками. Изучены их свойства и отработаны режимы их формирования, что позволило

экспериментально подтвердить реальность предлагаемой модели и возможность направленного улучшения строительных конструкций и частей животноводческих зданий с обеспечением требуемой долговечности.

Литература

1. Пичугин А.П., Городецкий С.А., Бареев В.И. Коррозионностойкие материалы для защиты полов и инженерных систем сельскохозяйственных зданий и сооружений. (Монография).НГАУ-РАЕН.- Новосибирск, 2010. -123с.
2. Денисов А.С., Пичугин А.П., Кудряшов А.Ю. Повышение прочности стен полимерной пропиткой при устройстве навесных фасадов. // Строительные материалы. - 2007, - №3. – С. 44-47.
3. Пичугин А.П., Кудряшов А.Ю., Денисов А.С. Повышение прочности стен полимерной пропиткой при устройстве навесных фасадов// Строительные материалы №3. – Москва, 2007. – С.44-47.
4. Кудряшов А.Ю., Авраменко В.В., Пичугин А.П. Оптимизация составов для защиты крупного органического заполнителя и упрочнения стен// Строительные материалы №3.– Москва, 2009. – С.60-64.

Л.В. Ильина, Л.В. Завадская
(Новосибимрск, Россия)

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В строительной индустрии 3-D аддитивные технологии являются одним из перспективных направлений развития. Статья содержит обзор мирового опыта в области применения аддитивных технологий в строительной индустрии. Использование 3D-технологий позволяет воплотить в жизнь архитектурные проекты любой сложности, сократить сроки строительства, уменьшить количество производственных отходов, уменьшить себестоимость строительства, снизить материальные, энергетические и трудовые затраты на строительство. В статье рассмотрены основные методы 3D-печати, используемые в строительстве и изучены их отличительные особенности. Изучены материалы, применяемые для изготовления строительной смеси, и требования к составам мелкозернистого бетона для строительного 3D-принтера. Сформулированы критерии подбора составов бетонных смесей для применения в 3D-технологии. Проведен анализ существующих рецептур.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, бетонные смеси, свойства смеси, строительные смеси, послойное экструдирование.

Annotation. In the construction industry, 3-D additive technologies are one of the promising areas of development. The article contains an overview of world experience in the application of additive technologies in the construction industry. The use of 3D technologies allows to realize

architectural projects of any complexity, reduce construction time, reduce the amount of industrial waste, reduce construction costs, reduce material, energy and labor costs for construction. The article discusses the main methods of 3D printing used in construction and studied their distinctive features. The materials used for the manufacture of building mixtures and the requirements for the composition of fine-grained concrete for a 3D construction printer have been studied. The criteria for the selection of concrete mixtures for use in 3D-technology are formulated. An analysis of existing formulations.

Keywords: additive technologies, 3D printing, concrete mixes, mix properties, construction mixes, construction, cements.

Технология 3D-печати стремительно развивается и находит применение в самых разнообразных областях деятельности. Способ послойного создания предмета на базе виртуальной объемной модели успешно используется в машиностроении, электроники, медицине и строительстве. Рост интереса к аддитивным технологиям обусловливается множеством факторов: высокий уровень автоматизации производства, улучшение качества продукции, ускорение процессов создания, возможность оптимизации CAD моделей, уменьшение отходов производства [1].

С помощью аддитивных технологий стало возможным создание не только различных архитектурных конструкций, но и возведение целых зданий и сооружений. С помощью 3D-технологии китайской компанией WinSun возведено 10 одноэтажных домов каждый площадью 200 $м^2$ за сутки. По самым смелым замыслам 3D-технологии можно будет использовать не только для строительства небольших коттеджей, но и возведения небоскребов.

Технология создания трехмерных объектов при помощи наращивания материала начала активно развиваться с восьмидесятых годов прошлого века, и на начальном этапе носила название «быстрое прототипирование» [2]. Родоначальником отрасли считается Чарльз Халл, основатель компании 3D Systems, который еще в 1986 г. собрал первый стереолитографический 3D-принтер. Это дало толчок развитию «аддитовного производства» - процесса создания объекта в трехмерном измерении на основе цифровой многомерной модели. Аддитивные технологии (AM – Additive Manufakruring) достаточно длительный период развивались медленно и настоящий прорыв отмечают с 2010 г. [1, 2].

Использование аддитивных технологий имеет ряд достоинств: высокая скорость и точность строительства; простота эксплуатации 3D-принтеров; низкая себестоимость строительства; высокая архитектурная выразительность конструкций, понятие трудоемкости выполнения отдельных элементов становится неактуальным; объемная конструкция имеет повышенную монолитность за счет непрерывного нанесения слоя за слоем; минимизация использования

ручного труда, повышение безопасности труда рабочих,; минимальная численность обслуживающего персонала, как следствие – пониженная травмоопасность при строительстве; ысокая экологичность строительства вследствие минимального количества отходов [3, 4].

Несмотря на то что, технология 3D-печати является инновационной и перспективной, при этом возникает ряд нерешенных вопросов:

- ограничение 3D-технологий для массовой застройки вследствие отсутствия нормативной и законодательной базы для строительства зданий с помощью 3D-печати,
- высокая стоимость 3D-принтеров и необходимость специальной подготовки строительной площадки для укладки направляющих рельсов для 3D-принтеров и непрерывный контроль за соблюдением их параллельности для обеспечения высокой точности печати,
- ограничение габаритов строящегося здания размерами принтера,
- высокие требования к составу смеси, так как конструкция стены должна соответствовать условиям прочности и жесткости. Возникает противоречие: с одной стороны, для того, чтобы не было закупорки печатающей головки, применяют пластификаторы, которые замедляют сроки твердения, с другой стороны необходимо обеспечить быстрое схватывание и твердение смеси для непрерывного нанесения последующих слоев,
- строительство с помощью данной технологии ограничивается теплым временем года, что затрудняет возведение зданий в северных областях. Для строительства в зимний период сооружают отапливаемые временные шатры.

Кроме того, недостатками данного способа являются сложность, а в некоторых случаях и невозможность строительства зданий с открытой планировкой и сложных архитектурных форм из-за необходимости создания поддерживающих конструкций. Для решения этой проблемы исследователи из Института передовой архитектуры Каталонии (Испания) разработали группу из трех 3D-принтеров, которые благодаря своей мобильности способны печатать объекты неограниченного размера.

Для успешного применения АМ-технологии в строительстве необходимо использовать последние достижения в трех основных областях: информационные технологии (программное обеспечение процесса), машиностроение и автоматизация (конструкция, узлы и агрегаты 3D-принтера) и материаловедческая (рецептура и свойства материала). В настоящий момент, учитывая почти тридцатилетнюю историю развития АМ-технологий, многие вопросы в первых двух областях уже решены благодаря тому, что они являются общими для всех 3D-принтеров, в какой бы области они не применялись [2].

Существуют три основные метода 3D-печати [2, 4], используемые в строительстве: метод селективного спекания, заключающийся в расплавлении кварцевого песка с помощью концентрированного лазера или солнечного луча; метод напыления (компонентной склейки, стереолитография), заключающийся в фотополимеризации композиции под воздействием лазерного луча; метод послойного экструдирования вязкой рабочей массы, заключающийся в выдавливании пластичной смеси через сопло 3D-принтера.

Первые два метода являются экологически безвредными, поскольку их реализация подразумевает использование солнечной энергии, а рабочей смесью является песок. Третий же метод является основным способом 3D-печати большинства строительных принтеров. При этом, каждый последующий слой выдавливается 3D-принтером поверх предыдущего.

Наиболее передовой на сегодняшний день в сфере печати быстровозводимых зданий можно считать систему D-Shape. Эта система позволяет создавать полноразмерное здание из песка с использованием стереографического печатного процесса. Данный процесс трансформирует песок в минерал с микрокристаллическими характеристиками, работающий на сжатие и растяжение значительно лучше портландцемента, что исключает использование арматуры для усиления конструкций. Включение микрокремнезема в состав бетона приводит к более плотной структуре бетона, повышению прочности на изгиб, уменьшению проницаемости структуры [1].

Большую роль в технологии строительной 3D-печати играет состав смеси. Вместе с тем в части рецептурного обеспечения аддитивной технологии в строительстве на сегодняшний день наблюдается серьезный пробел. При ближайшем рассмотрении вопрос создания мелкозернистых смесей, которые отвечали бы всем требованиям, оказывается не простым. Поэтому в рамках Международного союза лабораторий и экспертов в области испытаний строительных материалов, систем и конструкций RILEM функционировал отдельный технический комитет, объединяющий десятки специалистов из разных стран мира, занимающийся вопросами разработки рецептуры и исследованиями свойств бетонов для 3D-технологий. Необходимость серьезных исследований в области материаловедения подтверждается мнением ряда авторов [3 - 5].

В качестве формовочной смеси используются различные составы на основе цемента, шлакощелочного и гипсоцементно-пуццоланового вяжущего, глинистый раствор, состоящий из глины, песка и натуральных волокон. Как правило, это быстротвердеющие составы, содержащие различные добавки для улучшения тех или иных характеристик несущих элементов конструкций (стен, перекрытий) [3, 4]. В качестве армирующего компонента может использоваться

различная фибра или стальная арматура (как горизонтальная, так и вертикальная). Положительные взаимодействия между полипропиленовыми волокнами и золой унос приводят к низкой усадке бетона при высыхании. Тем не менее, полипропиленовое волокно снижает удобоукладываемость бетона, но суперпластификатор позволяет сделать смесь достаточно пластичной для экструдирования.

Китайская компания WinSun, которая первой напечатала серию настоящих домов в начале 2014 г. использовала формовочную смесь, состоящую из строительного мусора, бетона и добавок.

Бетонная смесь, описанная в работе [4] имела минимальное водоцементное отношение и представляла собой высокопрочный бетон класса В50. В первые сутки конструкция на основе бетонной смеси обретает до 25 % проектной прочности, схватывание смеси происходит в течение 3-120 мин, при этом достаточно хорошо сохраняется форма, что необходимо для 3D-печати. Композит обладает малой усадкой (0,6 мм/м в возрасте 28 суток).

Быстротвердеющие составы на основе цемента, предполагают:

- применение жесткой бетонной смеси с низкими значениями водоцементного отношения;
- использование добавок ускорителей твердения или глиноземистого цемента и др.;
- сухое или мокрое домалывание цемента с добавкой гипса (2-5 % от массы цемента) или с применением комплексных специальных добавок;
- активацию цементного раствора.

К основным требованиям данных составов относится малое время сохранения подвижности, позволяющее печатать элементы большой высоты без промежуточного твердения; быстрое нарастание прочности.

В качестве армирующего компонента может использоваться различная фибра или стальная арматура (как горизонтальная, так и вертикальная). Фибра выполняет роль микроармирующего компонента, модифицирующего структуру строительных конгломератов на микроуровне и позволяет обойтись без армирования стальной арматурой, так как в достаточной мере обеспечивает прочность и жесткость конструкции, вследствие чего уменьшается ее масса.

Существует два основных подхода приготовления мелкозернистой смеси для строительных 3D-принтеров:

- приготовление мелкозернистой бетонной смеси за пределами 3D-принтеров с перекачкой смеси в печатающую головку принтера;
- приготовление смеси непосредственно в 3D-принтере.

При втором способе смешивание компонентов производится непосредственно в печатающей головке. Смешивание и экструдирование производится непрерывно с помощью вертикально расположенного шнекового смесителя. Преимуществами данного способа являются: отсутствие импульсов, возникающих при перекачивании готовой бетонной смеси к печатающей головке; возможность остановки процесса наложения смеси без возникновения отходов в виде уже приготовленной смеси и необходимости очистки транспортировочных шлангов; возможность быстрой корректировки свойств смеси путем оперативного изменения рецептурных параметров. Очевидно, что состав мелкозернистой бетонной смеси в этом случае должен быть представлен в виде сухой строительной смеси, требующий только добавления воды в необходимом количестве.

Разработка составов специальной строительной смеси для 3D-принтера требует определиться с требованиями к смеси, которые должны предъявляться как на стадии смеси, так и в затвердевшем состоянии. При этом можно условно выделить требования как традиционные, так и обусловленные особенностями технологии (таблица) [2].

Общие требования к составам мелкозернистого бетона для строительного 3D-принтера

Стадия использования состава	Общие требования	
	Традиционные	Обусловленные особенностями технологии
Бетонная смесь готовая к формованию	1. Связность (сплошность)	1. Формоустойчивость 2. Пластичность 3. Высокая водоудерживающая способность 4. Способность полноценной гидратации в тонком слое 5. Регулируемость сроков схватывания (жизнеспособность)
Затвердевший композит	1. Прочностные характеристики в проектном возрасте 2. Деформационные характеристики (начальный модуль упругости, ползучесть) 3. Морозостойкость	1. Регулируемость динамики набора прочности 2. Обеспечение прочности сцепления между соседними слоями 3. Ограничение усадочных деформаций

В части обеспечения традиционных требований следует применять известные методы и подходы в технологии бетонов и сухих строительных смесей. Например, применение особых минеральных

вяжущих (расширяющихся [3, 4]) и использование отходов промышленности, в том числе, стройиндустрии [5] и др. Для обеспечения требований, обусловленных особенностями технологии необходимо использовать комплекс добавок. Для повышения пластичности – пластификаторы; для повышения адгезии – редиспергируемые полимерные порошки; для обеспечения твердения при отрицательных температурах – противоморозные добавки; для повышения трещиностойкости, снижения усадки при твердении и повышения прочностных характеристие – дисперсноармирующие добавки (волокна), для снижения теплопроводности – легкие пористые заполнители; для повышения водоудерживающей способности – редиспергируемые полимерные порошки и метилцеллюлозу. Так называемое «окно печати», связанное со сроками схватывания смеси и характеризующее период, когда смесь отвечает требованиям сплошности и стабильности до момента затвердевания и затруднения подачи смеси, регулируется ускорителями твердения и должно составлять от 10 до 30 мин.

Заключение. Таким образом, проведенный анализ позволяет сформулировать некоторые общие выводы и требования, обеспечивающие внедрение 3D-печати в строительную практику. В качестве расходного строительного материала («чернил») для 3D-печати следует использовать цементные системы с мелкозернистым заполнителем размером до 4 мм. Целесообразно, также, применение минеральных добавок, микрофибры, противоусадочных химических добавок и т.п. Перспективной задачей для 3D-печати является поиск комплексных технологических решений на всех этапах строительства, для чего необходима консолидация специалистов различного профиля. Для обеспечения специальных требований, обусловленных особенностями технологии, кроме традиционных подходов потребуются новые нестандартные рецептурно-технологические решения для материала, обладающего одновременно управляемой вязкостью и текучестью в процессе экструзии, а также требуемыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Реализация последнего требует организации систематических исследований, обеспечивающих создание расходных строительных материалов с контролируемыми свойствами. Сложность таких исследований, в частности, связана тем, что требует учета особенностей соответствующего технологического оборудования. В настоящее время необходимо озаботится подготовкой специалистов, способных внедрять и использовать на практике технологии строительства посредством 3D-печати.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ванин Н.И., Чумадова Л.И., Гончаров И.С. и др. 3D-печать в строительстве. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 1 (52). 2017. С. 27-46.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве//Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С. 863–876.
3. Грахов В.П., Мохначев С.А., Бороздов О.В. Влияние развития 3D-технологий на экономику строительства //Фундаментальные исследования. 2014. № 11-12. С. 2673-2676.
4. Лунева Д.А., Кожевникова Е.О., Калошина С.В. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8, № 1. С. 90–101.
5. Il'ina L.V. Estimation of the applicability for the filler produced by recycling of concrete and reinforced concrete used in heavy concrete / L.V. Il'ina, I.N. Mukhina .

Н.К. Скрипникова, М.А. Семеновых (Томск, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМБИНАТОВ В СОСТАВЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Реферат: В статье описан опыт использования шлама в составе бетонной смеси. Изучены технологические свойства сырья и физико-механические свойства полученных образцов.

Ключевые слова:бетон, отходы, прочность, утилизация, свойства, характеристики.

Keywords:concrete, wastes, strength, recycling, properties.

Отходы производства (техногенные отходы) — это остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства продукции, которые частично или полностью утратили свои качества и не соответствуют стандартам. Побочные продукты образуются при физико-химической переработке сырья наряду с основными продуктами производства, но не являются целью производственного процесса.

Известны исследования ввода различных техногенных отходов в качестве добавок или заместителей компонентов[1-4].
Использование техногенных отходов может решать не только экологические проблемы – загрязнение окружающей среды, но и экономические – полноценная реализация сырья.

Целью данной работы является установление возможности вводав состав бетонной смеси техногенного отхода. Отход представляет собой шлам газоочистки доменного производства, изображенный на рис. 1 и имеет следующий химический состав:С – до 17%, SiO_2– до 3%, FeO – до 31%, CaO – до 3%, Al_2O_3 – до 2%, H_2O – 44%.



Рисунок 1 – Шлам газоочистки доменного производства

Для использования шламов в составе мелкозернистого бетона необходимо исследовать их технологические свойства.

В процессе исследования материала были определены технологические характеристики, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 – Технологические характеристики мелких заполнителей

Вид исследуемой характеристики	Шлам	Песок
Влажность, %	19,77	–
Насыпная плотность, кг/м^3	1355,6	1445,0
Истинная плотность, г/см^3	3,19	2,50
Пустотность, %	57,5	42,2
Потери массы при прокаливании, %	12,5	–
Модуль крупности	0,33	1,79

Исследования показали, что по технологическим характеристикам шлам газоочистки доменного производства может быть использован в качестве частичного заменителя песка строительного.

Следующим шагом стал подбор сырьевого состава бетонной смеси.В результате расчета бетонной смеси на 1 м^3 получили следующие данные:

Водоцементное отношение В/Ц = 0,55;

Соотношение Ц:П = 1:3.

Основываясь на этих данных, количество шлама в составе бетонной смеси будет варьироваться от 5 до 50 %.
Для эксперимента были изготовлены образцы мелкозернистого бетона размерами 70 х 70 х 70 мм.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики мелкозернистого бетона

Содержание шлама в составе, %	Максимальные напряжения, МПа	Плотность, кг/м^3	Водопоглощение, %
50	26,86	2095,00	6,91
30	31,83	2067,00	6,61
10	30,74	2009,00	6,44
5	30,13	2010,00	7,01
0	28,23	2092,33	7,18

На каждое испытание предоставлено по 5 образцов бетонов. Далее они были испытаны на гидравлическом прессе с целью выявления их прочностных характеристик. За результат принято среднеарифметическое 5 испытаний. Полученные данные представлены в табл. 3.
Как видно из таблицы, плотность всех образцов бетона практически одинакова. Прочность образцов с введением в состав шлама до 30% возрастает по сравнению с образцами, изготовленнымибез введения в состав шлама.Образцы бетона, полученные с введением в состав шлама, выдерживают 50 циклов замораживания/оттаивания, что соответствует марке F50.
Таким образом, использование шлама газоочистки доменного производства в составе бетонной смеси позволяет увеличить прочностные показатели до 7% и получать мелкозернистые бетоны марки М300 (В 22,5). Мелкозернистые бетоны, полученные с введением в состав техногенных отходов, могут использоваться при изготовлении фундаментов, устройства стяжек и др.

Библиографический список

1. *Сторожаков С.Ю.* Повышение экологической безопасности химических производств путем утилизации отходов ацетата натрия в бетон // Сборник материалов VII международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности поволжского региона». – 2015. – С. 30-33.
2. *Протич М., Смилькович С., Лакетич С.К. и др*. Применение золошлаковых отходов, уловленных электрофильтромв качестве добавки в бетон // Сборник докладов: в 2 томах «Международный студенческий строительный форум-2017». Белгород. – 2017. – С. 343-349.
3. *Эмралиева С.А.* Исследование возможности утилизации твердых и жидких отходов в производстве мелкозернистых бетонов // В сборнике: Архитектурно-

строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации – 2016. – С. 1084-1088.
4. *Graiti A.A.H., Kolosova N.B.* The effect of recycled aggregate and pozzolana on concrete properties // Components of Scientific and Technological Progress. – 2018. – № 1 (35). – С. 6-14.

А.С.Шипулин, О.Е.Смирнова, Т.Ф.Каткова
(Новосибирск, Россия)

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ.

В настоящее время общий объем ввода жилья из керамического кирпича в Новосибирской области составил 113 тыс. 974 м^2, или 40,7 % от общего объема введенного жилья.

По прогнозам Министерства регионального строительства РФ и Росстроя годовой объем ввода жилья из кирпича в 2020 году достигнет 835 тыс. м^2[1].

Способ производства керамического кирпича полусухого прессования имеет ряд достоинств:

–снижение энергоемкости производства за счет использования меньшего числа единиц оборудования с более экономичными характеристиками;

–уменьшение в 2,5 – 3 раза производственных площадей;

–сокращение численности обслуживающего персонала.

Производство керамического кирпича полусухого прессования весьма актуально для Западной Сибири. Однакосырьевая база глинистого сырья Новосибирской области не позволяет получить качественный и конкурентоспособный кирпич без корректирования исходного сырья и технологических параметров его производства.

На технологию производства и свойства керамического кирпича влияет состав глинистого сырья – химический, минеральный и гранулометрический.

Корректирование свойств сырья и выбор способа производства кирпича зависит от взаимосвязи дообжиговых свойств глинистого сырья – пластичности, воздушной усадки, чувствительности к сушке, связности, и обжиговых свойств – огневой усадки, прочности и водопоглощения.

При проектировании предприятия по производству керамического кирпича полусухого прессования из низкокачественного сырья необходимо тщательно изучить свойства глинистых пород, способы их корректирования, выбирать способы подготовки шихты, способ

формования, режим сушки, обжига и охлаждения по предлагаемой схеме на рисунке 1.



Рисунок 1 - Изучение свойств сырья и технологии производства керамического кирпича.

Глинистое сырье НСО с высоким содержанием пылеватых частиц, засоренное карбонатными примесями, требует физической,механической и механо-термической активации.

Пылеватые суглинки нуждаются в структурирующей добавке.

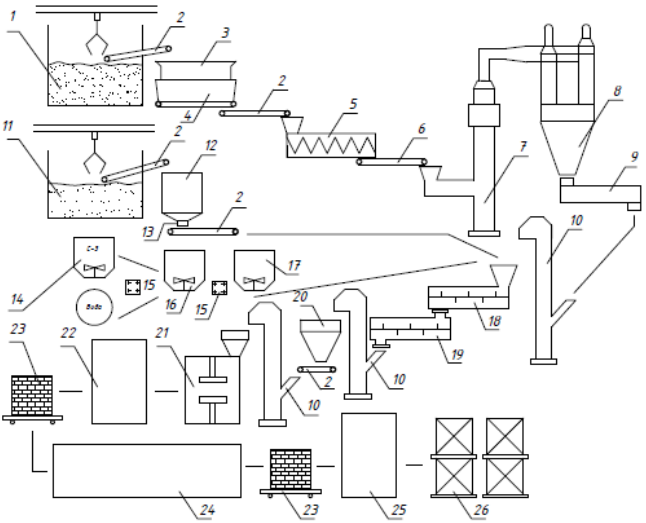
Для интенсификации процессов спекания глинистого сырья необходим пластификатор.

На основе улучшения технологических параметров производства проектируемого предприятия и подбора современного оборудования предлагается технологическая схема получения керамического кирпича с заданными свойствами [2].

Для производства керамического кирпича КР-Р-ПУ 1НФ/125/1,4/35 и 1НФ/150/1,4/35 рекомендован вариант технологической схемы производства с выбранным оборудованием (рисунок 2)

На всех технологических переделах должен осуществляться контроль процессов производства: входной, пооперационный и выходной.

Для оценки конкурентоспособности конкурентоспособности керамического кирпича, полученного по рекомендуемой технологической схеме необходимо применять современные методы контроля сильных и слабых сторон технологических параметров при разработанном составе сырьевой шихты и предложенном оборудовании.



1-Глинозапасник
2-Ленточный конвейер
3-Глинорыхлитель
4-Ящичный питатель
5-Установка "Каскад"
6-Ленточный питатель
7-ИСА
8-Бункер усреднения
9-Шнековый питатель
10-Элеватор
11-Склад гранитного песка
12-Бункер гранитного песка
13-Дозатор
14-Пропеллерная мешалка для хранения щелочно-алюминатной добавки
15-Мембранный насос
16-Пропеллерная мешалка для приготовления раствора
17-Расходная пропеллерная мешалка
18-Двухвальный глиносмеситель
19-Турболопастной гранулятор
20-Бункер-накопитель
21-Коленорычажный пресс
22-Автомат-садчик
23-Обжиговая вагонетка
24-Туннельная печь-сушило
25-Автомат-пакетировщик
26-Склад готовой продукции

Рисунок 2 – Технологическая схема производства керамического кирпича полусухого прессования.

Новые методы контроля – анализ FMEA, внешний и внутренний бенчмаркинг позволят повысить качество кирпича за счет корректирования состава сырьевой шихты, модернизации технологической схемы и оборудования.

Список литературы

1. Министерство строительства Новосибирской области [электронный ресурс] 2013-2018/- режим доступа: https://minstroy.nso.ru/news/4564/- свободный (дата обращения 15.11.2018).
2. ГОСТ 530-2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.

4. Экономико-организационные вопросы эффективного внедрения новых рецептур и технологий с учетом обеспечения качества строительных и специальных материалов

УДК 691.3.

С.Хаснавч, С.Амарбуян
(Улан-Удэ, Монголия)

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГОРОДЕ УЛАН-БАТОР

Введение. Проблема долговечности, оценки ресурса мостовых сооружений сложна. Долговечность мостовых конструкций зависит от изменчивости материалов и нагрузок во времени, чувствительности к деградации конструктивной формы мостов, технологий строительства, условий эксплуатации, влияния окружающей среды, социально-экономических требований.

Долговечность железобетонных мостовых конструкций, которые проектируются в соответствии с нормативными требованиями составляет 80-100 лет. В других странах, например в Еврокоде срок жизненного цикла мостов установлен в 100 лет.

В нормативных документах срок 70 лет установлен из опыта проектирования и эксплуатации железобетонных мостов. Однако, на практике сооружения, запроектированные по этим нормам, перестают отвечать предъявляемым к ним требованиям уже в возрасте 30-80 лет.

Анализ материалов обследования автодорожных мостов за последние годы показывает,что значительные часты мостовых конструкций имеют дефекты, которые отражаются на снижении долговечности. Дефекты обследованных железобетонных мостов связанны с низким качеством материалов, их изготовлением и эксплуатацией.

Эксплуатация мостовых сооружений

В городе Улан-Батор, столице Монголии, где сконцентрировано более 40% населения страны, в последние годы интенсивность движения транспортных средств быстро увеличивается и эта тенденция сохранится и в будущем.

Увеличение заторов на дорогах вызывает опасение по поводу его негативного влияния на социально-экономическое развитие города Улан-Батор. Кроме того, ограниченное число железнодорожных переездов затрудняет движение автотранспорта с севера на юг. Железная дорога, которая проходит в центре города с востока на запад, является важнейшим логистическим перевозчиком страны.

Плотность дорожной сети в городе Улан-Батор составляет приблизительно 0,14 км/км^2, что указывает на крайне низкий коэффициент улучшения качества дорог по сравнению с крупными городами в зарубежных странах. Пробки на основных дорогах в городе Улан-Батор становятся постоянными из-за быстрого роста числа владельцев автомобилей, который превышает 14% в год [1].

К примеру, ежедневные объемы движения на «Проспекте Мира» составляют от 50000 до 70000 и 62200 на Мосте Мира, расположенном на артериальной дороге, соединяющей север и юг в центре города. С другой стороны, железная дорога, идущая с востока на запад в городе Улан-Батор, является не только важной инфраструктурой, но и одним из сдерживающих факторов для дорожного движения, разделяя город на север и юг.

Город Улан-Батор имеет континентальный климат, который характеризуется холодным климатом с октября по апрель со средней температурой около 0 °C или ниже (минимальная дневная температура в январе составляет – 0 °C) и длительным периодом жаркого лета (ежедневная самая высокая температура 40 °C) с мая по сентябрь. Кроме того, дневные колебания температуры достигают 30–40 °C. Влажность превышает 70% в зимний период с ноября по февраль и менее 60% с марта по октябрь.

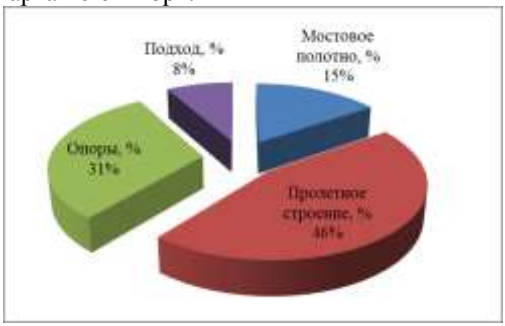


Рисунок 1. Распределение повреждений и дефектов, оказывающих влияния на “долговечность” по элементам сооружения

Обследование состояния мостов проводилось на существующих 67 автодорожных железобетонных мостах в города Улан-Батор. Самый старый мост построен в 1960 году, а около 25% всех мостов построено более 30 лет назад. Серьезные повреждения, требующие срочного ремонта, наблюдались на семи мостах (10%); повреждения, подлежащие реставрации, наблюдались на 48 мостах (72%). Что касается сейсмостойкости, то относительно небольшое количество мостов будет обладать высоким риском из-за ограниченной высоты. Тем не менее, пять мостов (7%) имеют серьезные проблемы с безопасностью и, следовательно, требуют определенных мер по повышению сейсмостойкости.

Основные повреждения пролетных строений и опор железобетонных мостов вызваны плохим состоянием гидроизоляции. Срок службы железобетонных сооружений, не является определяющим для наличия дефектов и повреждений пролетных строений и опор, а влияет в большей мере на степень их развития.

Различают физическую и моральную долговечность мостов. Первая характеризует физический износ конструкции. Вторая представляет собой моральное старение, определение срока которого связано с параметрами транспортного потока дороги в будущем. Под "долговечностью" подразумевается физическая долговечность сооружения. На рисунке 1 отражено распределение повреждений и дефектов, оказывающих влияния на "долговечность" по элементам сооружения. Наибольшему негативному влиянию при оценке долговечности будет подвергнут элемент "пролетное строение".

Оценка физического износа элементов мостовых сооружений

Показатель износа сооружения является наиболее удачной интегральной эксплуатационной характеристикой, увязанной с прогнозируемым (остаточным) ресурсом, резервом несущей способности и надежностью сооружения в целом. Знание износа элементов конструкций и сооружения в целом позволяет дать оценку сооружению по одному из основных потребительских свойств – долговечности [3]. Износ элемента или сооружения в целом является количественной характеристикой, отражающей степень снижения их основных функциональных качеств и потребительской стоимости, что позволяет ориентировочно определить затраты на устранение дефектов, используемые при среднесрочном и долгосрочном планировании. Этот подход предложен докт. техн. наук В. И. Шестериковым [4]. Физический износ конструкций U по этой версии представляет собой потерю несущей способности и определяется формулой:

$$U(t) = \left(e^{\lambda(t-T)} - 1\right) \cdot 100, \text{о.е} \qquad (1)$$

где: U- износ в долях несущей способности; λ – показатель интенсивности износа, колеблется в пределах от 0.008 до 0.012; T- срок «приработки» в годах, т.е. начальный период эксплуатации, когда износа еще не происходит, [лет]; t- текущий момент времени от начала эксплуатации в годах, [лет]. На основе анализа данных обследования мостовых сооружений, для условий Улан-Батора предлагается установить следующие значения показателей износа мостовых сооружений по элементам (табл.1).

На стадий эксплуатации производяться ремонтные работы различного характера, предназначенные для устранения имеющихся повреждений. Неправильные оценки и выбор недопустимых средств их устранения может привести к противоположным результатам. Для предовращения подобных ошибок осуществляется надзор, проводятся

специальные наблюдения и обследования, которые должны осуществляться квалифицированными специалистами.

Таблица. Износ элементов и остаточный ресурс мостов

№	Год эксплуатации, лет	5	19	32	52	58
2	Мостовое полотно, $U_{мп}$, о.е.	3.96	6.48	13.44	7.51	7.674
3	Пролетное строение, $U_{пс}$, о.е.	13.5	25.2	18.5	27.12	10.5
4	Опоры, U_{o}, о.е.	5.41	15.3	15.9	18.78	8.39
5	Подход, $U_{п}$, о.е.	2.1	4.6	4.786	4.2	2.79
6	Общие, U_{sum}, о.е.	24.94	52	53	57.61	29.1
7	срок, соответствующий критическому износу T_f, лет	39.3	59.4	60.9	68	35.6
8	Остаточный ресурс долговечности, T_0, лет	30.7	10.6	9.1	2	34.4
9	Срок службы, лет	70	70	70	70	70

ВЫВОДЫ:

1. Для обеспечения долговечности мостовых конструкций следует, прежде всего, повысить контроль качества бетона и уровень их эксплуатационного содержания.

2. В суровых условиях городе Улан-батора фактический износ долговечности мостовых элементов составляют от 25,62 до 67,67 о.е. В этом случае износ накапливается значительно быстрее, чем по теории.

Библиографический список:

1. Жайка, Отчет эксплуатаций мостовых сооружений в Монголий, УБ 2015 с-176.

2. Дмитриев, Ю.В. Надежность конструкций и оснований транспортных сооружений: Учеб. пособие / Ю.В. Дмитриев. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 110 с.

3. ОДМ 218.0.018-05, Методические рекомендации «Определение износа конструкций и элементов мостовых сооружений на автомобильных дорогах», М.: 2005 с.100-159.

4. Васильев, А.И. В19 Оценка грузоподъёмности и долговечности мостов: методическое пособие / А.И. Васильев. – М.: МАДИ, 2016. – с 46-60.

УДК 691.4

Л.Н.Тацки, Л.В. Ильина., Н.С Филин
(Новосибисрк, Россия)

ЛИЦЕВОЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ НА ОСНОВЕ НИЗКОКАЧЕСВТЕННОГО СЫРЬЯ

Обобщены результаты экспериментов по получению лицевого керамического кирпича полусухого прессования объемного окрашивания на основе низкокачественного глинистого сырья. Установлено, что требуется индивидуальный подход к выбору состава шихты.

Ключевые слова: низкокачественное глинистое сырье, лицевой керамический кирпич объемного окрашивания, индивидуальный подход к выбору состава шихт для сырья на основе каждого месторождения.

«FACING CERAMIC BRICK BASED ON LOW-QUALITY CLAY RAW MATERIALS»

The results of experiments on the preparation of a face brick ceramic semi-dry pressing of volumetric dyeing based on low-quality clay raw materials are summarized. It has been established that an individual approach is required to select the composition of the charge.

Keywords: low quality clay raw materials, face ceramic brick of volumetric dyeing, individual approach to the choice of the composition of the charge for raw materials based on each deposit.

Известно, что богатая цветовая палитра лицевого кирпича может быть получена путем ангобирования, глазурирования лицевых поверхностей, путем двухслойного формования или объемным окрашиванием. Основное преимущество последнего в его долговечности [1].

В трудах И.А. Альперовича подробно изучено влияние добавки тонкомолотого мела на физико-технические свойства и окраску лицевого кирпича [1]. При введении в шихту на основе глинистого сырья предприятий Краснодарского края тонокомолотой добавки марганцевой руды в количестве 10-30% по массе получена цветовая гамма изделий от коричнево-кирпичного до темно-шоколадного [2].

В публикации [2] убедительно показано, что подбор составов шихт для объемного окрашивания должен производиться индивидуально для каждого вида сырья и условий производства. В связи с этим автор предлагает создавать многокомпонентные окрашивающие добавки и разрабатывать индивидуальные технологические регламенты для каждого многокомпонентного предприятия.

При производстве лицевого керамического кирпича из низкокачественного глинистого сырья не обойтись без введения корректирующих добавок направленно действия.

Целью работы является обобщение результатов исследований по получению лицевого керамического кирпича полусухого прессования с объемным окрашиванием черепка.

В табл. 1 приведены технологические свойства легкоплавкого и тугоплавкого глинистого сырья.

Таблица 1. Технологические свойства сырья

Месторождение	Число пластичности	Группа по гран. составу	Воздушная усадка, %	Огнеупорность
Аплакинское	19	Не опр.	9,3	Легкоплавкое
Барышевское	8	Пылеватая суглино-супесь	6,8	Легкоплавкое
Каменское	12	Пылеватый суглинок	6,1	Легкоплавкое
Клещихинское	15	Пылеватая супесь	5,9	Легкоплавкое
Евсинское	24	Не опр.	7,4	Тугоплавкое
Новоабышевское	20	Пылеватый суглинок	Не опр.	Тугоплавкое

По числу пластичности легкоплавкие породы (кроме Аплаксинской) относятся к умереннопластчным, Аплаксинская и обе тугоплавкие – к среднепластичным. О низком качестве сырья свидетельствует их гранулометрический состав (табл. 1).

Легкоплавкие глинистые породы содержат 4,5-5,6% Fe_2O_3, а тугоплавкие – 1,5-2,9%, что позволяет предположить возможность использования последних для осветления черепка.

Учитывая, что сырье неспекающееся, в шихты вводили плавни (молотый стеклобой, нефелин – сиенит), а также отходы щебеночного производства ОАО «Каменный карьер» (п. Горный, НСО), осаждаемые в циклонах: альбитофир и диабаз.

Глинистые породы подвергались механической активации помолом в течение 2 ч. в шаровой мельнице. Влажность пресс-порошка составляла 12%. Давление прессования прикладывалось двустадийно: 12,5/25 МПа. Образцы обжигались при температуре 1050℃. Степень белизны определялась в блескомере.

В табл. 2 приведены составы шихт на основе сырья Барышевского месторождения, а в табл. 3 – физико-технические свойства обожженных образцов.

Таблица 2. Составы шихт

№ состава	Содержание, % по массе					
	Суглинок	Молотый известняк	Молотое стекло	Нефелин – сиенит	Охра	Редоксайд
1	100	-	-	-	-	-
2	80	10	10	-	-	-
3	75	10	5	10	-	-
4	85	-	5	-	10	-
5	85	-	5	-	-	10

Таблица 3. Физико-технические свойства и цвет обожженных образцов

№ состава	Свойства образцов				Цвет черепка
	Средняя плотность, кг/м^3	Предел прочности при жатии, МПа	Водопоглощение за 48 часов, %	Степень белизны, %	
1*	1832	24,2	13,1	46	Кирпичный
2	1825	25,6	15,3	49	Темно-абрикосовый
3	1845	26,6	12,5	54	Светло-абрикосовый
4	1839	32,0	11,6	43	Красно-коричневый
5	1846	30,8	11,4	34	Вишневый

Примечание:* образцы состава 1 обожжены при температуре 1000℃

Сделана попытка получения лицевого керамического кирпича из сырья Клещихинского месторождения, содержащего всего 6,8% глинистой фракции <0,005 мм. В качестве осветляющего компонента использован мел МТД-2, содержащий $CaCO_3$+$MgCO_3$ в пересчете на $CaCO_3$ не менее 96%. Упрочняющей черепок добавкой является волластонит ($CaSiO_3$) с удельной поверхностью 0,25 м^2/г, игольчатая форма частиц которого позволила рассматривать его как микроармирующий компонент [3].

Результаты показали, что на основе шихты из суглино-супеси с добавкой мела, понижающего прочность, возможно получить высокий предел предел прочности при сжатии. Безусловно, это происходит за счет использования добавки волластонита.

Повышение содержания в шихте мела всего на 5% по массе сверх оптимума понижает прочность более чем на 25% и повышает водопоглощение более чем на 30%.

В табл. 4 приведены свойства обожженных образцов.

Таблица 4. Физико-технические свойства образцов

Состав шихты, % по сухой массе			Свойства образцов			Цвет черепка
Суглинок	Мел	Волластонит, сверх 100%	Средняя плотность, кг/м^3	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопглощени за 48 часов, %	
75	25	10	1920	49,2	10,45	Кремовый
70	30	10	1880	37,1	14,02	Светло-кремовый

На основе Каменского глинистого сырья без добавок получены образцы с высокой механической прочностью (50,6 МПа) и водопоглощением 13,2% с черепком темно-абрикосового цвета. Осветлить окраску пытались введением в шихту тугоплавкой Евсинсокой глинистой породы в количестве 10-30% и плавня (15% диабаза – отход щебеночного производства), о чем говорилось ранее. Осветление черепка не произошло, даже при введении Евсинской породы в количестве 60% по сухой массе. Прочность при этом снизилось до 37,1 МПа, водопоглощение выросло до 16,1%. Возможно, в качестве плавня необходимо вводить не диабаз, а альбитофир.

Из шихты, содержащей (%, по сухой массе) Каменский суглинок – 80, редоксайд – 10, диабаз – 10, получен черепок темно-вишневого цвета, с пределом прочности при сжатии 37,3 МПа, водопоглощением 13,3% и средней плотностью 1980 кг/м^3.

Таблица 5. Физико-технические свойства образцов.

Компонент и его содержание, % по сухой массе			Физико-технические свойства			
Аплаксинская порода	Новоабышевская порода	Альбитофир	Средняя плотность, кг/м^3	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение за 48 часов, %	Степень белизны, %
-	83	17	1900	53	12,2	70
20	63	17	1910	56,3	11,5	57
50	33	17	1880	49,5	12,1	54

Интересные, на наш взгляд, результаты получены при использовании шихты на основе легкоплавкой Аплаксинской породы с тугоплавкой Новоабышевской.

Замена 30% тугоплавкого сырья на красножгущуееся привело лишь к незначительному изменению степени белизны. Цвет черепка не изменился: светло-абрикосовый.

В публикации [4] получены иные результаты: для образцов смеси легкоплавкого и тугоплавкого сырья прочность в 1,5 раза превышает таковую из легкоплавкого сырья с добавкой плавня.

Приведенные экспериментальные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Необходим индивидуальный для каждого месторождения подход к выбору состава шихт для получения лицевого кирпича полусухого прессования с объемным окрашиванием.
2. Большое внимание необходимо уделять подбору добавок – плавней, особенно при получении изделий с осветленным черепком.
3. Эффективной упрочняющей добавкой является волластонит.

Несмотря на то, что ГОСТ 530-2012 не устанавливает максимальную величину водопоглощения, нам представляется, что при выпуске изделий с осветленным черепком целесообразно ограничить этот показатель значением 13-14% по массе.

Библиографический список:

1. Альперович И.А.Керамические стеновые и теплоизоляционные материалы в современном строительстве // Строительные материалы. Дайджест публикаций журнала «Строительные материалы» за 1996-2002 г.г. по тематике «Керамические строительные материалы.» - 2003. – с. 7-12.
2. Мойсов Г.Л. Разработка эффективных хромофорных добавок для выпуска цветного керамического кирпича на предприятиях Краснодарского края / Г.Л. Мойсов // Строительные материалы. – 2001. – с. 54-56.
3. Тацки Л.Н. Лицевой керамический кирпич на основе сырья Клещихинского месторождения / Л.Н. Тацки, С.Г. Лойченко, Р.О. Павинич, В.И. Бекиш // Тр. НГАСУ. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – Т. 15, №1(53). – с. 134-141.
4. Кучерова Э.А. Лицевой керамический кирпич на основе местного глинистого сырья / Э.А. Кучерова, Л.Н. Тацки, А.В. Оганесян // Ресурсы и ресурсосберегающие технологии в строитльном материаловедении. Международный сборник научных трудов. – Новосибисрк: НГАУ, 2016 – с. 219 – 222.

В.Н. Зырянова, (Новосибирск, Россия)
А.П. Очур-оол, (Кызыл,Тыва)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ТУВЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация:С целью вовлечения техногенного сырья в производство строительных материалов изучены физические свойства, гранулометрический и химический составы отходов горно-обогатительного комбината (ГОК) «Туваасбест» и показаны перспективные направления их использования в технологии строительных материалов в Тыве.

Ключевые слова: техногенное сырье, асбест, серпентинит, вяжущие вещества, бетоны, строительная керамика.

THE USE OF TECHNOGENIC RAW MATERIALS OF TUVA IN BUILDING MATERIALS

Abstract: For the purpose of involvement of technogenic raw materials in production of construction materials physical properties, granulometric and chemical compositions of waste of the mining and processing combine (GOK) «Tuvaasbestos» are studied and show promising directions of their use in the technology of building materials in Tuva.

Key words: technogenic raw materials, asbestos, serpentinite, binder, concrete, structural ceramics.

На горно-обогатительном комбинате «Туваасбест», разрабатывающем открытым способом Ак-Довуракское месторождение хризотил-асбеста, ежегодный выход скальных вскрышных пород (в виде серпентинитов) составляет 2,9 млн. $м^3$, отходов обогащения асбеста - 3 млн.т. В настоящее время утилизация скальных пород незначительна и составляет 8 тыс. т в год.

Техногенное сырье ГОКа представлено: отвалами вскрышных пород (в основном серпентиниты зеленого, светло-зеленого цвета разных фракций); промышленными отходами вмещающей породы в виде щебня; промышленными отходами обогащения асбестовой руды с содержанием тонкодисперсных фракций асбеста.

С целью вовлечения техногенного сырья в производство строительных материалов изучены физические свойства, гранулометрический и химический составы отходов комбината. Вскрытие проб проводилось с применением метода сплавления с активным флюсом и определением химического элементарного состава проб отходов на спектрометре ARL-9000XP.

Анализ химического состава различных видов техногенного сырья (табл. 1)

Таблица 1. Химический состав отходов ГОК

Вид отходов	Содержание оксидов, мас.%						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	Δm
I	39,20	2,90	7,40	36,30	0,80	-	13,20
I+II	38,20	1,96	6,72	38,00	1,20	-	13,92
II	38,20	1,96	6,70	38,20	0,80	-	13,94

свидетельствует о незначительном колебании содержания кислотных, полуторных и щелочных оксидов в различных видах техногенного сырья ГОКа, что указывает на возможность применения единой технологической схемы переработки техногенного сырья в полезный продукт. По сравнению с аналогичным сырьем Баженовского месторождения [1], тувинское техногенное сырье отличается пониженным содержанием оксида кальция. Химический состав техногенного сырья комбината «Кустанайасбест» [1] по сравнению с тувинским характеризуется повышенным содержанием оксида магния.

По гранулометрическому составу техногенные отходы «Туваасбест» можно классифицировать на две группы: I - крупнодисперсные фракции вмещающих пород (серпентинитовый щебень) и I+II - тонкодисперсные смеси вмещающих пород (серпентинита) и асбестовую пыль II [2].

Вмещающие породы характеризуются насыпной плотностью 1760-1780кг/м^3, истинной плотностью 2720 кг/м^3. Структура частиц кристаллическая, цвет серый, серо-зеленый.

Насыпная плотность отходов асбестообогащения (I+II), содержащих мелкие частицы вмещающих пород (в основном серпентинита), короткие волокна асбеста и асбестовую тонкодисперсную пыль, равна 1260-1280 кг/м^3. Содержание вмещающей породы (серпентинита) фракции 5 мм и менее составляет 68-72 %, содержание асбестовых волокон - 12-16 %, асбестовой пыли – 12-20 %.

В исходном состоянии тонкодисперсные смеси вмещающих пород (серпентинита) не проявляют вяжущих свойств, по дисперсности не отвечают требованиям ГОСТ 10178-87.

После помола в шаровой мельнице до удельной поверхности не менее 300 м^2/кг серпентинитовые отходы характеризуются гидратационной активностью, способны схватываться и твердеть. Прочность затвердевшего материала достигает 3,0-5,0 МПа.

Таблица 2. Физико-механические свойства композиционных магнезиальных вяжущих материалов, содержащих серпентинит.

Состав вяжущего, серпентинит: MgO, мас.%	MgO/ $MgCl_2$	Плотность, кг/м^3	Сроки схватывания, час-мин		Среда твердения	$R_{сж}$, МПа, в возрасте, суток		
			начало	конец		7	28	90
50:50	3,14	1000	0-38	1-45	Воздух	26	30	34
					Вода	26	25	25
					3% $MgCl_2$	26	27	27
					3% $MgSO_4$	26	24	22
60:40	3,20	1100	0-40	2-00	Воздух	29	32	35
					Вода	29	28	27
					3% $MgCl_2$	29	29	30
					3% $MgSO_4$	29	27	26
70:30	3,14	1190	0-45	2-25	Воздух	39	56	62
					Вода	39	40	40
					3% $MgCl_2$	42	43	45
					3% $MgSO_4$	39	38	37
70:30	2,43	1200	0-55	2-35	Воздух	33	36	40
					Вода	33	33	32
					3% $MgCl_2$	35	35	35
					3% $MgSO_4$	33	32	30

Механическая активация серпентинита в планетарно-центробежной мельнице (ПЦМ) вызывает структурные нарушения кристаллической решетки серпентина, происходит ослабление и разрыв связи Mg-OH, нарушение связи Mg-O-Si, часть ионов OH^- удаляется. Активированный серпентинит обладает повышенной гидратационной активностью и может использоваться в качестве активного компонента в составе композиционного магнезиального вяжущего материала.

При использовании серпентинитовых отходов в составе композиционного вяжущего необходима их предварительная подготовка. Серпентинитовые отходы необходимо доизмельчить в шаровой мельнице или подвергнуть механической активации в ПЦМ для повышения гидратационной активности серпентина. Серпентинит проявляет вяжущие свойства, если порошок имеет высокую дисперсность (удельная поверхность не менее 300 м^2/кг) с долей активных частиц (10-45 мкм) 30-60%. Использование тонкомолотого серпентинита совместно с MgO обеспечивает достижение
высокой механической прочности камня, до 25-56 МПа (табл. 2). При прямом воздействии воды, агрессивных растворов хлоридов и сульфатов коэффициент химической стойкости магнезиально-серпентинитового камня составляет соответственно: 0,96-1,03; 0,92-1,08; 0,85-1,0.

Асбестовая пыль в основном представлена короткими волокнами низкосортного асбеста (до 5 мм), пылеватыми частицами серпентинита (16%), глинистыми частицами (1%), имеет насыпную плотность 630-640 кг/м^3.

Результаты поисковых исследований техногенного сырья ГОКа «Туваасбест» указывают перспективные направления их использования в технологии строительных материалов. Серпентинитовый щебень (крупные фракции техногенного сырья ГОК) с прочностью 80 МПа рекомендуется использовать в качестве заполнителя для бетона класса В20-В60 [2].

Мелкодисперсные фракции асбестообогащения целесообразно использовать в производстве композиционных магнезиальных вяжущих веществ [3, 4], строительной огнеупорной керамики и строительных растворов [2], асбестовую пыль - в производстве минеральных теплоизоляционных материалов[1, 4].

Литература

1. Сводный отчет по конкурсному проекту СО РАН № 28.4.8 (2004-2006 гг). Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2006. - 116с.

2. Кара-Сал Б.К. Возможности комплексного использования попутных продуктов асбестообогощения для производства строительных материалов. Техника и технология № 6, 2011.-С.57.

3. Зырянова В.Н. Физико-химические процессы и технология получения композиционных магнезиальных вяжущих материалов с использованием магнийсиликатных наполнителей/В.Н. Зырянова, Г.И. Бердов, В.И. Верещагин//Техника и технология силикатов. 2010. №1, -С.12-19.

4. Бердов Г.И., Зырянова В.Н. Пути совершенствования технологии и свойств строительных материалов/Г.И. Бердов, В.И.Зырянова/Известия вузов. Строительство.2010. №4, С.51-62.

Е.И. Куцкая. М.А.Елесин
(Норильск, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

При производстве добычи полезных ископаемых в горной промышленности значительная часть техногенных отходов требует утилизации, часть из которых вполне применимы для производства закладочных смесей.

Актуальным и востребованным на сегодняшний день остается разработка экономически эффективного, снижающего стоимость закладочных работ, но не снижающего качества состава закладочной смеси на искусственных заполнителях из техногенных отходов и технической серы с целью их утилизации, а также с целью повышения

безопасности горных работ, сохранения земной поверхности от проседания.

Утилизация, хранение и переработка, а также использование в различных направлениях отходов производства, регулируются законами в большинствестран мира, однако уровень их соблюдения различен и зависит от различных факторов, присущих каждому государству в отдельности [1, 2]. Крайне актуальна проблема комплексного использования продуктов переработки, в то же время, в мире и в России нет единого комплексного подхода к проблеме переработки и использования вторичного сырья и отходов промышленности [3, 4].

Огромным и значительным количеством запасов полезных ископаемых обладает территория Норильского промышленного района. Нельзя упустить факт наличия широкого, необходимого к безопасному уничтожению или повторной переработке ассортимента отходов металлургической и горнодобывающей отраслей промышленности. Некоторые из техногенных отходов Норильского промышленного района вполне пригодны для применения их повторно в составе закладочной смеси при креплении горных пород в процессе производства добычи полезных ископаемых горной промышленности. К примеру, такими являются многотоннажные отходы технической серы, на основе которых можно изготавливать закладочные смеси для горных выработок.

В то же время в НПР накопились и требуют утилизации миллионы тонн отходов металлургической и горнодобывающей промышленности. Многие из них вполне подходят для производства строительных материалов. Это техническая сера, тонкодисперсные отходы никелевого и медного производства (кеки и отвальные «хвосты» нейтрализации), металлургические шлаки, зола ТЭЦ, базальтовые отсевы и др. На их основе можно изготавливать конструкционные, дорожные, гидротехнические серные бетоны,закладочные смеси для горных выработок, строительные растворы и другие. При этом, цементное и битумное вяжущие может быть заменено серным вяжущим [5].

Отходы, содержащие 40-90% серы (зола, остающаяся после сгорания угля; сера, получаемая при подземной выплавке или другим способом, содержащая примеси, количество которых превышает предельно допустимые значения, регламентируемые ГОСТом), можно использовать как вяжущее вещество для приготовления серных растворов и бетонов. Отходы содержащие 5-10% серы, можно также использовать для изготовления серных бетонов и растворов после дополнительного обогащения серой или отходами с более высоким ее содержанием. Путем исследований Ю.И. Орловский, А.Н. Волгушев и другие ученые показали, что свойства серосодержащих материалов, изготовленных на основе серосодержащих отходов, и технология их

приготовления практически не отличаются от свойств и технологии приготовления серосодержащих материалов на основе технической серы [6]:

Серные бетоны являются новым видом композиционных материалов, в состав которых входят серное вяжущее, инертные заполнители и наполнители. Особенностью этих композиций является вид связующего, в качестве которого используется техническая сера, модифицированная в некоторых случаях различными добавками. Норильский регион имеет большие запасы технической серы и серосодержащих отходов. Сера по своей природе является термопластом, и композиции на основе серы, в том числе и серные бетоны, являются термопластами. Расплав серы в композиции выполняет роль жидкой фазы, определяющий все основные технологические показатели смеси (подвижность, удобоукладываемость). Жизнеспособность смеси в горячем состоянии практически не ограничена. Процесс отвержения связан с кристаллизацией серы при охлаждении. При температуре ниже 120 ^{0}C сера из жидкого состояния переходит в твердое. Серные бетоны обладают рядомположительных свойств по сравнению с другими видами бетонов: быстрый набор прочности, связанный только с периодом остывания смеси, низкая стоимость исходных материалов, возможность повторной переработки материала, что обеспечивает безотходность производства. Кроме того, эти материалы обладают водонепроницаемостью, атмосферо- и морозостойкостью, химической стойкостью, низкими тепло- и электропроводностью и при соответствующем технико-экономическом обосновании могут найти применение в различных конструкциях и сооружениях [7].

Также согласно изучений ФГБОУ ВО «Норильского государственного индустриального института» совместно с Центральной строительной лабораторией ООО «Заполярная строительная компания» исследована возможность использования искусственного щебня вместо природного скального щебня в закладочных смесях. На каждом руднике действует правило: сколько кубов руды добыли, столько необходимо закачать закладочной смеси. В себестоимость добычи руды закладка занимает почти 25%. По приблизительным расчетам, за всю историю горнодобывающих рудников Норильского региона в пустоты заложено 25,3 млн. т закладочных смесей на 542 км горных выработок. В настоящее время объем скального щебня, используемого в низкомарочных закладочных смесях, составляет около 1 млн т в год. С целью исключения в закладочных смесях не возобновляемых природных ресурсов (песка и щебня), максимальной степени утилизации техногенного отхода (золы ТЭЦ) и технической серы, снижение стоимости закладочных работ

была проведена научно исследовательская работа по подбору новых составов без потери качества твердеющих закладочных смесей [8].

В результате лабораторных испытаний предложены альтернативные варианты составов, где природный заполнитель может быть заменен искусственным серозольным щебнем без ухудшения реологических и прочностных характеристик смеси [9]. Соотношение сера:зола по результатам лабораторных экспериментов составило 1,92:1. На производство 1 млн. т серощебня необходимо 650 тыс. т элементной серы в год и 350 тыс. т золы ТЭЦ в год. Расчетный объем золы в золоотваре ТЭЦ составляет около 11 млн. т. Производство серощебня позволит максимально утилизировать не только золу ТЭЦ, но и техническую серу [8].

Следует учесть, что основную долю в стоимости закладки составляют вяжущие (до 60%) и заполнители (до 30%). На рудниках Норильского промышленного района применяются весьма дорогостоящие закладочные смеси на основе портландцемента и комплексного ангидритошлакоцементного вяжущего, а так же в качестве заполнителей используются природные ресурсы, такие как искусственные пески, полученные в результате дробления скальных пород, скальный щебень и шлаковый песок. Для исключения использования в закладочных смесях природных ресурсов актуальным остается необходимость анализа и подбора и усовершенствования существующих составов закладки на рудниках Норильского промышленного района с применением серосодержащих отходов, серозольных искусственных заполнителей, а также закладочных смей на их основе. Помимо всего прочего применение техногенных отходов способствует решению одной из важнейших задач современности – защиты окружающей среды от загрязнения промышленными отходами.

В результате анализа ныне существующих составов серосодержащих закладочных смесей установлено, что они не отличаются простотой производства, а также отсутствует комплексный подход к проблеме применения отходов, что имеет важное значение в сложившихся промышленных условиях Заполярного района. Более подробного изучения требует не только факт возможности применения в качестве вяжущего в закладочных смесях модифицированной технической серы в виде жидкой, гранулированнойили комовой, но и замены природных заполнителей закладочной смеси серосодержащими отходами, такими как серный щебень. На кафедре «Строительства и теплогазоводоснабжения» ФГБОУ ВО «НГИИ» продолжаются исследования и разработка более усовершенствованного, простого в приготовлении состава закладочной смеси на основе серосодержащих отходов.

Список литературы

1. Комар А.Г., и др. Об эффективности использования твёрдых и жидких отходов промышленности в строительстве. //М: Строительные материа¬лы. 1997. №1, С. 5.
2. Голик В.И., Алборов И.Д. Охрана окружающей среды утилизацией от¬ходов горного производства: Учеб. для вузов. //М: Недра. 1995. - 126 с.
3. Рыбьев И.А., Туркина И.А. Состояние базы вторичного сырья и возмож-ности его использования в промышленности строительных материалов. //М.: Строительные материалы и технологии XXI века. 2001.№1, С 24-25.
4. Равич Б.М., Окладников В.П., Лыгач В.Н. Комплексное использование сырья и отходов. М: Химия. 1988. - 288 с.
5. Личман, Н.В. Серные композиционные материалы на основе промышленных отходов Норильского региона [Текст]:монография/ Н.В. Личман; Норильский индустр. ин-т.-Норильск:НИИ, 2007.-148 с.
6. П.Г. Комохов, Справочник, часть 2:цементы, бетоны, строительные растворы и сухие смеси/ Санкт-Петербург НПО «Профессионал», 2009.
7. Кухаренко Л.В., Личман Н.В., Никитин И.В. Специальные бетоны на основе местного сырья и промышленных отходов Норильского производства:Учебное пособие/Норильский индустр.ин-т-Норильск, 2001.-125 с.
8. Личман Н.В. Комплексное исследование золы ТЭЦ как наполнителя в серные композиционные материалы// Строительные материалы. 2009. № 12. С 75-77.
9. Пат. 2302531 РФ. Состав закладочной смеси/ Л.В. Кухаренко, Н.В. Личман, Н.Н. Плеханова, Я.В. Личман. Заявл. 30.06.2005. Опубл. 10.07.2007. Бюл. № 19.

УДК 692:624.02

В.Ф.Хританков, А.П.Пичугин, Е.Г.Пименов, М.А.Пичугин, А.Г.Мишин (Новосибисрк, Россия)

ПРИМЕРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ

Строительные работы при ремонте и реконструкции зданий и сооружений существенно отличаются от рядового строительства. Особенно это важно учитывать при реконструкции объектов культурного наследия и памятников архитектуры, к которым относятся многие здания курорта «Озеро Карачи».

По капитальности, виду и степени отделки, качеству производства работ и качеству применяемых материалов сохранившиеся и функционирующие дома старой застройки представляли собой разностилевые архитектурные решения. Для

фундаментов, стен, перекрытий и перегородок этих зданий широко применяли местные строительные материалы – гравийно-песчаные смеси, бутовый и пиленый камень, красный глиняный кирпич, шлакоблоки и др.; для облицовки стен корпуса «Мать и дитя» использовался силикатный кирпич;

Конструкции перекрытий, в основном, трёх типов:

а) монолитные железобетонные, сводчатые из кирпича для перекрытий над подвалами и цоколем; для перекрытий корпуса «Мать и дитя» использовался сборный железобетон;

б) складчатые по металлическим балкам для перекрытий над подвалом и междуэтажных перекрытий;

в) по деревянным балкам, преимущественно однопролётные и реже многопролётные по колоннам из кирпича (неразрезные и шарнирно-консольные).

Лестничные марши и площадки, балконы, эркеры выполнены по металлическим балкам в виде монолитного железобетона; для корпуса «Мать и дитя» использовался сборный железобетон - отдельно с площадками и лестничными маршами.

Перемычки над проёмами - арочные, клинчатые, из прокатного железа или деревянные (на верхних этажах); в корпусе «Мать и дитя» использовались сборные железобетонные перемычки.

Крыши - скатные по деревянным несущим конструкциям с покрытием из листового кровельного железа (чёрного и оцинкованного), а также из волнистого асбестоцемента. Для некоторых одно-двух этажных зданий применялась кровля из рубероида и черепицы.

А.  Б. 

В.  Г. 

Д.  Е. 

Рис.1. Разрушения строительных конструкций различных объектов курорта «Озеро Карачи» и примеры ремонта бетонными и растворными смесями с наноразмерными добавками: А - балкон вдоль главного корпуса; Б – блок инженерного корпуса; В и Г - разрушение перекрытий; Д – бетонирование приемного бункера грязелечебницы; Е - армирование кирпичной стены;

Для устройства перегородок применяли полнотелый керамический кирпич и деревянные двухслойные щиты по деревянному каркасу, обшитые с двух сторон нестандартной дранкой и оштукатуренные.

А.  **Б.** 

В.  **Г.** 

Д.  Е. 

Рис. 2. Примеры разрушения отделки различных объектов курорта «Озеро Карачи»: А – железобетонные перекрытия; Б – карниз клуба-столовой; В – лестничная клетка; Г – разрушение штукатурки на внутренней стене; Д, Е – то же, на наружных стенах

Полы в большинстве спальных помещений деревянные дощатые, окрашенные масляной краской, поверх которых в некоторых случаях уложен линолеум. В процедурных кабинетах и рапном отделении частично уложена метлахская плитка, а в местах её отсутствия устроены полы из цементно-песчаного раствора. В коридорах и рекреациях - мозаичные бетонные полы, в некоторых местах с использованием мраморной крошки.

Внутренняя и наружная отделка - известковая или известково-гипсовая штукатурка, дополненная лепными элементами; в спальных помещениях и коридорах по штукатурному слою выполнено устройство панелей из лакокрасочных составов.

Большинство обектов находилось в полуразрушенном и обветшалом состоянии (рис.1,2)

После выполнения проектно-изыскательских работ по реконструкции и восстановлению объектов курорта были определены пусковые комплексы и порядок проведения всех ремонтно-восстановительных работ. На тот момент здания и отдельные конструкции представляли весьма жалкое впечатление. Обвалившиеся потолки и перекрытия, разрушенная каменная кладка, деформированные фундаменты, каналы и инженерное обустройство, отлетевшая штукатурка, разрушенные лепные украшения, провалившиеся балконы с остатками арматуры от перил и ограждений (рис.1).

Учитывая тот факт, что при ремонте и реконструкции основными восстановительными материалами являлись бетоны и строительные растворы, возникла необходимость в разработке рациональных составов совместимых с ранее существовавшими материалами. С этой целью предварительно были детально исследованы все ранее использованные при возведении объектов и оставляемые материалы: определены плотность, пористость, предел прочности при сжатии, водопоглощение и коэффициент линейного

температурного расширения. Для обеспечения длительной совместной работы старого бетона, железобетона и каменной кладки необходимо было ввести в состав бетонных и растворных смесей минеральные добавки, способствующие увеличению адгезии, а также выровнять коэффициенты линейного температурного расширения новых и старых материалов. Кроме того, для глубинного закрепления новых смесей со старыми материалами рационально было введение композиций проникающего действия.

Ранее нами была показана целесообразность использования в строительных растворах отходов хризотилцементного производства (ХЦП), обеспечивающих за счет микроармирования изменение коэффициента линейного температурного расширения. Кроме того, были проведены положительные эксперименты с применением дегидрола, позволившим повысить адгезию минеральных композиций к каменным и бетонным поверхностям из новых материалов. Учитывая постоянную работу частей зданий в условиях переувлажнения и паровоздушных агрессивных сред, было предложено использование поливинилацетатной дисперсии (ПВА), увеличивающей сцепление с основой и придающей гидрофобные свойства материалам. Большое влияние на показатели адгезии оказывает количество вводимого дегидрола, обеспечивающего проникновение частиц раствора в массив основания старого материала.

В то же время при отсутствии этой добавки в составе строительного раствора прочность сцепления в полтора-два раза ниже. Прочность в контактной зоне при испытании на сдвиг колеблется в пределах от 1,5 до 4,5 МПа, а при испытании на отрыв – от 0,7 до 1,5 МПа.

Адгезионная способность и прочностные свойства затвердевших бетона и строительного раствора в большей мере зависят от степени уплотнения материала в период проведения бетонных, каменных или монтажных работ. Поэтому было проведено изучение влияния степени уплотнения растворной массы на прочность и адгезионные свойства этих композиций. Как показали проведенные испытания по вышеизложенным способам, разрушение целостности контактного слоя в большей степени зависят от состава строительного раствора. Так введение ПВА увеличивает прочность сцепления с основой; большое влияние на показатели адгезии оказывает количество вводимого дегидрола, обеспечивающего проникновение частиц раствора в массив основания стен. Отмечено, что совместное введение ПВА и дегидрола повышает адгезию композиций к основанию стенового

Наружные элементы каменной кладки и части сооружений работают в большом диапазоне температур (от –50°С в зимний период

до +50°С летом при нагреве солнечными лучами), что приводит к изменениям размеров строительных конструкций, материалов и штукатурных покрытий. Из-за разности коэффициентов линейного расширения на границе со стеновыми материалами и штукатурным или кладочным раствором возникают внутренние напряжения, которые приводят к отслоению защитного покрытия от основания, а впоследствии и к разрушению. Выходом из сложившейся ситуации стало выравнивание физических свойств, в частности их коэффициентов линейного расширения с показателями каменных и бетонных стеновых материалов. Последнее было достигнуто путем наполнения композиций минеральными порошками или мелкодисперсными фракциями, способствующими снижению величины коэффициента линейного температурного расширения.

Бетонные покрытия и кладочные растворы имеют различные коэффициенты линейного температурного расширения. Для стандартных условий эти показатели могут иметь следующие значения в пределах от α = 0,5 до $1{,}5 \cdot 10^{-5}$1/град, поэтому нами были проведены дополнительные исследования по установлению влияния отходов хризотилцемента на изменение данных параметров. Рациональные смеси должны выбираться для каждого случая бетонирования или использования строительного раствора в соответствии с ранее существующим стеновым материалом или конструктивным элементом индивидуально. Так для монтажных работ по укладке бетонных и железобетонных конструкций и деталей рациональной степенью наполнения строительного раствора на кварцевом песке являются смеси с содержанием отходов ХЦП в пределах до 10%, что обеспечивает затвердевшему строительному раствору показатели коэффициента линейного расширения в пределах $0{,}9\text{-}1{,}2 \cdot 10^{-5}$1/град, аналогичные бетону и железобетону. Для керамического кирпича, имеющего коэффициент КЛТР $0{,}5\text{-}0{,}7 \cdot 10^{-5}$1/град рационально введение отходов ХЦП до 15-20%; для силикатного кирпича - 12–15%; для легкого бетона и газобетона - 10-12%. Именно такие процентные расходы отходов хризотилцементного производства позволяют обеспечить совместимость коэффициентов линейного расширения строительных растворов и бетонов с показателями стеновых материалов. Это, в свою очередь, создает благоприятные условия для совместной работы новых элементов со старыми частями зданий и сооружений в течение длительного срока без нарушения их целостности.

В ходе ремонтно-восстановительных работ, кроме строительных растворов с добавками направленного действия, были эффективно использованы бетонные шлакокерамзитовые стеновые блоки с регулируемой интегральной пористой

структурой, которые показали себя значительно лучше в зимний период по сравнению с традиционным кирпичом и керамзитовыми стеновыми панелями.

При устройстве р ремонте крыш использовались новые мембранные кровельные материалы, обеспечившие сохранность зданий в период таяния снега и в летний сезон дождей. Как показал опыт их применения, они легки в технологическом плане. В ходе ремонтно-восстановительных работ, кроме строительных растворов с добавками направленного действия, были эффективно использованы бетонные шлакокерамзитовые стеновые блоки с регулируемой интегральной пористой структурой, которые показали себя значительно лучше в зимний период по сравнению с традиционным кирпичом и керамзитовыми стеновыми панелями.

А.  **Б.** 

В.  **Г.** 

Д.  **Е.** 




Рис.3. Примеры восстановления различных объектов курорта «Озеро Карачи»: А – оштукатуренная поверхность грязевого отделения; Б – устройство монолитных полов; В – облицовка цоколя грязелечебницы; Г – устройство пешеходных дорожек и площадок; Д – питьевая галерея; Е– вестибюль второго этажа клуба-столовой; Ж – восстановление капители колонны клуба-столовой; З - грязелечебница

При устройстве р ремонте крыш использовались новые мембранные кровельные материалы, обеспечившие сохранность зданий в период таяния снега и в летний сезон дождей. Как показал опыт их применения, они легки в технологическом плане, не требуют дополнительных затрат на ремонт и очистку крыш.

Большой объем благоустроительных работ потребовал разработку и выпуск на заводе железобетонных изделий бетонной цветной тротуарной плитки из мелкозернистого бетона. С целью обеспечения долговечности были использованы добавки полимерных связующих, отходов хризотилцемента, а также специальные компоненты из наноразмерных композиций. Это позволило повысить водо- и морозостойкость мелкозернистого бетона и обеспечить нормальную эксплуатацию пешеходных дорожек и площадок для отдыха в полном объеме требований.

Не менее важной составляющей ремонтных работ явилось закрепление старых лепных украшений и штукатурки на фасадах зданий и внутри помещений. С этой целью были использованы полимерсиликатные композиции с нанодобавками и составами проникающего действия, что позволило создать надежную укрепляющую систему и предотвратить эти элементы зданий от разрушения.

Для диагностики качества исполнения бетонных и каменных работ были использованы современные методы, в т.ч. и метод высокочастотной диэлькометрии.

В целом, опыт использования новых строительных материалов и технологий, проведенный на объектах курорта оказался вполне эффективным и экономически целесообразным, о чем свидетельствуют виды некоторых объектов после реконструкции и ремонта (рис.3).

О.Е. Смирнова (Новосибирск, Россия)
Л.В.Ильченко (Бишкек, Кыргызстан)

ПОДБОР СОСТАВА ПРЕССОВАННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНА

В статье приводятся свойства составов на основе костры льна и комплексного связующего. Представлены данные экспериментов по подбору состава, определения оптимальных соотношений комплексного связующего прессованных образцов на основе костры льна.

Ключевые слова: костра льна, связующее, свойства, материал.

Summary

The article presents the properties of compositions based on flax fires and complex binder. Presents experimental data on the selection of the composition, determine the optimal ratios of the complex binder pressed samples based on flax fires.

Keywords: bonfire flax, heat insulation, properties, material.

Теплоизоляционные материалы на основе растительного сырья характеризуются высокими теплотехническими показателями, кроме этого с экологической точки зрения решается проблема утилизации сельскохозяйственных отходов и в тоже время появляется возможность получения экологически чистых строительных материалов. Однако строительные материалы на основе растительного сырья (торфоплиты, камышит и др.) не могут быть отнесены к перспективным изоляционным материалам ввиду их горючести, недостаточной водо- и - биостойкости. Как правило, они используются лишь в малоэтажных или о временных зданиях [1].

Оптимизация составов материалов на основе сельскохозяйственных отходов с целью повышения их эксплуатационных характеристик является актуальной задачей. Подбор составов осуществлялся на базе лаборатории кафедры строительных материалов НГАСУ (Сибстрин) для костролитовых смесей на основе органических (синтетический латекс, поливинилацетатная эмульсия) и минеральных (жидкое натриевое стекло) связующих. Оптимальное соотношение компонентов устанавливалось по величине средней плотности, теплопроводности, прочности.

Основным связующим компонентом смеси является жидкое натриевое стекло. Оно позволяет обеспечить негорючесть и биостойкость материалов. Водородный показатель (pH) водной вытяжки из массы костры льна на основе жидкого стекла составил 10,9 единиц. Также исследованы органические связующие – бутадиенстирольный латекс и поливинилацетатная эмульсия.

Водородные показатели водной вытяжки из массы костры льна и полимерных связующих – латекса и поливинилацетатной эмульсии 6,7 и 6,4 соответственно [2].

Определялось влияние органических и неорганических связующих на свойства образцов. В таблице 1 приведены физико-механические свойства прессованных теплоизоляционных костролитовых образцов.

Таблица 1. Свойства костролитовых образцов

Состав	ρ_m кг/м^3	Rсж, МПа	W, %	λ, Вт/м^{0}С
Костра льна, жидкое стекло, вода 1: 1: 0,2	240	0,52	54,5	0,053
Костра льна, ПВА, вода 1:0,6:0,4	290	0,87	43,6	0,067
Костра льна, латекс, вода =1:0,6:0,4	265	0,72	28,2	0,061

Образцы на основе жидкого стекла обладают наименьшим значением средней плотности 240 кг/м^3, но при этом значения прочности при сжатии и изгибе составляют 0,52 и 0,68 МПа соответственно. Составы на основе костры льна и ПВА позволяют получить образцы со средней плотностью до 290 кг/м^3, обеспечивая хорошие прочностные характеристики. При введении в состав бутадиен-стирольного латекса плотность образцов составляет 265 кг/м^3, повышаются показатели прочности и водостойкости.

Количество связующего в растворе варьировалось с целью достижения полного смачивания поверхности волокон костры льна, что способствует повышению сцепления между волокнами и связующим.

Оптимальное содержание связующего для всех составов находится в интервале 25-50 (%, мас.), при этом значения прочности при сжатии максимальны.

Для дальнейших исследований было применено комплексное связующее - натриевое жидкое стекло совместно с бутадиен-стирольным латексом. Устанавливалось соотношение органической части к неорганической в комплексном связующем (таблица 2).

Данные, приведенные в таблице, показывают, что образцы на основе органоминерального связующего при соотношении компонентов 1:(0,15-0,25) обладают наименьшими показателями средней плотности 286 кг/м^3 и теплопроводностью 0,057 Вт/м^{0}С. При соотношении неорганической части к органической 1:(0,35-0,5) образцы характеризуются высокими значениями прочности при

сжатии и изгибе 0,78 и 1,25 МПа. Однако повышение содержания органического связующего ведет к увеличению стоимости материала. Соотношение 1:0,15 неорганической части к органической взято за основу при подборе состава прессованных теплоизоляционных изделий [3].

Таблица 2. Характеристики образцов для различных составов связующего

Соотношение жидкое стекло: латекс СКС-65ГП	ρ_m кг/м^3	Rсж, МПа	Rизг, МПа	λ, Вт/м^{0}С
1:(0,05-0,1)	305	0,66	1,12	0,063
1:(0,15-0,25)	286	0,58	0,95	0,057
1:(0,35-0,5)	317	0,78	1,25	0,075

При расчете состава теплоизоляционных изделий на основе костры льна за основу была взята методика расчета арболита предложенная И.Х. Наназашвили, в которую внесены изменения с учетом получения материалов на основе костры льна на комплексном связующем. В результате оптимальный состав сырьевой смеси для прессованных материалов, включает, мас.%: костра льна фракции 5 мм – 23-25; костра льна фракции 10 мм – 13-15; жидкое стекло – 35-40; бутадиен-стирольный латекс – 5-6; вода – 17-19.

Список литературы:

1.Наназашвили И.Н. Строительные материалы из древесно-цементной композиции/ И.Н. Наназашвили.- Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.

2. Smirnova O. Perspectives of flax processing wastes in building materials production / AIP Conference Proceedings 3. Сер. "Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects, YSSIP 2016: Proceedings of the III International Young Researchers Conference "Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects"" 2017. С. 020007.

3. Смирнова О. Е. Влияние фракционного состава костры льна на свойства прессованного материала / О. Е. Смирнова // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. - № 10. - С. 153-156.

УДК 691.4

Брученко А.Е., Харук Г.Н., Сергеев А.А.
(Красноярск, Россия)

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТХОДОВ ЩЕБЕНОЧНЫХ ЗАВОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Установлено, что мелкодисперсные карбонатные отходы в керамических массах могут выполнять функцию полевошпатовой составляющей. При введении необожженных отходов они способствуют формированию анортита и диопсидовой фазы. При введении обожженных, кроме анортита и диопсидовой фазы образуют муллит. Присутствие стеклобоя в составах масс, способствует ускорению процесса формирования новых кристаллических фаз, которые армируют структуру изделия и повышают его прочностные свойства.

Ключевые слова: отходы, составы, обжиг, фазовый состав, свойства.

It has been established that fine carbonate wastes, when introduced into ceramic masses, can function as a feldspathic component. With the introduction of unfired carbonate waste, they contribute to the formation of anorthite and diopside phase. With the introduction of burnt waste, except for anorthite and diopside phase, mullite is formed. The presence of cullet in the composition of the masses, accelerates the process of formation of new crystalline phases, which reinforce the structure of the product and increase its strength properties.

Рост всех отраслей промышленности ведет к всебольшему образо-ванию многотоннажных техногенных отходов производств. Задача их утилизации в последние годы становится особенно актуальной, так как нарастают экологические проблемы и продолжают отчуждаться земельные участки под отвалы и полигоны [1,2].

В настоящее время ведется большое количество исследовательских работ и промышленных разработок, в которых техногенные отходы используются как вторичное сырье или являются одним из исходных компонентов при изготовлении различных материалов и изделий [3].

К перспективному направлению использования техногенных отходов можно отнести их введение в состав керамических масс для изготовления кирпича, плиток, блоков, черепицы и т.д.На всей территории Российской Федерации существует большое количество щебеночных заводов,на которых при дроблении гранитных, известковых и других горных пород образуются тонкодисперсные отходы.

Практический интерес представляют отходы известковых пород, так как они в основном состоят из кальцита, который в составе керамических масс при обжиге изделий может выполнять функции

отощителя, плавня и способствовать формированию новых кристаллических фаз [5].

Целью данной работы является исследование карбонатных мелкозернистых отходов (до 50-100 мкм.) Назаровского щебеночного завода и определение возможности их использования в керамическом производстве.

Рентгеноструктурные исследования показали, что они в основном состоят из карбоната кальция ($CaCO_3$). В незначительном количестве присутствует кварц и полевой шпат (в виде ортоклаза) (Рисунок 1).

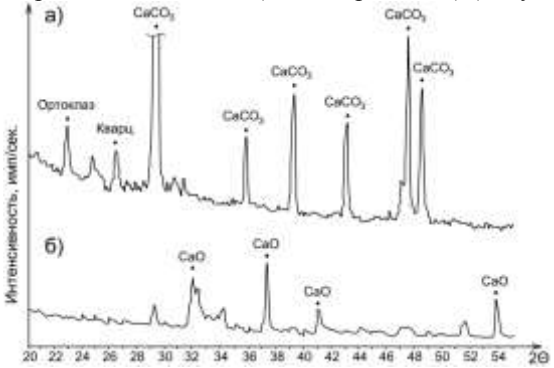


Рисунок 1 – Рентгенограмма карбонатных отходов Назаровского щебеночного завода: а) исходное состояние; б) обожженные прит=1350°С

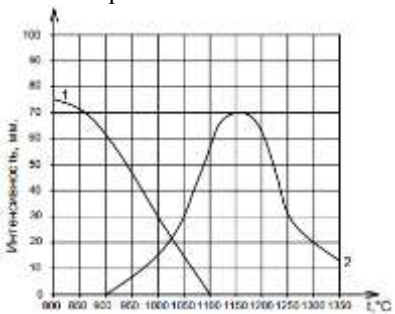


Рисунок 2 – График изменения линий интенсивности дифракционных максимумов отходов от температуры обжига: 1-$CaCO_3$; 2-CaO

Из рисунка 2 видно, что в процессе нагревания отходов карбонат кальция начинает распадаться при 800°С с образованиемCaO. Распад завершается при 1100°С. С этой же температуры отмечается снижение линий интенсивности оксида кальция, что обуславливает разупорядочивание его структуры.При 1350°Сон практически расплавляется.

Ранее проведенные нами исследования влияния карбоната кальция на формирование структуры керамики показали, что его

введение в глинистую массу в количестве от 10 до 40% способствует образованиюанортита и волластонита [4].

Для изучения возможности использования мелкодисперсных карбонатных отходов в производстве керамических материалов бралась легкоплавкая глина Первомайского месторождения. Основными ее глинистыми минералами являются монтмориллонит и каолинит. Неглинистые минералы присутствуют в виде кварца и ортоклаза. В незначительном количестве на рентгенограммах данного сырья отмечается присутствие гидрослюды и оксида железа.

Для проведения исследований тонкодисперсные карбонатные отходы размалывались до прохода через сито 0,05 и вводились в количестве 10% в предварительно просушенную, размолотую и просеянную глину. Из подготовленных керамических масс формовались образцы цилиндрической формы диаметром и высотой 2 см полусухим способом при давлении 20 МПа. Затем они сушились, обжигались при температурах 700-1150°С с интервалом 50°С и выдержкой при конечной температуре 20 минут. После обжига у образцов рассчитывали огневую усадку, прочность на сжатие и исследовали фазовый состав рентгеноструктурным методом. Кроме того, непосредственно у образцов в процессе обжига измерялась электропроводность.

Проводились эксперименты с составами трех видов: состав №1 – 90% глины + 10% отходов (без обжига); состав №2 – 90% глины + 10% отходов (обожженных при 1000°С); состав №3 – 90% глины + 10% отходов (обожженных при 1000°С) + 7% молотого стеклобоя.

Результаты проведенных экспериментов отражены на рисунках 3, 4, 5 и 6.

Анализ результатов изменения огневой усадки и прочности образцов составов №1 и №2, показал, что при введении в керамические массы обожженных отходов, линейная усадка снижается с 11,8 до 8,0% при температуре 1100°С, а прочность увеличивается с 13,8 до 16,2 МПа.

Анализ поведения минералов в процессе обжига образцов составов №1 и №2 показал, что с использованиемобожженных отходов, образование жидкой фазы начинается при более низкой температуре. Жидкая фаза способствует формированию новых минералов в виде анортита, диопсидовой фазы и муллита. Однако при этом значительного увеличения прочностных свойств образцов не происходит. Это, по всей вероятности, обусловлено недостаточным количеством образовавшейся жидкой фазы, которая формируется засчет плавления ортоклаза и взаимодействия СаОс кварцем.

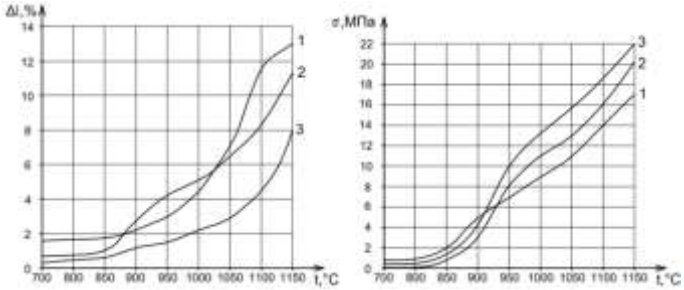


Рисунок 3 – Кривые изменения огневой усадки (Δl) и прочности (σ) образцов от температуры обжига для составов №1, №2, №3.

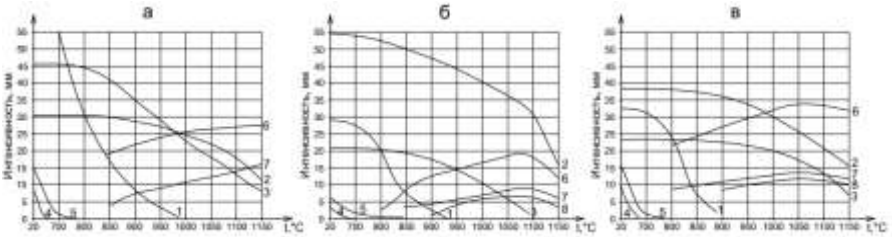


Рисунок 4 –Графики изменения линий интенсивности рентгеновских дифракционных максимумов составов №1(а), №2(б), №3(в)

1 - $CaCO_3$; 2 - Кварц; 3 - Ортоклаз; 4 -Каолинит; 5 - Монтмориллонит; 6 - Анортит;7 - Диопсидоваяфаза; 8 - Муллит

Для увеличения количественного содержания жидкой фазы при более низких температурах обжига в состав №2 вводили размолотый стеклобой в количестве 7% от общей массы. После обжига образцов проводились аналогичные исследования, результаты которых показали, что увеличение количества жидкой фазы привело к более интенсивному формированию анортита, диопсидовой фазы и муллита. На более раннее появление жидкой фазы указывают и результаты изменения электропроводности образцов, что выражено на рисунке 5 в виде характерного изменения зависимости электропроводности образца от температуры обжига.

На основании проведенных исследований установлено:

– Мелкодисперсные карбонатные отходы от производства щебня могут использоваться в качестве плавня при обжиге керамических изделий до температуры 1100°С. При этом структура керамического черепка формируется анортитом, диопсидовой фазой, не растворившимся кварцем и стеклофазой.

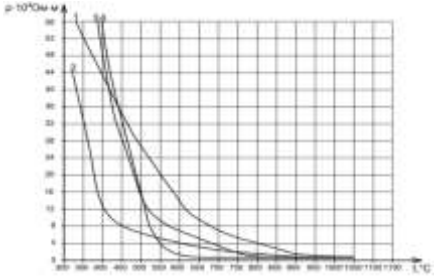


Рисунок 5 – График зависимости изменения электропроводности образцов от температуры обжига: 1 – карбонатные отходы; 2 – глина Первомайского месторождения; 3 – состав №2; 4 –состав №3

–Введение в состав керамической массы обожженных мелкодисперсных отходов,в которых отсутствует $CaCO_3$, будет способствовать устранению трещинообразования изделийпри нагреваниии ускорять процесс формирования кристаллов анортита, диопсидовой фазы и муллита.

–Для повышения прочностных характеристик изделий целесообразно в керамические массы, наряду с обожженной карбонатной составляющей,вводить стеклобой, который приводит к увеличению количества жидкой фазы, способствующей росту новообразований.

– Мелкодисперсные карбонатные отходы от производства щебня могут быть использованыв керамических массахкак полевошпатовый заменитель и как компонент для образования анортита, диопсидовой фазы и муллита, которые, армируя структуру изделия, обеспечивают ему повышенные прочностные свойства.

Литература

1 Орешкин Д.В. Экологические проблемы комплексного освоения недр при масштабной утилизации техногенных минеральных ресурсов и отходов в производстве строительных материалов // Строительные материалы -2017. -№8. -С. 55-59.

2 Клименко Н.Н. Новые строительные материалы с повышенной прочностью на основе отходов металлургии / Клименко Н.Н., Колокольчиков И.Ю., Михайленко Н.Ю., Орлова Л.А., Сигаев В.Н. // Стекло и керамика -2018.-№5.-С. 44-45.

3 Салахов А.М. Керамические материалы из легкоплавких глин, модифицированных промышленными отходами предприятий нефтехимического комплекса / Салахов А.М., Морозов В.П., Лис О.Н., Пасынков М.С. // Строительные материалы -2016.-№12.-С. 46-51.

4 Бурученко А.Е. Влияние карбоната кальция на формирование фазового состава керамики на основе легкоплавких и тугоплавких глин при обжиге / Бурученко А.Е., Харук Г.Н., Мушарапова С.И., Сергеев А.А. // Изв. высш. уч. зав. Строительство -2018.-№2.-С.21-30.

Б.В. Крутасов, Н.А. Машкин
(Новосибирск, Россия)

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ КУЗБАССА

Аннотация. В НГАСУ (Сибстрин) и НГТУ проведены исследования стойкости деревянных элементов очистных сооружений шахт, изготовленных из модифицированной древесины. Отмечено повышение долговечности деревянных деталей после пропитки их латексно-кремнийорганическим модификатором. Приведены результаты длительных и прогнозных испытаний модифицированной древесины.

INCREASE THE LIFE OF WOODEN ELEMENTS OF SEWAGE TREATMENT PLANTS AT COAL MINES IN KUZBASS

B.V. Krutasov, N.A. Mashkin
(Novosibirsk, Russian Federation)

Abstract. Research of durability of wooden elements of sewage treatment plants of mines, made from modified wood, have been conducted in NSUACE (Sibstrin) and NSTU. The increase of durability of wooden details after impregnation by their latex-silicon organic modifier is noted. The results of long-term and predictive tests of modified wood are presented.

Древесина широко используется в конструкциях, эксплуатируемых в агрессивных средах. Это – склады удобрений, градирни, отводящие лотки, коллекторы, отстойники и др. Для повышения сроков службы древесину модифицируют синтетическими полимерами, наиболее часто – фенолоспиртами. Это увеличивает прочность, водостойкость и химическую стойкость древесины, позволяет использовать для изготовления изделий древесину низких сортов [1, 2].

Однако для повышения долговечности деревянных деталей очистных сооружений, ввиду специфического химического состава среды, предложен комплексный модификатор селективного действия, включающий латекс синтетического каучука в комбинации с кремнийорганическим компонентом, который эффективно защищает древесину, не выделяя в окружающую среду вредных веществ. Это бутадиен-стирольный латекс СКС-65 ГП и метилсиликат калия АКВАСИЛ [3, 4].

Латекс закупоривает капилляры древесины, препятствуя проникновению в нее агрессивных растворов, а метилсиликат калия взаимодействует с гидрофильными ОН-группами, увеличивая водоотталкивающие свойства поверхности клеток и капилляров древесины. В результате затрудняется диффузия агрессивных сред в древесину, повышается ее стойкость и долговечность.

Физико-механические свойства модифицированной древесины (прочность при сжатии и изгибе, деформации набухания, степень

пропитки, плотность) определяли по методике ЦНИИСК им. В.В. Кучеренко на образцах размером 10х10х150 мм. Деформации измеряли индикаторами часового типа ИЧ-1,5 с ценой деления 0,01 мм. Свойства модифицированной древесины представлены в табл. 1.

Таблица 1. Свойства модифицированной древесины

Древесина	Степень пропитки, %	Средняя плотность кг/м^3	Прочность при радиальном сжатии, МПа	Прочность при статическом изгибе, МПа	Ударная вязкость кДж/м^2
Сосна натур.	-	510	7,5	94,3	58,0
Сосна, модифицированная фенолоспиртами	27,2	721	15,6	110,8	43,2
Сосна, модифицированная латекс-кремний-органическим модификатором	37,3	739	18,7	180,5	49

Состав и концентрацию агрессивных сред для испытаний выбирали, исходя из условий эксплуатации деревянных элементов в очистных сооружениях: 5%-ые водные растворы серной и соляной кислоты; 0,1%-ый раствор едкого калия; выдерживание в канализационных стоках, промывных водах, стоках, содержащих 10%-ный раствор серной кислоты, насыщенный раствор хлористого натрия (табл. 2).

Таблица 2. Состав стоков очистных сооружений шахт Кузбасса: (на примере шахт «Октябрьская» и 7 Ноября)

№ п.п.	Определяемые показатели	Единица измерения	Средние результаты
1	pH		8,82
2	Сухой остаток	мг/дм^3	2174
3	Взвешенные вещества	мг/дм^3	70,4
4	Хлориды	мг/дм^3	68
5	Сульфаты	мг/дм^3	373
6	Растворимый кислород	мг/дм^3	7,4
7	Ионы аммония	мг/дм^3	0,33
8	Нитраты	мг/дм^3	9,74
9	Нитриты	мг/дм^3	0,012
10	Железо общее	мг/дм^3	0,67

В качестве нейтральной среды применяли дистиллированную воду. Виды изделий из древесины, используемые в очистных сооружениях, - направляющие доски на желобах в контактных и скорых фильтрах, шиберы, механические аэраторы для перемешивания бытовых сточных вод в аэротенках, щиты усреднителей, погружные стенки в отстойниках, и т.п.

Стойкость модифицированной древесины в агрессивных средах исследовали при длительном и ускоренном старении. При длительных испытаниях образцы подвергались действию растворов при комнатной температуре в течение 3, 6, 9, 12 и 18 месяцев. Для имитации сброса концентрированных и промывных стоков и вод применяли также выдерживание образцов в агрессивной среде при температуре 40°С в течение семи суток, затем сушку при температуре 25°С – пять суток.

Таблица 3. Проницаемость натуральной и модифицированной древесины в воде и в агрессивных растворах

Агрессивная среда	Натуральная древесина		Коэффициент диффузии ($D \cdot 10^{-6}$ см^2/с жидких сред в древесину, модифицированную		
	Береза	Сосна	латекс-кремнийорганическим составом	латекс–фенолос-пиртовым составом	феноло спиртами
Вода	32,2	17,1	1,6	1,7	1,5
Серная кислота 5%	27,3	10,1	2,1	2,5	2,9
Серная кислота 10%	27,4	10,2	2,1	2,5	2,9
Насыщенный раствор хлористого натрия	-	1,2	0,4	0,4	0,4
Промышленные стоки	27,7	6,7	1,7	1,7	1,6
Раствор едкого калия 0,1%	-	23,4	7,9	8,5	8,9
Соляная кислота 5%	-	13,4	2,0	2,2	2,7

Определена прочность при статическом изгибе модифицированной древесины, выдержанной в растворах серной и соляной кислот – 0,5% концентрации. Через 24 месяца наибольшую долю прочности сохранили образцы древесины, модифицированной латекс-кремнийорганическим модификатором. После выдерживания в

5%-ных растворах соляной и серной кислот остаточная прочность этих образцов была соответственно 59 и 58%.

Древесина, модифицированная фенолоспиртами, за тот же срок сохранила 20 и 38% прочности. При выдерживании в промышленных и бытовых стоках прочность древесины с комплексным латекс-кремний-органическим модификатором в 1,3 раза выше, чем при пропитке фенолоспиртами.

Стабильность свойств модифицированной древесины во многом связана с ее пониженной проницаемостью по сравнению с натуральной древесиной (табл. 3).

Таким образом, физико–механические свойства древесины, модифицированной латекс–кремнийорганическим модификатором, в агрессивных эксплуатационных средах сохраняют более высокий уровень по сравнению с пропиткой фенолоспиртами, что подтверждает эффективность предлагаемого комплексного модификатора.

Результаты испытаний на ускоренное старение при различной концентрации и температуре среды (рис.1) указывают на экспоненциальный характер зависимости прочности при изгибе от продолжительности испытаний в агрессивных средах. Это обстоятельство дает возможность осуществлять по данным ускоренного старения экстраполяционный прогноз долговечности модифицированной древесины (рис.2).

Прогнозируемая долговечность древесины березы, обработанной латекс-кремнийорганическим модификатором, оказалась на 25% выше долговечности древесины, пропитанной фенолоспиртами, и в 3-3,5 раза выше, чем у натуральной древесины сосны.

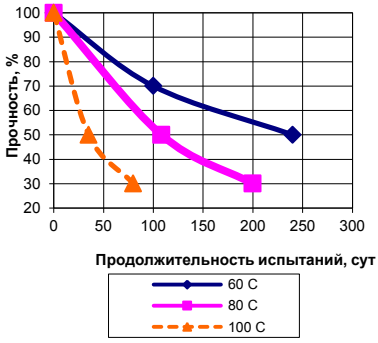


Рис.1. Изменение прочности образцов при статическом изгибе при ускоренном старении в промышленных и бытовых стоках.

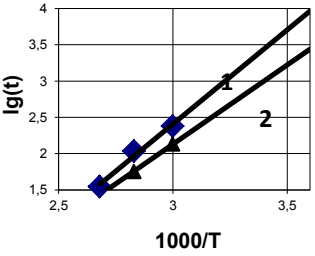


Рис.2.Прогноз долговечности модифицированной древесины: 1 – латекс-кремнийорганический модификатор; 2 – фенолоспирты.

Прогноз долговечности модифицированной древесины выполнялся по результатам ускоренных испытаний образцов с использованием известной формулы:

$$\lg \tau = \frac{E}{2{,}3\,RT} - \lg a,$$

где, τ - долговечность, час; **E –** энергия активации, Дж/моль; **T -** абсолютная температура, К; **R –** универсальная газовая постоянная, Дж/моль град; **a -** предэкспоненциальный фактор, примерно соответствующий частоте колебаний молекул в тепловом процессе, $с^{-1}$.

Натурные испытания модифицированной древесины в агрессивных средах очистных сооружений (направляющие доски на желобах в контактных и скорых фильтрах, шиберы, механические аэраторы для перемешивания бытовых сточных вод в аэротенках, щиты, погружные стенки в отстойниках, и т.п.) на шахте «Сигнал» (Кемеровская область) подтвердили повышенную в 3-3,5 раза стойкость и долговечность деревянных деталей, пропитанных комплексным латекс-кремний органическим модификатором.

Список литературы:

1. Покровская Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений. - М: АСВ. 2009. – 136с.

2. Машкин Н.А. Эксплуатационная стойкость модифицированной древесины в строительных изделиях. Новосибирск: НГАСУ, 2001. – 260 с.

3. Машкин Н.А. Разработка и исследование структурных моделей модифицированной древесины / Н.А. Машкин, Б.В. Крутасов // Строительные материалы (приложение № 7 – Наука) – 2006. - № 3. – С.35-36.

4. Машкин Н.А. Защитная обработка строительных материалов кремнийорганическими гидрофобизаторами. Монография. / Н.А. Машкин, С.Г. Ершова, Б.В. Крутасов, А.Г. Маньшин // НГАСУ (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ. 2013. – 204 с.

В.В.Герасимов, М.П.Сабреков, Е.В.Улитко,
Н.В.Светышев (Новосибирск, Россия)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГО-РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

В статье приведены результаты исследований и разработок по формированию методических основ оценки эффективности и безопасности стратегий энерго-ресурсосбережения на всех этапах жизненного цикла инвестиционного проекта на основе использования технико-экономических методов оценки, что позволяет повысить достоверность прогнозных оценок в условиях неопределенности и риска.

Ключевые слова: оценка, эффективногсть, безопасность, проекты.

V.V.Gerasimov, M.P.Sabrekov, E.V. Ulitko, N.D.Svetechev
(Novosibirsk, Russia)

ASSESSMENT OF EFFICIENCY AND SAFETY OF ENERGY AND RESOURCE CONSERVATION OF INVESTMENT CONSTRUCTION PROJECTS

The article presents the results of research and development on the formation of methodological bases for evaluating the effectiveness and safety of energy resource saving strategies at all stages of the investment project life cycle based on the use of technical and economic assessment methods, which allows to increase the reliability of forecast estimates under conditions of uncertainty and risk.

Keywords: assessment, efficiency, safety, projects.

Энерго-ресурсосбережение(ЭРС) проектов является актуальной задачей, поскольку способствует снижению ресурсоемкости и повышению экономической эффективности деятельности. Решение по ЭРС может приниматься в двух случаях: при модернизации проекта и включении решений в новый проект. Эффективность в первом случае предполагает превышение полученного результата проекта по сравнению с затратами на инженерное решение ЭРС, во втором-превышения пролученного результата над затратми в деятельности организации. Безопасность в первом случае определяет добавочный доход по сранению с установленным в проекте,во втором – превышение добавочного дохода в сравнении с фактическим доходом организации. Множественность оценок предполагает следующие положения:

- необходимость классифицирования объектов оценок: проект или организация;

- определения экономической надежности блока решений ЭРС;

- расчет параметров и нормативов эффективности и безопасности комплекса решений;

- разработки ситуационных карт безопасности эффективных решений ЭРС.

В соответствии с этим проблемой является недостаточная разработанность методик по учету неопределенности и риска в существующих локальных оценках эффективности инновационных решений ЭРС. Эта задача может быть сведена к сущствующим методологиям реинжиниринга, обеспечивающим постоянную и непрерывную модернизацию главных компонентов – энергоресурсов и материальных ресурсов проекта. Предложенный подход включает следующие положения, приведенные ниже[1].

Тренд модернизации включает временные циклы обновлений сбережения, включающие: область определенности - с периодом до1года, область риска- с периодом 2-3 года, область неопределенности - с периодом более 3 лет.

Периодичность опредлелена следующими положениями:

- необходимостью интеграции параметров и оценок на различных этапах тренда;

- необходимостью сквозного проектирования изменений параметров в детерминированной среде с последущем - в стохастической(вероятностной) среде;

- практической необходимостью получения достаточно корректной оценки состояния параметров в среде неопределенности информации.

Основные характеристики параметров управления эффективностью ЭРС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Виды параметров по этапам жизненного цикла проекта

Виды критериев	Виды оценок		
	Техническая	Рыночная	Интегрированная
Базовые	ПЗ	ЧДД	Ир
Локальные	С	Зп	ПЗ
	К	Зи	ЧДД
	Ен	Зн	
	Э		
	Т		

Примечания: ПЗ – приведенные затраты; С- стоимость объекта; К – удельные капитальные вложения в инфраструктуру объекта; Ен–нормативный коэффициент эффективности

капитальных вложений; Э – годовые эксплуатационные затраты объекта; Т – расчетный период учета эксплуатационных затрат объекта; ЧДД – чистый дисконтированный доход; Зп – затраты производства; Зи – затраты на инвестиции; Зн – затраты по налогам; Ир– индикатор интегрированой оценки.

Модельный комплекс интегрированной оценки имеет вид[2].

$$ПЗ = C + Ен \times K + Э \times T \quad (1)$$

$$ЧДД = (B - Зп - Зи - Зн) \times at \quad (2)$$

где

at - коэффициент дисконтирования.

Место решений ЭРС- проекта определяется тремя группами оценок: технической оценки по критерию ПЗ, рыночной оценки по критерию ЧДД и интегированной оценки по Ир.

$$Ир_{opt} = ПЗmin + ЧДДmax \quad (3)$$

$$ПЗ= f(МЕ, ТЕ, ФЕ,ЭЕ,Т)min \quad (4)$$

$$ЧДД=f(B,Зп(МЕ,ТЕ,ФЕ,ЭЕ,Т),Зи,Зн)x\ at \quad (5)$$

где

В-выручка; МЕ,ТЕ,ФЕ,ЭЕ - соответственно удельная материалоемкость, трудоемкость, фондоемкость, энергоемкость.

Уравнениями (1,2) поддерживается условие двухкомпонентной интегрированной оценки, включающей техническую и рыночную оценки; (3,4) – четырехфакторная модель зависимости оценок от факторов емкости ресурсов, инвестиций и налогов.

Внутренний механизм связывания параметров детерминированных решений ЭРС имеет вид:

$$C=(МЕ,ТЕ,ФЕ,ЭЕ)=>min \quad (6)$$

$$-\Delta(МЕ,ТЕ,ФЕ,ЭЕ)=>-\Delta(З) \quad (7)$$

$$-\Delta(МЕ,ТЕ,ФЕ,ЭЕ)=К \quad (8)$$

$$Е=N(К) \quad (9)$$

$$Тк=1/Е \quad (10)$$

$$Эо=(ПЗо-ПЗopt)/ПЗо>1 \quad (11)$$

где

-Δ - индекс измененмия параметра;N(K)-норматив капитальных вложений;Эо - относительная эффективность; ПЗо-приведенные затраты исходного варианта параметров; Пзopt-приведенные затраты оптимального варианта параметров.

Уравнением (6) формулируется условие минимизации энерго и ресурсоемкости решений, которое определяется инженерными методами и технологиями; (7) – балансовые условия соответствия заданных измненений параметров и соответствия их затратам на исполнение; (8) - балансовые условия соответствия заданных измнений параметров и соответствия их капитальным вложениям в качестве инвестиций; (9) - норматив удельных капитальных вложений; (10) - расчетный срок учета каитальных вложений; (11) - эффективность решения, соответствующая квантам оптимальных параметров.

Внутренний механизм связывания финансово-экономических параметров решений ЭРС имеет вид:

$$З=(МЕ,ТЕ,ФЕ,ЭЕ)=>min \quad (12)$$

$$И=К \quad (13)$$

$$Н=Nн \quad (14)$$

$$Эа=(З+ЧД)/З>1 \quad (15)$$

где

И-инвестиции; Nн- норматив налога; Эа - абсолютная эффективность.

Уравнением (12) формулируется условие отображения параметров энерго и ресурсоемкости решений в финансово-экономических стандартах; (13) – балансовые условия соответствия капитальных вложений и инвестиций; (14) - балансовые условия соответствия затратам налогов в соответствии с нормативами ставок; (15)- эффективность решения, соответствующая квантам ранее выбранных оптимальных параметров.

Внутренний механизм связывания параметров стохастических решений ЭРС имеет вид:

$$ЭЖЦ1:(-)ЧДДхРк \quad (16)$$

$$ЭЖЦ2:(+)ЧДДхНо \quad (17)$$

$$ЭЖЦ1,2:\{(-)ЧДДхРк+(+)ЧДДхНо\} \quad (18)$$

$$Эас=:\{ЧДД(ЭЖЦ1)хРк+ЧДД(ЭЖЦ2)хНо\}+Эунр\}/\{ЧДД(ЭЖЦ1)хРк+ЧДД(ЭЖЦ2)хНо\}>1 \quad (19)$$

где

ЭЖЦ1- первый этап жизненного цикла проекта; Рк - риск ; ЭЖЦ2- второй этап жизненного цикла проекта;Но-неопределенность ;Эунр-эффект от управления неопределенностью и рисками.

Уравнением (16) формулируется условие отображения кванта параметров риска в области до срока окупаемости капитальных вложений; (17) – условие отображения кванта параметров неопределенности в области после срока окупаемости капитальных

вложений; (18) - балансовые условия суммирования доходов по двум этапам жизненного цикла проекта; (19) - абсолютная стохастическая эффективность решения, соответствующая квантам ранее выбранных оптимальных параметров[2].

В качестве методов проектирования рисков может быть приняты:

- экспертные методы;
- имитационное моделирование;
- метод аналогий;
- метод чувствительности;
- метод Дельфи.

Экспертные и метод Дельфи относятся к качественным методам, остальные - к количественным методам оценки рисков.

В качестве методов проектирования неопределенности может быть приняты четыре оценки:

1. максимаксное решение - максимизация максимума доходов-решение по критерию оптимизма (максимакса);
2. максиминное решение— максимизация минимума доходов (Решение по критерию *Вальда – максимину)*. Этот критерий очень осторожен. Он ориентирован на наихудшие условия, только среди которых и отыскивается наилучший, и теперь уже гарантированный результат;
3. минимаксное решение— минимизация максимума возможных потерь(решение по*критерию Сэвиджа*). Сущность этого критерия заключается в минимизации риска. Как и критерий Вальда, критерий Сэвиджа очень осторожен. Они различаются разным пониманием худшей ситуации: в первом случае – это минимальный выигрыш, во втором – максимальная потеря выигрыша по сравнению с тем, чего можно было бы достичь в данных условиях;
4. критерий Гурвича- компромиссный способ принятия решений.

Этот способ принятия решений представляет собой компромисс между осторожным правилом максимина и оптимистичным правилом максимакса. В нем некоторым образом объединяются правила, не рассматривающие индивидуальные вероятности отдельных исходов, и те, в которых учитываются вероятности исходов.

При использовании критерия Гурвича для каждого решения рассматриваются лучший и худший результаты, т.е. то, о чем раньше говорилось в правилах максимина и максимакса. Принимающий решение придает вес обоим результатам, или коэффициент, называемый коэффициентом оптимизма. В каждой строке матрицы выигрышей находится самая большая оценка и самая маленькая. Они умножаются соответственно на коэффициент и затем вычисляется их сумма. Оптимальному решению будет соответствовать такое решение, которому соответствует максимум этой суммы и, умножив результаты на соответствующие веса и суммируя, получается общий результат.

Такое решение задачи предполагает, что имеется достаточно информации для определения весов.

Все рассмотренные критерии принятия решений приводят к различным результатам. Поэтому сначала выбирается тот критерий, который ЛПР считает "лучшим", и тогда получается "наилучшее" для него решение[3].

Экономический эффект от интеграции мероприятий по трем областям управления ЭРС имеет вид:

$$Ээ = Эи + Эс + Ээ \qquad (20)$$

где

Эи – инженерный эффект; Эс – эффект этапа строительства; Ээ – эффект эксплуатационного этапа.

Инженерный эффект формируется в области инженерных объемно-конструктивных параметров объектов, эффект этапа строительства - организационно-технологических параметров, эффект эксплуатационного периода объекта – параметров поддержания параметров при эксплуатации объекта.

Проведенными расчетами установлено, что методический подход обеспечивает достаточный уровень достоверности оценок на всех этапах проектов – инженерном, бизнес-обосновании и эксплуатационном за счет управления опасностями новационных решений ЭРС.

Выводы

1. Интегрированная оценка направлени управления ЭРС позволяет определить системный эффект в разных этапах разработки проекта.

2. Оценка эффективности мероприятий ЭРС может быть использована при экспертизе решений для последующей разработки уровня ЭРС в проектах и планах реализации проектов.

3. Эффект от перехода от локальных к интегрированному оцениванию повышает уровень достоверности прогноза эффективности мероприятий ЭРС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов В.В. Исследование технологии планирования комплексных строительных процессов в условиях неопределенности [Текст] / В.В. Герасимов, А.В. Иконникова, Н.В. Светышев, А.К. Исаков // Изв. вузов. Строительство. 2018. №3 (699) с.52-61.

2.Топузов Н.К. Формирование механизма управления ресурсосбережением в системе инновационного развития предприятия / Н. К. Топузов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. антикризис. упр.-ЧелябинскЮУрГУ. Кн. 1 : Теория и методология управления ресурсосбережением по организационным и инновационным факторам развития предприятия. - 2012. – 177с.

3.Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. — М. : Гострой РФ, 1999. — 623 с

А.А.Апызова, А. Г. Петров
(Томск, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ БЕТОНА ДЛЯ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация: В статье рассматривается применение бетона в дорожном строительстве, и рассмотрены назначение марки бетона по морозостойкостив соответствии с климатическими условиями, а также технологии производства дорожного бетона.

Ключевые слова: дорожный бетон, цемент, бетонные смеси, морозостойкость.

Abstract: In article application of concrete in road construction is considered, and considered the purpose of the brand of concrete for cold resistance in accordance with the climatic conditions, as well as the production technology of road concrete.

Keywords: road concrete, cement, concrete mixes, frost resistance.

Дорожный бетон относят к тяжелым бетонам. Его применяют при строительстве автомобильных дорог и аэродромов. По назначению он подразделяется на бетон для однослойных покрытий, для верхнего и нижнего слоев двухслойных покрытий, а также для оснований усовершенствованных покрытий [1].

В бетонных покрытиях дорог и аэродромов основными расчетными напряжениями являются напряжения от изгиба, так как покрытие работает на изгиб, как плита на упругом основании. Поэтому при расчете состава бетона надо установить такое соотношение между его составляющими, которое обеспечивает требуемую прочность бетона на растяжение при изгибе, а также достаточную прочность на сжатие и морозостойкость. Проектную прочность дорожного бетона устанавливают в зависимости от назначения бетона: при изгибе - М 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55; при сжатии - М 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500.

Для обеспечения требуемой морозостойкости бетонные смеси для устройства цементобетонных покрытий должны содержать в своём объёме определенное количество вовлеченного воздуха, формирующего в бетоне систему условно-замкнутых пор. Объём вовлеченного воздуха в бетонной смеси для однослойного и верхнего слоя двухслойных покрытий должен составлять 5…6 %, для нижнего слоя двухслойных покрытий – 3,5…4,5 %. Марки бетона по

морозостойкости назначают в соответствии с климатическими условиями района строительства: F50, F100, F150, F200. Чтобы обеспечить достаточную морозостойкость, и, следовательно, надежную защиту и эксплуатацию покрытий длительное время, В/Ц должно быть не более: для сурового климата - 0,5, умеренного - 0,53, мягкого - 0,55. Для оснований бетонных дорог допускается использовать портландцемент не ниже М3ОО, для, бетона однослойных и двухслойных покрытий не ниже М400 с содержанием трех кальциевого алюмината менее 10%. В качестве крупного заполнителя используют щебень из прочных пород - изверженных (прочностью не менее 120 МПа) и осадочных пород (прочностью не менее 80 МПа); гравий только после промывки, при этом содержание в них загрязняющих частиц, не должно превышать 1,5 - 2% по массе. Наибольший размер зерен щебня и гравия не менее 20мм, 40мм, 70мм. В качестве ПАВ используют - пластификаторы (ССБ) и воздухововлекающие (мылонафт и Абиетат натрия); комплексные добавки - СДБ и мылонафт, СДБ и СНВ [2].

Важным показателем дорожного бетона является износостойкость, которая зависит от структуры и состава верхнего слоя дорожной плиты. Износ увеличивается при использовании подвижных бетонных смесей с большим водоцементным отношением, так как после их уплотнения на поверхности образуется слой недостаточно прочного раствора. При твердении бетона в условиях низких температур и недостаточной влажности среды износостойкость также снижается.

Материалы для приготовления дорожного бетона должны быть высокого качества.

- Основной ингредиент – это цемент, марка которого определяется необходимой прочностью на сжатие готового бетона. Используют обыкновенный портландцемент, а также цементы с добавками пластификаторов, ускорителей отвердения или гидрофобных веществ.
- Вода, используемая для приготовления смеси, не должна иметь примесей типа жиров, кислот, сахаров, сульфатов. Болотные и сточные воды не подходят. Морская и содержащая соли (не более 2 процентов) вода может использоваться.
- Природный песок, как правило, применяется кварцевый, с фракцией от 0,16 до 5 миллиметров. Допустимо использование песков, образующихся путем отсева дробления. Количество примесей (пыли, глины, ила) не должно превышать 3 процента.
- Гравий, фракция которого имеет размер от 5 до 70 миллиметров, не должен содержать более одного процента примесей. Для строительных конструкций берут гравий в полтора-два раза прочнее бетона. Для сооружений, подвергающихся воздействию влаги

и холода, нужен особый гравий – морозостойкий. К щебню предъявляются аналогичные требования.

Пропорции для производства тяжелого бетона могут отличаться друг от друга в зависимости от вида смеси, которую необходимо получить и целей строительства. Существует определенная технология производства тяжелого цемента.

1. Первоначально в емкость для замешивания бетонной массы заливается нужное количество воды.

2. При непрерывном перемешивании добавляются цемент, песок, заполнитель.

3. Затем добавляются все необходимые добавки, пластификаторы, с учетом целей строительства и области применения бетона.

4. Полученный раствор тщательно перемешивается до получения более-менее однородной массы

Производством тяжелого бетона занимаются все заводы, поскольку его принято считать универсальным. Перед приобретением бетона следует обсудить с представителями поставщика цели, для которых его будут использовать, и его состав. Важно также взглянуть на сертификаты соответствия, которые должны быть как на готовую продукцию, так и на сырье для ее создания. Кроме того, процесс изготовления должен регулироваться требованиями ГОСТ.

Список используемой литературы

1. Справочник строителя | Бетон для дорожного и аэродромного строительства, [Электронный ресурс] URL: http://baurum.ru/_library/?cat=roadandairfieldconcrete&id=265 , Баурум.ру строительство и ремонт.

2. Макаева А.А., Кравцов А.И. Определение основных свойств Бетонадлядорожныхиаэродромныхпокрытий:Методическиеуказаниякл абораторнойработепокурсу «Материаловедение. Технологияконструкционных материалов».- Оренбург: ГОУ, ОГУ, 2003.-19 с.

УДК 72.03:691

О.С. Субботин (Краснодар, Россия)
А.Ю. Сафарян (Ереван, Республика Армения)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ И РЕМОНТЕ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Статья посвящена анализу традиционных и искусственных строительных материалов, применяемых при реставрации и ремонте памятников архитектуры и градостроительства. Раскрыто понятие «объект культурного наследия» в соответствии с действующим законодательством. Специальное внимание сосредоточено на проблеме подлинности объекта историко-культурного наследия. Обозначены основные характеристики рассматриваемых материалов. Большое значение в исследовании уделено вопросам сохранения памятников архитектуры и градостроительства.

Ключевые слова: *сохранение, реставрация, ремонт, памятник, материал, строительство, архитектура, градостроительство, строительство, конструкция*

CONSTRUCTION MATERIALS USED FOR RESTORATION AND REPAIRS OF ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING MONUMENTS

The article is devoted to the analysis of traditional and artificial building materials used in the restoration and repair of monuments of architecture and urban planning. The concept of «cultural heritage object» is disclosed in accordance with the current legislation. Special attention is focused on the problem of authenticity of the object of historical and cultural heritage. The main characteristics of the considered materials are indicated. Great importance in the study is given to the conservation of architectural monuments and urban planning.

Keywords: *preservation, restoration, repair, monument, material, construction, architecture, urban planning, construction, construction*

Памятники архитектуры и градостроительства, основанные на фундаменте традиционной народной культуры – уникальные объекты материального и духовного творчества созидателей, «высочайший потенциал архитектурно-градостроительного наследия [1, с. 22]», имеющее национальное или международное значение. Вместе с тем возросший уровень урбанизации ставит на повестку дня вопрос исторической преемственности, а именно процесс передачи культурных ценностей от поколения к поколению. «Современный этап развития общества характеризуется резко возросшей ролью информационных процессов во всех сферах деятельности человека. Это существенно повлияло на представления общества о ценностях культурного наследия [2, с. 3]». При этом, одним из условий развития

общества, а именно воспроизведения культуры является: трансляция культурного наследия, популяризация культурных традиций посредством архитектурно-градостроительного наследия. В следствии этого, важнейшим направлением в области сохранения указанного наследия является комплекс вопросов, связанных с их жизнедеятельностью, т.е. реставрация, консервация и ремонт памятников архитектуры и градостроительства, максимальное использование историко-культурного потенциала в духовной жизни страны, в современный процесс развития городских и сельских поселений (рис. 1).



Рис. 1. Памятник архитектуры – Армянский Национальный Академический театр оперы и балета им. Спендиарова. Республика Армения, г. Ереван, ул. Туманяна 54. Годы постройки (1926-1939). Архитектор А. Таманян. Здание построено в духе советского неоклассицизма, в убранстве, декоре и резьбе отражены местные национальные мотивы.

«Поэтому основное условие сохранения историко-культурного наследия – консолидация усилий государственных и муниципальных органов власти и государственных органов охраны памятников, общественных организаций [3, с. 22].

Рассматривая роль строительных материалов в реставрации и ремонте памятников архитектуры и градостроительства правомерно применение такого термина как «объект культурного наследия». Понятие «объект культурного наследия» введено Федеральным законом от 25.06.2002 г. № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации.

Согласно статье 3 данного закона «к объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации в целях настоящего Федерального закона относятся объекты недвижимого имущества (включая объекты археологического наследия) и иные объекты с исторически связанными с ними территориями, произведениями живописи, скульптуры, декоративно-прикладного искусства, объектами науки и техники и иными предметами материальной культуры, возникшие в результате исторических событий, представляющие собой ценность с точки зрения истории, археологии, архитектуры, градостроительства, искусства, науки и техники, эстетики, этнологии или антропологии, социальной культуры и являющиеся свидетельством эпох и цивилизаций, подлинными источниками информации о зарождении и развитии культуры». При выполнении реставрации и ремонте объекта культурного наследия – памятника архитектуры и градостроительства, его подлинность играет фундаментальную роль.

В большинстве случаев при реставрации и ремонте объектов историко-культурного наследия мы сталкиваемся с проблемой выбора строительного материала. Особенно важно при этом сохранить не только материал основных конструкций, но и самое главное подлинность объекта наследия – «основной определяющий фактор наследия и связанных с ним ценностей, характеризуемых материалом, замыслом, исполнением, окружением [4]», на котором осуществляются проводимые работы. Вместе с тем на современном этапе иногда необходим принципиально новый подход к выбору материалов, а именно использование искусственных реставрационных материалов, идентичных или максимально близких к тем, из которых изначально был построен объект.

В настоящее время большое внимание уделяется композиционным материалам – строительным материалам, состоящим из двух или более компонентов, которые отличаются по своей природе или химическому составу, при этом данные компоненты объединены в единую монолитную структуру. Указанные материалы имеют значительные преимущества перед природными материалами, в частности способность к изменению формы.

Тем не менее, «архитектурное формообразование в большой степени подвержено влиянию ограничивающих факторов, среди которых немаловажными являются условия производства конструкций и возможности пластического преобразования материалов. Композиционные материалы, разумеется, не могут полностью заменить сформировавшуюся многовековой практикой зодчества палитру традиционных строительных материалов, но в значительной мере ее расширяют и характеризуются при этом некоторыми новыми свойствами [5, с. 31].



Рис. 2. Основные преимущества композиционных материалов

Примечателен и тот факт, что применение искусственных материалов при реставрации памятников архитектуры и градостроительства благоприятно влияет на последующий ремонт определенных деталей. Композиционные материалы достаточно эффективны, и их применение распространено благодаря ряду преимуществ (рис. 2).

В тоже время следует помнить, что «восстановление утраченных или поврежденных частей зданий в основном рекомендуется вести в старом строительном материале и только в случае отсутствия такового возможно использование нового, но обладающего такими же размерами, цветом, фактурой и физико-механическими свойствами, что и старый [6, с. 3]».

Вместе с тем «при проектировании реконструкции объектов в составе исторической среды необходим поиск новых форм, ассоциативно связанный с сохранившейся средой или с историческими впечатлениями. Важная роль в достижении гармонического единства старого и нового должна отводиться выбору строительного и отделочного материала, цветовой характеристики [7, с. 29]».

«В настоящее время идет пересмотр нравственных и духовных ценностей, поиск новых ориентиров, которые могли способствовать возрождению национального самосознания [8, с. 40]», существенное значение в этом контексте должно отводится инновационным разработкам в области реставрации и ремонта памятников архитектуры, «нововведениям, обладающим высокой эффективностью

[9, с. 19]». При этом в вопросах сохранения исторического наследия, в выборе материала для его реставрации и ремонта, очень многое зависит от профессиональной подготовки архитекторов, реставраторов, строителей и других смежных специальностей. Только их точные и выверенные знания и умения позволяют выполнять качественные работы на памятниках архитектуры.

Список литературы

1. Субботин, О.С. Развитие систем расселения и самобытные черты в планировке населенных мест Кубани / О.С. Субботин // Жилищное строительство. – 2014. – № 11. – С. 16-22.
2. Сафарян, А.Ю. Предпосылки и перспективы формирования архитектуры этнографических музеев в Республике Армения: дис. ... канд. арх.: 18.00.01 / Сафарян Ашот Юрьевич. – Ереван, 2016. – 110 с.
3. Субботин, О.С. Народная архитектура традиционного кубанского жилища / О.С. Субботин // Жилищное строительство. – 2012. – № 8. – С. 18-22.
4. ГОСТ Р 56891.1-2016 Сохранение объектов культурного наследия. Термины и определения. Часть 1. Общие понятия, состав и содержание научно-проектной документации.
5. Валкин Б.Л. Композиционные материалы как средство архитектурной выразительности / Б.Л. Валкин, Ф.Н. Рабинович // Промышленное и гражданское строительство». – 2001. – № 2. – С. 31-33.
6. Лысенко Е.И. Строительные материалы в реставрации памятников архитектуры / Е.И. Лысенко. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2002. – 99 с.
7. Субботин, О.С. Особенности регенерации кварталов исторической застройки. Ч. II. / О.С. Субботин // Жилищное строительство. – 2012. – №11. – С. 26-29.
8. Субботин, О.С. Дворянские усадьбы, особняки и виллы в структуре поселений Кубани (XIX-XX вв.) / О.С. Субботин // Жилищное строительство. – 2013. – № 7. – С. 36-40.
9. Субботин, О.С. Инновационные материалы и технологии в олимпийских стадионах Сочи / О.С. Субботин // Жилищное строительство. – 2016. – № 8. – С. 19-25.

УДК691.33, 624.131.38

И.М.Хаджиев, (Ургенч, Узбекистан)
А.П.Пичугин, И.К.Язиков, В.А.Бобыльская,
Н.А.Батина (Новосибирск, Россия)

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКИХ ДОРОГ

Проведены исследования по выяснению влияния расхода портландцемента на прочность укрепляемого грунта в зависимости от рецептурных изменений и особенностей состава композиционного материала. Основной задачей при этом было получение грунтобетона с заданными свойствами, отвечающими предъявляемым требованиям, при минимальном расходе минерального вяжущего вещества (портландцемента), т.к. это наиболее дорогой компонент и достаточно дефицитный строительный материал. С этой целью были испытаны серии образцов с различной рецептурой и различными соотношениями компонентов добавок направленного действия.

Ключевые слова: *грунтобетон, укрепляемый грунт, цементогрунт, микроармирование, золошлаковые отходы, отходы хризотилцементного производства, гидрофобные добавки*

I.M. Khadzhiev, (Urgench, Uzbekistan)
A.P.Pichugin, I.K. Yazikov, V.A.Bobylskaya,
N.A.Batina (Novosibirsk, Russia)

OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE QUALITY OF RURAL ROADS

Studies have been carried out to determine the effect of Portland cement consumption on the strength of the reinforced soil, depending on the recipe changes and characteristics of the composition of the composite material. The main task was to obtain soil-concrete with desired properties that meet the requirements, with a minimum consumption of mineral binder (Portland cement), because This is the most expensive component and rather scarce building material. For this purpose, we tested a series of samples with different formulations and different ratios of components of directional additives.

Keywords*: soil concrete, reinforced soil, cement ground, micro reinforcement, ash and slag waste, chrysotile cement production waste, hydrophobic additives*

Рассмотрены конструкционные материалы с использованием неукреплённых грунтов показывают возможность их использования вместо других дорогостоящих материалов (кирпича, бетона) там, где это позволяют условия работы грунта, используя его положительные свойства – внутреннее сцепление и взаимодействие межмолекулярных сил. Там же, где по условиям работы конструкций появляются растягивающие напряжения, требуется армирование грунта различными

материалами. Одновременно с армированием грунта развивались и другие направления улучшения качественных характеристик грунта для строительных целей.

Современные представления о работе сооружений из армированного грунта сводятся к схеме: слабый грунт армируется высокопрочными диафрагмами, послойно укладываемыми в горизонтальном направлении (Вестерград 1978). Видаль в 60-х годах разработал новый тип армирования грунта. Им создан композитный материал, образуемый плоскими армирующими полосами, которые укладываются горизонтально в грунт. Причём взаимодействие между грунтом и армирующими элементами обеспечиваются за счёт трения, вызванного гравитационными силами. Этому материалу он присвоил название «армированный грунт», термин, который стал общепризнанным во многих странах. Работы Видаля ускорили развитие конструкций из армированного грунта. Различные лаборатории США, Англии, Франции в 70-е годы двадцатого века провели фундаментальные исследования в этом направлении. В 1974 г. Калифорнийский департамент транспорта применил сетки в качестве армирующих элементов подпорных стенок (Форсит 1978 г.). Были созданы более совершенные типы армирования грунта в т.ч. новый вид армирования тканевым материалом. Технический прогресс позволил использовать для армирования искусственные и техногенные материалы. Текстиль для армирования стал использоваться с тех пор, как были разработаны синтетические материалы на полимерной основе. Синтетические ткани были известны до 40-х годов 20 столетия, но применяться для армирования грунта стали после отработки промышленных технологий с 40-х годов.

Полимерные материалы, применяемые для армирования грунта изготавливаются двух основных типов: в виде ткани (геоткань) или в виде сетки (геосетка). Геосетки используются в строительстве уже с начала 60-х годов нашего столетия в основном для создания более высокой степени уплотнения и повышения несущей способности слабых грунтов основания. В 1988 году они впервые стали применяться в Западной Сибири на строительстве автодорог для повышения несущей способности слабых грунтов оснований горизонтальной укладкой с поперечным уклоном равным уклону проезжей части.

Для борьбы с пучением или в целях обеспечения длительной несущей способности замороженных водонасыщенных грунтов широкое применение нашли замкнутоячеистые водонепроницаемые полистирольные и поливинилхлоридные пластмассы в виде плит толщиной 0,05–0,10 м. Они позволяют уберечь грунт от морозного пучения, а на вечной мерзлоте предотвратить его оттаивание.

Ранее авторами были проведены исследования по укреплению грунтов комплексными органо-минеральными добавками.

После изготовления и испытания всех составов осуществлялась проверка влияния каждого компонента на свойства предложенных композиций. Уставлены зависимости расхода золошлакой смеси (ЗШС) на прочностные характеристики укрепляемого грунта. Из графиков следует, что рациональным и вполне достаточным расходом ЗШС следует считать введение их в количестве 16 – 22%, что обеспечивает существенное увеличение прочности укрепляемого грунта при сжатии до 3,0-3,5 МПа, т.е. соответствие предъявляемым требованиям к основаниям дорожных одежд для П и Ш класса дорог. Кроме того, введение золошлаковой смеси способствует снижению усадочных деформаций, существенно проявляющихся при твердении укрепленного грунта. То есть, наличие ЗШС в составе грунта при его укреплении минеральным вяжущим веществом существенно улучшает его структуру и эксплуатационные показатели. При этом следует отметить низкие значения прочности укрепляемого материала на изгиб, что не в полной мере отвечает поставленной задаче по получению высокопрочного материала на основе грунта.

Следующим этапом получения грунтобетона, отвечающего предъявляемым требованиям, явилось нахождение оптимального количества отходов хризотилцементного производства. На рис.1 и 2 представлены зависимости расхода отходов хризотилцементного производства (ОАЦП) на прочность укрепленного грунта при сжатии и изгибе. Отмечен максимум прочностных показателей при расходе ОХЦП в интервале от 8 до 12%. Очевидно также, что дальнейшее увеличение содержания ОАЦП не приводит к увеличению прочности при изгибе, т.к. в этом случае наблюдается агрегатизация микроармирующих фрагментов, что приводит к увеличению дефектов.

Кроме того, повышенное (более 12%) содержание отходов АЦП способствует существенному увеличению водопотребности укрепляемого грунта для обеспечения требуемой пластичности и удобоукладываемости грунтовой массы, а это, в свою очередь, приводит к резкому снижению прочностных показателей. Таким образом, рациональным расходом отходов хризотилцементного производства, выполняющих роль дисперсного микроармирования, можно считать 10 ± 1 %, что позволяет получить грунтобетон с пределом прочности на растяжение при изгибе не менее 0,6 МПа, т.е. отвечающего требованиям для П класса дорог.

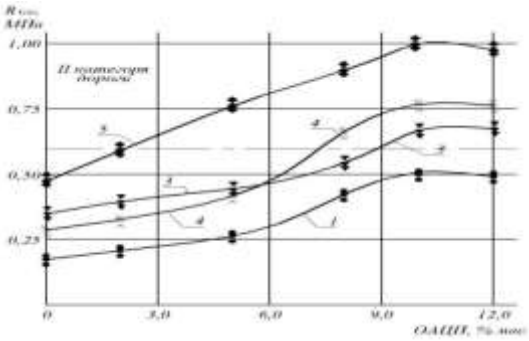


Рисунок 1. Влияние расхода ОАЦП смеси на прочность укрепленного грунта на изгиб при введении добавок: 1 – цемент (4%)+ЗШС(10%);
2 – цемент (4%)+ЗШС(20%); 3 – цемент (8%)+ЗШС(10%);
4 – цемент (10%)+ ЗШС(20%

Следующий этап исследований устанавливал влияние расхода портландцемента на прочность укрепляемого грунта в зависимости от рецептурных изменений и особенностей состава композиционного материала. Основной задачей при этом было получение грунтобетона с заданными свойствами, отвечающими предъявляемым требованиям, при минимальном расходе минерального вяжущего вещества (портландцемента), т.к. это наиболее дорогой компонент и достаточно дефицитный строительный материал. С этой целью были испытаны серии образцов с различной рецептурой и различными соотношениями компонентов. Расход портландцемента в грунтобетонных смесях варьировал от 0 до 20% мас., что обеспечивало широкий охват исследуемых рецептурных составов.

На рисунке 2 представлены кривые зависимости прочностных свойств укрепленного грунта комплексными добавками и портландцементом от их соотношения в компонентной смеси. Отмечено, что введение цемента положительно влияет на прочность грунтобетона при сжатии и растяжении при изгибе, однако степень влияния количества цемента на прочность при изгибе более выраженная по сравнению с прочностью при сжатии.

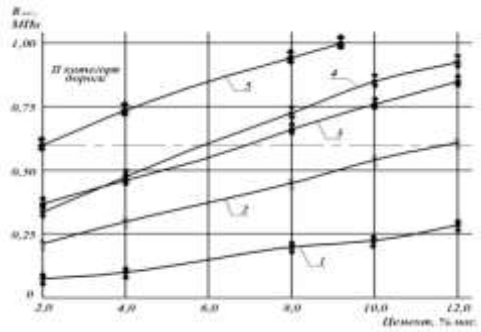


Рисунок 2. Влияние расхода цемента на прочность укрепленного грунта на изгиб при введении добавок: 1 – без добавок;
2 – ЗШС(10%)+ОАЦП(6%); 3 – ЗШС(10%)+ОАЦП(10%);
4 – ЗШС(20%)+ОАЦП(6%); 5 – ЗШС(20%)+ОАЦП(10%)

Данный факт объясняется высокой дисперсностью укрепляемого грунта и большой деформативностью, поэтому вводимый в его состав портландцемент воздействует на прочностные показатели недостаточно эффективно. При укреплении грунтовой смеси, содержащей золошлаковую смесь, вводимый портландцемент становится центром кристаллизации не только частиц грунта, но и золошлаковой смеси, которая, в свою очередь, является структурообразующим компонентом (таблица). Поэтому прочностные характеристики такой смеси значительно выше и роль цемента усиливается во всем диапазоне рецептур, однако в качестве оптимума интервал варьирования может быть сокращён до 18-22%.

Ещё большее усиливающее воздействие портландцемента на укрепляемую грунтобетонную смесь проявляется при введении отходов асбестоцементного производства, которые в данном случае являются микроармирующим дисперсным компонентом. При этом обнаруживается эффект взаимодействия не только между цементом, грунтом, золошлаковой смесью и отходами хризотилцемента, но и проявление активности между грунтом и золошлаковой смесью с отходами ХЦП. В данном случае портландцемент играет роль активатора физико-химических процессов, что проявляется в повышенной активности ранее почти нейтральных (инертных) компонентов - золошлаковой смеси и отходов ХЦП - в присутствии портландцемента. Это приводит к дополнительному увеличению прочностных и эксплуатационных свойств укрепленного грунта. Такой эффект может быть использован двояко: или уменьшением расхода цемента, что приведёт к существенной экономии минерального вяжущего при укреплении основания дорожного полотна; либо использование полученных составов при устройстве

оснований дорожных одежд дорог 1 класса. Полученные результаты испытаний составов укрепленного грунта позволили осуществить дальнейшую оптимизацию состава грунтобетона и более чётко отработать рецептурные параметры на основе рассчитанных уравнений регрессии после математической обработки полученных данных.

Таблица. Физико-механические свойства грунтов, укрепленных цементом и комплексными добавками

Составы цементо-грунтов	Содержание добавок в %				Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов в возрасте 28 суток, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Влажность при испытании, %
	Золошлаковая смесь	Отходы асбестоцементного производства	Талловый пек	ГКЖ-10			
Пылеватый суглинок + 6% цемента	-	-	-	-	1,71	0,42	15,1
	20	-	-	-	2,82	0,48	19,8
	20	-	0,25	-	3,47	0,53	18,0
	20	-	-	0,25	3,59	0,47	18,0
	-	10	-	-	4,16	0,72	17,4
	20	10	-	-	5,28	1,24	21,8
	20	10	0,25	-	6,15	1,63	20,6
	20	10	-	0,25	5,47	1,70	18,9
Пылеватый суглинок + 4% цемента	-	-	-	-	0,51	0,21	17,7
	20	10	-	-	1,33	0,28	24,1
	20	10	0,25	-	1,80	0,34	22,5
	20	10	-	0,25	2,17	0,37	22,2

Важной составляющей грунтобетонных смесей является пластифицирующий и гидрофобизирующий компоненты. Их назначение может быть двояким: повышение водо- и морозостойкости грунтов, укрепленных цементом, и увеличение деформативности, прочности эксплуатационной надёжности грунтобетонных материалов. В качестве таких добавок нами были опробованы: кубовый остаток производства синтетических жирных кислот (КОСЖК), подмыльный щелок (ПЩ), талловый пек, дивинилстирольный латекс (СКС-65ГП), ГКЖ-10 и др.

По совокупности результатов лабораторных исследований, стоимости и получаемым затратам в качестве гидрофобизирующей добавки комплексного назначения был принят таловый пек, который хорошо растворяется в воде затворения и равномерно распределяется по всему объёму грунтобетонной смеси. Кроме

того, введение талового пека способствует активизации поверхности минеральных частиц грунтов и материалов, что обеспечивает сцепления битума с цементогрунтовым основанием. Это, в свою очередь, препятствует быстрому старению битума и должно обеспечивать увеличение срока службы, как дорожного покрытия, так и основания дорог из укрепленных грунтов, а также их физико-механических и эксплуатационных свойств. Рациональным также может считаться армирование укрепляемого грунта сетками из металла или полимерных материалов. Лабораторные испытания таких материалов показали, что укрепленный комплексными добавками грунтобетон обладает повышенной на 20-30% прочностью на сжатие и в полтора раза увеличивается предел прочности при изгибе. Армирующие сетки укладываются на первый (защитный) слой подготовленной грунтоцементной смеси толщиной 30-50 мм, после чего осуществляется укладка основной массы этой смеси.

Таким образом, проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать рецептурные рекомендации по получению грунтобетона из следующих компонентов (масс. %):

суглинистый грунт - 100;
портландцемент - 5-7;
золошлаковая смесь - 18-22;
отходы ХЦП - 8-12:
таловый пек - 2-3.

На основании выполненных исследований были оптимизированы составы грунтобетонов с цементным вяжущим и минеральными добавками направленного действия и реализованы матрицы планирования эксперимента второго порядка и получены уравнения регрессии, описывающие параметры оптимизации. В качестве выходных показателей были приняты: предел прочности при сжатии и изгибе, трещиностойкость, водо- и морозостойкость. Данные параметры определялись в зависимости от процентного содержания компонентов, водоцементного отношения, предварительных технологических схем введения в грунт минеральных добавок направленного действия, режимов перемешивания, уплотнения и твердения изделий. Оптимизация данных позволила снизить деформации усадки и трещинообразование грунтобетона.

Список литературы

1. Пичугин А.П., Язиков И.К, Гришина В.А., Батина Н.А. Материалы на основе укрепленных и армированных грунтов в сельском строительстве: монография/ - Новосибирск, НГАУ, 2018. 120 с.,

2. Пичугин А.П. Ремонт производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений. –М.: Стройиздат, 1984. - 112 с.

3. Пичугин А.П., Бурковская Н.И. Материалы для сельских строек. (Использование местных материалов в строительстве сельскохозяйственных объектов), - Омск; Омское книжное издательство,: 1989.- 144 е.

4. Пичугин А.П., Язиков И.К. Исследование водостойкости бесцементного грунтобетона./ Совершенствование технологии строительных материалов и конструкций // Межвуз. сб. научн. трудов, - Пермь, 1990.- с.55-58,

5. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. - М.: Стройиздат, 1986.-264 с.

УДК 691.33,624.131

О.А. Игнатова, А.А. Дятчина
(Новосибирск, Россия)

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРУНТОВ

В статье показано, что повышение несущей способности слабых грунтов можно осуществить с помощью стабилизаторов, содержащих минеральные промышленные отходы, которые положительно влияют на свойства оснований. Добавки – стабилизаторы повышают плотность, водостойкость и морозостойкость грунтов, снижая их пучинистость.

***Ключевые слова**: слабые грунты, переувлажнение, потеря несущей способности, стабилизация, комплексный стабилизатор*

IMPROVING THE BEARING CAPACITY OF GROUNDS

***Abstrract.** The article says the strengthening of soft ground can be carried out with the help of stabilizers which consist of mineral factory waste. Such waste products in small doses have a positive effect on qualities of foundation. Stabilizers densify, increase the water and frost resistance of sub-soils. Also it reduces their heaving properties.*

***Keywords:** soft ground, overwet, ground failure, stabilization, complex stabilizer.*

Сеть автомобильных дорог Новосибирской области составляет 13,5 тыс. км, из них территориальные дороги межмуниципального значения - более 70 %. Эти дороги имеют важнейшее значение для развития области, между тем в большинстве случаев они грунтовые или выполнены из уплотненного щебня.

Особенностью гидрогеологических условий территории является близкое расположение к поверхности грунтовых вод. Практически весь левый берег Оби до границ с Омской областью находится либо в

солончаковых степях, либо в зоне болотистой низменности. Уровень грунтовых вод колеблется от 1,5 метров до 20-30 см. Глубина промерзания грунта в Новосибирске составляет: для глинистых грунтов (глина, суглинок) - 2,20 м, для песчаных грунтов (песок, супесь) - 2,42 м.

Конечно, идеальным случаем является стояние грунтовых вод ниже уровня промерзания грунтов в зимний период. К сожалению, таких мест в Новосибирской области немного.

В условиях Новосибирской области основным материалом для сооружения земляного полотна являются глинистые грунты, при этом по разновидностям они распределяются следующим образом: супесь – 2,5%, суглинок – 92,5%, глина – 5,0%. Глинистые грунты (в особенности пылеватые) отличаются повышенной склонностью к пучинообразованию, существенно меняют свои свойства при увлажнении и замерзании. При переувлажнении глинистый грунт может практически полностью потерять несущую способность.

В свою очередь, потеря несущей способности грунта земляного полотна приводит к деформациям, нередко к полному разрушению дорожной одежды (рис.1).



Рис.1 Пучинные образования

Существуют различные методики дренажа и отвода грунтовых вод, замены пучистого грунта на малопучистый, и другие – но эти методы трудоемки и требуют немалых капитальных вложений.

Между тем, существуют простые методы сделать процесс возведения дорог менее дорогостоящим и добиться их более высокого качества. Это скажется на увеличении межремонтных сроков, и, в свою очередь, позволит сохранить не материальные средства.

Повышению несущей способности слабых грунтов необходимо уделить большое внимание, так как эта проблема может нанести большой урон не только сооружению, построенному на таком

основании, но и серьёзно угрожает безопасности при эксплуатации автомобильных дорог.

Стабилизация и укрепление грунтов – это модификация физических свойств грунтов механическими и химическими методами с целью получения необходимых в дорожном строительстве свойств [1].

В данной работе предлагается применение стабилизирующих добавок для увеличения устойчивости просадочных грунтов к динамическим нагрузкам.

Стабилизаторы – это широкий класс разных по составу и происхождению веществ, которые в малых дозах положительно влияют на формирование свойств дорожно-строительных материалов, как за счет активизации физико-химических процессов, так и за счет оптимизации технологических процессов. Эти вещества могут использоваться почти на всех технологических этапах в дорожном строительстве, начиная от сооружения земляного полотна и заканчивая строительством твердых покрытий, искусственных инженерных сооружений и обустройством дорог.

Стабилизаторы могут быть различного происхождения, зачительно различаясь по свойствам, но всех их объединяет то, что они увеличивают плотность, водостойкость и морозостойкость грунтов, снижая их пучинистость [2].

Поэтому целью данной работы является подбор средств повышающих устойчивость грунтов при строительстве автодорог.

Преимущества технологии заключается в снижении себестоимости и сроков производства работ за счет:

- снижения объемов выемки грунтов, их транспортировки и утилизации;
- применения минимального количества завозимых инертных материалов;
- современное оборудование позволяет укреплять местные грунты с производительностью до 7 тысяч $м^2$ за смену.

Повышение капитальности конструкций и увеличение сроков безремонтной эксплуатации объекта за счет:

- формирования основания, мало подверженного морозному пучению;
- постоянный во времени процесс набора прочности конструкции основания и перераспределение нагрузки.

В настоящий момент известны следующие основные минеральные вяжущие для стабилизации грунтов: цементы, известь, жидкое стекло, золы уноса, пыль с электофильтров печей обжига извести, цемента, шлаки металлургические, хлориды кальция и магния и др.

Для сокращения объемов перевозок и удешевления дорожного строительства возможно использование доступных промышленные отходов или их композиций.

В данной работе для оценки качества стабилизирующих добавок были использованы суглинки пылеватые. Перед изготовлением грунт высушивали и размельчали агрегаты, пропуская через сито 1,25 мм. Принята оптимальная влажность смеси – 11 -12%. При каждом добавлении воды грунт перемешивали, накрывали влажной тканью и выдерживали не менее 15 мин. Изготавливали грунто - минеральные смеси методом прессования при давлении 15 МПа, используя образцы диаметром 4 см.

Предварительно были испытаны составы с добавкой известных стабилизаторов - цемента (10%) и негашеной извести (7%).

После выдержки проводили испытания стабилизированных грунтов на прочность в сухом состоянии, после капиллярного водонасыщения и водопоглощения.

Таблица 1. Состав комплексного стабилизатора

Состав	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Уд. поверхность, $см^2/г$
Цемент (40%)	61,4	21,1	5,9	3,8	2,9	1,9	2800
Зола бумажного производства (30%)	26,3	37,1	19,7	0,6	12,4	-	2500
Известь (30%)	65,0	15,0	10,0	4,0	3,0	3,0	3200

Образцы, стабилизированные минеральными добавками, показали прирост прочности в возрасте 14 сут – 50 и 69% соответственно по сравнению с контрольным составом. Коэффициенты размягчения составили – 0; 0,5 и 0,6 соответственно.

Были проведены исследования комплексного стабилизатора содержащего золу бумажного производства (табл.1) по повышению несущей способности местного грунта. Количество добавки комплексного стабилизатора составляло 0, 2, 4, 6, 8, 10%. Все испытания проводили в возрасте 0, 3, 7, 14, 21, 28 суток.

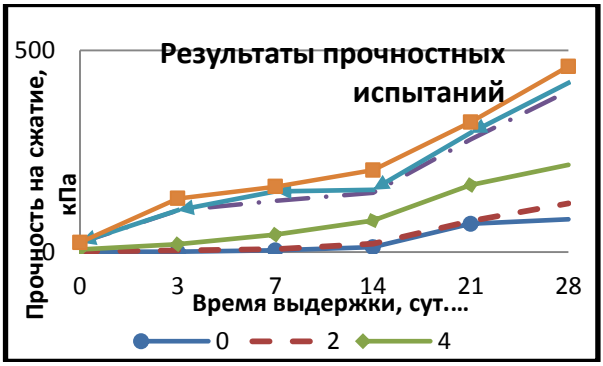


Таблица 2. Изменение прочности по сравнению с контрольным составом

Содержание стабилизатора, %	Время выдержки образцов, сут					
	0	3	7	14	21	28
0	1	1	1	1	1	1
2	2,50	2,00	1,75	1,75	1,10	1,5
4	7,75	9,50	10,75	6,5	2,4	2,7
6	28,75	51,5	31,75	12,25	4,0	4,9
8	29,75	51,5	31,7	12,8	4,2	5,2
10	30,0	66,5	40,5	16,9	4,6	5,7

При оценке результатов испытаниях был выбран оптимальный расход добавки 6%. При этом прочность стабилизированных грунтов в возрасте 28 суток увеличилась в 3,9 раза по сравнению с контрольным (рис.2, табл.2). А коэффициент размягчения (водостойкости) - 0,8.

Выводы: применение комплексной добавки содержащей золу бумажного производства, может существенно повысить несущую способность грунтов. Это позволяет сократить затраты на закупку нерудных материалов (а в некоторых ситуациях и полностью отказаться от закупки песка и щебня), увеличить скорость проведения работ относительно традиционных методов устройства дорог.

Литература

1. ОДМ 218.1.004-2011 «Классификация стабилизаторов грунтов в дорожном строительстве / РОСАВТОДОР. – М., 2011. – 7 с.
2. Абрамова Т.Т. Стабилизаторы грунтов в отечественном дорожном и аэродромном строительстве/ Т.Т. Абрамова, А.И. Босов, К.Э. Валиева // Геотехника. – 2012. – № 3. – с. 4-28. 24.

УДК 625.76

А.Т.Пименов, В.С Прибылов
(Новосибирск, Россия)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СМЕСЕЙ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ ДЛЯ ОСНОВАНИЙ ДОРОГ НА ИХ ДЕФОРМАТИВНОСТЬ

Аннотация

Показано влияние составаи структуры смесей с использованием металлургических шлаков наих деформативность. Обоснована необходимость определения их соответствия требованиям при подборе и контроле в процессе строительства оснований автомобильных дорог.

Ключевые слова: *деформативность, основание автомобильной дороги, металлургические шлаки.*

Состояние автомобильных дорог в Российской Федерации определяется комплексом географических, климатических и экологических факторов, что определяет разнообразие технологических решений по их устройству на уровне, соответствующим требованиям классификации. Ключевые направления транспортной стратегии Российской Федерации [1,2] ориентированы на создание и развитие единой сети автомобильных дорог, как системы транспортных перевозок, которая обеспечивает транспортную безопасность и круглогодично доступна для населения. В этой связи возрастает актуальность автомобильных дорог общего пользования регионального и местного значения для городских и сельских поселений, расположенных на территории Сибири.

Известныетехнологии работ по подготовке основания дорог предусматривают: устройство двухслойного щебеночного основания по методу заклинки; однослойных щебеночных (песчаных) оснований из плотных смесей [3]. В процессе эксплуатациитакоеоснование подвергается непрерывному динамическому воздействию, которое сопоставимо с разночастотной вибрацией. При этом зерна заполнителя могут перераспределяться, что будет сопровождаться их перемещением преимущественно в сторону вмещающих грунтов, с возможным появлением дефектов на покрытии дороги, что подчеркивает актуальность исследований по подбору состава смесей для устройства оснований дорожных одежд, в том числе и с использованием металлургических шлаков.

Объектом исследования являлись металлургические шлаки, как типичные отходы металлургических предприятий г. Новокузнецка (Кемеровская область). По основным свойствам они соответствуют

требованиям ГОСТ 32826-2014 [1], а потому рекомендованы для устройства основания дорожной одежды [3-5].Были использованы методы испытаний в соответствии с действующими нормативными требованиями, статистическую обработку получаемых данных проводили стандартными методами.

Для оперативного подбора состава наиболее плотных смесей был применен экспресс-методподбора состава дорожных оснований из различных фракций металлургических шлаков. Этот способ носит универсальный характер, позволяет расширить диапазон используемых фракций песка и щебня, и дает возможность производителю работ осуществить самостоятельный выбор щебеночно-песчаной смеси.

Разработанный состав смеси долженобладать максимальной плотностью при наименьшей деформативности под нагрузкой, а также учитывать реологические свойства сыпучих оснований, определяемых разнообразными взаимодействиями с вмещающими грунтами в процессе эксплуатации.

Подбор составовсмесейфракцийметаллургическихшлаков проведен по двум вариантам:

1-й вариант–*мартеновский и доменный шлаки из отвалов без предварительного фракционирования*;

2-й вариант– *отвальные металлургический шлаки, прошедшие этап предварительного фракционирования*.

Деформации подобранныхсоставов шлаковых смесейопределяли с использованием метода компрессионного сжатия [6,7] при приложении статических нагрузок. Метод позволяет определить деформации как шлаковых смесей, так и непосредственно шлака при нагрузках, заведомо превышающих предельно допустимые нормы на основания дорожных одежд в условиях эксплуатации.

Результаты испытаний показали, что при нагрузке, сопоставимой с воздействием на дорогу интенсивноготранспортного потока, деформация составила 750 и 1145 $*10^{-2}$ ммдля фракционированного и отвального шлаков соответственно. Это означает, что деформация отвального шлака в 1,6 раза превышает деформацию смеси металлургического фракционированного шлака.

Таким образом, состав и структура смесей из металлургических шлаков оказывает влияние наих деформативность. Рациональный подбор зернового состава металлургических шлаков в составе щебеночной смеси при строительстве оснований дорожных одежд существенно снижает вероятность деформаций, что,в свою очередь, предопределяет и снижение вероятности появления дефектов на

[1] ГОСТ 32826-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования

покрытии дорог. В этой связи применение отходов металлургических предприятий для устройства оснований автомобильных дорог целесообразно при условии введения в процесс производства работ этапов фракционирования, рационального подбора составов, а также определения деформативности таких материалов прежде, чем они будут использованы как строительный материал для устройства дорожных оснований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года : распоряжение Правительства РФ от 22 ноября 2008 г., № 1734-р [Электронный ресурс] // Сайт Правительства Российской Федерации- URL: http://government.ru/docs/22047/(последняя дата доступа: 12.10.18).
2. Белозеров О.В. Перспективы развития автомобильно-дорожной сети Российской Федерации до 2030г// Транспорт Российской Федерации.- 2012.- №2 (39)- стр.23-27.
3. Пименов А.Т., Соловьева О.Н. Влияние состава оснований и технологий производства работ на качество дорожной одежды //Транспортное строительство. 2018.№ 2., С.8- 12.
4. Пименов А.Т., Ильина Л.В., Смирнова О.Е. Концептуальные подходы к применению металлургических шлаков при производстве строительных материалов различного назначения//Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона.- 2018.- Т.1-№ 1 (9).С.179-182
5. Логвиненко А.А. Материалы для строительства укрепленных оснований автомобильных дорог с использованием отвальных электросталеплавильных шлаков. Автореф. дис. на соиск.учен. степ.канд.тех.наук, Белгород, 2003. - 20 с.
6. Пименов А.Т., Соловьева О.Н. Метод определения подвижек вмещающих грунтов при устройстве дорожной одежды // Транспортное строительство. – 2017. – № 11. – С. 24-25.
7. Пименов А.Т. Соловьева О.Н. Влияние структуры смесей из металлургических шлаков для оснований дорожных одежд на их деформативность//Транспортное строительство. – 2018, №12. С. 11-13.

Е.С Семанцова., П.М.Плетнев, И.В.Шемякина
(Новосибирск, Россия)

КОМПОЗИТНАЯ КЕРАМИКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В

В настоящее время керамические материалы благодаря своим физико-химическим свойствам получили широкое применение в различных сферах жизнедеятельности человека. Одной из сфер применения является строительство, где керамика используются как непосредственно в строительстве, так и во вспомогательных сферах, в

том числе производстве других строительных материалов. Такие характеристики как прочность и низкая степень истираемости керамики позволяют использовать керамику в качестве мелющих тел и футеровки. Применение керамики в качестве мелющих тел и футеровки помольного оборудования обеспечивает минимальное загрязнение измельчаемого продукта при изготовлении различных материалов используемых в строительстве в том числе лакокрасочных материалов, где важное значение для качества продукта имеет тонина помола и чистота полученного продукта. Устойчивость к истиранию керамических мелющих тел и футеровки определяется их составом и технологическими особенностями изготовления.

Для получения композита с высокими физико-механическими характеристиками, в том числе прочностью на изгиб и устойчивостью к износу, вызванному истиранием, был использован подход введения в прочную твердую матрицу дисперсных включений. В качестве матрицы использован оксид алюминия в ромбоэдрической кристаллической решетке (α–Al2O3), а в качестве дисперсных включений в матрице использован частично стабилизированный диоксид циркония. Основной причиной повышения физико-механических характеристик получаемого композита является введение частиц частично стабилизированного диоксида циркония способных к полиморфным превращением из тетрагональной фазы вокруг острия трещины в моноклинную модификацию, что в свою очередь приводит к увеличению объема частиц и эффекту "закрытия" трещины. Диоксид циркония должен быть стабилизирован в тетрагональной модификации. Степень стабилизации должна позволять осуществлять фазовые превращения при попадании трещины на зерно диоксида циркония. В качестве стабилизирующей добавки применяется оксид иттрия. Содержание оксида иттрия должно находиться в диапазоне 1-8 мольных %. При том, при содержании оксида иттрия в концентрации 8 мольных % формируется полностью стабилизированная структура, не способная к фазовым переходам. Стабилизированная форма диоксида циркония при добавлении 1 мольного % способна существовать только для крупности частиц не более 0,6 мкм. При размере частиц менее 0,2 мкм стабилизация материала уже не требуется. При этом экспериментально установлено, что 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 пластин-чатые образования гексагональной модификации состава Me(II)Al12-xCrxO19, где Me – щелочноземельный металл, например Mg, Sr.

Для получения композиционного керамического материала в предварительно подготовленную алюмоциркониевую суспензию были введены микродобавки оксид хрома и заранее синтезированного алюмината стронция, с содержанием оксида стронция в диапазоне от 10% до 15%. Микродобавки вводились при постоянном перемешивании подготавливаемой суспензии на мешалке пропеллерной до визуальной гомогенизации суспензии. Далее проводился помол подготовленной суспензии в бисерной мельнице мелющими телами из диоксида циркония размером 1 мм в течение 2-х часов и вводились органические добавки полиэтиленгликоля в качестве пластификатора и поливинилового спирта в качестве связующего. Суспензия с органическими добавками распылялась на лабораторном электрическом распылительном сушиле при температуре 230°C.

Полученный пресс-порошок прессовался в стандартные образцы в виде брусков 5х5х58 мм на двустороннем одноосном прессе. Сырая плотность образцов лежала в диапазоне 2,6-2,65 г/см^3. Стандартные образцы обжигались в электрической печи в открытой атмосфере при температуре 1500°C в течение 8 часов. Плотность образцов в диапазоне 4,26-4,29 г/см^3 (порядка 96% от теоретической). Для дальнейшего уплотнения образцы подвергались горячему изостатическому уплотнению в среде инертного газа при температуре 1480°C и давлении 200 МПа в течение 1 часа. Плотность образцов в диапазоне 4,39-4,41 г/см^3 (порядка 99,1% от теоретической).

Полученный керамический композит обладает следующими физико-механическими и структурно-фазовыми особенностями:

- предел прочности на 4-х точечный изгиб: 900±50 МПа,
- плотность абсолютная: 4,45 г/см^3,
- плотность относительно теоретической: 99,1%,
- твердость по Виккерсу: 13,8 ГПа,
- трещиностойкость: не менее 6,1 МПа*м^{0,5},
- средний размер зерна композита: 0,6-0,8 мкм, размер зерна алюмооксидной матрицы: 1-1,2 мкм, размер зерна дисперсных включений диоксида циркония: 0,3-0,5 мкм.

Микроструктура полученного композита приведена на рисунке 1.

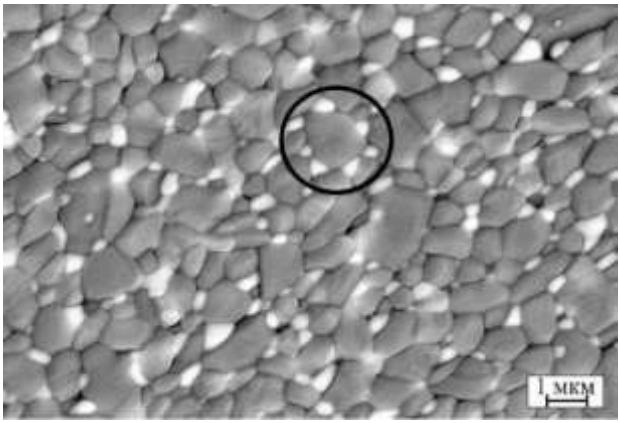


Рис. 1 – Микроструктура полученного композита при увеличении 20000 раз

После исследования физико-механических характеристик полученного материала были изготовлены образцы для исследования износостойкости методом оценки коэффициента трения полученного композита по схеме «керамика-керамика». Образцы готовились по методу описанному выше. Испытания проводились по прямой схеме (по мягкому телу с большей поверхностью скользит твердое тело с меньшей поверхностью) и обратные (по твердому телу с большей поверхности скользит мягкое тело с меньшей поверхностью) пары трения по схеме трения скольжения и трения качения с использованием смазочных материалов. Перед проведением каждого цикла испытаний рабочая поверхность образцов подвергалась полированию алмазной пастой с размером абразивных частиц 1...3 мкм до шероховатости Ra 0,02 мкм.

Определение коэффициента трения материал происходило следующим образом. Силу трения (в Н) рассчитывали в зависимости от радиуса диска в метрах и момента трения в Нм. Коэффициент трения определяли как отношение силы трения к нормальной нагрузке на пару трению, которую прикладывали при испытании механизмом нагружения и фиксировали датчиком усилия прижима. Полученные данные представлены на рисунке 2.

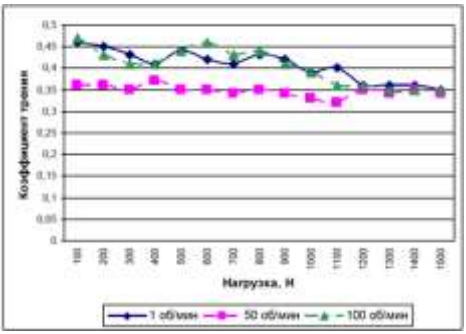


Рис. 1 – Коэффициент трения пары трения керамика/керамика в зависимости от скорости вращения тел трения и прилагаемой нагрузки к телам трения.

Керамический композит обладает следующими физико-механическими характеристиками: предел прочности на изгиб более 1000 МПа, твердость по Виккерсу более 16 ГПа, трещиностойкость более 5,5 МПа*м^{0,5}, плотность более 99,5% от теоретической и коэффициентом трения от 0,3 до 0,45.

УДК 691.11:674.0 48

А.П.Пичугин, М.О.Батин, Л.А.Митина, И.М.Дзю (Новосибирск, Россия)

ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Приведены результаты исследований по изучению качественных характеристик древесины, модифицируемой полимерсодержащими композициями на основе фенолоспирта с добавками направленного вида: наноразмерными добавками - растворами кремнезолем и УНТ, а также огнезащитным составом «Фукам». С этой целью была собрана экспериментальная установка, позволяющая исследовать проницаемость микрокапилляров древесины составами различной рецептуры, а также осуществить процесс испытания на огнестойкость.

***Ключевые слова**: древесина, модифицирование, фенолоспирт, полимерные композиции, наноразмерные добавки, коррозионная стойкость, огнестойкость*

A.P.Pichugin, M.O. Batin, L.A. Mitina, I.M. Dzyu (Novosibirsk, Russia)

POSSIBILITIES OF THE EXTENDED APPLICATION OF MODIFIED WOOD IN CONSTRUCTION

The results of studies on the qualitative characteristics of wood modified with polymer-based compositions based on phenol-alcohol with additives of the directional type: nanoscale additives - solutions of silica-silica and CNT, as well as the flame retardant Fukam are presented. For this purpose, an experimental setup was assembled, which allows to investigate the permeability of wood microcapillaries with compositions of various formulations, as well as to carry out the process of fire resistance testing.

Keywords: *wood, modification, phenol-alcohol, polymer compositions, nano-sized additives, corrosion resistance, fire resistance*

Модификация древесины предназначена для улучшения ее эксплуатационных свойств, в т.ч. повышения коррозионной и биологической стойкости, увеличения механических характеристик материала (прочности и деформативности), обеспечения огнестойкости и водостойкости. Применяемые для пропитки жидкие растворы и композиции различных веществ, растворенных в воде или органических растворителях, как правило, не вступают в химическую реакцию с древесиной и поэтому пропитку можно рассматривать как чисто физический процесс. Данный процесс может быть основан на трех природных явлениях:

1. движение модифицируемой (пропитывающей) жидкости в древесине под действием сил капиллярного взаимодействия;
2. за счет диффузии молекул пропитывающих веществ в древесину, что вполне соответствует такому природному явлению, как движение соков в живом дереве;
3. движение жидкости в древесине под действием избыточного давления, что может быть организовано искусственно при нахождении деталей или образцов в специальном резервуаре (автоклаве).

В зависимости от того, какое из трех явлений является в данном процессе определяющим все способы пропитки могут быть разделены на три группы. Способы капиллярной пропитки, способы диффузионной пропитки и способы пропитки под давлением. Капиллярные способы мало- эффективны, так как обеспечивают лишь поверхностную пропитку. Способ горячих и холодных ванн эффективнее капиллярных способов, но применяется сейчас редко: этот способ из-за малого избыточного давления не обеспечивает достаточно глубокой, а тем более сквозной пропитки требуемой в ряде случаев для подлинного консервирования и других технологических целей. Наиболее эффективными являются автоклавные способы, которые обеспечивают глубокую пропитку при малой продолжительности процесса и относительно невысоких затратах труда и энергии.

Для проведения исследований по изучению качественных характеристик древесины, модифицируемой полимерсодержащими композициями на основе фенолоспирта с добавками направленного вида была собрана экспериментальная установка, позволяющая исследовать проницаемость микрокапилляров древесины. Данная установка состоит из электродвигателя, вакуум-насоса, ресивера, электроконтактного манометра, вентилятора, сосуда, керамического эталонного микрофильтра, мерного стакана и устройства автоматического включения, контроля и управления. На рис.1 представлена принципиальная схема данной установки, которая позволяет исследовать проницаемость микрокапилляров древесины в широком диапазоне концентраций модифицирующих растворов.

Ранее авторами уже были отработаны технология и оптимальные рецептуры модифицирования древесины с использованием фенолоспирта и добавлением наноразмерных растворов кремнезоля и углеродных нанотрубок. Представлены результаты реологических характеристик в виде кривых вязкости растворов полимерных композиций в зависимости от содержания наноразмерных компонентов, что позволило сделать вывод о возможных вариантах пропитывающих составов для повышения эксплуатационных свойств древесины.

С учетом новых требований к безопасности помещений были выполнены исследования по изучению свойств модифицирующих композиций с добавкой огнезащитных составов «Фукам».

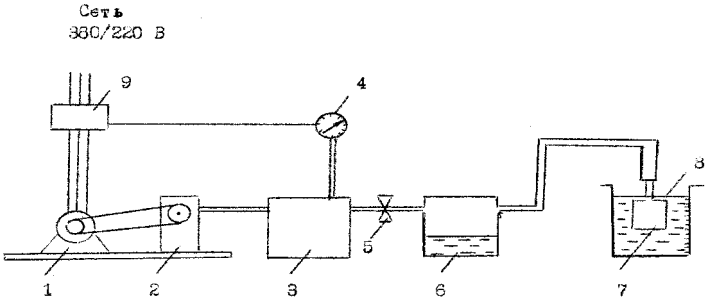


Рис. 1. Схема экспериментальной установки по исследованию проницаемости микрокапилляров древесины модифицирующими растворами:
1 – электродвигатель; 2 – вакуум-насос; 3 – рессивер;
4 – электроконтактный манометр; 5 – вентилятор; 6 – сосуд;
7 – керамический микрофильтр; 8 – мерный стакан;
9 – устройство автоматического управления

Учитывая тот факт, что фенолоспирт является достаточно техничным и приемлемым модификатором, хорошо совмещающимся с растворами наноразмерных добавок - кремнезолем и УНТ, были определены составы с огнезащитной композицией. Введение от 3 до 5% раствора «Фукам» в состав фенолоспирта практически мало влияет на вязкостные характеристики пропитывающей композиции как с кремнезолем, так и раствором углеродных нанотрубок. При расходах «Фукам» больше 10% отмечено появление коагуляции в пропитывающей композиции, что негативно сказывается на технологических характеристиках модифицирования. Кроме тог, при длительном хранении этих компонентов существенно увеличивается вязкость и, следовательно, модифицирование с их использованием древесины будет происходить при завышенных временных и энергетических параметрах.

Полнота заполнения пористой системы древесины характеризуется степенью заполнения модификатором внутреннего пространства. На общую полноту наполнения оказывает влияние неравномерность заполнения отдельных участков, что встречается достаточно часто ввиду природных дефектов древесины. Это объясняется незаполняемостью или частичной заполняемостью сосудов и пор особенно в случае использования низкоконцентрированных растворов на летучих растворителях. Чем ниже концентрация раствора, тем меньше полнота наполнения древесины по сухому остатку, поэтому чрезмерное растворение модификатора также нежелательно.

Для определения полноты наполнения оценочным критерием может быть принят показатель степени заполняемости $V_З$, представляющий собой отношение объема введенного наполнителя к объему свободных полостей древесины:

$$V_э = \frac{D}{V_п} \cdot 100\% \qquad (1)$$

где D — объем введенного наполнителя, равный $\frac{P_H}{\gamma}$ $см^3$;

$V_П$ — объем свободных полостей древесины, равный $\frac{nwVw}{100}$ $см^s$.

Выражая значения D и $V_П$ через соответствующие зависимости, получим

$$V_З = \frac{100^2 P_H}{nwVw\gamma_H} 100\% \qquad (2)$$

где $Р_н$ — масса введенного наполнителя, *г;*

γ_H — плотность введенного наполнителя, *г/см*^{3};
n_w — условная пористость древесины при влажности *W*, %;
V_w — объем образца при влажности *W, см*^{3}.

Отношение $\frac{100P_H}{\gamma_H Vw}$ представляет собой величину степени наполнения древесины по объему $V_{H\cdot O}$.

Тогда $$V_3 = \frac{V_{H.O}}{n_w} \cdot 100\% \quad (3)$$

т. е. степень заполняемости выражается отношением степени наполнения по объему к пористости древесины при определенной влажности. Неравномерность наполнения отдельных участков снижает общую степень наполнения. Подсчитанный по формулам 1-3 максимальный объем пор и капилляров в древесине в зависимости от вида и породы находится в пределах 32-38%.

На рисунке 2 представлены кривые влияния влажности древесины на объем поглощаемой композиции.

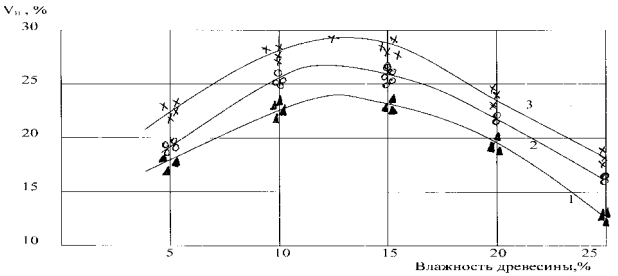


Рис.2. Влияние влажности древесины на степень пропитки полимерным составом 1 – вязкость состава >30 с по ВЗ-4; 2 – то же, от 20 до 30 с; 3 – то же < 20с

Как следует из представленного выше графика, степень насыщения объема древесины пропитывающей композицией зависит от вязкости состава и в очень большой степени зависит от исходной влажности модифицируемого материала. Оптимальным можно принять влажность исходной древесины от 10 до 15%, что обеспечивает максимальную степень насыщения объема древесины пропитывающим составом в пределах 25-30%.

Вязкие композиции отличаются высоким коэффициентом внутреннего трения, оказывающим влияние на качество модифицирования и глубину проникновения в древесину. Достаточно эффективным методом снижения вязкости может быть

разбавление модификаторов водой или растворителями, что увеличивает их проникающую способность, но это вызывает снижение концентрации сухого остатка в обрабатываемом материале. Максимальная степень разбавления должна учитывать не только оптимальные показатели вязкости, обеспечивающие полное и равномерное распределение полимера по всему объему модифицируемой древесины, но и придание новому материалу высоких эксплуатационных свойств: прочности, коррозионной стойкости, биологической устойчивости, огнестойкости и экономической целесообразности.

Вязкость пропитывающего состава также весьма заметно оказывает влияние на объем поглощаемого древесиной материала. При этом, следует особо отметить тот факт, что при увеличении вязкости более 30 с по ВЗ-4 для всех пропитывающих композиций отмечен резкий спад по поглощаемому объему. Как видно из представленных кривых, наибольшей проницаемостью обладает фенолоспирт, степень наполнения которого приближается к 30%. Введение наноразмерных добавок и огнезащитного состава «Фукам» способствует лишь некоторому повышению вязкости и, следовательно, незначительно снижает общий объем поглощаемой модифицирующей композиции.

Дальнейшие исследования свойств модифицирующей композиции проводились в направлении отработки технологических режимов и изучении свойств модифицированной древесины фенолоспиртом с добавками наноразмерных водных дисперсий кремнезоля, УНТ огнезащитного состава «Фукам». После отработки рецептуры были проведены опыты по выявлению огнезащитных свойств новой композиции, которые показали положительный эффект от введения добавки. По материалам выполненных исследований оформлена заявка на Патент РФ.

Список литературы

1. Пичугин А. П., Батин М. А., Кудряшов А. Ю. Митина Л. А. Деревянные полы повышенной стойкости для производственных сельскохозяйственных зданий: Монография. - Новосибирск, Новосибирский государственный аграрный университет, 2017. – 140 с.
2. Пичугин, А.П., Батин, М.О., В.В.Банул Полы из модифицированных полимерными композициями материалов в сельском хозяйстве// Строительные материалы. - 2012. - № 8, С. 80-82.
3. Батин М.О. Древесина, модифицированная полимерными композициями для решетчатых полов животноводческих помещений. – Автореферат канд.техн. наук, Томск, 2014. – 22 с.
4. Батин М.О. Повышение биологической стойкости полов из модифицированной древесины введение наноразмерных добавок// М.О.Батин, А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков, А.Ю.Кудряшов // Строительные материалы №1-2. 2018. – С.52-57.

В.В. Герасимов, Я.Б.Ненашев, М.П.Сабреков, Е.В. Улитко **(Новосибирск, Россия)**

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМА РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕМ ИНВЕСТИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

В статье приведены результаты исследований и разработок по формированию методических основ оценки и выбора параметров системы ресурсосбережения объектов в рамках инвестиционных проектов на основе использования методов ситемотехнического анализа и синтеза решений, что позволяет повысить эффективность решений проектов.

Ключевые слова: ресурсосбережение, инвестиции, проекты.

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEM RESOURCE SAVING INVESTMENT CONSTRUCTION PROJECTS

The article presents the results of research and development on the formation of methodological bases for the assessment and selection of parameters of the resource-saving system of objects in the framework of investment projects based on the use of methods of site-technical analysis and synthesis of solutions, which improves the efficiency of project solutions.

Key words: resource saving, investments, projects.

Эффективность решений инвестиционных проектов определяется инженерными решениями с параметрами, которые формирует потенциал проекта и проектного управления. Использование ресурсов этого потенциала определяется архитектурой, объединяющей взаимосвязи и динамику их движения[1].

Таблица 1. Виды взаимодействий параметров по этапам жизненного цикла проекта

Виды параметров	Виды связей СТМ		
	детермиированные	риск	неопределенность
опр	(кр;огр;тхр)	(кр;огр;тхр)хрс	(кр;огр;тхр)х но
кр	(опр;огр;тхр)	(опр;огр;тхр)х рс	(опр;огр;тхр)х но
огр	(опр;кр;тхр)	(опр;кр;тхр) х рс	(опр;кр;тхр)хно
тхр	(опр;кр;огр)	(опр;кр;огр)х рс	(опр;кр;огр)х но

Примечания: опр - объемно-планировочные решения; кр - конструктивные решения; огр - организационнын решения; тхр - технологические решения.

Анализ показывает, что сложность взаимодействия параметров предопределяет необходимость рассматривания множества ресурсов

как сложной динамической и стохастической систмотехнической модели(СТМ)(табл.1).

Система взаимосвязей отражает следующие характристики:

- взаимодействия, основанные на прямых и обратных связях параметров;
- квантирование модулей, в которых целевым параметром являются результирующие параметры, а обеспечивающими - связевые параметры;
- ресурсы модулей обеспечивают формирование потенциала проекта и его управления;
- измненение реурсов каждого типа обусловлено необходимостью перепроектирования мощности потенциала проекта;
- группировку параметров в трех состояниях проекта: краткосрочном – с определенностью решений, среденесрочном - решений риска, долгосрочном - неопределенностью решений. Эти положения учтены при проектировании системотехнической системы (СТС).

Модельный комплекс СТС имеет вид[2].

*СТМ={УПб(Попр,Пкр,Погр,Птхр)*УПсп(Попр*Пкр*Погр*Птхр)}х Ркх*
Но (1)где

*СТМ – системотехническая модель; Пб - базовый параметр; Пс-связевой параметр; *- знак связевых отношений элементов системы; Рк-риск; Но- неопределенность.*

Статическая модель (1) отражает системное связывание блоков параметров. Разновидности моделей проекта, которыми характеризуются состояниями параметров имеют следующую спецификацию:

- динамическая модель отображает систему параметров в динамике этапов жизненного цикла проекта и имеет вид:

*СТМ= {(УПб *УПс)t1+ (УПб *УПс)t2 + (УПб *УПс)t3} (2)*
где
t1- первый период жизненного цикла проекта.

- динамическая стохастическая модель отображает систему параметров в динамике этапов жизненного цикла проекта с учетом вероятностей случайных факторов имеет вид:

*СТМ= {(УПб *УПс)t1+ (УПб *УПс)t2 х Рк + (Убп *Усп)t3 х Но} (3)*

- функциональная динамическая стохастическая модель отображает систему параметров в динамике этапов жизненного цикла проекта с оценкой функциональной значимости параметров и затрат проекта имеет вид:

$$СТМ=\{УПб(З/ф) * УПс (З/ф)\}_{t1-3} \quad (4)$$

где

З- затраты; ф-функции проекта.

- экономическая динамическая стохастическая модель отображает систему параметров и затрат в динамике этапов жизненного цикла проекта имеет вид:

$$СТМ=\{УПб(УЗп) * УПс (УЗс)\}_{t1-3} \quad (5)$$

где

Зп-затраты производства; Зс-связевые затраты коммуникаций.

- инвестиционная динамическая стохастическая модель отображает систему параметров и инвестиций в динамике этапов жизненного цикла проека имеет вид:

$$СТМ=\{УПб(УИп) * УПс (УИс)\}_{t1-3} \quad (6)$$

где

Ип –инвестиции в производство ; Ис- инвестиции в коммуникации.

- финансовая динамическая стохастическая модель отображает систему параметров и денежных потоков в динамике этапов жизненного цикла проека имеет вид:

$$СТМ= \{УПб(УЧдп) * УПс (УЧдс)\}_{t1-3} \quad (7)$$

где

Чдп- чистый доход в производстве; Чдс- чистый доход в коммукациях.

Качественные оценки модели имеет вид:

Баланс реурсов проекта

$$(Оо/Ро)=>1 \quad (8)$$

где

Оо – объем объекта; Ро- ресурсы объекта.

Оптимизация затрат и времени ресурсов проекта

$$\{ З(Ро)min *Tmin\} при <Ро> \quad (9)$$

где

З(Ро)- затраты производства ;Т- продолжительность расчетного периода объекта проекта.

Эффективность ресурсов проекта

$$Э= \{З(РЕ)+ЭЭ)/З(РЕ)]\} => max \quad (10)$$

где

Э- эффективность по ресурсам проекта; З(РЕ)-затраты по ресурсам проекта; ЭЭ-экономический эффект от снижения ресурсоемкости проекта.

Безопасность ресурсообеспечения проекта имеет вид

$$ОБ1: \{(З+П+Зур)/З\}> 1 \quad (11)$$

$$ОБ2: \{(З+П+Зур)/З\}= 1 \quad (12)$$

$$ОБ3: \{(З+П+Зур)/З\}> 1 \quad (13)$$

где

ОБ1-область безопасности первой зоны; П-прибыль ;Зур-затраты на управление риском.

Таблица.2. Матрица планирования параметров СТМ ресурсосбережения проекта

№	Параметры системы управления	Варианты программирования мероприятий ресурсосбережения					Эффект
Тренд «Рс-Фц-З»	*Рс=f(Попр,Пкр,Погр,Птхр)*	+			…	+	*Эи*
	Пi= f(Фцi)		+			+	
	Фi= f(З, Дх)j			+	…	+	

Примечания: Эи – интегрированный эффект оценки.

Алгоритм использование моделей для анализа и синтеза преобразований ресурсов включает:

1.формирование системотехнической модели проекта (1), в которой отображаются базове решения- блоки системы, параметры системы ,этапы жизненного цикла проекта, факторы наопределенности и риска;

2. формирование поэтапной модели жизненного цикла проекта(2),в которой отображаются поэтапные преобразования ресурсов проекта;

3. формирование стохастической модели проекта(3), в которой отображается поэтапные области определенности, неопределенности и риска преобразования ресурсов;

4. формирование функциональной модели(4), в которой отображается функциональные соотношения затрат ресурсов;

5. формирование экономической модели (5), в которой отображается затраты и чистые доходы на преобразование ресурсов;

6. формирование инвестиционной модели(6), в которой отображается инвестиции на преобразования ресурсов;

7. формирование финансовой модели(7), в которой отображается динамика денежных потоков на преобразование ресурсов;

8. оценка эффективности(8-10) и безопасности решений(11-13) по преобразованию ресурсов.

Стратегии и мероприятия управления реурсами объекта выбираются в соответствии с принятой концепцией ресурсосбережения объекта, на основе которой устанавливаются организационная схема программы ресурсообьеспечения проекта. Матрица планирования параметров ресурсосбережения проекта приведена в табл.2.

Экономический эффект от ресурсной томографии определяется за счет получения возможности многоаспектной оценки использования стратегии преобразования ресурсов [3]:

$$Эи = Эоп + Экс + Эор + Этх \qquad (14)$$

где

Эоп-эффект от корректировки объемно-планировочных решений;Экс-эффект от корректировки конструктуивных решений; Эор- эффект от корректировки организационных решений; Этх-эффект от корректировки технологических решений.

Проведенными расчетами установлено, что методический подход обеспечивает достаточный уровень достоверности оценок изменения ресурсов за счет системного взаимодействия инженерных, экономических, финансовых и внешних факторов при разработки стратегии ресурсосбережения проектов.

Выводы

1. Системотехническое решение проектов в значительной степени определяет ресурсоемкость решений, что в значительной степени определяет конкурентность проекта.

2. Приведенный модельный комплекс обеспечивает возможность многостороннего диагностирования ресурсоемкости для целей корректировки прараметров проекта.

3. Эффективность и безопасность стратегии преобразования ресурсоемкости позволяет осуществлять контроль изменений параметров с учетом факторов неопределенности и риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов В.В. Исследование технологии планирования комплексных строительных процессов в условиях неопределенности [Текст] / В.В. Герасимов, А.В. Иконникова, Н.В. Светышев, А.К. Исаков // Изв. вузов. Строительство. 2018. №3 (699).с.52-61.

2 .Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. - М. : Гострой РФ, 1999. — 623 с.

3. Сафарян Г. Б. Герасимов В В Надежность программирования проектных организационно-технологических решений тр НГАСУ т21 №1(67) 2018.-с.45-49.

УДК 961:327

Кучеренко А А., Причугин А.П., Лавренюк Л.И.
(Одесса, Украина)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИНОЛЕУМА

Аннотация. В строительном материаловедении выбирают исходное сырьё, изучают физико-химические процессы и стараются получить продукт с наперёд заданными свойствами учитывая их только химический и минералогический составы. Авторы считают, что эту и массу других проблем можно решить, учитывая ещё и электронную структуру и строение атомов этих веществ. На примере производства линолеума с учётом электронного строения и структуры их атомов изучена энергетическая мощность исходного сырья .
Ключевые слова: сырьё, состав, атом, заряд, синтез, связь, энергия, анплиз

Annotation. In build materialovedenii choose a feedstock, study physical and chemical processes and try to get a product with the in advance set properties taking into account them only chemical and mineralogical compositions. An author considers that this and mass of other problems can be decided, taking into account an electronic structure and structure of atoms of these matters yet and. On the example of production of linoleum, except for the formulas of high molecular connections and napolniteley, an electronic structure and structure of their atoms is taken into account.

В области строительного материаловедения отсутствуют сколь либо серьёзные теоретические основы, что не позволяет на должном уровне выбрать исходное сырьё для строительного материала (СМ) или. создавать новые СМ. Опираясь на знание только химического и минералогического составов исходного сырья, невозможно объяснить механизм отвердевания смеси, механизм срабатывания разного рода добавок, принять их за единую оценку свойств от исходного сырья до конечного продукта. Выбрать исходное сырьё для СМ специального назначения, заранее рассчитать возможность получения его с нужными свойствами. Обеспечить стойкость СМ в агрессивных средах, сознательно создать нужную структуру и строение его и многое другое, что всё ещё изучается по методу последовательных приближений. И в тоже время сегодня успехи в области электрохимии столь значительны, что появилась необходимость в изучении природы сил, связывающих отдельные атомы друг с другом и создающие новое твёрдое тело, стойкое в заданной среде.

Природа любого атома имеет электрическую основу: положительно заряженное ядро и отрицательно – электроны. То же у

оксидов, молекул, кристаллов, минералов и др. Заряд ядра определяет все свойства атома [1], а свойства атома обеспечивают все свойства конечного продукта [2]. Производные зарядов атомов: электрическое, магнитное и электромагнитные поля определяют прочность межатомных химических связей – это нервы СМ, чутко реагирующие на условия окружающей среды. – электромагнитные взаимодействия являются фундаментальными силами природы [3]. Но прежде они обеспечивают жёсткость или эластичность, пространственную или слоистую структуру СМ и многое другое, что может заранее решить дисциплина «Электрохимия». Физики ядерщики пишут «В природе нет ничего кроме электричества: плюса и минуса» [4]. Именно электрическую основу атомов, оксидов или минералов технолог не учитывает при создании и эксплуатации СМ и, к сожалению, не изучает «Электрохимию» в строительных ВУЗах. Убедить технологов в необходимости ликвидировать эту проблему и принять её за основу – наша задача.

В статье приведён методологический пример развития науки на атомарном уровне в области оценки качества исходного сырья для линолеума заводского изготовления и состава. Перечень исходного сырья приведен в таблице 1,графе 1, химические формулы (графа 2) и расход их в процентах – в графе 3.

Таблица 1. Химический и количественный составы главнейших составляющих линолеума

Характеристика молекул индивидуальных				Всего в 1 кг смеси молекул	
Исходное сырьё	формула	%	Масса , $m \cdot 10^{-24}$, г	Масса, г	Кол-во, $N \cdot 10^{24}$,шт,
1	2	3	4	5	6
Поливинилхлорид	$(C_2H_3Cl)_n$	44,4	103,6	444	4,286
Стеарокс	C_2H_6O	0,5	76,39	5	0,065
Диоктилфталат	$C_{24}H_{38}O_4$	15	647,1	150	0,232
Известняк	$CaCO_3$	17	100,1	170	1,7
Пігмент жолтый железо окисный	Fe_2O_3	8,1	265,0	81	0,306
Кварцевый песок	SiO_2	15	99,6	150	1,506
Всего в 1 кг линолеума				1000	8,1

Рассчитываем массу одной формулы исходя из того, что один атом водовода (Н), согласно таблицы Д.И.Менделеева, молекулярной массы 1,008, весит $1,67 \cdot 10^{-24}$ грамма [1] Величина эта относительная, т.е. относительная атомная масса (о.а.м.), показывает во сколько раз масса атома одного элемента больше другого. Поэтому вычисляем переходный коэффициент массы атома: $К_м$ =1,67:1,008=1,657. В качестве примера приводим расчёт массы самого сложного

диоктилфталата, $C_{24}H_{38}O_4$, По таблице Менделеева находим относительную атомную массу каждого атома и умножаем на количество атомов каждого вида в диоктифталате. Масса молекулы диоктилфталата сложена из относительной массы атомов углерода C=12,011, их 2 4 шт, водорода H_{38} = 1,008 и кислорода O = 16 – их 4 шт. Тогда масса углерода: C_{24}=12,011•24=288,26 о.а.м., водорода: H_{38}=1,008•38=38,3 о.а.м. и кислорода: O_4=16•4=64 о.а.м. Масса всех атомов полимера: $\sum C_{24}H_{38}O_4$=288,26+38,3+64 =390,56 о.а.м. Итого масса комплекса всех атомов диоктилфталата:
$m_{C24H38O4} = K_м \bullet \sum C_{24}H_{38}O_4$=1,657•390,56=647,1, что и приведено в табд.1, графа 4, т.е. масса одной молекулы диоктилфталата равна $647,1 \bullet 10^{-24}$ грамма. Аналогично определяем массу каждого исходного сырья граф 1 и 2, табл.1 и результаты заносим в графу 4.

Расчёт расхода исходного сырья на 1 кг продукта с учётом процентного содержания каждого находим по интерполяции: M=1000•44,4:100. =444 г, что и вносим в графу 5, табл. 1. Аналогично рассчитываем остальные полимеры и оксиды. В итоге складываем все цифры графы 5 и видим, что сумма их равна 1000 г, т.е. 1 кг, следовательно, расчёт произведён правильно.

Количество компонентов в 1 кг линолеума определяем по формуле: N =(M: m)$\bullet 10^{-24}$, шт. Где: M – масса компонентов в 1 кг линолеума, (графа 5, табл. 1), грамм; $m \bullet 10^{-24}$,- масса одного полимера (графа 4 табл. 1), грамм. Например, определяем количество молекул поливинилхлорида в 1 кг линолеума: N=(444: 103,6)$\bullet 10^{-24}$,= $4,286 \bullet 10^{24}$,шт, Количество в 1 кг продукта остальных компонентов определяем аналогично, а результаты заносим в графу 6.

По вещественному составу исходное сырьё для линолеума полов включает две группы: высокомолекулярные полимерные соединения, выполняющие роль вяжущего и наполнители, образующие каркас, создающие структуру и придающие прочность линолеуму. По количественному составу больше всего поливинилхлорида и в равном количестве сумма наполнителей. Именно они определяют качество продукта, технологию и оборудование. Поэтому в дальнейшем мы изучаем их энергетические характеристики.

В технологии бетона, как и в природе, особое значение имеют эффективные электрические заряды атомов оксидов и полимеров. [5]. Зная массу, процентное содержание и эффективные заряды оксидов можно узнать их количество и энергетическую мощность исходного сырья для линолеума (табл. 2). Расчёт их проведён с учётом справочных данных [6,7]. В качестве примера считаем эффективный заряд ($q_{эф}$) твёрдой фазы – оксида $CaCO_3$ с учётом положительно заряженного Ca= +2,8 а углерода C=+3,1 и отрицательно заряженного O=–4,3:

$$q_{CaCO3}=q_{Ca} + q_C+q_O = q^{+}2{,}8 +q^{+}3{,}1 + q^{-}4.3\bullet3=(+5{,}9)+(-12{,}9)$$

Из них положительных зарядов: 2,8+3,1=+5,9 эВ. Эту цифру заносим в табл.2, графа 2. Отрицательных: $q^{-}= {}^{-}4.3\bullet3=-12{,}9$ эВ, заносим в табл.2, графа 3. Разность между большим -12,9 эВ и меньшим : +5,9 эВ и есть эффективный, т.е. избыточный, заряд суммы атомов $CaCO_3$: $q_{эф}$ =–7 эВ.

Результат расчёта заносим в табл.2, графа 5. Остальные полимеры – по аналогии.

Таблица 2 .Энергетический состав исходного сырья для линолеума

Характеристика одного вещества				в 1 кг линолеума	
Вид формулы	Плюс, +q	Минус, –q	Эффективный, $q_{эф}$	Кол-во, $N\bullet10^{24}$, шт,	Зарядов, $-q_{эф}$ $G\bullet10^{24}$, эВ
1	2	3	4	5	6
$(C_2H_3Cl)_n$	9,2	5,8	+3,4	4,286	+14,6
C_2H_6O	12,6	4,3	+7,9	0,065	+0,52
$C_{24}H_{38}O_4$	112,4	17,2	+95,2	0,232	+22,07
$CaCO_3$	5,9	12,9	–7,0	1,7	–11,2
Fe_2O_3	8,6	12,9	–4,3	0,306	–1,32
SiO_2	4,0	8,6	–4,6	1,506	–6,93
Всего	91,5	61,7			+40,2/–19,5

В табл. 2, графе 5 приведено для наглядности количество всего исходного сырья для 1 кг линолеума, т.е. их смеси, что мы рассчитали и привели в табл. 1, графе 6. Для примера рассчитаем энергетическую мощность поливинилхлорида, $(C_2H_3Cl)_n$, по формуле:

$$G\bullet10^{24}, = q_{эф} \bullet N\bullet10^{24} = +3{,}4\bullet4{,}286 \bullet10^{24} =+14{,}6 \text{ эВ}$$

Результат , +14,6 эВ, заносим в табл. 2, графу 6. Остальные полимеры рассчитываем аналогично и данные заносим в соответсвующие ячейки графы 6 и суммируем одинакового знака.

. По степени заряженности, (графа 6), чётко просматривается две группы веществ исходного сырья: $+40{,}2\bullet10^{24}$ положительно заряженные высокомолекулярные соединения (первые 3 графы 1) и $-19{,}5\bullet10^{24}$ отрицательно заряженные наполнители (последние 3 грфы 1). Но положительных зарядов.в 2 раза больше, чем отрицательно заряженных. Хорошо это или плохо? Отрицательно заряженный атом– это твёрдое вещество одного знака, второй – положительно заряженный атом тоже твёрдое вещество противоположного знака. Они притягиваются друг к другу, соединяются (синтез) в обобществлённое третье твёрдое вещество электронейтральное. Именно третье твёрдое вещество и есть первый кирпичик в создании любого СМ, стойкое в любой окружающей среде потому что оно

электронейтральное. Получить электронейтральный СМ можно, когда в исходном сырье присутствует одинаковое количество плюсов и минусов. Нехватка мощности положительных зарядов проведёт к недоиспользованию отрицательных и поиску добавки с большим количеством положительных зарядов, потому как задача синтеза + и – создать твёрдое тело электронейтральное и с минимальной энергией.

В представленном исходном сырье для линолеума положительных зарядов в 2 раза больше, чем отрицательных. Округлённо в исходное сырьё надо добавить $20 \cdot 10^{24}$ эВ отрицательных зарядов. Считаем необходимым добавить в исходное сырьё золу-уноса ТЭС Украины согласно данным [8]. Её энергетика это позволяет, табл. 3.

Согласно расчётам табл. 3 в золе уноса отрицательно заряженных атомов в 2 раза больше, чем положительных. Из $-60{,}2 \cdot 10^{24}$ эВ отрицательных зарядов половина вступят в химическую реакцию с $+30 \cdot 10^{24}$ эВ положительными зарядами золы-уноса. А оставшиеся неиспользованными $-30 \cdot 10^{24}$ эВ золы-уноса вступят в реакцию с избыточными положительными зарядами линолеума. Если продолжить расчёты табл. 3 по аналогии с табл.2, то теоретически определим точный

Таблица 3..Энергитический состав главнейших оксидов золы-уноса

Характеристика зарядов одного оксида, эВ			
Вид оксида	Положительный, $+q$	Отрицательный, $-q$	Эффективный, $-q_{эф}$
CaO	2,8	4,3	1,5
SiO_2	4,0	8,6	4,6
Al_2O_3	6,8	12,9	6,1
Fe_2O_3	8,6	12,9	4,3
MgO	2,8	4,3	1,5
SO_3	5,2	12,9	7,7
Всего	30,2	60,2	

процент добавки в состав линолеума. Это и есть элемент расчёта состава СМ с наперёд заданными свойствами с одной стороны. А с другой – можно ли предвидеть соотношение + и –, если не учитывать электрическое строение атомов, оксидов и высокомолекулярных соединений? Это соотношение больше влияет на степень использование вяжущего и на скорость отвердевания смесей.Очень важна и энергетическая мощность вяжущего, которая напрямую зависит от величины заряда атомов, т.е. величины + и –. Она определяет силу связей атомов, а, следовательно, прочность СМ, табл. 4. Одни в 3 раза слабее

Таблица 4. Энергия межатомных связей сырья для линолеума [6,7]

Исходное сырьё	Межатомные связи		Энергия связей, кДж/моль		Моль, шт	Энергетика исходного сырья, кДж
	вид	кол–во, шт.	одной	всех		
C_2H_3Cl	С–С	1	347	2321	0,712	1653
	С–Н	3	415			
	С– Cl	1	397			
C_2H_6O	С–О	1	1076	3983	0,011	44
	Н-О	1	485			
	С–С	1	347			
	С–Н	5	415			
$C_{24}H_{38}O_4$	С–Н	38	415	21318	0,064	1364
	С-О	8	1076			
	С–С	20	347			
$CaCO_3$				2860	0,282	807
Fe_2O_3				2373	0,51	1210
SiO_2				1861	0,25	465
Энергия межатомных связей в 1кг линолеума, кДж/кг						5543

других, т.е. возможен вариант замены слабых связей сильными, что изменит энергетику исходного сырья и свойства СМ. в данном случае энергетика исходного сырья для линолеума равноценна сжигинию 0,22 м3 газообразного топлива Мариупольского месторождения [9].

Выводы. Показано, что все высокомолекулярные соединения имеют избыточные положительные заряды. Их в 2 раза больше чем отрицательных. Они могут выполнять роль балласта. Рекомендовано ввести в состав исходного сырья добавку золы-уноса. В ней отрицательных электрически заряженных атомов в 2 раза больше, чем положительных. К тому же зола повысит износостойкость линолеума для пола. Доказаны преимущества и необходимость учёта электронного строения и структуры атомов, входящих в состав исходного сырья.

Библиография

1. Гороновский И-Т-Краткий справочник по химии.Ю.П.Назаренко, Е.Ф.Некряч. Из-во АН УССР, К.: 1982. -660 с.
2. Алесковский В.Б. Химия твёрдых веществ /В.Б. Алесковский – И.: В. шк. 1978.-256 с.
3. Каганов М.И. Природа магнетизма. /М.И.Каганов, В.М.Цукерник –М.:, -Наука. 1982. – 192 с.
4. Иоффе А.Ф. О физике и физиках /А.Ф.Иоффе. Л.: Наука, 1985. – 344 с.

5. Кучеренко А.А. Энергия межатомных связей определяет свойства бетона. 6-я всеукраинская НТК /Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону, Одеса-К.: 2011.
6. Бацанов С.С. Структурная химия. Факты и зависимости /С.С Бацанов. – М.: Диалог-МГУ, 2000. -292 с.
7. Кузнецова Т.В. Физическая химия вяжущих материалов /Т.В. Кузнецова, И.В.Кудряшов, В.В.Тимашов –М.:В.шк., 1989. 384 с.
8. Кучеренко а.а. Выбор исходного сырья на наноуровне и механизм отвердевания смеси Тр. Всероссийской н.п.к. актуальные вопросы современного строительства,– 2016 г. Вып. 1. –С.144-150
9. Кучеренко А.А. Тепловые установки заводов сборного железобетона. Проектирование и примеры расчёта. Учебное пособие /АА Кучеренко, -Вища школа, -К.: 1977. –280 с.

В. И. Белан, И. В. Белан, О.В. Тимофеева
(Новосибирск, Россия)

НОВОЕ В ОБЯЗАТЕЛЬНОМ ДЕКЛАРИРОВАНИИ

В соответствии с тенденциями принятыми в мировом сообществе в России принята еще одна форма подтверждения соответствия – **декларирование соответствия**. При такой форме подтверждения соответствия Российский поставщик (продавец) продукции берет на себя ответственность за соответствие продукции требованиям отечественной нормативно-технической документации на основании проведенных испытаний. В данном случае органы по сертификации лишь проверяют правильность оформления декларации и регистрируют, легализую ее юридическую силу.

Декларация соответствия — документ, который удостоверяет соответствие принятым нормам технических регламентов или ГОСТов. Наличие декларации необходимо для законного обращения товара на рынке. Исключение составляют группы товаров, для которых предусмотрено подтверждение в форме обязательной сертификации или прохождение процедуры государственного контроля с последующим оформлением свидетельства о государственной регистрации продукции

При оформлении декларации на соответствие национальным стандартам (согласно Постановления Правительства РФ № 982 от 01.12.2009г.) следует иметь в виду, что декларация не имеет специально установленного бланка. Организация, принимающая декларацию, может заполнить ее самостоятельно. Но правильное

квалифицированное заполнение этого документа лучше предоставить профессионалам, которые правильно укажут верное наименование и соответствующие коды продукции, нормативно-техническую документацию, соответствие которой подтверждается данной декларацией, а так же документы, на основании которых принимается декларация.

Продукция, подлежащая обязательному декларированию и на которую оформлена декларация о соответствии, маркируется Знаком соответствия при обязательном декларировании.



С 27.12.2018 года в список продукции подлежащей обязательному декларированию о соответствии внесены сухие смеси и теплоизоляционные материалы.

Сухие смеси имеют ряд преимуществ

- получение строительных растворов при минимальных затратах трудовых и временных ресурсов, практически необходимо затворение водой и перемешивание;
- экономия дорогостоящих компонентов (минеральных вяжущих): гипса, извести, цемента за счет рационально подобранных составов, пластифицирования смеси и придания водоудерживающей способности получаемым растворам;
- круглогодичное использование растворных смесей как при отрицательных, так и при положительных температурах, а это очень важно для сибирских климатических условий;
- снижение нерациональных отходов растворов на 5-10% в результате приготовления строго заданного объема смеси в соответствии с предполагаемым проектным решением или заданием;
- стабильность качественных показателей получаемых растворов в результате ранее установленной дозировки основных компонентов и добавок направленного действия, независящая от технологии перемешивания;
- снижение транспортных расходов и повышение производительности труда строительных рабочих на 15-25%, за счет постоянного максимального использования свежеприготовленных строительных растворов, обладающих улучшенными пластическими свойствами;

- улучшение качества выполняемых строительных и монтажных работ при некотором снижении трудоемкости технологических процессов.

Современные сухие строительные смеси производятся на заводе путем смешивания всех необходимых материалов. Это гарантирует неизменный состав и качество сухих строительных смесей при отгрузке потребителю, вне зависимости от партии. **На** строительных объектах для отделочных и строительных работ преимущественно (в 90% случаев) используются предварительно перемешанные сухие материалы заводского изготовления, которые принято называть сухими строительными смесями (ССС). В остальных 10% случаев используются готовые растворы, которые доставляются на строительные объекты цементовозами. Доля традиционных растворов, изготавливаемых непосредственно на стройплощадке, составляет менее 1%... Такое использование в строительных и отделочных работах ССС свидетельствует прежде всего о новом, качественном уровне современных технологий

Еще 10 лет назад до 95% смесей были импортного производства, но ситуация меняется и сейчас основная доля ССС это отечественная продукция. В России много хороших предприятий, которые делают смеси на уровне импортных производителей, но при этом выигрывают в стоимости.

Вопрос о качестве

Стабильное качество продукции могут обеспечить только серьезные предприятия, так как для достижения высоких потребительских и эксплуатационных характеристик ССС необходимы: качественное минеральное и органическое сырье (например, сухой фракционированный песок, гашеная известь, различные виды гипсов и цементов); точная дозировка всех ингредиентов и тщательное их перемешивание для достижения максимально однородного состава (это требует соответствующего оборудования, в частности, специальных промышленных смесителей);дорогие химические добавки, которые обеспечивают ССС необходимые свойства и области применения; жесткий контроль сырья, технологический контроль непосредственно в процессе производства, выходной контроль за соответствующими партиями продукции; собственная лаборатория, оснащенная весьма дорогим оборудованием, которая осуществляет постоянный мониторинг качества выпускаемых ССС, а также ведет исследовательские работы по совершенствованию продуктовой линейки и созданию новых, востребованных рынком, видов сухих смесей.

Очевидно, что мелкие, а тем более "полуподвальные" производители, не могут выдержать эти условия и нести подобные затраты, а значит, обеспечить должное качество своей продукции

Наличие на рынке ССС некачественной, фальсифицированной и контрафактной продукции не позволяет развиваться отрасли. В нашей страны главным критерием зачастую, при выборе продукции является цена. В момент покупки потребитель не в состоянии проверить качество, приобретаемой им продукции и полагается на принцип «если нет разницы, зачем платить дороже». К сожалению, не все производители продукции ответственно относятся к контролю качества выпускаемой ими продукции, более того, некоторые исходят не из принципа соответствия минимальным техническим характеристикам продукции, а из принципа минимальной себестоимости продукции. В таких условиях о цивилизованной конкуренции речь уже не может идти.

Исходя из понимания текущей ситуации, и с целью развития отрасли Ассоциация «Союз производителей сухих строительных смесей» инициировала изменение порядка подтверждения соответствия выпускаемой продукции. 17 мая 2017г. вышло постановление Правительства РФ №717, в котором смеси строительные и растворы строительные включаются в перечень продукции, подлежащей *обязательному подтверждению соответствия в форме декларирования по схеме на основании собственных доказательств* (в отсутствие Технического регламента на строительную продукцию перечень ведется в соответствии с постановлением Правительства РФ №982 от 1 декабря 2009г.). В соответствии с приказом Минэкономразвития № 752 от 24.11.2004 держателем реестра деклараций о соответствии является ФСА Росаккредитация. В этом же приказе описывается порядок получения декларации о соответствии. Декларацию о соответствии выпускаемой продукции производитель может получить *самостоятельно* или с помощью аккредитованного органа. Продукция должна соответствовать требованиям национальных и межгосударственных стандартов, действующим на территории РФ

ЮРИДИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

¬ Недостоверное декларирование соответствия продукции – влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от пятнадцати тысяч до двадцати пяти тысяч рублей; на юридических лиц - от ста тысяч до трехсот тысяч рублей.

¬Действия, повлекшие причинение вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений либо создавшие угрозу причинения вреда жизни или здоровью граждан, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, - влекут наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от тридцати пяти тысяч до пятидесяти тысяч рублей; на юридических лиц - от семисот тысяч до одного миллиона рублей.

¬ Реализация продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия, без указания в сопроводительной документации сведений о сертификате соответствия или декларации о соответствии влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от двадцати тысяч до сорока тысяч рублей; на юридических лиц - от ста тысяч до трехсот тысяч рублей.

Как правило, факт нарушения выявляется в ходе плановых и внеплановых проверок со стороны Росстандарта, Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, прокуратуры и т.д.

Я.Дуйнхэржав, Р.Хишигээ, Ж.Сарантуяа,
Монгольский Университет Науки и Технологии
(Улан-Батор, Монголия)

ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИИ

Архитектурно-строительный Институт
Монгольский Университет Науки и Технологии

A SEISMIC RESISTANCE ASSESSMENT ISSUE OF MASONRY BUILDINGS

YA.Dujnhehrzhav, R.Hishigeheh, ZH.Sarantuyaa

Conclusion

The building passportization is important activity organized to reduce public safety risk. Even though the importance of this action is understood regulating building codes, relevant testing procedures still need improvement. A part of this is the building dynamic properties data inclusion in the building code and testing methods. Natural frequency of the masonry building is measured, calculated and modeled by Monomax software. When obtained results of these three are compared then in transverse direction natural period

of masonry building number 27 difference between Monomax and the measured is 13.1%, the calculated and the measured is 39% ; in longitudinal direction natural frequency difference between Мономах software and the measured is 24.7%, the calculated and the measured is 7.4% are obtained.

Introduction

From a statistics, 39.8 percent of Ulaanbaatar city population lives in residential apartments and rest of the population lives in ger area. Ulaanbaatar city has 3798 residential apartments and 33 percent of them is masonry buildings. 91 percent of all city school and hospital buildings is masonry buildings [10]. City Government organized a building quality state investigation in 2011-2015 and within this work total of 542 masonry buildings were investigated. 278 buildings were assessed as not qualified for seismic resistance requirements and 5 buildings' occupation was terminated and were demolished as a result of the investigation.

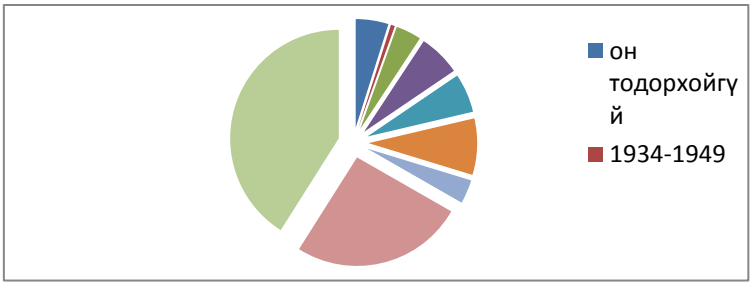


Fig 1. Masonry buildings' the actual service life range

From the study it is concluded that 43 percent of the masonry buildings that were built before 1962 doesn't comply seismic resistance requirements. These buildings actual service life exceeds 60 years and their operational cost and public safety risk increase becomes significant by each year. Therefore the building quality state diagnosis, seismic resistance assessment and documentation through passportization in Ulaanbaatar city buildings had been done to as the first step toward public safety risk mitigation.

1. Building passportization methodology

Currently used building passportization methods can be classified into three groups: (1) expert evaluation method, (2) analytical estimation method, and (3) technical diagnosis method [9]. These methods have advantages but also have some shortcomings.

Expert evaluation method is the cheapest and the widely used method in seismic resistance assessment, at the same time it is prone to mistakes. Analytical estimation method uses normative design concepts that base on linear elastic model and conditional loading. The advantage of the method is

an account of actual material physical and mechanical characteristics and most importantly physical deterioration of structures can be accounted. But it requires time and labor consumption. Technical diagnosis method reveals structure defects allowing their limitations. But a causing factor of defects cannot be revealed, it also cannot determine defects in structural connections and joints. In this method the structure diagnosis is possible only in a microlevel of dynamic action.

The building seismic resistance capacity assessment follows building codes [1, 2]. According to these building codes the building seismic resistance assessment bases on the results of a preliminary study, a sectional study, and a detailed study [1]. But these building codes do not specify any building dynamic properties [1,2]. Advanced country building codes use different test methods to determine building dynamic properties. But most of them uses artificial induced oscillation in building testing and it requires significant time, material cost and it possibly can cause structural deformation during and after testing. Microtremor method or low amplitude vibration method is a widely used and efficient method and used in this study.

2. Masonry building passportization

The authors studied a residential building number 27 located in 6th horoo of Sukhbaatar district of Ulaanbaatar city to assess its seismic resistance capacity Fig.2.



Fig 2. East side of the building



Fig 3. Damaged building apron

About the building: The building is 4 story masonry building and consists of 3 blocks. Building design documents were done in 1961 by Ulaanbaatar city Building Design Institute. A building construction was done by Ulaanbaatar city Construction Trest company. The building has reinforced concrete strip footing, structural load bearing masonry wall and reinforced concrete precast slab.



Fig 4. Building wall state in the stair hall



Fig.5. Brick test

2.1 Structural preliminary diagnostic study

The building structural state was examined at first against the design documents. In this stage, changes from the design documents, and an effect of changes on structural load bearing capacity and general spatial stiffness of the building are revealed and visual observation of structural members to determine defects such as settlement, cracking etc is done. It is observed visually that a concrete apron of the building is damaged due to a ground and footing settlements (Fig 3). Entrance stair and the first story floor slabs are damaged too. In the first floor, 13 window openings are changed into door openings (Fig 2) and in 19 apartments, internal partition walls are removed for the larger room space. Wooden partition walls settled down with openings in the wall slab joints. Wooden floor decks have movements due to their deteriorated quality. Water leakage from a roofing and sanitation pipes is tracked in 10 apartments that causes wall and floor deterioration leaving visible spots in them (Fig 4).

2.2 Structural detailed diagnostic study

Masonry mortar and brick samples from the wall around window opening was tested using PSU-125 and P-10 compression test machines and a compression strength measured is 50kg/cm^2 for the brick and 25kg/cm^2 for the mortar (Fig 5). The concrete grade of the reinforced concrete precast slab is B15 and of the reinforced concrete footing is B12.5. Masonry wall intersections are reinforced and the reinforcement state is examined by Proposcopy device. Reinforcement corrosion is in normal state.

The building dynamic properties are measured by microtremor device of model 1134TcSEIS-MTNEO produced in Japan. The test result is shown in

Fig 6.



Fig 6. Microtremor

2.3 Structural calculation and results comparison

Seismic resistance calculation is done following a building code [6] and an approximate value of the masonry building's natural period was determined as follows:

In transverse direction $T=0,0105H +0,0771$ (1)
In longitudinal direction $T=0,0106H +0,0775$ (2)

From the calculation, the studied building's natural period of masonry building number 27 is 0.205 sec in transversal direction and 0.2067 sec in longitudinal direction.

Modeling using Мономах software is done and the studied building's free vibration period is 0.25197 sec in transversal direction and 0.295197 sec in longitudinal direction.

Measured and calculated the free vibration period values are given in the below table.

Masonry building natural period					
1134TcSEIS-MTNEO		Calculated		Мономах software	
Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse
0,222	0,285	0,2067	0,205	0.295197	0.25197

Reference:
1. BD 31-102-00 Old building seismic resistance capacity estimation manual. Ministry of Infrastructure, UB 2000, 69p.

2. BD 31-103-00 Methodological guideline of passportization of buildings in seismic regions, Ministry of Infrastructure, 2000. 20p
3. BNbD 51-02-05 Masonry structure. БХБЯ. УБ 2005. 29p
4. BNbD 22.01.01*/2006 Building Structural Design in Seismic Regions. Ministry of Construction, Urban Development, UB 2006. 42p.
5. ГОСТ Р 54859-11. Building structures. Determination of parameters of natural frequency basic tone,
6. BD31-105-02 Instruction to masonry building design under seismic action,
7. Djabarov, M., Masonry building strengthening in seismic regions using pneumo-concrete and plaster layer, PhD dissertation, Tajikistan Academic Science, Institute of Seismic resistant construction and seismology, Dushanbe, 1986, 221p,
8. Soloshenko, A.B., Determination of dynamic characterization of buildings using generator induced vibration, Construction and technogenious safety, No 43, 2012, 74-79pp,
9. Rikunov, L.N., Havroshkin, O.B., Tsiplakov, V.V., Seismic noise of the earth, Earth and Universe, 1985, No.1, 2-8pp,
10. Seismic resistance capacity assessment report of building No, 6th horoo, Sukhbaatar district, Baga Toiryy, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ***Теоретические и методологические вопросы развития науки в области оценки качества строительных и специальных материалов*** ***6***

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ
А.П.Пичугин, А.С.Денисов,
В.Ф.Хританков, (Новосибирск, Россия)
В.Н.Выровой (Одесса, Украина) *6*

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В.И. Белан (Новосибисрк, Россия)
А.И.Кудяков (Томск, Россия)
Г.Б.Фишер, (Веймар, Германия) *12*

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
Н.Г. Стенина, (Новосибирск, Россия)
А.Данечек (Прага,Чехия) *17*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО РЕМОНТУ ПОВРЕЖДЁННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОЙ КЛЕЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ
Х. Баатарсурэн, С. Чулуунхуяг, Б.Лхагвадулам
(Улан-Батор, Монголия) *24*

ПРОБЛЕМЫ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ К ВОПРОСУ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ
А.В.Пермина , И.В Белан (Новосибирск, Россия) *27*

ПРОБЛЕМАТИКА ВНЕДРЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК
И.М,Себелев, Н.П.Карасёв, М.Б Базарова
(Новосибирск, Россия) *30*

ПРОЦЕССЫ КОРРОЗИИ БЕТОНА И ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ
А.А.Шаталов, А.П.Пичугин, Ю.И.Бик, (Новосибирск, Россия)
К.Ковлер (Хайфа, Израиль) *32*

ПРОЦЕССЫ СТАРЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА
Басалаева М.Е., Киричёк В.А.Каткова Т.Ф.
(Новосибирск, Россия) *38*

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ НА СЫРЬЕВОЙ БАЗЕ СИБИРСКИХ РЕГИОНОВ
Лукьянчиков С.А. (Томск, Россия)
А.А.Кучеренко (Одесса, Украина) *40*

ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СМЕСЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ.
Е.А.Сорокина, В.В.Гулёнин.(Томск, Россия) 43

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНОПОЛИМЕРА
А.Ф. Бернацкий (Новосибирск,Россия)
И.В.Барабаш (Одесса, Украина) 46

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЛЕГКОГО БЕТОНА
А.С.Денисов, В.Ф.Хританков, А.П.Пичугин, Е.Г. Пименов (Новосибирск, Россия)
А.А.Кучеренко (Одесса, Украина 54

2. ***Физико-химические исследования процессов, обеспечивающих эффективные показатели и качество композиционных материалов*** ***59***

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ
Г.И.Бердов, В.Ф.Хританков, С.А.Виноградов, М.А.Пичугин (Новосибирск, Россия) 59

СРАВНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЗОЛ БУРЫХ УГЛЕЙ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА
В.К. Козлова, В.М. Каракулов, В.В Логвиненко (Барнаул, Россия) 63

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ СФАЛЬТОБЕТОНА
Степаненко И.С.,, Пшенникова В.В., Каркавина У.А., Каткова Т.Ф., Завадская Л.В. (Новосибирск, Россия) 68

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА АСФАЛЬТО-БЕТОНА ПО МЕТОДУ СИБАДИ
В.Д.Галдина, М.А.Ращупкина, И.Л.Чулкова (Омск, Россия) 71

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ КЕРАМИКИ НА АДГЕЗИЮ В АЛЮМОНИТ-РИДНОМ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОМ УЗЛЕ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ
А.А. Денисова, И.Б. Красный, П.М. Плетнев, Ю.К. Непочатов (Новосибирск, Россия) 76

АНАЛИЗ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ
О.А.Фомина, А.Ю.Столбоушкин, Д.В.Акст (Новокузнецк, Россия) 82

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ БИОКРЕМНЕЗЕМА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕШАННОГО ГИПСОЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО
И.С.Баженова, А.В.Ивакина., А.Ф. Гордина, Г.И.Яковлев (Ижевск, Россия) 89

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОКСИЛАТА НА СВОЙСТВА ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО.
М.Д.Батова, Ю.А.Семенова, А.Ф.Гордина (Ижевск, Россия) 93

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КВАРЦЕВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ ОСАДКА ВОДООЧИСТКИ
С.А. Шахов, Н.Ю.Николаев (Новосибирск, Россия)
В.В. Савинкин (Астана, Казахстан) 99

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ СТРУКТУРООБ-РАЗОВАНИЯ ВЯЖУЩИХ, СТЕНОВЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФТОРАНГИДРИТОВОГО СЫРЬЯ
Л.А. Аниканова, А.И.Кудяков (Томск, Россия)
К.Ковлер, (Хайфа, Израиль) 106

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО КОМПЛЕКСНЫМИ НАНОДОБАВКАМИ
М.А. Шведова (Воронеж, Россия) 111

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПЫЛЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ
А.П.Пичугин, В.В.Банул,(Новосибирск, Россия)
В.Г.Хозин (Казань, Росиия)
Г.И.Яковлев (Ижевск, Россия) 112

ПОЛИСТИРОЛБЕТОН, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКСНЫМ КОЛЛОИДНЫМ МОДИФИКАТОРОМ
Е.В.,Гончикова , Е.В. Доржиева (Улан-Удэ. Республика Бурятия) 116

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЗОЛОКЕРАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОДОБАВОК Al_2O_3 и SiO_2
В.В. Ларичкин, В.А. Кальнеус, Д.А Немущенко (Новосибирск, Россия) 120

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ
А.А.Шаталов, А.П.Пичугин, А. Ю.Кудряшов, А.П.Минаев (Новосибирск, Россия)
А.В.Мишутин (Одесса, Украина) 122

3. ***Пути совершенствования приборного и методологического обеспечения оценки качества материалов при применении наноразмерных компонентов и добавок направленного действия*** ***126***

ИССЛЕДОВАНИЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С КОМПЛЕКСНОЙ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ
А.А Куликова, Н.О. Копаница, О.В.Демьяненко (Томск, Россия) *126*

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК МИКРО- И НАНОКРЕМНЕЗЕМА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА
Л.В. Ильина, М.М. Семенова, А.И. Ильина (Новосибирск, Россия) *131*

ВЛИЯНИЕ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕКОРАТИВНОЙ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ
Д.В. Акст, А.Ю.Столбоушкин, О.А.Фомина (Новокузнецк, Россия) *137*

МОНОЛИТНЫЙ ФИБРОБЕТОН НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКАХ
О.В. Казлитина., Д.М. Сопин, С.А.Казлитин, А.К. Голубинский, Д.А Моторыкин (Белгород, Россия) *143*

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА СИЛИКАТНЫХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ
Б.К.Кара-сал, Т.В.Сапелкина, Н.М.Биче-оол. (Кызыл, Тыва) *147*

ДОРОЖНЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ БЕТОНЫ С ГЛИОКСАЛЬ-СОДЕРЖАЩИМИ ДОБАВКАМИ
А.И.Кудяков, А.С.Симакова (Томск, Россия) *152*

A STUDY ON COMPLEX ANALYSIS OF SOME FLY ASH OF MONGOLIA (ИССЛЕДОВАНИЕ ПО КОМПЛЕКСНОМУ АНАЛИЗУ НЕКОТОРЫХ ЗОЛ-УНОСА МОНГОЛИИ)
Danzandorj Sunjidmaa[1], Sanjay Pareek[2], Shaikhslam Takibai[3], Sosorburam T. Serenbaljid[1],
[1]MUST, Ulaanbaatar, Mongolia; Nihon University Japan,
[3]Pavlodar, Republic of Kazakhstan *156*

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ГЛАЗИРОВАННОГО КИРПИЧА
В.Т. Гуляев, А.Н.Маннапова (Владивосток, Россия) *160*

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А.П.Пичугин, А.С.Денисов, В.Ф.Хританков, М.А.Пичугин, Е.П.Матус (Новосибирск, Россия)
Г.Б.Фишер, (Веймар, Германия) 168

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

И.Ю.Соктоева, Э.А.Оксахоева, Л.А.Урханова, М.Е. Заяханов, Д.Р.Дамдинова (Улан-Удэ. Республика Бурятия) 173

ПЕНОБЕТОН С КОМБИНИРОВАННОЙ ДОБАВКОЙ

А.Б. Стешенко, А.И. Кудяков, (Томск, Россия)
Т.В.Ляшенко, д.т.н., проф.(Одесса, Украина) 177

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

Е.А. Бартеньева, Д.С. Ерофеев, Н.А. Машкин, В.Е. Русаков, Л.В. Полтористова, А.В. Левкович (Новосибирск, Россия) 180

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЛЕГКОБЕТОННЫХ ПОЛОВ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

А.В.Мазгалева, А.Ю.Кудряшов, А.П.Пичугин (Новосибирск, Россия) 184

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБЖИГА НА ПРОЧНОСТЬ И ОГНЕВУЮ УСАДКУ ЖАРОСТОЙКИХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ШЛАКОБЕТОНОВ

А.В.Банул (Новосибирск, Россия) 188

ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А.П.Пичугин, К.А.Никитенко, А.А.Шаталов, М.Г.Алешкевич (Новосибирск, Россия)
И.В.Руссу (Кишинеу, Молдова) 193

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Л.В. Ильина, Л.В. Завадская (Новосибирк, Россия) 200

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМБИНАТОВ В СОСТАВЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Н.К. Скрипникова, М.А. Семеновых (Томск, Россия) 207

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ.

А.С. Шипулин, О.Е.Смирнова, Т.Ф.Каткова (Новосибирск, Россия) 210

4. *Экономико-организационные вопросы эффективного внедрения новых рецептур и технологий с учетом обеспечения качества строительных и специальных материалов* *213*

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГОРОДЕ УЛАН-БАТОР
С.Хаснавч, С.Амарбуян (Улан-Батор, Монголия) *213*
ЛИЦЕВОЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ НА ОСНОВЕ НИЗКОКАЧЕСВТЕННОГО СЫРЬЯ
Л.Н.Тацки , Л.В.Ильина, Н.С.Филин (Новосибисрк, Россия) *217*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ТЫВЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В.Н. Зырянова, (Новосибирск, Россия),
А.П. Очур-оол, (Кызыл,Тыва) *222*
ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ
Е.И.Куцкая, М.А.Елесин (Норильск, Россия) *225*
ПРИМЕРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ
В.Ф.Хританков, А.П.Пичугин, Е.Г.Пименов, М.А.Пичугин,
А.Г.Мишин (Новосибисрк, Россия) *229*
ПОДБОР СОСТАВА ПРЕССОВАННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ
О.Е.Смирнова (Новосибирск, Россия)
Л.В.Ильченко, (Бишкек, Киргизия) *237*
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТХОДОВ ЩЕБЕНОЧНЫХ ЗАВОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
А.Е.Бурученко, Г.Н Харук А.А.Сергеев. (Красноярск, Россия) *240*
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ КУЗБАССА
Б.В. Крутасов, Н.А. Машкин (Новосибирск, Россия) *245*
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГО-РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ
В.В.Герасимов, М.П.Сабреков, Е.В.Улитко,Н.В.Светышев
(Новосибирск, Россия) *250*
ПРИМЕНЕНИЕ БЕТОНА ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
А.А. Апызова, А. Г. Петров. (Томск, Россия) *256*

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ И РЕМОНТЕ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА
О.С. Субботин (Краснодар, Россия),
А.Ю. Сафарян (Ереван, Республика Армения) *259*
ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКИХ ДОРОГ
И.М.Хаджиев, (Ургенч, Узбекистан)
А.П.Пичугин, И.К.Язиков, В.А.Бобыльская, Н.А.Батина
(Новосибирск, Россия) *264*
ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРУНТОВ
О.А. Игнатова, А.А. Дятчина (Новосибирск, Россия) *271*
ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СМЕСЕЙ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ ДЛЯ ОСНОВАНИЙ ДОРОГ НА ИХ ДЕФОРМАТИВНОСТЬ
А.Т., Пименов, В.С Прибылов (Новосибирск, Россия) *276*
КОМПОЗИТНАЯ КЕРАМИКА ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ
Е.С. Семанцова, П.М Плетнев, И.В Шемякина.
(Новосибирск, Россия) *278*
ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
А.П.Пичугин, М.О.Батин, Л.А.Митина, И.М.Дзю
(Новосибирск, Россия) *282*
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕМ ИНВЕСТИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ
В.В. Герасимов, Я.Б.Ненашев, М.П.Сабреков, Е.В. Улитко
(Новосибирск, Россия) *288*
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИНОЛЕУМА
А А Кучеренко, А.П.Причугин, Л.И.Лавренюк (Одесса, Украина) *293*
НОВОЕ В ОБЯЗАТЕЛЬНОМ ДЕКЛАРИРОВАНИИ
В. И. Белан, И. В. Белан, О.В. Тимофеева
(Новосибирск, Россия) *299*
A SEISMIC RESISTANCE ASSESSMENT ISSUE OF MASONRY BUILDINGS (ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИИ)
YA.Dujnhehrzhav, R.Hishigeheh, ZH.Sarantuyaa (Улан-Батор, Монголия) *303*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Ответственный редактор
академик РАЕН, д.т.н., профессор Пичугин А.П.

Подписано к печати 11.02.2019 г.
Формат бумаги 30х84 1/16 Усл.Изд.л. 15,5

Новосибирский государственный аграрный университет
630039, г.Новосибирск, ул.Добролюбова, 160