

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия архитектуры
и строительных наук
Ассоциация строительных вузов
Правительство Белгородской области
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова

**Международная научно-практическая
конференция, посвященная 65-летию
БГТУ им. В.Г. Шухова**

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ИННОВАЦИИ
(XXIII научные чтения)**



**Сборник докладов
Часть 4**

**29 апреля
Белгород 2019**

УДК 001.2
ББК 72+65.291
М 43

Научно-технические технологии и инновации: эл. сб. докладов
М 43 Междунар. науч.-практ. конф., Белгород: Изд-во БГТУ, 2019.
– Ч. 4. – 416 с.

ISBN 978-5-361-00698-4

В сборнике представлены результаты исследований, направленных на возможности использования положений геоники для разработки теоретических основ формирования структуры композиционных материалов.

Материалы сборника предназначены для научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и производственных организаций и могут быть полезны для преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов вузов.

Редакционная коллегия: чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. В.С. Лесовик, советник РААСН, д-р техн. наук, проф. В.В. Строкова.

УДК 001.2
ББК 72+65.291

ISBN 978-5-361-00698-4

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Айменов Ж.Т., Сарсенбаев Б.К., Айменов А.Ж., Сарсенбаев Н.Б., Алдияров Ж.А., Сауганова Г. Энергосберегающие ускорения твердения бетона путем использования солнечной энергии.....	8
Айменов Ж.Т., Сарсенбаев Б.К., Сарсенбаев Н.К., Айменов А.Ж., Алдияров Ж.А., Сауганова Г.Р. Гелиотехнические системы и перспективы их применения для тепловой обработки бетонов на основе композиционных вяжущих.....	14
Алфимова Н.И., Кожухова М.И., Шураков И.М., Пириева С.Ю., Гудов Д.В. Анализ областей использования вулканического сырья в строительном материаловедении.....	19
Аль Дулайми Салман Давуд Салман Технологические инновации и решение проблем жилищно-гражданского строительства.....	25
Аль-Бу-Али Уатик Саед Джасаам Закономерности разрушений и трещин в зданиях из-за военных действий в Ираке.....	30
Аль-Бу-Али Уатик Саед Джасаам, Алласханов А.Х. Управление отходами строительства и сноса.....	35
Аль Машрафи Али Нассер Али Нанотехнология способствует строительству уникальных жилищ со многими преимуществами...	38
Аль Машрафи Али Нассер Али Новые технологии, направленные на увеличение производства цемента в Омане.....	42
Баженов Ю.М., Федюк Р.С., Лесовик В.С. Обзор современных высокоэффективных бетонов.....	45
Бурьянов А.Ф., Смирнов М.А., Новиченкова Т.Б., Стученков К.С. Испытание геосинтетического вяжущего на основе гранита и доменного шлака.....	50
Васильев Ю.Э., Ефимов С.Н., Альшин В.А. Особенности применения самоуплотняющихся бетонных смесей на основе добавок «Полигран» и «Sika-viscocrete».....	54
Васильев Ю.Э., Менькина У.О., Селезнев К.А., Рамос А.Л. Эксплуатационное и технологическое старение органических вяжущих.....	58

Володченко А.А., Черепанова И.А. К вопросу формирования структуры неавтоклавных силикатных композитов на основе нетрадиционного сырья.....	69
Володченко А.А., Гладких Е.А. Получение безобжиговых стеновых материалов с использованием глинистых пород.....	75
Володченко А.А., Швецов А.В., Пospelов М.А., Минакова А.В. К вопросу получения силикатных материалов с использованием глинистых пород.....	81
Володченко А.Н. К вопросу выбора алюмосиликатного сырья для получения силикатных материалов.....	87
Воронцов В.М. Композиционное вяжущее с использованием стеклобоя.....	92
Глаголев Е.С. Композиты для 3-Д аддитивного малоэтажного строительства.....	95
Гридчин А.М., Загороднюк Л.Х., Ерофеев В.Т., Аласханов А.Х., Науменко Н.А., Туцкая И.Н. Проблемы переработки отходов строительного комплекса.....	100
Гридчин А.М., Пучка О.В., Козленко Б.В., Ахмед А.А., Ломов М.И. Композиционные вяжущие для высокопористых строительных материалов.....	106
Данилов А.Ю. Анализ компонентов геопolyмерных вяжущих.....	111
Елистраткин М.Ю., Джамиль А.Н., Галкина А.А., Семиохина В.А., Погорелов В.С., Новоселова А.А., Минакова А.В. Применение положений геоники-геоммиметики при разработке отделочных материалов.....	116
Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Шапиро А.Э. Геоника. Геоммиметика и аддитивные технологии.....	121
Елистраткин М.Ю., Шапиро А.Э., Милькина А.С., Лесовик Г.А., Агеева М.С. Геоника. Геоммиметика как основополагающее направление для развития строительной индустрии.....	125
Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Котов И.В., Минакова А.В., Авад Мохамад Незар Геоника. Геоммиметика как ключ к реализации концепции «зеленого» строительства.....	130
Елистраткин М.Ю., Семернин Е.О., Свинцова Т.В., Кириченко Д.Е., Чуриков А.С., Геологические прообразы аддитивно-изготавливаемых строительных композитов.....	135
Ерофеев В.Т., Родин А.И., Тувин М.Н., Утюгова Е.С. Исследование физико-механических свойств газобетонов на основе отходов производства минеральной ваты.....	140

Загороднюк Л.Х., Науменко Н.А., Туцкая И.Н. Зарубежный опыт использования бытовых отходов.....	145
Загороднюк Л.Х., Науменко Н.А., Туцкая И.Н. Альтернативные конструкции для сбора бытовых отходов.....	152
Загороднюк Л.Х., Махортов Д.С., Чепенко А.С., Туцкая И.Н., Науменко Н.А. Пластификаторы на основе белка животного происхождения.....	158
Загороднюк Л.Х., Сарсенбаев Б.К., Махортов Д.С., Чепенко А.С., Туцкая И.Н., Науменко Н.А. Пластифицирующие добавки для цементных систем.....	164
Загороднюк Л.Х., Махортов Д.С., Туцкая И.Н., Науменко Н.А., Чепенко А.С. Вспученный вермикулит – сырье для производства эффективных теплоизоляционных растворов.....	170
Загороднюк Л.Х., Махортов Д.С., Туцкая И.Н., Науменко Н.А., Чепенко А.С. Пути использования вермикулита в строительстве.....	175
Загороднюк Л.Х., Махортов Д.С., Туцкая И.Н., Науменко Н.А., Чепенко А.С. Теплоизоляционные растворы с использованием вспученного вермикулита.....	180
Загороднюк Л.Х., Махортов Д.С., Чепенко А.С., Черепанова И.А., Авад Мохамад Незар Возможность создания сухих строительных смесей на основе закона сродства структур.....	185
Загороднюк Л.Х., Махортов Д.С., Чепенко А.С., Гусейханов С.А. Рациональное использование вулканического пепла.....	190
Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Махортов Д.С., Чепенко А.С. Производство строительных материалов с использованием добавки вулканического пепла.....	196
Казлитин С.А. Мартынова К.Ю., Лазарев П.И., Моторыкин Д.А., Голубинский А.К., Мелкозернистые фибробетоны для полов промышленных помещений.....	202
Казлитина О.В., Глаголев Е.С. Геоника. Геоммиметика – теоритическая основа разработки мелкозернистых бетонов.....	207
Казлитина О.В., Айменов Ж.Т., Моторыкин Д.А., Голубинский А.К., Мартынова К.Ю., Лазарев П.И. Вяжущие для бетонов в нефте- и газо- промышленности.....	211
Казлитина О.В., Айменов А.Ж., Голубинский А.К., Мартынова К.Ю., Лазарев П.И., Моторыкин Д.А. Исследование влияния армирующих волокон на бетон для монолитного строительства.....	216
Казлитина О.В., Мартынова К.Ю., Адонин С.В., Лазарев П.И., Моторыкин Д.А., Антонюк Р. Геоника. Геоммиметика как наука о	

разработке и применении эффективных композитов для монолитного строительства	221
Котлярский Э.В., Арус Навар Сеть автомобильных дорог в Сирии и пути ее восстановления после войны.....	225
Котлярский Э.В., Талалай В.В., Никифоров Р.М. Требования к термопластичным разметочным материалам	238
Котлярский Э.В., Чельшева Н.Ю., Рамос А.Л. Сравнительный анализ технических требований к вязким дорожным битумам.....	246
Куляев П.В., Соколов Р.В. Тонкомолотый известняк в производстве эффективных бетонов	259
Лесовик В.С., Бычкова А.А., Черпанова И.А. Концепции геонического подхода в архитектурном формообразовании.....	263
Лесовик В.С., Фомина Е.В. Концепция метасоматической зональности в строительных композитах	268
Лесовик В.С., Першина И.Л., Бычкова А.А. Геоника. Геомиметика как принцип оптимизации триады «человек-материал-среда обитания»	273
Лесовик В.С., Шаталова С.В., Богун Н.В., Семиохина В.А., Галкина А.А., Новоселова А.А. Геоника. Геомиметика как теоретическая основа совершенствования строительных материалов.....	278
Лесовик Г.А., Щигорев Д.С., Тольпин Д.А. Прогнозирование реакционной способности пород и заполнителей из них.....	283
Лесовик Р.В., Алласханов А.Х., Ахмед Ахмед Анис Ахмед Теоретические аспекты использования фрагментов разрушенных зданий и сооружений.....	287
Лесовик Р.В., Володченко А.А., Швецов А. В., Поспелов М. А., Минакова А. В., Гладких Е. А. К вопросу использования отходов промышленности для создания строительных композитов.....	290
Лисейцев Ю.Л. Вопросы проектирования композитов для сооружений воздушно-космической отрасли.....	295
Лукутцова Н.П., Золотухина Н.В., Мастеров Д.А., Артамонов П.А. Бетон с активной минеральной добавкой	300
Муртазаев С-А.Ю., Алиев С.А., Аласханов А.Х., Хамидов М.А., Муртазаева Т.С-А. Анализ местной сырьевой природной и техногенной базы Чеченской Республики для бетонов и строительных растворов.....	306
Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С-А. Сравнительный анализ суперпластификаторов для монолитных бетонных смесей	313

Павленко А.Д. Перспективы использования щелочеактивированных вяжущих и геобетонов.....	320
Петропавловская В.Б., Бардов Н.П., Матвейчук В.В. Модификация свойств строительного гипса	325
Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Белов Д.В., Баркая А.Т. Деформации ползучести гипсовых композитов	330
Петропавловская В.Б., Завадько М.Ю., Петропавловский К.С. Наполненные гипсовые энергосберегающие композиты	335
Пыкин А.А., Шкловец И.А., Березняк И.Ю. Влияние вида пенообразователя на свойства пеногипсовых композиций.....	340
Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М., Хахалева Е.Н., Тольпин Д.А. Влияние вида и содержания наполнителя на коррозионную стойкость порошковых бетонов	345
Саламанова М.Ш., Узаева А.А., Муртазаева Э.Д., Ахматов А.Р. Исследование свойств тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков	351
Саламанова М.Ш., Узаева А.А., Муртазаева Э.Д., Ахматов А.Р. Влияние гранулометрии и вида заполнителя на свойства ремонтных составов.....	361
Строкова В.В., Вициенко М.И., Духанина У.Н., Балицкий Д.А. Особенности метаболизма бактерий, как компонента самовосстанавливающихся материалов.....	369
Тимохин Р.А. Аспекты повышения жаропрочности и бетонов.....	372
Тольпина Н.М., Тольпин Д.А., Щигорев Д.С., Адонин С.В. Стойкость мелкозернистого бетона на различных заполнителях в среде сероводорода.....	377
Урханова Л.А., Лхасаранов С.А., Буянтуев С.Л., Ветошкин И.В., Логинова А.Б. Фибробетон на основе базальтовых волокон, композиционных вяжущих и нанокремнезема.....	383
Урханова Л.А., Смирнягина Н.Н., Урханова А.А., Лхасаранов С.А., Ардашова Г.Р. Исследование электропроводящих свойств бетона.....	388
Чернышева Н.В., Аласханов А.Х., Лесниченко Е.Н., Шаталова С.В., Евсюкова А. КГВ с минеральной добавкой из бетонного лома.....	393
Шаталова С.В., Чуриков А.С., Охрименко С.А., Косоногова Е.М., Азизов В.Г. К вопросу практической реализации концепции совершенствования системы «человек-материал-среда обитания»	398
Шеховцова С.Ю., Наимов Ф.О. Роль реюнивателей при устройстве защитно-восстанавливающих слоев на асфальтобетонных покрытия	404
Щигорев Д.С., Тольпин Д.А. Зависимость разжижающей способности катионативных добавок от вида мелкого заполнителя ..	412

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ УСКОРЕНИЯ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Айменов Ж.Т., д-р техн. наук, профессор,
Сарсенбаев Б.К., д-р техн. наук,
Айменов А.Ж., доктор PhD,
Сарсенбаев Н.Б., доктор PhD,
Алдияров Ж.А., канд. техн. наук,
Сауганова Г., магистр ест. наук

*Южно-Казахстанский государственный
университет им. М.Ауэзова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc0ea35d7.47417787

Аннотация. Рассмотрены энергосберегающие методы ускорения твердения бетона в изделиях и конструкциях, а также использование методов комбинированной гелиотермообработки бетона в условиях сухого и жаркого климата Южного региона Казахстана для обеспечения условий «зеленого строительства».

Ключевые слова: полигон, теплоизолирующее покрытие, дублирующий источник тепловой энергии, гелиоформы.

Производство бетонных работ требует большое количество тепловой энергии, особенно технологический передел по ускорению твердения бетона. В НИИЖБе были разработаны и внедрены в производство несколько эффективных способов тепловой обработки бетона с использованием солнечной энергии [1]. Большой интерес представляет гелиотермообработка с применением светопрозрачных теплоизолирующих покрытий СВИТАП, в различных комбинациях. Это позволяет, например, при комбинированной гелиотермообработке, на полигонах круглогодичного действия производить железобетонные изделия.

Каждый из применяющихся методов гелиотермообработки бетона имеет свои достоинства и недостатки, с учетом которых и определяется целесообразная область их применения [2].

Еще одним направлением использования солнечной энергии для тепловой обработки бетона можно считать применение гелиоформ с различными светопрозрачными и солнцезопримающими покрытиями. Гелиотермообработка железобетонных изделий в гелиоформах с применением таких покрытий была разработана в конце 70-х годов на основании исследований, проведенных в НИИЖБ и во ВНИПИТеплопроекте.

В числе ученых, внесших большой вклад в развитие этого способа гелиотермообработки, следует отметить Б.А.Крылова, И.Б.Заседателя, Е.Н.Малинского и др. [3].

Сущность гелиотермообработки заключается в том, что прогреваемое в форме изделие выполняет функции гелиоприемника, при этом твердеющий бетон является поглощающим и аккумулирующим элементом, а крышка, с определенными светотехническими и теплотехническими параметрами, выполняет роль прозрачного покрытия гелиоформ [4]. Предложены и апробированы различные способы гелиотермообработки бетона с использованием светопрозрачных и солнцезащитных покрытий. Одним из наиболее простых и эффективных способов ускоренного твердения бетона с использованием солнечной энергии, нашедших достаточно широкое применение на практике, является тепловая обработка изделий из тяжелого бетона в гелиоформах со светопрозрачными и теплоизолирующими покрытиями (СВИТАП). Она предусматривает применение гелиоформ, состоящих из двух основных элементов: собственно металлической, деревянной или железобетонной формы и гелиопокрытия СВИТАП, представляющего собой конструкцию из нескольких слоев светопрозрачного материала с организованными воздушными прослойками между ними, параметры которого должны обеспечивать, с одной стороны, максимальное использование энергии солнечной радиации для прогрева бетона, а с другой - аккумулирование тепла в изделии на несолнечное время суток.

Для эффективной реализации такой гелиотермообработки потребовалось создание герметизированной воздушной прослойки определенных размеров между гелиопокрытием и свежеложенным бетоном, параметры которой определяются как с позиций формирования физической структуры бетона, так и теплофизическими соображениями. При устройстве воздушной прослойки над свежеложенным бетоном создается замкнутая среда, насыщенная в процессе гелиотермообработки водяными парами, характеризующаяся высокой относительной влажностью и обеспечивающая благоприятные условия для твердения бетона.

Внедренная на ряде заводов по выпуску железобетона гелиотермообработка с применением покрытий СВИТАП оказалась весьма удачным.

Этот метод гелиотермообработки в регионах с жарким климатом позволил отказаться в течение 5-6 месяцев в году (для ряда плитных изделий) от традиционного пропаривания или тепловой обработки, с

применением других теплоносителей; снизить потребность в воде, используемой для создания насыщенного водяного пара; создавать сезонные полигоны для тепловой обработки бетона с использованием солнечной энергии; создавать экологически чистую среду для производства; и при всем этом, обеспечить суточный цикл производства изделий. Однако для гелиотермообработки с применением покрытий СВИТАП необходимы гелиокрышки, требующие постоянного ухода за светопрозрачными вкладышами.

Большой универсальностью обладает разработанный в НИИЖБе Б.А. Крыловым, Е.Н. Малинским, И.В. Быковой и В.П. Рыбасовым способ гелиотермообработки бетона с использованием влагонепроницаемых (образуемых пленкообразующими составами) покрытий в сочетании со съёмной теплоизоляцией.

Сущность этого способа заключается в нанесении на отформованные изделия влагонепроницаемых покрытий. Изделия прогреваются за счет поглощения солнечной радиации и экзотермии цемента в течение светового дня, затем изделия теплоизолируются и выдерживаются в термосных условиях до приобретения бетоном требуемой прочности. Данный способ характеризуется высокой эффективностью и оперативностью внедрения в производство. Для его реализации практически не требуется дополнительной оснастки и специального оборудования, а для нанесения пленкообразующих составов можно с успехом использовать оборудование, применяемое в строительстве для отделочных работ. Этот способ особенно эффективно использовать в жаркие летние месяцы, когда влажность среды низкая и испарения из бетона происходят очень быстро.

Однако для интенсивного твердения бетона при использовании солнечной энергии одного пленкообразующего состава недостаточно. Поэтому авторами был разработан способ гелиотермообработки железобетонных изделий в светопрозрачных камерах из полимерных материалов с использованием пленкообразующих составов для условий сухого жаркого климата Республики Казахстан. Основные требования, которые предъявляются к пленкообразующим составам — это нетоксичность, экологическая безвредность, пожаро и взрывобезопасность. Этим требованиям соответствуют использованные в исследованиях эффективные вододисперсионные пленкообразующие составы (ВПС). Данный способ гелиотермообработки железобетонных изделий в светопрозрачных камерах под пленкообразующим составом может использоваться в условиях открытых цехов и полигонов в районах СНГ, расположенных южнее 50 северной широты. Этот способ

обеспечивает получение бетона высокого качества с требуемой распалубочной или отпускной прочностью при значительной экономии топливно- энергетических ресурсов. Толщина гелиообрабатываемых изделий от 100 до 400 мм из тяжелого бетона класса В 12,5 и выше.

Несмотря на реализацию различных мероприятий по увеличению сезонного периода эксплуатации гелиополигонов и расширению номенклатуры изготавливаемых изделий для жилищного и промышленного строительства, гелиотермообработка остается сезонной. Для обеспечения круглогодичного применения гелиотехнологии необходимо, использование совместно с солнечной энергией дополнительно дублирующих источников тепловой энергии, то есть комбинированная гелиотермообработка изделий. Разделение источников теплоснабжения гелиоформ на дополнительные и дублирующие условно, но оно принято для конкретизации роли источника энергии и некоторых особенностей его применения при тепловой обработке изделий. Использование дополнительных источников, которые обязательно сочетаются с действием солнечного излучения, призвано компенсировать дефицит солнечной энергии для тепловой обработки изделий по суточному циклу их производства, как правило, в весенне-осенний периоды года на основе их оперативного регулируемого включения. Предпочтительный вид дополнительного источника теплоснабжения гелиоформ- электрическая энергия. Дублирующие источники энергии должны при неблагоприятных условиях (например, зимой) полностью заменить солнечную энергию. В качестве дублирующего способа ускорения твердения бетона на гелиополигонах в холодное время года можно также прибегнуть к дополнительному электронагреву бетонной смеси. Опыт использования комбинированной гелио-электротермообработки сборных железобетонных изделий ранее, имеется. [5].

Известен способ комбинированной гелиоэлектротермообработки при котором, поступление солнечной радиации к бетону изделий осуществляется через СВИТАП, а тепловая энергия от дополнительно дублирующих традиционных теплоносителей (пара, электроэнергии, горячей воды, масла и т.п.). Применение данного способа в отсутствие солнечной радиации позволило сэкономить 748 кг пара на каждом 1 м конструкций и получить при этом в суточном возрасте требуемую передаточную прочность более 70% R28, а также увеличить оборачиваемость форм, значительно улучшить качество конструкций.

При разработке методов комбинированной гелиотермообработки железобетонных изделий М.О.Орозбековым установлено, что СВИТАП

эффективно даже при отсутствии солнечной радиации в холодный период года. Их применение при прогреве, например, при толщине изделий 0,15 м с подводом дублирующей энергии позволило повысить степень зрелости бетона в суточном возрасте по сравнению с прогревом в открытых формах в 1,6-2,8 раза, а суточную прочность бетона - в 1,5-5,1 раз. Анализ различных технологий гелиотермообработки железобетонных изделий показал, что наиболее эффективным является комбинированная гелиотермообработка изделий с применением светопрозрачных и теплоизолирующих покрытий [6].

Особенно эффективно воздействие на бетон сочетание использования светопрозрачных камер одновременно с пленкообразующим составом, защищающим от обезвоживания при действии солнечной радиации со значительным участием в этом экзотермии цемента и регулируемом подводе тепловой энергии от дополнительных источников при недостатке солнечной радиации.

Поэтому еще более эффективно применять способ комбинированной гелиоэлектротермообработки в светопрозрачных камерах с использованием пленкообразующих составов, в качестве нагревательных элементов использовать один из видов электронагревателей. Данный способ был также разработан для условий Казахстана. Авторами данной работы были разработаны и внедрены и другие разновидности способов гелиоэлектротермообработки для сухих жарких условий Казахстана. [7]. Главным отличием их от уже имеющихся является размещение нагревателей в верхней нижней частях гелиокамеры. Подача тепловой энергии осуществляется сверху, снизу и сверху одновременно при использовании при этом пленкообразующего состава и солнечной энергии. Применение комбинированной гелиотермообработки в светопрозрачных гелиокамерах в отсутствие солнечной радиации позволило сэкономить 50 кг условного топлива, 0,5 тонны воды.

Разработка современных технологий использования солнечной энергии для ускорения твердения бетона при производстве железобетонных изделий дает обеспечение высокого качества сборных железобетонных изделий за счет оптимальной структуры бетона вследствие создания наиболее благоприятных температурно-влажностных условий твердения бетона, рационального формирования температурных полей в изделиях и тепломассопереноса.

Новые подходы к технологии гелиотермообработки железобетонных конструкций в условиях сухого жаркого климата Республики Казахстан дают экономию 50-60% традиционного топлива

при их тепловой обработке, экологически чистую окружающую среду, свободную от дымовых выбросов котельных; высокое качество изделий, снижение стоимости и энергоемкости строительства.

Список литературы:

1. Айменов Ж.Т. Мобильные производственные базы сельского строительства. Монография. Алматы: «Гылым», 1992, 84 с.
2. Айменов Ж.Т. Солнечная энергия как источник решения энергетических проблем в строительстве // Математика и информатика, Алматы, 1999, К.2- С.
3. Крылов Б.А., Заседателев И.Б., Малинский Е.Н. Изготовление сборного железобетона с применением гелиоформ // Бетон и железобетон. 1984. №3. С.17-18.
4. Заседателев И.Б., Ткачев А.В., Малороев М.М., Муртазаев С.А. Увеличение периода сезонной эксплуатации гелиополигонов. -Сб. «Специальные бетоны и сооружения» // Труды. М.: ВНИПИТеплопроект, 1985. С. 3-19.
5. Заседателев И.Б., Шифрин С.А., Энергетические основы ускоренного твердения бетона при использовании солнечной энергии. В кн. Использование солнечной энергии в технологии бетона. Ашхабад, 1982. С. 3-7.
6. Айменов Ж.Т. Гелиотехнические установки для строительной технологии // Вестник МКТУ. 2000. №6. С. 42-45.
7. Айменов Ж.Т. Тепло и массообмен при различных технологиях гелиотермообработки // Вестник МКТУ. 2010. №6. С. 3-9.

ГЕЛИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

Айменов Ж.Т., д-р техн. наук, профессор,
Сарсенбаев Б.К., д-р техн. наук, профессор,
Сарсенбаев Н.К., доктор PhD,
Айменов А.Ж., доктор PhD,
Алдияров Ж.А., канд. техн. наук,
Сауганова Г.Р., магистр ест. наук

*Южно-Казахстанский государственный университет им.
М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc108ac58.06851627

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы использования солнечной энергии в технологии производства бетонных работ и бетонных изделий на основе композиционных вяжущих. Проведен анализ эффективности существующих методов гелиотермообработки бетонов с использованием различных гелиотехнических систем. Также вопросы комплексной гелиотермообработки с дополнительным источником тепловой энергии.

Ключевые слова: солнечная энергия, гелиотермообработка, гелиотехнические системы, композиционное вяжущее, гелиокамера.

Использование солнечной энергии в технологии производства бетонных работ привлекает своей экономией традиционных видов топлива, а также отсутствием вредных выбросов в окружающую среду.

Проблема использования солнечной энергии в технологии бетонных работ связана с глубокими экспериментальными исследованиями, созданием технически и экономически эффективных простейших устройств и установок.

Одной из особенностей рассматриваемого нами Южно-Казахстанского региона являются очень жесткие условия твердения бетона, особенно в летний период, при повышенных температурах окружающей среды в пониженной влажности.

Эффективным способом применения солнечной энергии с коэффициентом полезного использования 0,6-0,75 для тепловой обработки бетонов является гелиотермообработка [1].

Распространен способ гелиотермообработки изделий с применением светопрозрачных теплоизолирующих покрытий (СВИТАП), гелиоформ с аккумулялирующими поддонами (ГЕФАП).

Прямое использование солнечной радиации с естественной плотностью лучистого потока и превращением его в тепловую энергию на поверхности прогреваемого бетона реализовано в покрытии СВИТАП позволившем сократить трудовые и материальные ресурсы, причем экономия условного топлива на 1 м³ бетона составляет 70-100 кг.

Способ гелиотермообработки в гелиоформах с покрытием СВИТАП несмотря на простоту и эффективность применения не лишен некоторых недостатков. Наличие воздушной прослойки между слоями светопрозрачных материалов приводит к замедлению скорости теплопередачи, что, в свою очередь, уменьшает количество тепла, поступаемого на поверхность изделия. Образование конденсата на внутренней поверхности покрытия, попадающего на изделие и приводящее к разрушению структуры бетона.

В Узбекистане в институте ТашИИТ проводили исследования по использованию двухстадийной тепловой обработки изделий, позволяющей набирать 30-50% проектной прочности под влиянием солнечной энергии. Применяли специальные устройства, обеспечивающие прогрев бетона сверху через гелиокрышку, а снизу через термopоддоны с горячей водой, нагреваемой коллекторами солнечной энергии (КСЭ). Последняя, в свою очередь, нагревает воздух или жидкий теплоноситель. В солнечный день производительность плоского КСЭ составляет 70-100 л горячей воды на 1 м³ площади плоского. Годовая экономия производства тепла от применения солнечных коллекторов 100-170 кг условного топлива.

Аналогичные гелиосистемы с промежуточным теплоносителем в технологии производства железобетонных конструкций и бетонов конструировались в ЦНИИ транспортного строительства [2]. В предлагаемой гелиоустановке промежуточным теплоносителем выступает масло, которое циркулирует по греющим элементам системы - регистрам. Использование гелиосистем с промежуточным теплоносителем с промежуточным теплоносителем возможно круглогодично. Однако данные греющие системы не лишены недостатков:

- низкое значение КПД гелиосистем в пределах 0,2- 0,3;
- отсутствие данных по влиянию особенностей такого вида тепловой обработки изделий на их физико-механические свойства.

Исследователями для повышения степени использования тепла солнечной энергии предложена система, объединяющая гелиоформу и гелиостенд, которые аккумулируют энергию солнечной радиации в

отдельности и при достижении максимальной температуры в изделии гелиоформа и гелиостенд совмещаются. В результате чего изделия продолжают твердеть в термосном режиме в ночное время. Гелиостенд представляет собой камеру с ограждением теплоаккумулирующими стенками из тяжелого бетона, сверху покрытую светопрозрачной крышкой типа СВИТАП. Гелиостенды позволяют набирать прочность в течение общей выдержки 20-22 ч только порядка 10-20 % R_{28} . Это часто приводит к растрескиванию изделий, нарушает их структуры.

Существуют разнообразные специальные гелиокамеры с полимерным пленочным покрытием [3], в которой происходит «дозревание» железобетонных изделий после основной стадии их тепловой обработки чаще в пропарочных камерах. Позволяя снизить цикл тепловлажностной обработки на 30-40 %, тем не менее этот вид тепловой обработки бетона широкого применения не нашел, что связано с перегрузкой изделий после неполного цикла ТВО в гелиокамеры с полимерными пленочными покрытиями.

Гелиообработка оказалась эффективной и для набора прочности полимербетонов и полимеррастворов, для которых не требуется влажный прогрев. Солнечную энергию целесообразно использовать для сухого прогрева тонкостенных полимербетонных изделий, когда саморазогрев их невысок [4].

Анализ исследований в области гелиотермообработки показывает, что эти способы носят сезонный характер. Поэтому более широкие возможности имеет способ комплексной гелиотермообработки изделий, обеспечивающий круглогодичную эксплуатацию гелиополигонов. Наиболее распространенным дополнительным источником тепловой энергии, имеющейся в этом случае, является электрическая.

В качестве электронагревательных элементов, наиболее применяемыми можно считать электрические шнуры, ТЭНы, электродные нагреватели и др. Электрические нагревательные элементы имеют определенные характеристики и специфику, требующих строгого соблюдения техники безопасности при их использовании.

Анализ конструктивных решений существующих типов греющих элементов и опыт их применения показывает, что им присущ ряд недостатков. Практически все вышеперечисленные нагреватели монтируются в опалубки, что вызывает концентрацию тепла на теплопринимающей поверхности непосредственно под ними и температурное поле на обогреваемой поверхности оказывается неравномерным. Значительны также и теплотери в окружающую среду, сложность крепления, предотвращение их от повреждений и др.

Поэтому для современной тепловой обработки изделий с использованием гелиоэнергии необходимо подобрать такой тип электропроводных греющих элементов, который бы отвечал таким требованиям, как: долговечность, гидрофобность, стойкость против химических и механических воздействий материалов, не имеющих адгезии к бетону, с высоким коэффициентом теплопроводности (чтобы температурное поле по объему проводящей части нагревателя было максимально равномерно), обладало небольшой теплоемкостью (чтобы количество энергии, затрачиваемое на собственный нагрев, было минимальным), имело высокую термостойкость, достаточную при работе в условиях высоких температур — до 90 °С.

На сегодняшний день создано довольно большое количество электропроводящих полимерных композиций: на основе полиэтилена, фторопласта, полиамида, полиэфирной смолы и диизоцианата, фенолформальдегидной смолы, поливинилового спирта, эпоксидной диановой смолы, полиолефина с кремнийорганическим соединением и фосфорной кислотой.

Из проведенного анализа состояния вопроса в области тепловой обработки бетонных изделий с использованием гелиотермообработки установлена, что до сих пор не рассматривались и не исследовалась возможность применения энергоаккумулирующих светопрозрачных покрытий для тепловой обработки бетонов на основе композиционных вяжущих, эффективность которых в дорожном строительстве несомненна [5]. Известно неудовлетворительное состояние дорог во всех регионах республики. Не проводится капитальный ремонт сплошных покрытий проезжих частей качественным полотном. В основном дорожники ограничиваются так называемым «ямочным ремонтом» дорог, продолжительность службы которого должна быть значительно выше. Поэтому использование бетонов на основе композиционных вяжущих в особенности в южных регионах республики для изготовления изделий для дорожного строительства актуально. Поскольку состав бетона в из композиционных вяжущих на 50% состоит из отходов различных химических производств, параллельно с экономическими задачами решаются и экологические проблемы, что не менее важно и своевременно.

Список литературы:

1. Айменов Ж.Т., Алдияров Ж.А.- Солнечная энергия источник решения энергетических проблем в строительстве // Вестник МКТУ им. Х.А.Яссауи, Туркестан. 1999. № 2. С. 97-99.
2. Айменов Ж.Т., Алдияров Ж.А. - Гелиотехнические установки для строительной технологии // Вестник МКТУ им. Х.А.Яссауи. 2000. №6. С. 42-45.
3. Айменов Ж.Т., Алдияров Ж.А. Разработка светопрозрачных покрытий гелиоустановок // Вестник МКТУ им. Х.А.Яссауи. 2002. №2. С. 24-29.
4. Айменов Ж.Т. Эффективные методы ускорения твердения бетона путем использования солнечной энергии // Вестник КазНАЕН, Астана. 2012. № 1. С. 45-47
5. Алдияров Ж.А. Особенности комплексной гелиотермообработки дорожных изделий из шлакощелочного вяжущего и бетона. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Шымкент, 2006, 156 с.

АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доцент,
Кожухова М.И., канд. техн. наук,
Шураков И.М., аспирант,
Пириева С.Ю., аспирант,
Гудов Д.В., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc1155076.72644940

Аннотация. Проведен анализ литературных источников с целью выявления основных областей использования продуктов вулканической деятельности в качестве сырьевой базы для производства строительных материалов. Выявлен потенциал рассматриваемых пород, сделаны выводы о возможности и целесообразности поиска новых путей и направлений их применения.

Ключевые слова: энергосбережение, вулканическое сырье, заполнитель, бетоны, вяжущие

На сегодняшний день одной из главной целью строительного материаловедения является создание новых эффективных строительных материалов с помощью энерго- и ресурсосберегающих технологий. Во первых, это связано с потребностью увеличить доступную сырьевую базу вследствие постоянно растущего спроса строительного сектора на качественные и недорогие материалы, а во вторых, повсеместно происходит ухудшение экологической ситуации в мире. Поэтому проблематика, связанная с сохранением природного фонда и разумным использованием ресурсов требует пристального внимания со стороны современной промышленности строительных материалов.

Горные породы, которые сформировались на земле в результате извержений вулканов, являются одним из самых перспективных видов сырья для производства строительных материалов [1]. Стоит сказать, что непосредственно извержения в большей степени отрицательно влияют на состоянии биосферы. Концентрация продуктов вулканической деятельности на больших территориях приводит к сокращению площади сельскохозяйственных угодий, уничтожению пищевой базы, уменьшению ареалов проживания. При этом скорость выветривания толстых слоев вулканических пород и образование новых почв зависят от температуры и обилия атмосферных осадков, условий

стока и характера поверхности, и эти процессы могут длиться очень долгое время. Помимо этого, мелкие фракции вулканических отходов являются причиной снижения качества атмосферного воздуха, что в свою очередь может являться причиной массовой гибели домашнего скота, привести к распространению инфекций и появлению эпидемий [2–4].

Наиболее перспективным направлением утилизации продуктов вулканической деятельности является использование их в качестве сырья для производства строительных материалов [5–23].

Согласно проведённому анализу литературных источников можно выделить несколько ключевых направлений использования данного сырья в строительном материаловедении. Одно из основных направлений – крупный и мелкий заполнитель к бетонам, что обусловлено большим потенциалом данного материала, а также его простотой структурой и общедоступностью технологий.

В частности, в работе [8] авторы показали возможность использования перлитосодержащих вулканических пород, вулканических туфов и их отходов, вулканического пепла Северного Кавказа (Кабардино-Балкарская Республика, Северная Осетия-Алания) в качестве сырья для производства строительных материалов широкого спектра назначения: керамический кирпич и камень, лёгкие штукатурные и кладочные растворы, конструкционно-теплоизоляционные бетоны, лёгкие бетоны, тепло- и звукоизоляционные материалы.

Бычков М.В. в своей работе [9] выявил эффективность использования мелкого и крупного заполнителя из вулканического туфа Каменского месторождения Кабардино-Балкарской Республики при производстве самоуплотняющихся бетонов с пониженной плотностью.

Исследуя вероятность применения вулканического сырья Дальнего Востока для получения гранулированного искусственного легкого заполнителя, Вавренюк С.В. в своей работе [10] разработала принципиальную технологическую схему производства гранулированного поробазальта.

Положительный результат был получен при исследовании возможности использования вулканических пород в качестве сырья для получения материалов с повышенными огнезащитными и жаростойкими свойствами. Основываясь на результаты, отраженные в работах [11–13], рациональным является использование мелкодисперсных отходов пиления вулканического туфа Заюковского месторождения Кабардино-Балкарии в качестве заполнителя бетонной

смеси и активной минеральной тонкомолотой добавки в цемент. Были получены гипсобетонные и цементные огнезащитные композиты и ячеистые бетоны на основе предложенных технологий. В то же время было установлено, что применение туфа способствует повышению жаро- и огнестойкости изделий, способствует снижению усадки цементного камня и расходу вяжущего.

Также была установлена целесообразность получения бесцементных бетонов с использованием вулканического сырья [14, 15]. В работе [14] авторы в качестве вяжущего предлагают использовать строительный гипс, в качестве заполнителя – вулканической туф Заюковского месторождения Кабардино-Балкарии для производства. Применение туфового песка для производства гипсотуфобетона даёт возможность уменьшить расход гипсового вяжущего на 30,5–31,7 % без потери прочностных показателей благодаря способности смеси гипса и негашеной извести пробуждать скрытую гидравлическую активность туфового песка. Также на основе гипсотуфобетонной матрицы есть возможность получения фиброгипсотуфобетона с повышенной водостойкостью [15]. Проведённые эксперименты доказывают, что применение отходов пиления вулканического туфа в гипсвермикулитотуфобетонах приводит к повышению огнезащитных характеристик, при этом материал имеет хорошие звукоизоляционные характеристиками и меньшую стоимость в сравнении с гипсобетоном [14, 15].

В работе [17] доказано, что введение вулканических пород в состав ячеистых бетонов является обоснованным. Применение вулканического пепла Кабардино-Балкарии даёт возможность получить составы фибропеногипсобетонных композитов с повышенными физико-химическими свойствами, уменьшить затраты гипса до 50% без заметного снижения прочностных показателей начального пеногипса [16]. Использование отходов пиления вулканического туфа в роли заполнителя и активной минеральной добавки при производстве фибропентуфобетона позволяет повысить прочность изделия при установленном снижении В/Т отношения смеси и усадочных деформаций [17].

По мимо это существует опыт использования продуктов вулканической деятельности в качестве компонента композиционных вяжущих в составе органо-минерального модификатора [18–20]. Установлено что введение добавки в количестве 12–15 % способствует повышению предела прочности цементного камня на сжатие на 30–35 %. Использование данного сырья в качестве компонента

композиционных вяжущих, при использовании раздельной технологии сокращает длительность помола в 1,5–2 раза.

Также продукты вулканической деятельности могут использоваться при изготовлении строительных материалов с повышенными теплоизоляционными свойствами [8, 21 и др.]. Например, в естественном монолитном состоянии вулканический туф используется в виде обработанных стеновых блоков размерами 380×190×180 для строительства гражданских зданий. Отходы от добычи туфов и вулканический пепел применяют как сырье для изготовления керамических изделий с улучшенными теплоизоляционными показателями, как сообщается в статье [21], где авторы изучили изделия на основе вулканических пород Куркужанского месторождения (пепел) и Заюковского месторождения (отходы добычи туфов) Кабардино-Балкарской республики.

Также есть ряд работ, которые посвящены изучению вероятности использования вулканического сырья в дорожном строительстве. Так в статье [2] указывают, что добавление вулканических туфов в смесь при изготовлении мелкозернистых дорожных бетонов положительно влияет на структурообразование и влияет на повышение прочности и стойкости к воздействию атмосферных факторов.

В работе [23] была экспериментально обоснована возможность использования вулканических туфов Хурай-Цакирского месторождения республики Бурятия в качестве минерального порошка и стабилизатора в смесях при изготовлении горячего асфальтобетона. С помощью испытаниями было выявлено понижение показателя стекаемости битума с поверхности зерен заполнителя и замедление старения битума в полученных сырьевых смесях.

Основываясь на вышеизложенное можно с уверенностью сказать, что продукты вулканической деятельности находят всё более широкое применение в области строительного материаловедения. Как следствие, полученные научные исследования дают возможность установить новые подходы и векторы направлений для решения экологической проблематики, рационального применения территориальных и природных ресурсов, с целью производства строительных материалов и изделий на их основе с повышенными или, возможно, уникальными технико-экономическими показателями

Список литературы:

1. Романовская М.А. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования.// СПб; 1995.[Электронный ресурс] <http://www.knowledge.su>. 2015 - 2017 гг.
2. Литасов Ю.Д. Вулканизм Земли и планет земной группы //Учебное пособие для студентов геологических и смежных специальностей высших и средних профессиональных учебных заведений, изучающих курсы «Общая геология», «Вулканология», «Палеовулканология». 2011. 200 с.
3. Сторожилов И.В., Жилина В.В. Воздействие извержений вулканов на человека и окружающую среду.//Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». [Электронный ресурс] <http://www.scienceforum.ru/2016/1678/23703>.
4. Никитин Ю.В. Экологические последствия вулканических извержений //Интернет-журнал Сахгу: Наука, образование, общество. 2010. №2. С. 82.
5. Поздеев И.П., Федоров С.В., Карасик В.А. Действующие вулканы России и их опасность //Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки. 2016. С. 38–40.
6. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н., Шадский Е.Е., Юракова Т.Г. Повышение эффективности использования продуктов вулканической деятельности // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 11–15.
7. Лузин В.П., Антонов В.А., Лузина Л.П., Беляев Е.В., Пермяков Е.Н., Самигуллин Р.Р. Эффективные строительные материалы с применением вулканического пепла // Строительные материалы. 2009. №12. С. 18–19.
8. Антонов В.А., Лузин В.П., Беляев Е.В. Вулканогенные породы Северного Кавказа как сырье для производства легких строительных материалов //Разведка и охрана недр. 2010. №1. С. 40–45.
9. Бычков М.В. Самоуплотняющиеся бетоны пониженной плотности с применением вулканического туфа // Инженерный вестник Дона. 2013. №3. С. 32.
10. Вавренюк С.В. Гранулированный искусственный легкий заполнитель на основе вулканических пород Дальнего Востока //Academia. Архитектура и строительство. 2012. №1. С. 125–126.
11. Хежев Т.А., Кимов У.З., Думанов К.Х. Огнезащитные и жаростойкие свойства цементных бетонов на основе вулканических горных пород.//Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. №28. С. 196–201.
12. Хежев Х.А., Хежев Т.А., Кимов У.З., Думанов К.Х. Огнезащитные и жаростойкие композиты с применением вулканических горных пород // Инженерный вестник Дона. 2011. №4. С.552–559.

13. Хежев Т.А., Хежев Х.А. Эффективные огнезащитные композиты с применением пористых заполнителей // Технологии бетонов. 2011. №7-8. С. 30–31.
14. Хежев Т.А., Пухаренко Ю.В., Хежев Х.А. Бесцементные бетоны с применением вулканических горных пород // Вестник гражданских инженеров. 2011. №1. С. 107–113.
15. Хежев Х.А., Пухаренко Ю.В., Хежев Т.А. Фиброгипсобетонные композиты с применением вулканических горных пород // Строительные материалы. 2013. №11. С. 20–24.
16. Хежев Т.А., Даов Н.А., Исмаилов А.С., Молов К.В., Кашукоев А.Ж., Чегемов Р.А. Фибропеногипсобетонные композиты с применением вулканического пепла // Инженерный вестник Дона. 2017. №1.
17. Овсюков М.Ю., Сухов А.А., Хежев Т.А. Технология фибропенобетонов с применением отходов пиления вулканического туфа // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2015. №1. С. 107–113.
18. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Trunov P.V. Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 745–748.
19. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья. Saarbrucken. LAP LAMBERT, 2015. 132 с.
20. Алфимова Н.И., Никифорова Н.А. Оптимизация параметров изготовления композиционных вяжущих на основе вулканического сырья // Региональная архитектура и строительство. 2016. №4. С. 33–39.
21. Лузин В.П., Корнилов А.В., Николаев К.Г., Лузина Л.П. Керамические строительные материалы с улучшенными теплоизоляционными свойствами // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №8. С. 32–36.
22. Салл М., Ткаченко Г.А. Введение пористого компонента в мелкозернистые дорожные бетоны // Строительные материалы. 2009. №2. С. 29–31.
23. Печерский С.А., Битуев А.В., Архинчеева Н.В., Щукина Н.Г. Использование вулканического туфа в горячих асфальтобетонах // Строительные материалы. 2010. №2. С. 23–33.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Аль Дулайми Салман Давуд Салман, аспирант

*Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc11e3159.47066195

Аннотация. Строительство - это важное средство для изменения среды обитания человека, создающее необходимое благополучие для работы и жизни людей, а как одно из основных ответвлений строительства, жилищно-гражданское строительство играет в нем важнейшую роль. Инновации в проектировании и строительстве гражданских объектов, несомненно, имеют большое значение и представляют огромную ценность для развития инфраструктурного строительства как дисциплины и для улучшения благополучия людей. В данной статье анализируются несколько технологических инноваций в проектировании и строительстве гражданских объектов, предназначенные для содействия развитию жилищно-гражданского строительства с помощью обсуждения и исследования.

Ключевые слова: жилищно-гражданское строительство, пыль, шум, технологии строительства, жилищный фонд, анализ инноваций.

Введение.

Технологические новшества в жилищно-гражданском строительстве связаны с улучшением эффективности и созданием машиностроительных компаний, а также тесно связаны с улучшением условий для жизни людей. Поскольку жилищно-гражданское строительство является основной частью строительного дела вообще, строительная часть жилищно-гражданского строительства должна быть готова к технологическим новшествам, учитывая изменяющиеся потребности общества и использовать новые технологии и методы для проектирования строительных объектов. В данной статье анализируются некоторые технологические инновации в строительстве, предназначенные для содействия практическому развитию жилищно-гражданского строительства с помощью обсуждения и исследования.

Так называемое жилищно-гражданское строительство - это термин из области науки и техники, подразумевающий возведение различных типов инженерных сооружений, и включает в себя ряд следующих дисциплин: инженерно-геологическое исследование, проектирование, техническое обслуживание, ремонт и другие технические мероприятия.

Конечными объектами обслуживания жилищно-гражданского строительства является здание, а основная задача здания - служить для работы и проживания в нем людей, поэтому можно смело утверждать, что конечным объектом обслуживания жилищно-гражданского строительства является народ, поэтому гражданское строительство должно по возможности облегчать жизнь народа и производство, и обеспечивать обслуживание всех его потребностей. Народное производство и жизнь имеют под собой основу в виде всегда меняющегося и развивающегося общества, поэтому мы обязаны стараться приносить инновации в сфере гражданского строительства в соответствии с социальным развитием и изменениями, для удовлетворения растущих потребности людей на материальном и культурном уровнях и помочь людям обрести лучшую материальную жизнь и духовную радость [1].

В целом, социальное развитие - это способность большего количества людей пользоваться возможностями, предоставляемыми в ходе развития общественного производства, когда термин «народ» относится к конечным пользователям объекта инженерного строительства, который также является конечными бенефициариями жилищно-гражданского строительства, а под термином «народ» также должны подразумеваться, в том числе лица, участвующие в строительстве, поэтому также необходимо сосредоточиться на гармонии и безопасности людей во время всего процесса жилищно-гражданского строительства и обратить внимание на общие интересы этих двух групп населения в ходе введения технологических инноваций в строительстве. В процессе жилищно-гражданского строительства производственный процесс является первичным. Возведение объектов жилищно-гражданского строительства требует трудовых ресурсов для проведения работ, связанных с проектированием и практической эксплуатацией. Объектом проектирования и обслуживания жилищно-гражданского строительства является народ, поэтому в ходе строительства необходимо обеспечивать удобство для рабочих. Необходимо не только полностью удовлетворять запросы заказчиков, но и принимать во внимание здоровье и удобство рабочих в строительстве, прикладывая все усилия во избежание угроз безопасности и инцидентов во время строительства.

В конце концов, жилищно-гражданское строительство - это процесс реконструкции природы, поэтому перед нами всегда стоит задача достичь гармоничных отношений между людьми и природой в строительстве. Технологические инновации в строительстве являются

необходимым этапом в развитии и совершенствовании жилищно-гражданского строительства. Фактически, технологические инновации в сфере строительства являются наилучшим средством для достижения первоначальных целей жилищно-гражданского строительства [2]. Процесс жилищно-гражданского строительства осуществляется в соответствии с потребностями людей, а технологические нововведения в строительстве могут помочь строителям уменьшить давление со стороны множества аспектов и обеспечить больший уровень личной безопасности при строительстве, в то время как потребности клиентов будут полностью удовлетворены. В процессе жилищно-гражданского строительства мы постоянно используем новые техники и технологии для экономии ресурсов и внедрения экологически безопасного строительства, что очень важно для долгосрочного развития проектов и устойчивого социально-экономического развития. Значимость технологических инноваций в строительстве также находит свое отражение в сокращении срока строительства и экономии затрат на рабочую силу. После применения новых технологий период строительства значительно сокращается, а стоимость рабочей силы значительно снижается на основе улучшенного качества строительства. Следует понимать, что применение новых технологий не только уменьшает количество труда и затраты на рабочую силу, но и означает значительное облегчение условий труда и часов работы, поэтому применение новых технологий в жилищно-гражданском строительстве благоприятно сказывается на гармоничном развитии общества в целом.

Некоторые проблемы, существующие в процессе жилищно-гражданского строительства в настоящее время

До и в начале реформ и введения политики открытости, жилищно-гражданское строительство в мире в основном использовалось для строительства одноэтажных и многоэтажных жилых домов. В то время не было спроса на технологию поддержки строительных шахт. Таким образом, на данный момент нет рынка для реализации технологии поддержки строительных шахт. В сложившихся условиях того времени эта технология все еще находится в зачаточном состоянии и мало где применяется в мире, хотя она широко используется в некоторых крупных городах, например, в Нью-Йорке.

Вследствие реформ, политики открытости и урбанизации в России, ситуация с землями, пригодными под жилую застройку в черте города в настоящее время становится все более напряженной, особенно в крупных городах России, таких как Москва и Санкт-Петербург, цены на землю продолжают расти, а привычная застройка многоэтажными

зданиями больше не отвечает спросу современного рынка недвижимости, в то время как высотные здания свыше 30 этажей стали очень популярным решением в сфере жилищного строительства на строительном рынке. В этом случае технология поддержки строительных шахт стала одной из самых необходимых технологий в жилищно - гражданском строительстве в России. В сложившейся ситуации, из-за исторического отсутствия накопления технологий в России, разработка технологии поддержки строительных шахт еще в зачаточном состоянии [3]. Хотя технология поддержки строительных шахт очень бы пригодилась строительным компаниям в России в постройке фундаментов высотных зданий, но из-за небольшого опыта использования этой технологии, обнаружилось, что на данный момент трудностей гораздо больше, например, когда мы сталкиваемся со сложной геологической структурой или относительно сложным архитектурным проектом. Для многих сложных реальных проблем единого общепринятого решения нет, так что в настоящее время ошибки проектирования высотных здания происходят по всему миру достаточно часто.

В прошлом в строительстве жилищных объектов всегда присутствовали пыль, шум, мусор, твердые отходы и другие проблемы, нарушающие рабочие будни и жизнь окружающих, а также влияли на здоровье рабочих на стройке. Сейчас многие чаще обращают внимание на эти экологические проблемы в России, поэтому отсутствие экологического сознания заставляет стороны строительства нести высокие эксплуатационные расходы и высокие административные издержки, и это не благотворно влияет на строительные компании.

Отсутствие экологического сознания также находит свое отражение в отсутствии предварительного планирования при строительстве. Фактически, нынешнее жилищно-гражданское строительство предназначено не только для удовлетворения потребностей людей в жилых помещениях, но и для того, чтобы подчеркнуть гармоничное развитие между человеком и природой, а также между человеком и обществом, то есть люди стремятся к удовлетворительной и гармоничной жизни, когда у них есть собственные жилые дома, а дом - это всего лишь часть окружающей среды, поэтому мы должны создать полноценную среду для жизни человека путем строительства. Для этого у нас должно быть распланировано рациональным образом цвета домов и освещения, а также других жилых помещений и даже офисной площади в объектах

жилищно-гражданского строительства, что также является важным отражением философии экологического сознания [4].

Вывод

Инженерно-строительные компании должны сосредоточиться на внедрении новых технологий, инноваций в проекте и создании брендов в процессе жилищно-гражданского строительства, чтобы в дальнейшем проявить инициативу на рынке конкуренции. Для технологических инноваций в гражданском строительстве мы должны обратить внимание на сокращение низкооплачиваемой рабочей силы, предотвращение конфликта между человеком и природой и грубого инженерного строительства, а также использование современные технологии и средства для решения этих проблем.

Список литературы:

1. Ву Л., Шен, Дж. К., Ли, Дж., и др. Строительная технология и инновации в жилищно-гражданском строительстве // Информация о науке и технике. 2012. № 8. С. 12–13.
2. Яо Б. Об информационном аспекте жилищно-гражданского строительства // Журнал жилищно-гражданского строительства. 2013. № 9. С. 45–46.
3. Сие И. К. Дискуссия и анализ применения и развития пред напряженной технологии гражданского строительства. Экономический ежегодник китайского предпринимателя в мире // • Экономика и технологии и финансы. 2012 . № 1. С. 13–15.
4. Го З. Кс. Об инновациях и развитии строительных технологий гражданского строительства // Строительные материалы Цзянси. 2014. № 4. С. 78–79.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗРУШЕНИЙ И ТРЕЩИНЫ ЗДАНИЙ ИЗ-ЗА ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ В ИРАКЕ

Аль-Бу-Али Уатик Саед Джасаам, аспирант
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc12886b8.82827564

Аннотация. Эта статья призвана изучить негативные последствия военных действий на зданиях в Ираке, изучая закономерности разрушения и трещины в результате этой войны и ее воздействия на здания. Исследование показало, что эффекты взрыва на зданиях, сходные с последствиями землетрясений на них, так как они вызвали горизонтальных и вертикальных волны вибраций, привели к провалу фундаментных, провалу сдвигу движений и появления трещины в зданиях. Блочная кладка с обычной формой полых блоков имеет низкую взрывоустойчивость и ее следует избегать. Для строительства в зонах военных действий требуется максимально возможный контроль качества.

Ключевые слова: трещины кирпичной кладки, модель, взрыв, дифференциальное поселение фундамента, поселение почвы, Коллапс.

Трещины в зданиях являются обычным феноменом. Трещины в строительном компоненте возникают, когда напряжение в компоненте превышает его прочность. Напряжение в компоненте здания может быть вызван внешними приложенными силами, такими как мертвые, живые, ветровые или сейсмические нагрузки или фундаментные поселения, или это может быть вызвано из-за тепловых изменений, изменений влажности, химического воздействия и т. Д. Трещины могут быть в целом классифицированы как структурные и неструктурные, структурные трещины, вызванные неправильной проектированной, неисправной конструкцией или перегрузкой и неструктурные трещины в основном обусловлены внутренними напряжениями в строительных материалах, и они, как правило, не приводят к структурному ослаблению. Это связано с проникновением влаги или термическим изменением. Трещины могут заметно варьироваться по ширине от очень тонких видимых трещин до невидимых трещины на глаз (около 0,01 мм в ширину) до зияющих трещин шириной 5 мм или более [1].

Эта статья призвана изучить негативные последствия военных действий на зданиях в Ираке, мимо изучив закономерности разрушения

и трещины в результате этой войны и ее воздействия на здания, поскольку изучение этих моделей поможет в будущем при проектировании и строительстве зданий и структурных элементов, способных противостоять взрывам и стихийным бедствиям и другим. Первая модель, Рисунок1-а представляет собой жилой дом, построенный из глиняных кирпичей, цементного раствора и железобетонной потолок. Его фасад из камня, он был подвергнут обстрелу ракеты в гараже. Вторая модель, Рисунок1-б представляет жилой дом, построенный из бетонных блоков и бетонного раствора, а также железобетонная потолок, были взорваны изнутри с использованием взрывных устройств.



Рисунок 1- Первая и вторая модель разрушенных домов

Исследование показало, что воздействие взрывов на зданиях похоже на воздействие землетрясений на них, мимо сравнивая ущербы, с другими, возникшими в результате землетрясений. Первая модель показывает, что она была повреждена в каменном фасфде и появлением горизонтальные, вертикальные и наклонные трещины в внешних и внутрых стенах, а также над дверями и окнами, как показано в формах первой модели.

Второй модели показал коллапс передней части здания и появление горизонтальные, вертикальные и наклонные трещины в внешних и внутрых стенах, а также над дверями и окнами и контактные площадки. Общеизвестная классификация трещин, основанная на их ширине являются:толщина менее 1 мм,средняя - от 1 до 2 мм в ширину и широкий - шириной более 2 мм.

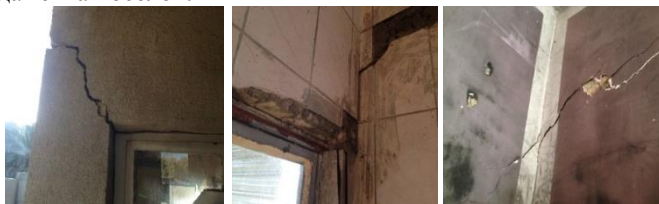
Трещины могут иметь одинаковую ширину или быть узкими на одном конце, постепенно расширяясь на другом. Трещины могут быть прямыми, зубчатыми, ступенчатыми, картографическими или случайными и могут быть вертикальными, горизонтальными или диагональными.Трещины могут быть только на поверхности или могут распространяться на более чем один слой материалов [2].

Основными причинами возникновения трещин в зданиях являются: изменения влажности, тепловые колебания, упругая деформация, ползучесть, химическая реакция, движение фундамента и урегулирование почвы и растительность.

Режимы провалы. Режимы и степени повреждения являют изменениями в зданиях. Интенсивность повреждений для всех зданий варьируется и большинство зданий не ремонтируются и в конечном итоге должны быть разрушены. Однако для зданий (хотя и довольно небольших) с меньшей степенью бедствия необходимо провести подробное обследование, чтобы решить режим и объем ремонта. Различные способы провалы обсуждаются следующим образом [3,6]:

- Движение фундамента и поселение почвы. Сдвиговые трещины в зданиях возникают, когда существует большой дифференциальный поселение фундамента или из-за неравномерного давления подшпника в разных частях конструкции или из-за того, что давление на грунт превышает безопасную несущую способность почвы или из-за низкого коэффициента безопасности в дизайн фундамента. Здания, построенные на усадочных глин (также иногда называемых обширными почвами), которые набухают на поглощающей влаге и усаживаются или сушатся в результате изменения влажности почвы, чрезвычайно подвержены трещинам, и для предотвращения трещин в таких случаях необходимы специальные меры [4,5].

- Провал в результате поселение Фундамента. Основной причиной провал для большинства зданий является дифференциальное поселение фундамента. дифференциальный поселение вызвал серьезные трещины в стенах и структурных сооружениях из-за развития дополнительных моментов/напряжений [3]. В Рисунок 2-а,б ,заметились наклонные трещины во внешних и внутрых стенах кладки и также во внутренних углах стен каменной кладки в Рисунок 2-в из-за неравномерного фундамента поселок.



(а)

(б)

(в)

Рисунок 2- Закономерности трещины из за дифференциальное поселение фундамента

-Перемещение сдвига структурной колонны. Перемещение сдвига является одной из важных причин, к которому привел провал и коллапс в колоннах, стенах и потолках. В Рисунок 3а, замечены коллапс передней части здания (колонны, стены и потолок) из-за сильного сдвига в результате взрыва.

-Коллапс стен бетонных блоков. Общий и частичный коллапс блочной кладки во многих местах наблюдался из-за напряжения сдвига, как показано на Рисунок 3б, которого вызвал коллапс передней части здания (колонны, стены и потолок) и Растрескивание и обрушение наружных стен.



Рисунок 3- Коллапс передней части здания и коллапс стен бетонных блоков из-за сильного сдвига в результате взрыва

-Трещины кирпичной кладки. Общий и частичный трещины кирпичной кладки во многих местах наблюдался из-за напряжения сдвига, как показано на Рисунок 5-а,б и Рисунок 5-в которого вызвал горизонтальные и вертикальные трещины во внешней и внутренней стенках кладки и коллапс в фасаде зданий.

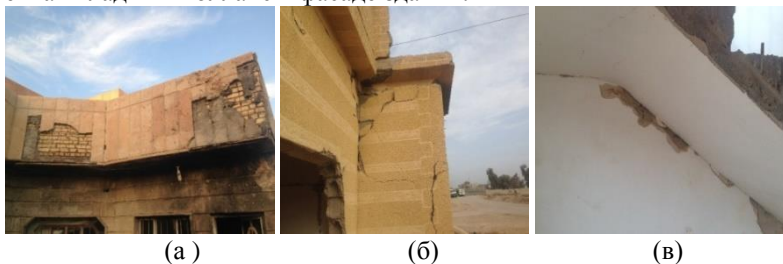


Рисунок 5- Трещины кирпичной кладки из-за напряжения сдвига

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:
-эффекты взрыва на зданиях, сходные с последствиями землетрясений на них, так как они вызвали горизонтальных и

вертикальных волны вибраций, привели к провалу фундаментных и провалу сдвигу движений в зданиях.

-для любого строительного проекта исследование грунта для каждого здания должно быть сделано отдельно с конкретными рекомендациями по контролю за дифференцированным поселением.

-Большинство провалов были инициированы из-за слабых зон, вызванных низким качеством строительства.

-Обычная форма полых блоков не обеспечивает достаточную прочность кладочных связей, рекомендуется переформирование.

-Блочная кладка с обычной формой полых блоков имеет низкую взрывоустойчивость и ее следует избегать.

-Для строительства в зонах военных действий требуется максимально возможный контроль качества

-Кирпичная кладка выполнена лучше, чем блочная кладка.

-Стены для облицовки должны быть соединены со структурной рамой с достаточными интервалами для лучшей устойчивости против взрыва встряхивания.

Список литературы:

1. Shaukat A.K. Study of modes of structural failure due to earthquake. University of engineering & technology taxila, pakistan, 32nd conference on our world in concrete & structures: 28 - 29 august 2007, Singapore.
2. EERI Special earthquake report December 2005.
3. Kishor K, Namesh. K.) .Study on control of cracks in a Structure through Visual Identification & Inspection. Department of Civil Engineering, O.P. Jindal Institute of Technology, India, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). 2014. Volume 11, Issue 5 Ver. VI (Sep-Oct. 2014), PP 64-72 www.iosrjournals.org
4. CBRI, Roorkee. (n.d.). Remedial measures of cracked buildings in expansive soil areas.
5. Mughieda O. Cracking of RC School Building Due to Soil Expansion. JJCE. 2007.
6. Kashyzadeh K.. Study type of Cracks in construction and its remedial measures. IJETAE. 1990.

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА И СНОСА

Аль-Бу-Али Уатик Саед Джасаам, аспирант,
Алласханов А.Х., канд. техн. наук

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc134ee26.35980147

Аннотация. Строительная деятельность, генерирует большое количество отходов по сравнению с другими отраслями. Строительная индустрия включает в себя различные процессы и использует огромные количества ресурсов. Известно, что строительные работы создают большое и разнообразное количество отходов. Отходы строительства и сноса представляют собой сложный поток отходов, состоящий из самых разнообразных материалов, которые представляют собой строительный мусор, щебень, бетон, сталь, древесину и смешанные материалы.

Ключевые слова: разрушенные здания и сооружения, бетонные элементы, строительная отрасль

Строительная отрасль, хотя и вносит вклад в общее социально-экономическое развитие любой страны, является основным эксплуататором природных не возобновляемых ресурсов и загрязнителем окружающей среды, в результате чего она способствует ухудшению состояния окружающей среды за счет истощения ресурсов, потребления энергии, загрязнения воздуха и образования отходов при приобретении сырья. Строительство как деятельность, связанную с созданием физической инфраструктуры, надстройки, жилья и других связанных с ними объектов. Физическая субстанция структуры - это совокупность материалов из разных источников. Управление отходами для строительных работ поощряется с целью защиты окружающей среды, и признание того, что отходы от строительных и сносных работ вносят существенный вклад в загрязнение окружающей среды. Растущая осведомленность о воздействии строительных отходов на окружающую среду привела к тому, что управление отходами стало важной функцией управления строительными проектами. Процесс управления строительными отходами выходит далеко за пределы утилизации самих отходов.

Управление отходами строительства и сноса стало одной из основных экологических проблем в строительной отрасли из-за ее долгосрочных последствий. Неконтролируемый сброс отходов строительства и сноса представляет не только значительную

экологическую нагрузку, но и финансовые затраты. Экологическое и экономическое воздействие отходов строительства и сноса может быть уменьшено с помощью рациональной политики управления, (рис. 1).



Рисунок 1- Экологическое и экономическое воздействие отходов строительства и сноса

Цель строительного строительства и утилизации отходов сноса основана на минимизации отходов и надлежащей утилизации, которые оба помогают снизить негативное воздействие на окружающую среду. Спецификации Европейского Союза могут быть оценены в соответствии с тремя принципами управления отходами [3].

- Предотвращение: отходов, это ключевой фактор в любой стратегии управления отходами. Цель состоит в том, чтобы минимизировать отходы перед строительством с помощью детального проектирования каркаса и планов использования материалов.

- Восстановление: эта стадия направлена на снижение воздействия неизбежных отходов на окружающую среду посредством стратегий повторного использования и переработки.

- Правильное хранение: эта стадия включает подходящие варианты хранения для невосстанавливаемых отходов, генерируемых на зарегистрированных сайтах. Легкий путь доступа поможет повысить эффективность и поможет участию пользователей здания.

Управление отходами оценивается с точки зрения его экономических выгод, а также вариантов предотвращения отходов не только помогли сэкономить деньги при повторном использовании и утилизации, но и принесли более широкие экологические выгоды, такие как сохранение природных ресурсов. Повторное использование и предотвращение отходов сокращают загрязнение воздуха и воды, связанное с производством и транспортировкой материалов, что косвенно является преимуществом для здоровья человека. Это также экономит энергию и снижает сопутствующую выработку парниковых

газов. Переработка многих материалов требует меньше энергии, чем производство из первичного сырья, а также может снизить транспортные требования и связанные с этим воздействия.

Уменьшение отходов начинается на этапе производства строительных материалов. Утилизация отходов, образующихся в процессе производства, играет решающую роль в предотвращении образования отходов на последующих этапах срока службы. Этап проектирования является очень важной частью производственного процесса строительства, чтобы рассмотреть образование строительных отходов и определить варианты повторного использования и переработки и особенности строительных материалов. Предотвращение этапа проектирования напрямую влияет на объем потока строительных отходов на этапах строительства, эксплуатации и сноса. В некоторых международных исследованиях подсчитано, что почти треть образующихся отходов может быть получена из-за неспособности проектировщиков принять меры по предотвращению сокращения отходов [4-6].

Список литературы:

1. Shaukat A.K. Study of modes of structural failure due to earthquake. University of engineering & technology taxila, pakistan, 32nd conference on our world in concrete & structures: 28 - 29 august 2007, Singapore.
2. EERI Special earthquake report December 2005.
3. Kishor K, Namesh. K.) .Study on control of cracks in a Structure through Visual Identification & Inspection. Department of Civil Engineering, O.P. Jindal Institute of Technology, India, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). 2014. Volume 11, Issue 5 Ver. VI (Sep-Oct. 2014), PP 64-72 www.iosrjournals.org
4. CBRI, Roorkee. (n.d.). Remedial measures of cracked buildings in expansive soil areas.
5. Mughieda O. Cracking of RC School Building Due to Soil Expansion. JJCE. 2007.
6. Kashyzadeh K.. Study type of Cracks in construction and its remedial measures. IJETAE. 1990.

НАНОТЕХНОЛОГИЯ СПОСОБСТВУЕТ СТРОИТЕЛЬСТВУ УНИКАЛЬНЫХ ЖИЛИЩ СО МНОГИМИ ПРЕИМУЩЕСТВАМИ

Аль Машрафи Али Нассер Али, аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc13d7a89.97945432

Аннотация. В настоящее время нанотехнологии являются причиной сильнейшего прорыва во многих сферах науки. Не удивительно, что сегодня нанотехнологии применяют в производстве строительных материалов. В Японии, США, Китае и странах Европы, порядка 20% строительных компаний используют материалы, в производстве которых применяли нанотехнологии.

Ключевые слова: наноструктура, энергосбережение, строительные материалы.

Представьте себе чистый недорогой медицинский центр, который освобождает вас от ежедневной уборки, самоочищается, контролирует температуру и влажность в помещении в зависимости от климатических условий, отслеживает повреждения и повреждения, которые могут возникнуть в здании, и ремонтирует его самостоятельно. С нанотехнологиями эта фантазия превратится в реальность в ближайшем будущем.

Нанотехнологии все еще несут много удивительных сюрпризов во всех сферах жизни, с ростом населения планеты, обострением жилищной проблемы, глобальными тенденциями в области энергосбережения, использования возобновляемых источников энергии и производства экологически чистых материалов многие международные научно-исследовательские центры начали предлагать недорогие строительные материалы с нанотехнологиями, В строительстве «нано-жилья», чтобы попрощаться с использованием железобетона и дорогих строительных материалов.

Строительство является одним из наиболее перспективных современных применений этой многообещающей технологии. Технология способствует производству строительных материалов с уникальными тепловыми, электрическими, физическими, химическими и механическими свойствами. Наноструктуры будут способны противостоять высоким температурам, вредному излучению и противопожарной защите. И способность самоочищаться и здания

смогут обслуживать и устранять любые трещины и трещины на ранних стадиях, а также ремонтировать себя напрямую и автоматически. Нанотехнологии займутся производством строительных материалов для улучшения их свойств и функций, таких как материалы, используемые в красках и добавках для бетонных смесей, таких как кремнезем (кварцевый песок или диоксид кремния), цемент, гипс, плитка, керамика, Стекольная, деревообрабатывающая, сталелитейная промышленность, энергоэффективность зданий и др.. Чтобы сделать их легкими, более мощными и устойчивыми к растрескиванию, растрескиванию и коррозии, а также помочь защитить поверхности и стены от пыли и загрязнений, Устойчивость к ультрафиолетовому излучению, влагостойкость, туман на стекле, самоочистление и автоматическая очистка поверхности, а также экологические характеристики, помогающие уменьшить количество выбросов углекислого газа в окружающую среду, Безопасность экосистемы.

Например, традиционная бетонная смесь частично сделана из кремнезема, но если мы используем частицы кремнезема на нанометре в бетонной смеси, комбинация смеси будет более прочной и менее проницаемой, а это означает, что она является более прочной и долговечной, Наночастицы, или наночастицы, также могут помочь в производстве новых, более прочных, более легких, долговечных материалов, с которыми легче работать, а также они более устойчивы к ударам и землетрясениям, таким как землетрясения, и древесина, покрытая наночастицами. Становится отличным водоотталкивающим средством или «Вебер Наадروفубик», становятся поверхности, обработанные таким образом самоочистки. Нанотехнологические материалы также включены в строительные материалы, которые обеспечат раннее обнаружение повреждений, повреждений, трещин и давлений в здании, а также отслеживают изменения температуры и их влияние на здании.

Согласно отчету США о рынке «нанотехнологий в строительстве» за 2007 год, спрос США на наноматериалы в строительстве, Достигнет 100 миллионов долларов в 2011 году и подскочит до 1,75 миллиардов долларов к 2025 году. Большинство приложений будет касаться красок, за которыми следуют наночастицы и добавки для бетона, и в докладе прогнозируется, что рынок США Для наноматериалов в строительстве будет в течение 2011, 2016, 2025 г, следующим образом: в продуктах: кремнезем, глинозем, диоксид титана, дочерние металлы и нанотрубки, а также в приложениях: покрытия, наночастицы, бетонные смеси,

цемент, клеи и клеи, а также на рынке: , Окна и двери, полы, потолки и освещение, водопроводные трубы в зданиях, дороги и мосты».

Продукты нанотехнологий в строительстве уже начали выходить на рынок, такие как самоинтегрирующиеся бетонные смеси и строительные стеклянные покрытия. Они характеризуются высоким качеством, гигиеничностью, высокой прозрачностью, чрезмерной защитой, сниженными затратами на техническое обслуживание и теплоизоляционными материалами, такими как аэрогель, Прозрачный, сверхлегкий кремнезем, изготовленный из кремнезема и углерода. Он описан как высокотемпературный материал, который полезен для защиты дома от пожара. Существуют также нанокерамические пленки для теплоизоляции стекла, производимые американской компанией (geoshield), перед тем прошло Луизианский технологический и коммерческий университет при Государственном университете Луизианы Наносерамические пленки изготовлены из матовой керамики, которая обработана нанотехнологиями, что придает ей множество уникальных свойств, таких как долговечность, долговечность и высокая производительность.

Многие международные научно-исследовательские центры все еще инвестируют и ищут возможности для производства нанотехнологических строительных материалов с различными спецификациями для содействия созданию уникальных наноструктур, например, Технологический институт нанометров при Сиднейском технологическом университете, Австралия, «Нанотехнологии предоставят строительной отрасли совершенно новую панель материалов, которые могут эффективно оказать глубокое влияние на проектирование зданий. В ближайшем будущем, используя нанотехнологии, стекло сможет самоочищаться, И поэтому будущие наноструктуры будут оснащены множеством больших окон, что снизит потребность в охлаждении с помощью кондиционеров, что позволит сэкономить электроэнергию и энергосбережение, а наружные поверхности здания, окрашенные нанотехнологиями, смогут защитить здания от влаги, тепло, окисление, кальцификация и загрязнение.

SIGMA International Paints компании уже начала демонстрировать свою продукцию в области нанотехнологий в области строительства. Нанокрасочные системы благодаря своим уникальным свойствам уменьшают накопление и адгезию пыли и загрязнений на наружных поверхностях зданий, а также предотвращают попадание влаги, тепла, окисление, Непрерывное изменение цветовых оттенков, уменьшение процента того, что известно в области строительных отложений или

кальцификации, или «кальцификации», и, таким образом, адаптация здания к изменяющимся климатическим условиям, что продлевает срок службы зданий и поверхностей, а использование красок требует затрат. Более низкое и более высокое качество, чем у других типов красок, которые могут не соответствовать экологическим требованиям и условиям.

Компания «Nanofoz» в настоящее время производит нанотехнологические материалы с полной водо- и теплоизоляцией, такие как «SurfaPore C», полный гидроизоляционный материал для всех строительных материалов, таких как бетон, керамика, плитка, мрамор и все полы в ванной комнате, дерево и кухни. Как и «SurfaPore ThermoDry», теплоизоляционный материал, который снижает температуру стен, не влияя на цвет или внешний вид красок, а также служит в качестве гидроизоляции для защиты краски и стен от дождевой воды и протечек воды.

С другой стороны началась «Тата» индийского автопрома, которая ошеломила мир «Tata Nano» самый дешевый автомобиль в мире для участия в проекте «Нано жилье» для удовлетворения растущего спроса на дома в Индии, объявил в мае о своих планах построить 1000 жилых единиц за пределами Мумбаи, 7,800 до 13,400 тысяч долларов.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 17-21.
2. Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Lashina I.V., Feduk R.S. Theoretical backgrounds of non-tempered materials production based on new raw materials // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 042064 doi:10.1088/1757-899X/327/4/042064.
3. Каплан М.Б. и др. Переработка строительных отходов // Строительные материалы. 6/1998. С.10-12
4. Макаров О.А., Тюменцев И.В., Горленко А.С. и др. Твердые бытовые отходы: проблемы и решения // Экология и промышленность России. М., 2006.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА В ОМАНЕ

Аль Машрафи Али Нассер Али, аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc1f163b4.15787636

Аннотация. Портландцемент является одним из наиболее востребованных вяжущих веществ современности. Так же всё большую популярность с настоящее время приобретают такие разновидности цемента как белый цемент, фиброцемент, а также различные композиционные вяжущие на основе цемента. Авторами представлены новые технологии и разработки направленные на увеличения объемов выпуска цемента в Омане, а так же расширения номенклатуры его производства в этой стране.

Ключевые слова: портландцемент, производство цемента, новые исследования, цементные заводы, исследовательские работы.

Производство цемента во всем мире налажено не одинаково. Во многих странах нашей планеты объем выпускаемых цементов и композиционных вяжущих на их основе не способен удовлетворить потребности внутри страны, не говоря уже о его экспорте.

Компания Oman Cement объявила о разработке технико-экономического обоснования производства цемента совместно с компанией «Raysut Cement Company». Raysut Cement Company объявила, что завод по производству цемента, расположенный в городе Дукм будет выполнять непрерывные поставки цемента, способствуя развитию данного региона.

Во время недавнего заседания Руководящего комитета по производственному сектору объявлено, что исполнители проекта «Центральный цемент» разрабатывают технико-экономическое обоснование и по окончании научных исследований планируется заключить экономическое соглашение с правительством Дукм.

Все это направлено на увеличение объемов местного производства цемента, а так же расширения номенклатуры выпускаемых цементов. Это позволит поднять вклад в ВВП на 300 миллионов риалов, и обеспечит 1245 рабочих мест, а кроме того значительно удешевит и облегчит ведение строительных работ. Потребление цемента в Омане за последние годы выросло с 2,7 млн. тонн до 9 млн. тонн в год. Это

безусловно подтверждает не только актуальность, но и необходимость данного проекта, в том числе на срочную необходимость улучшения производственных мощностей для снижения зависимости от импорта цемента.

Статистика показывает, что 99% импорта цемента в Омане приходится на Объединенные Арабские Эмираты, что составляет 56% от фактического потребления цемента в Султанате. Остальные 44% производятся компаниями: Оман - 23%, Райсут и Аль-Мадина - 21%.

Кроме того сегодня уже на стадии подготовки находится выполнение других исследований, направленных на повышение производительности по упаковке и погрузке цемента. Ожидается, что проект будет завершен к концу этого года, и Rausut Cement планирует несколько введение новых технологий в будущем.

В своем мониторинге предложений и инициатив, вытекающих из инициатив «внедрения», в недавно опубликованной книге, в которой содержались наиболее важные инициативы и показатели, указывалось, что цементная промышленность подпадает под категорию отраслей неметаллических материалов. Неметаллические материалы являются одними из наиболее актуальных материалов в Султанате из-за быстрого развития отрасли строительства и огромного количества строительных проектов и новых инфраструктурных проектов, которые потребляют значительное количество цемента. В настоящее время Султанат полагается на импорт цемента из-за рубежа, но на оманских цементных заводах наблюдается значительное развитие в этом вопросе. Кроме того подсектор также включает производство извести, керамики, кремния и промышленных солей.

Предлагается реализовать три подпроекта, одним из которых является строительство двух новых цементных заводов. Вторым проектом является строительство по производству белого цемента. В последние годы спрос на белый цемент стремительно увеличивается: мировое потребление белого цемента выросло с 5,80 до 6,25 млн. тонн в период с 2005 по 2010 год с совокупным годовым темпом роста в 1%.

Таким образом, исследования, направленные на разработку новых эффективных вяжущих веществ на основе местных сырьевых материалов в Омане являются весьма актуальными проблемами современности, требующими проведения дополнительных исследований.

Список литературы:

1. Никитина М.А., Ерыгина А.О., Тимошенко Т.И. Оптимизация состава сырьевой смеси Серебрянского цементного завода // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №4. С. 13 – 20.
2. Гавшина О.В., Яшкина С.Ю., Яшкин А.Н., Дороганов В.А., Морева И.Ю. Исследование влияния дисперсных добавок на сроки схватывания и микроструктуру высокоглиноземистого цемента // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №4. С. 30 – 37.
3. Строкова В.В. Новые технологии производства строительных материалов на основе нетрадиционного сырья КМА // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2004. № 5. С. 60 – 61.
4. Лесовик В.С. Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.
5. Джереми Дж. Рамсен "что такое нанотехнологии?"// Журнал восприятий нанотехнологии. 2005. Т.1. С. 3–17
6. Лесовик Р. В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05: защищена 08.05.09 / Лесовик Руслан Валерьевич. – Белгород, 2009. 496 с.
7. Aiswarya с принцем Arulraj Г и Ананд Narendran "экспериментальное исследование по бетону, содержащих нано-Метаксаолина" технические науки и технологии: международный журнал (ESTIJ) г. ISSN: 2250-3498, объем.3, № 1, а February2013.
8. Гусев Б.В. Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009. №2. С. 5-10. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 15.01.2010).
9. Liu W.-g., Wang B.-y., Fang P., Wang X.-h., Cui B.-y A new collector used for flotation of oxide minerals // Trans. NonferrousMet. Soc. China [Электронный ресурс]. 2009. V. 19. P. 1326–1330. Режим доступа: <http://www.sciencepublishinggroup.com>.
10. Bolt G.H., Van Riemsdijk W.H. Ion adsorption on inorganic variable charge constituents // In: Soil Chemistry: B. Physicochemical Models. 1982. P. 459– 04.
11. Xiong D. SLon magnetic separator promoting Chinese oxidized iron ore processing industry // In: Proceedings "of XXIII International Mineral Processing Congres. 2006. V. 1. P. 276 – 281.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ БЕТОНОВ

Баженов Ю.М.¹, д-р техн. наук, профессор,
Федюк Р.С.², канд. техн. наук,
Лесовик В.С.³, д-р техн. наук, профессор

¹ *Московский государственный строительный университет*

² *Дальневосточный федеральный университет*

³ *Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc1472d77.15382194

Аннотация. Классифицированы высокоэффективные бетоны. Рассмотрены аспекты проектирования композитов различного функционального назначения.

Ключевые слова: фибробетон, текстильбетон, самозалечивающийся бетон, самоуплотняющийся бетон.

Преодолев в 90-е годы XX века определённый «кризис жанра», технология бетонов претерпела прорыв, который был связан в первую очередь с ее химизацией. Предшествующее этому прорыву развитие материаловедения и технологии бетонов соотносилось с решением вопросов, опирающихся, прежде всего, на механизмы «механики формирования структуры». Такой подход предусматривал получение плотнейших упаковок систем сложения заполнителей и обеспечивал получение бетонов с прочностью от 20-30 МПа, а в лучших своих решениях (с использованием высококачественных заполнителей рациональной гранулометрии, прогрессивной технологии уплотнения) - до 70 МПа. Переход на физико-химические механизмы формирования структуры и управления микроструктурой позволил получить бетоны с прочностью до 120 МПа. При этом предшествующая сумма знания в технологии бетонов не отбрасывалась, а развивалась и дополнялась новыми научными положениями. Последнее десятилетие развития технологии бетонов характеризуется становлением и приложением нанотехнологических подходов. На современном этапе развития технологии бетона определяющим оказываются уже не столько проблемы прочности, сколько проблемы повышения эффективности технологии бетона и самого бетона по критериям ресурсоемкости в расчете на единицу измерения его качества [1].

Ю.М. Баженов относит к высокопрочным бетоны с прочностью на сжатие 50-100 МПа и к особо высокопрочным - с прочностью выше 100 МПа [2]. Для сравнения можно привести некоторые значения

теоретической прочности цементного камня по мнению отечественных и зарубежных исследователей. В частности, по И.Н. Ахвердову [3], теоретическая прочность цементного камня при нулевой пористости составляет 1370 МПа. По данным А.М. Невилля [4], теоретическая прочность цементного камня составляет 10500 МПа.

Ниже приведена авторская классификация современных бетонных композитов (на основе анализа мировой литературы последних лет).

Таблица 1 - Классификация высокоэффективных бетонных композитов

№ п/п	Наименование	Состав и характеристики	Литература
1	Бетон с ультравысокими потребительскими свойствами (Ultra-high performance concrete; Compact reinforced composite; Densified small-particle concrete; Fiber-reinforced high-performance concrete; High-performance fiber reinforced cement composite; Macro defect free concrete и др.)	Фиброцементный композитный материал с $R_{сж} = 150 - 250$ Мпа. Состав: обычно мелкозернистый песок, кремнеземсодержащий компонент, небольшие стальные волокна и специальный состав высокопрочного портландцемента. Существующие типы ультравысококачественного бетона отличаются от обычного бетона, тем, что в результате сжатия происходит деформационное упрочнение, а затем внезапное хрупкое разрушение.	[5 и др.]
2	Фортификационный бетон Cor-Tuf (разработан Инженерным центром исследований и разработок Инженерного корпуса армии США)	Улучшенные защитные характеристики обеспечиваются за счет оптимально подобранного состава в следующей пропорции: портландцемент – 1,0; мелкозернистый песок – 0,967; высококремнезёмные добавки – 0,277; микрокремнезем – 0,389; суперпластификатор – 0,0171; стальная фибра – 0,310; вода – 0,208.	[6 и др.]

Продолжение табл. 1

3	Самоуплотняющийся бетон (СУБ)	<p>СУБ можно разделить на две категории:</p> <ul style="list-style-type: none"> - бетоны с высоким содержанием смешанного вяжущего (более 400 кг/м³ цемента + зола уноса + пылевидный шлак); - бетоны с добавками-модификаторами, такими как микрокремнезем и ультратонкий аморфный кремнезем (уменьшается расход вяжущего). <p>Высокоподвижные смеси: расплав конуса 550-850 мм</p>	[7 и др.]
4	Текстильбетон (Стеклофибробетон; Textile-reinforced concrete; Fabric Reinforced Cementitious Matrix; Engineered cementitious composite)	В отличие от обычного фибробетона, представляет собой семейство микромеханических материалов. Похож скорее на пластичный металл, чем на хрупкое стекло (как традиционный бетон).	[8 и др.]
5	Геобетон (геополимерный бетон, щелочеактивированные вяжущие)	Материалы с полимерной структурой молекул, которые обладают очень высокой прочностью и целым рядом особых свойств. Состав: шлак; зола уноса (или зольная пыль); жидкое стекло; гидроксид калия; специальный отвердитель; вода.	[9 и др.]
6	Самозалечивающийся бетон (Self-healing concrete; Bioconcrete; Bacterial concrete)	Бактерии внедренные в бетон, в процессе жизнедеятельности выделяют продукты кальция, заполняя им микротрещины	[10 и др.]
7	Высококачественный шлакобетон (High Performance Slag Concrete)	Стальной (медный шлак применяется в качестве наполнителя или заполнителя в высокопрочных (непроницаемых) композитах	[11 и др.]

8	Композиты, модифицированные углеродными нанотрубками	Нанотрубки ведут себя как «зародыши» кристаллов, но поскольку они имеют не точечную, а протяженную форму, кристаллы образуются вытянутые. Разрастаясь, кристаллы переплетаются, частично прорастают друг в друга и образуют пространственную сеть, пронизывающую и связывающую в единое целое всю бетонную смесь	[12-14]
---	--	--	---------

Список литературы:

1. Коротких Д.Н. Повышение прочности и трещиностойкости структуры современных цементных бетонов: проблемы материаловедения и технологии. - дисс. ... д.т.н. 05.23.05. – Воронеж, 2014. - 354 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: АСВ, 2007. – 528 с.
3. Ахвердов И. Н. Основы физики бетона. М.:Стройиздат, 1981. 464 с.
4. Neville A.M. Brooks J.J. Concrete Technology; 2th ed. Harlow: Pearson, 2010. 442 p.
5. Yoo D.-Y., Bantia N. Mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete: A review. Cement and Concrete Composites. Vol. 73, 2016, Pp. 267-280.
6. Williams E. et al. Laboratory Characterization of Cor-Tuf Concrete With and Without Steel Fibers, Technical Report No. ERDC/GSL TR-02-22, U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Washington, DC, July 2009.
7. Tabatabaeian M., Khaloo A., Joshaghani A., Hajibandeh E.. Experimental investigation on effects of hybrid fibers on rheological, mechanical, and durability properties of high-strength SCC. Construction and Building Materials, Vol. 147, 2017, Pp. 497-509.
8. Djamaï Z.I., Bahrar M., Salvatore F., Si Larbi A., El Mankibi M. Textile reinforced concrete multiscale mechanical modelling: Application to TRC sandwich panels. Finite Elements in Analysis and Design. Vol. 135, 2017, Pp. 22-35
9. Alomayri T., Shaikh F.U.A., Low I.M. Synthesis and mechanical properties of cotton fabric reinforced geopolymers composites. Composites Part B: Engineering. 2014; 60(0):36–42.
10. Wang J., Van Tittelboom K., De Belie N., Verstraete W. Use of silica gel or polyurethane immobilized bacteria for self-healing concrete. Construction and Building Materials. Vol. 26 (1), 2012, Pp. 532-540.

11. Adu-Amankwah S., Zajac M., Stabler C., Lothenbach B., Black L. Influence of limestone on the hydration of ternary slag cements. *Cement and Concrete Research*. Vol. 100, 2017, Pp. 96-109.
12. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – a review // *Construction Building Materials*. 2010. Vol.24. Pp.2060-2071.
13. Ткачев А.Г. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур // Монография. - 2007. - С. 316.
14. Толмачев С.Н., Беличенко Е.А. Повышение долговечности тяжелого бетона путем комплексной активации структурных уровней // *Строительные материалы*. 2012. №9. С. 76-78.

ИСПЫТАНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ГРАНИТА И ДОМЕННОГО ШЛАКА

Бурьянов А.Ф.², д-р техн. наук, профессор
Смирнов М.А.¹, канд. техн. наук, доцент
Новиченкова Т.Б.¹, канд. техн. наук, доцент
Стученков К.С.¹, магистрант

¹*Тверской государственный технический университет*

²*Московский государственный строительный университет*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc150b919.20138439

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию геосинтетического вяжущего вещества на основе пылевидного отхода обработки гранита, как альтернативе использованию цементных вяжущих, так как с их применением связаны такие актуальные проблемы как возрастающая нехватка компонентов самого цемента, и, следовательно, повышение стоимости на его производство и приобретение, а также причинение непоправимого вреда экологии при его производстве, в ходе выброса огромного количества углекислого газа в атмосферу.

Ключевые слова: геосинтетическое вяжущее, гранулированный шлак, геосинтетики, гидроксид натрия, щёлочной активатор.

В современном строительстве применяется огромное количество различных минеральных, а также органических вяжущих веществ, имеющих разнообразные индивидуальные свойства. Тем не менее, внутри многообразия минеральных вяжущих первым считается цемент. Основанием такой позиции цемента на рынке вяжущих материалов объясняется рядом положительных качеств. Одним из этих основных качеств является основательное изучение данного материала. С другой стороны, этот материал имеет и отрицательные качества, к которым можно отнести, например, вред, наносимый экологии при производстве, что в последние годы, становится все более актуальной проблемой. Ключевым направлением решения этой растущей проблемы является создание геосинтетических вяжущих веществ, и замена ими цемента.

В данной статье приведены результаты исследования геосинтетического вяжущего веществ на основе пылевидного отхода обработки базальта, а также гранулированного доменного шлака.

Предпосылками к проведению данного исследования послужили, сделанные после изучения научных источников, выводы о том, что

геополимерные вяжущие, полученные на основе смеси измельченных магматической горной породы и гранулированного доменного шлака, для твердения которой использовался комплексный щелочной активатор, в зависимости от их состава могут иметь показатели прочности, находящиеся в интервале 20...80 МПа, что вполне достаточно для получения большинства строительных материалов.

Непосредственная цель исследования заключалась в том, чтобы достичь нижнего порога этого интервала, используя полусухую смесь для создания прессованных изделий.

Научно-исследовательская работа проходила в два этапа. На первом этапе были произведены две партии образцов: в каждой партии было изготовлено по три образца на каждый из трех составов смеси.

Таблица 1 - Составы образцов

Материал	Масса, г (процентное содержание, %)		
	Состав №1	Состав №2	Состав №3
Гранит	180 (90)	160(80)	140 (70)
Шлак	20 (10)	40 (20)	60 (30)
Вода	24	24	24
NaOH	0,6	1,2	1,8

Изготавливались образцы-цилиндры с диаметром и высотой 50 мм, Изготовление первой партии образцов производилось на гидравлическом прессе при усилии в 25 МПа.

Таблица 2 - Результаты испытания первой партии образцов

Результаты испытаний					
№ сост.	№ обр.	ρ , г/см ³	m, г	R _{сж.} , МПа	t, сут.
1	1	1,97	217,10	4,7	14
	2	2,00	220,20	4,6	
	3	1,99	219,30	4,7	
2	1	2,01	220,80	5,2	
	2	2,02	222,10	5,0	
	3	2,01	221,50	5,1	
3	1	2,02	222,20	5,0	
	2	2,03	223,60	4,9	
	3	2,03	222,30	5,2	

Как можно наблюдать из таблицы, при данных условиях формования мы не смогли достичь удовлетворительного результата независимо от состава испытанных образцов, и было принято решение о том, что при изготовлении второй партии образцов усилие формования будет повышено до 60 кН.

Таблица 3 - Результаты испытания второй партии образцов

Результаты испытаний					
№ сост.	№ обр.	ρ , г/см ³	m, г	R _{сж.} , МПа	t, сут.
1	1	2,00	219,70	9,3	14
	2	2,00	220,20	9,2	
	3	2,00	220,10	9,2	
2	1	2,01	221,10	10,2	
	2	2,02	221,90	9,9	
	3	2,01	221,30	10,0	
3	1	2,00	220,40	16,0	
	2	2,03	223,60	16,5	
	3	2,02	222,10	16,3	

По полученным результатам второй партии образцов, можно сделать следующий вывод: увеличение усилия при формовании поспособствовало росту прочности, без значимого изменения плотности образцов, примерно на 100 % в случае первого и второго состава, несмотря на различное содержание шлака, а в случае третьего – на 200 %, что положительно влияет на определение направления дальнейших испытаний.

Также после анализа полученных результатов второй партии образцов было принято решение на втором этапе работы продолжить дальнейшее исследование только с третьим составом, как наиболее перспективным.

На этом этапе было изготовлено девять образцов третьего состава, также были введены следующие изменения: повышение усилия формования до 80 кН, а также поддерживать это усилие 20 секунд.

Таблица 4 - Результаты испытания второго этапа

Результаты испытаний				
№	ρ , г/см ³	m, г	R _{сж.} , МПа	t, сут.
1	2,00	220,40	19,0	14
2	2,03	223,60	19,5	
3	2,03	223,54	21,1	
4	2,04	224,69	19,7	
5	2,05	225,63	20,6	
6	2,05	225,76	21,4	
7	2,05	225,57	20,5	
8	2,02	222,25	19,1	
9	2,01	221,29	19,3	

Результаты испытания третьей партии образцов доказывают возможность достижения образцами из полусухой смеси прочности в 20 МПа, для создания прессованных изделий.

Результаты проведенного испытания позволяют сделать обоснованный вывод о том, об актуальности использования геосинтетического вяжущее, в виде полусухой смеси, на основе смеси измельченных магматической горной породы и гранулированного доменного шлака, для твердения которой использовался комплексный щелочной активатор, для создания прессованных изделий.

В ходе дальнейших испытаний планируется проведение ряда опытов для изучения других свойств изготовленных образцов, таких как водопоглощение и морозостойкость.

Список литературы:

1. Ерошкина Н.А., Коровкин М.О., Полубаров Е.Н. Свойства геополимерных вяжущих на основе магматических горных пород. М.: Машстройиздат, 1949.
2. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максунев С.Е. Вяжущее и композиционные материалы контактного твердения. Киев: Вицшашкола, 1991. 243 с.
3. Коровкин М.О., Коровкин М.О. Кинетика твердения геополимерного вяжущего на основе горных пород. М.: Машстройиздат, 2016.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ДОБАВОК «ПОЛИГРАН» И «SIKA-VISCOCREATE»

Васильев Ю.Э. д-р техн. наук, профессор,
Ефимов С.Н., канд. техн. наук, вед. инженер,
Альшин В.А., магистрант

*Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc15a87d4.92759281*

Аннотация. В статье рассматривается самоуплотняющийся бетон и особенности его применения. Представлены промежуточные результаты испытаний с добавками «Полигран» и «Sika-Viscocrete».

Ключевые слова: самоуплотняющиеся смеси, бетонные смеси, гиперпластифицирующие добавки.

Самоуплотняющийся бетон – это материал, который способен уплотняться под действием собственного веса, целиком заполняя форму даже в густоармированных конструкциях.

История применения самоуплотняющегося бетона началась в Японии. Затем он был более детально исследован в Германии Вольфгангом Брамесхубером и его коллегами. С 2005 года данная технология используется в России [1]. В качестве примеров использования данного вида бетона возможно привести такие объекты: Левада центр, мост на остров Русский, Алабяно-Балтийский тоннель, 2-ая Ленинградская атомная электростанция, Нововоронежская атомная электростанция.

Помимо указанных конструкций, использование самоуплотняющегося бетона, на наш взгляд, актуально в опорах для многоярусных путепроводов, а также для опор мостов и эстакад, арматурные стержни у которых расположены на расстоянии 5-7 см друг от друга, т.е. такое расположение не даёт возможности уплотнять подобную конструкцию с помощью глубинного вибратора. Навесные же вибраторы при значительной толщине конструкции неэффективны.

Самоуплотняющаяся бетонная смесь способна заполнять даже незначительные пустоты при соблюдении заданного расплыва конуса, т.е. бетонная смесь как бы растекается по поверхности, заполняя весь объём густоармированного конструктивного элемента.

В лаборатории ОНИЛ «Цемент» изучаются свойства самоуплотняющихся бетонных смесей и бетонов. Известно, что для

производства качественной самоуплотняющейся бетонной смеси, помимо компонентов традиционных бетонов необходимо введение в смесь:

Микронаполнителя - т.е. молотый известняк, молотый граншлак, микрокремнезём, зола ТЭЦ увеличивает поверхность мелких фракций бетонной смеси, для предотвращения водоотделения.

Добавки гиперпластификатора, отличающейся повышенным пластифицирующим эффектом (до 40%) - для компенсации роста водопотребности. Например, гиперпластификаторы компаний Sika или BASF.

Опытами установлено, что смеси относительно небольшого распыла конуса типа SF1, т.е. 55-65 см могут быть приготовлены с использованием щебня фракции 5-20 мм. Для более высоких показателей распыла конуса SF2 (66-75 см) и SF3 (76-85 см) [3], во избежание расслоения смесей, нужно использовать фракцию щебня 5-10 мм. Это подтверждает опыт производства комбината СтройБетон. Опыт работы с СУБами показали, что для предотвращения расслоения эффективны стабилизаторы для бетонных смесей (например, Centrament) в дозировке несколько десятых долей процента от массы цемента. Производственная проверка показала, что стабилизаторы целесообразно вводить в смесь при требуемом распыле конуса более 60 см.

Исследования лаборатории ОНИЛ «Цемент», а также учёных РХТУ им. Менделеева и специалистов Мостовой инспекции говорят о том, что в присутствии гиперпластификатора и микронаполнителя в составе СУБ возникает более плотная мелкокристаллическая структура цементного камня. Это обеспечивает повышенные строительно-технические свойства самоуплотняющейся бетонной смеси по сравнению с традиционными бетонами при равных расходах цемента.

Согласно нашим исследованиям формула Болемея-Скрамтаева

$$R_{628}^{н.у.} = A \times R_{ц} \times \left(\frac{Ц}{Б} - 0.5 \right) \quad (1)$$

Для самоуплотняющейся бетонной смеси приобретает следующий вид:

$$R_{628}^{н.у.} = A \times R_{ц} \times \left(\frac{Ц}{Б} - 0.5 \right) + (12 \dots 20 \text{ МПа}) \quad (2)$$

Опыт производства СУБ в РФ говорит о том, что данный вид бетона на 20-25% дороже традиционного. Однако, в отдельных случаях (конструкции сложной геометрической формы, густоармированные изделия) произвести качественный бетон плотной структуры с требуемыми строительно-техническими свойствами без СУБ технологически невозможно.

Таблица 1 - Составы бетонных смесей и кинетика прочности бетонов при сжатии, кг/м³

№ п/п	Состав бетонной смеси, кг/м ³					Наименование и дозировка добавки, кг/м ³	Р.К., см	Средняя плотность смеси, кг/м ³	Предел прочности бетона при сжатии, МПа. Нормальное твердение в возрасте, сут.			
	Ц	М П	П	Щ	В/(В/Ц)				1	2	7	28
1	35 2	14 9	96 5	77 7	172/0, 49	Sika-viscocrete 20 Gold, 4	6 0	241 9	16, 2	33, 4	51, 2	
2	35 0	14 5	90 0	83 0	175/0, 50	Полигран П4, 3,7	5 5	240 4	18, 0			

Продолжение табл. 1

3	35 1	14 9	96 8	77 2	176/0, 50	Полигран П4, 3,5	52	24 20	17 ,8	32, 0	48, 0	60, 3
---	---------	---------	---------	---------	--------------	---------------------	----	----------	----------	----------	----------	----------

При использовании гиперпластифицирующих добавок происходит удорожание бетонной смеси на 400 - 600 руб. за м³, стоит отметить что добавку нужно очень точно дозировать и корректировать состав при замене цемента и заполнителей. Все это сдерживает применение СУБ. Цель экспериментальной части проводимых нами работ заключалась в обосновании расширения применения СУБ. В качестве аналога добавки гиперпластифицирующей Sika-Viscocrete 20 Gold производства Basf, была взята добавка Полигран П4 производства ООО “НИЦ Полигран”. Были проведены испытания для сравнения свойств и кинетики прочности бетонной смеси.

В работе использовался Портландцемент ПЦ-500-Д0-Н производства Jatenge Holeim, микрозаполнитель – минеральный порошок МП-1, песок М_{кр}=2,6, щебень гранитный фр. 5-20мм, добавка Zika-Viscocrete 20 Gold производства Basf и добавка Полигран П4 производства ООО “НИЦ Полигран”.

Некоторые из полученных результатов представлены в табл.1.

Пробными экспериментами установили, то увеличение содержания минерального порошка более 150 кг/м³, резко уменьшается сохраняемость удобоукладываемости.

Полученные в лаборатории результаты свидетельствуют о целесообразности применения добавки Полигран П4 при производстве самоуплотняющихся бетонных смесей и бетонов.

Список литературы:

1. Ефимов С.Н., Суханов М.А., Глубоков Е.В., Тарасова А.Ю. Самоуплотняющиеся бетоны. Реальность и перспективы. 72 научно-методическая и научно-исследовательская конференция МАДИ, 2014. Секция «Цементные бетоны», с 18-25.
2. Ефимов С.Н., Суханов М.А., Мелкозернистые самоуплотняющиеся бетоны. 73 научно-методическая и научно-исследовательская конференция МАДИ, 2015. Секция «Цементные бетоны», с 17-20.
3. Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ОАО ЦНИИС) Стандарт организации «Добавки на основе эфиров поликарбоксилатов для изготовления вибрационных и самоуплотняющихся бетонов» СТО 70386662-306-2013. Издание 2, Москва, 2013.

ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ

Васильев Ю.Э., д-р техн. наук, профессор,
Менькина У.О., студент,
Селезнев К.А., студент,
Рамос А.Л., инженер

*Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)*
DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc16585e4.49941232

Аннотация. Проведен анализ результатов лабораторных испытаний органических вяжущих после моделирования 3-х состояний: исходный битум, кратковременное старение и длительное старение. Сделаны выводы о несоответствии свойств исходного органического вяжущего и входящего в состав асфальтобетонной смеси, укладываемой в покрытие, что является одной из причин сокращения срока службы дорожной конструкции.

Ключевые слова: органические вяжущие, эксплуатационное старение, технологическое старение, моделирование старения, гравийной состав, RTFO, DSR.

Асфальтобетон получил широкое применение в дорожном и аэродромном строительстве, как в России, так и за рубежом. Под действием нагрузок от эксплуатируемого транспорта, климатических факторов, а на аэродромах и воздействия реактивных струй отработавших газов двигателей воздушных судов асфальтобетонные покрытия постепенно разрушаются. При этом появление таких дефектов как трещины, выбоины, шелушение, выкраивание - непосредственно связанных со старением асфальтобетонной смеси и асфальтобетона, обусловлены старением органического вяжущего. Возникающие в процессе старения органического материала необратимые изменения свойств, происходят под действием внешних и внутренних факторов, таких как кислород воздуха, температура, ультрафиолетовое и радиационное излучение, вода, структурно-реологический тип битума, химико-минералогический состав минеральных компонентов, тип гранулометрии асфальтобетонной смеси, степень уплотнения асфальтобетона.

Старение битума, а, следовательно, и асфальтобетона приводит к тому, что нормативные эксплуатационные характеристики

асфальтобетонных покрытий после 6-7 лет эксплуатации не обеспечиваются, происходит снижение срока службы.

Старение битума в асфальтобетоне принято рассматривать как процесс, который происходит в два этапа:

- первый – на технологических этапах производства, транспортировки, укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси,
- второй – в процессе эксплуатации покрытия.

На технологических этапах в процессе производства, хранения в накопительном термобункере, транспортировании асфальтобетонной смеси и укладки в конструктивные слои покрытия, битумное вяжущее на поверхности минерального материала подвергается воздействию высоких температур и кислорода воздуха. Это ускоряет в нем термоокислительные процессы, изменение группового состава битума, повышает его вязкость. Производство горячей асфальтобетонной смеси осуществляется путем смешивания битума с минеральными материалами при температурах 140-165 °С, при этих же температурах происходит взаимодействие тонкого слоя битума с кислородом воздуха, приводящее к интенсивному старению битума, в результате уже на стадии производства смеси возможен переход битума в другую марку с более высокой вязкостью, и асфальтобетонная смесь перестает соответствовать первоначально подобранному составу, это является одной из причин сокращения срока службы асфальтобетонных покрытий.

Интенсивность старения битумного вяжущего в асфальтобетонной смеси, находящейся в термобункере и в процессе транспортирования, зависит от температуры отгружаемой смеси, ее состава, типа структуры материала, толщины битумной пленки на поверхности зерен минеральных материалов и степенью её структурированности.

Основными факторами, действующими на асфальтобетон на протяжении всего жизненного цикла и обуславливающие его старение на стадии эксплуатации, следует считать высокие летние температуры, воздействия кислорода воздуха, ультрафиолетовое излучение солнечного света, влаги, агрессивных химических веществ. Также существенное влияние на старение оказывает химико-минералогический состав и удельная поверхность минерального материала, входящего в состав асфальтобетонной смеси, вид и консистенция органического вяжущего и др. факторы. Старение битума в асфальтобетонном покрытии протекает значительно медленнее, чем на технологическом этапе.

Исследования механизма старения битума показали, что основными процессами, вызывающими необратимые изменения состава и структуры битумов, являются полимеризация, поликонденсация под действием тепла, оксиполимеризация компонентов битума под действием света и УФ лучей, и полиоксиконденсация под влиянием кислорода воздуха.

Доминирующей причиной старения битума в асфальтобетонных смесях и асфальтобетонах следует считать термоокисление, приводящее к изменению химического группового состава битума, в первую очередь, за счет накопления высокомолекулярных соединений. Согласно исследованиям В.В. Михайлова и А.С. Колбановской [6], структурные изменения битума при старении происходят в несколько этапов:

- образование коагуляционной сетки асфальтенов из надмолекулярных образований смол,
- ее дальнейшее формирование и развитие с последующим разрушением.

Кинетика изменения группового состава битума во многом связана с его структурно-реологическим типом. Процессы химического изменения компонентов битума сопровождаются отрывом боковых цепей, образованием свободных радикалов и процессами отщепления водорода с образованием молекул воды при взаимодействии с кислородом воздуха.

Различное влияние на интенсивность старения битумов оказывает химико-минералогический состав и текстура поверхности минеральных материалов. Так активные минеральные порошки плотной структуры (например, известняковый, доломитовый) замедляют старение асфальтобетона. Пористая структура минеральных материалов влияет на изменение группового состава битумов (процесс избирательной фильтрации). Эффективным способом противостояния избирательной фильтрации низкомолекулярных компонентов битума в пористое пространство минеральных материалов является двухстадийная технология производства асфальтобетонной смеси, а также механохимическая активация минеральных порошков ПАВ, олигомерами, растворами полимеров при производстве асфальтобетонных смесей.

Современные физические испытания битумного вяжущего имеют значительные недостатки - основным из которых является то, что испытанию подвергаются исходные битумы соответствующие предварительно подобранному составу приготавливаемой

асфальтобетонной смеси, но в результате интенсивного старения битума происходящего на технологическом этапе жизненного цикла асфальтобетонной смеси в покрытии будет укладываться материал в состав которого входит состарившийся битум и не соответствующий подобранному составу.

В настоящее время в США действует «Программа стратегических исследований в области автомобильных дорог (SHRP)», которая направлена на разработку тестов и спецификаций для битумных вяжущих и горячих асфальтобетонных смесей на основании рабочих характеристик. Испытания и спецификация вяжущих веществ, называемых Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement – асфальтобетонные покрытия высококачественного исполнения), которая имеет как достоинства, так и недостатки.

Одним из основных достоинств этой программы является то, что согласно техническим требованиям на вяжущие по методологии Superpave, битумное вяжущее необходимо испытывать только после моделирования трех свойственных ему критических стадий, две из которых - старение:

а) 1 стадия – это битумное вяжущее готовое к транспортировке, хранению и обработке, но до смешивания с заполнителем (исходный битум OB);

б) 2 стадия – это состаренное битумное вяжущее после приготовления асфальтобетонной смеси и укладки (кратковременное старение RTFOT) [2];

в) 3 стадия - это битумное вяжущее, которое подвергается дальнейшему старению при длительной эксплуатации (старение PAV) [4].

В лаборатории МАДИ для анализа изменения свойств битума до и после старения были проведены испытания БНД60/90 и ПБВ 60 по определению упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) с использованием динамического сдвигового реометра DSR по ПНСТ 88-2016[3]. Сущность метода заключается в многократном циклическом воздействии на образец битумного вяжущего путем приложения и снятия сдвиговой нагрузки в течение определенного времени и измерении деформации и упругого восстановления образца в каждом цикле.

Моделирование старения вяжущего материала, при приготовлении и укладке горячих асфальтобетонных смесей – осуществляется по методу старения битума в тонких плёнках с помощью прибора RTFOT.



Рисунок 1- Прибор для старения битума в тонких пленках RTFOT

С помощью метода RTFOT можно получить состаренный вяжущий материал, который затем испытывается посредством реометра динамического сдвига, а также определить изменение массы материала во время технологического старения.

Моделирование эксплуатационного старения вяжущего материала в асфальтобетонном покрытии осуществляется с помощью прибора для длительного старения PAV.



Рисунок 2 - Прибор для длительного старения битума PAV

В лаборатории кафедры дорожно-строительных материалов в Центре коллективного пользования МАДИ на реометре динамического сдвига (DSR) были проведены испытания на определение остаточной деформации и усталостное растрескивание на этих трёх стадиях.

Для анализа изменения характеристик исходного вяжущего и вяжущего, состаренного для моделирования процессов технологического и эксплуатационного старения, были взяты образцы БНД60/90 и ПБВ 60. Результаты испытаний представлены в таблице 1.



Рисунок 3 - Реометр динамического сдвига (DSR)

Таблица 1 - Результаты испытаний БНД 60/90 и ПБВ 60 на определение упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) с использованием динамического сдвигового реометра DSR по ПНСТ 88-2016

Показатели	БНД 60/90			ПБВ 60		
	Исходный материал	После старения RTFO	После старения PAV	Исходный материал	После старения RTFO	После старения PAV
1	2	3	4	5	6	7
Общая относительная деформация ползучести при нагрузке 0,1 кПа	64	64	64	64	64	64
Общая относительная деформация ползучести при нагрузке 3,2 кПа	0,7409	0,2243	-	0,7341	0,2780	0,04425
Напряжение при после снятия начальной нагрузки, кПа	32,23	9,311	-	32,50	11,21	1,513
Остаточная относительная деформация после снятия основной нагрузки 3,2 кПа	0,6714	0,1660	-	0,6319	0,2208	0,02510
Остаточная относительная деформация после снятия начальной нагрузки	32,30	9,010	-	32,62	10,96	1,077
Остаточная относительная деформация после снятия основной нагрузки	0,06948	0,05831	-	0,1022	0,05720	0,01914
Упругая относительная деформация при 0,1 кПа после снятия начальной нагрузки	-0,07519	0,3016	-	-0,1125	0,2483	0,4358
Упругая относительная деформация после снятия основной нагрузки	90,6	74,0	-	86,1	79,4	56,7
Общая относительная деформация ползучести при нагрузке 0,1 кПа	100,2	96,8	-	100,3	97,8	71,2

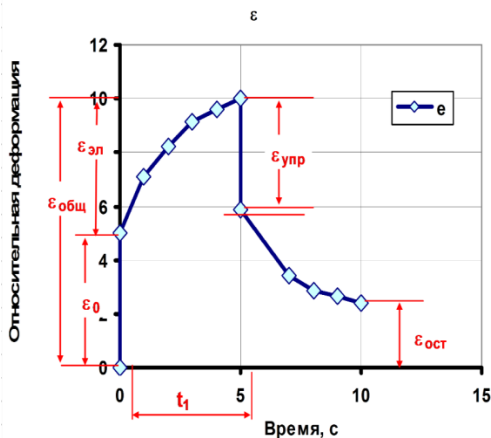


Рисунок 4 - Изменение деформации образцов в процессе испытания

Определенные свойства испытанных в лаборатории органических вяжущих основаны на характере развития деформации под действием постоянно действующей нагрузки.

Определение структурно-механических свойств на основе анализа реологического течения и широко используется исследовательской практике после второй мировой войны благодаря работам П. А. Ребиндера и его школы. Это в настоящее время является одним из наиболее объективных и доступных методов изучения этих свойств материалов с упруго-вязко-пластическими свойствами.

При этом развитие деформации во времени в упруго-пластичных материалах зависит от величины напряжения. Возможно два случая:

1. Когда действующее напряжение P достаточно мало и меньше предела упругости или предела текучести и в деформируемой среде развиваются только обратимые деформации, подразделяющиеся на два типа:

а) упругая деформация, подчиняющаяся закону Гука, когда между напряжением и деформацией существует линейная зависимость. после приложения нагрузки возникает мгновенная и спадает после снятия напряжения;

б) эластическая деформация упругого последствия, которая постепенно развивается после приложения усилия и медленно уменьшается после снятия напряжения.

В этом случае, после снятия напряжения первоначальная геометрическая форма полностью восстанавливается.

2. Когда действующее напряжение *больше* предел текучести, но меньше предельного напряжения вызывающего разрушение материала.

В этом случае в деформируемой среде во времени, превышающем время развития эластической деформации проявляется необратимая деформация вязкого и пластического течения, являющаяся. Характер кривой деформация показан на рис. 4.

Из представленных в табл. 1. результатов испытаний органических вяжущих марки 60/90 и марки ПБВ 60 следует, что упругие свойства органического вяжущего входящего в состав асфальтобетона уложенного в покрытие будут значительно отличаться от реальных в связи со старением, а следовательно асфальтобетон в конструкции не соответствует рецепту утвержденному для данных условий эксплуатации асфальтобетонного покрытия. Это является одной из основных причин сокращения сроков службы.

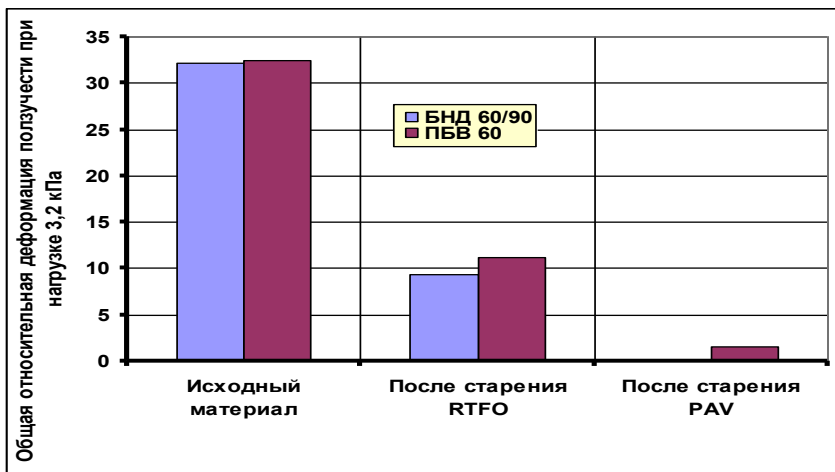


Рисунок 5- Упругая относительная деформация после снятия основной нагрузки до и после старения по методам RTFO и PAV у битума марки БНД 60/90 и ПБВ 60.

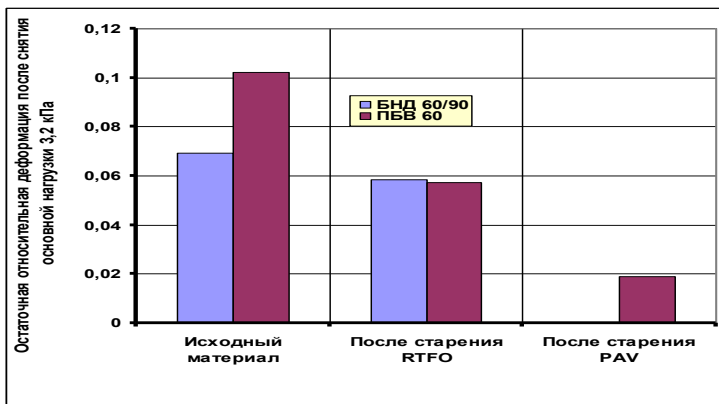


Рисунок 6- Остаточная относительная деформация после снятия основной нагрузки до и после старения по методам RTFO и PAV у битума марки БНД 60/90 и ПБВ 60.

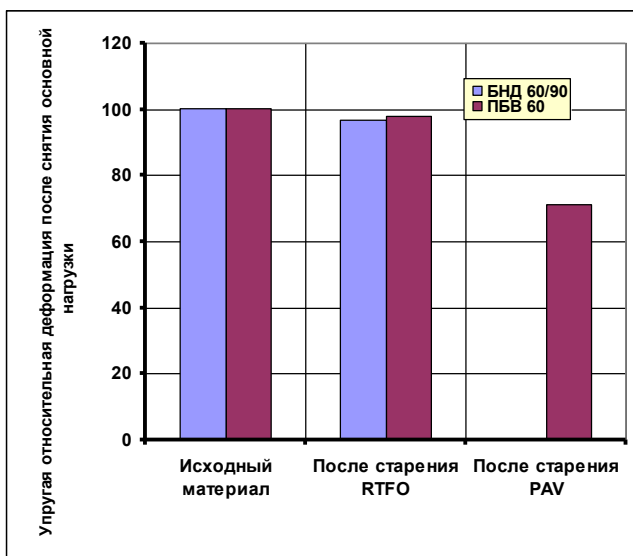


Рисунок 7- Упругая относительная деформация ползучести до и после старения ПБВ 60 по методу RTFO битума марки БНД 60/90 и и приготовленного из него ПБВ 60

В настоящее время проводятся комплексные испытания асфальтобетонных смесей различных типов и видов с оценкой динамических и усталостных характеристик как до, так и после технологического и эксплуатационного старения асфальтобетонных смесей и асфальтобетона по европейским и американским методикам.

Список литературы:

1. ГОСТ 33133-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования.
2. ГОСТ 33140-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT).
3. ПНСТ 88-2016 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) с использованием динамического сдвигового реометра (DSR).
4. ПНСТ 84-2016. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод старения под действием давления и температуры (PAV)
5. ОДМ 218.7.005-2008. Росавтодор. Рекомендации по методу определения устойчивости к старению вязких нефтяных дорожных битумов. – М., 2009.
6. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. М: Транспорт, 1973.
7. Гуляк Д.В. Технологическое и эксплуатационное старение дегтебетонных смесей и дегтебетонов и способы их замедления»: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Д.В. Гуляк. – Макеевка: ДонНАСА, 2010.
8. Васильев Ю.Э. Качество битума. Чем оно определяется? //Наука и техника в дорожной отрасли. 2011. №2(57). С.27-28.
9. Васильев Ю.Э., Кочетков А.В., Сарычев И.Ю., Андронов С.Ю. Особенности и проблемы обращения битума. // Строительные материалы.2013. №10. С. 32-35.

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ НЕАВТОКЛАВНЫХ СИЛИКАТНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

Володченко А.А., канд. техн. наук, доцент

Черпанова И.А. аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc171d515.68741958

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы формирования структуры неавтоклавных силикатных композитов на основе нетрадиционного сырья. Приводятся обзор влияния формируемого состава новообразований на эксплуатационные свойства композитов.

Ключевые слова. Неавтоклавные силикатные материалы, глинистые породы, алюмосиликатное сырье, тепловлажностная обработка, структурообразование

Главнейшим технико-экономическим показателем любого рода технологического производства является степень преобразования первоначального сырьевого компонента в конечный продукт. Так, исходя из практики большая доля первоначального сырья направляется в отходы, которые в основном складываются в отвалы, что в свою очередь наносит огромный вред как экологии, так и экономике.

Решение проблемы рационального природопользования [1, 2], применение природного и экологически чистого техногенного сырья [3, –6], использование новейших инновационных, энергоэффективных и ресурсосберегающих производств, направленных на решение актуальной проблемы по улучшению эффективности выпуска – новых «зеленых композитов» различного функционального назначения [7–8].

Так, среди существующих источников сырья для выпуска строительных композитов, могут быть рассмотрены нетрадиционные для строительной индустрии глинистые породы, которые сформировались в результате заключительных фаз выветривания горных пород алюмосиликатного состава, сотни миллионов тонн которых попадают в зону горных работ при добыче полезных ресурсов. Однако из всех подобных глинистых пород промышленность строительных материалов применяет лишь незначительную долю, удовлетворяющую нормативным документам.

Среди глинистых пород, имеющих промышленное значение наиболее широко распространены отложения зоны седиментогенеза. В

качестве сырья для производства строительных материалов можно использовать грубодисперсные, насыщенные тонкодисперсным кварцем глинистые породы коры выветривания зоны диагенеза, в частности, суглинки эолово-элювиально-делювиального генетического типа, которые до сих пор практически не применяются в стройиндустрии. Спецификой состава этих пород является наличие термодинамически неустойчивых соединений, таких как смешаннослойные минералы, рентгеноаморфная фаза, тонкодисперсный слабоокатанный кварц, несовершенной структуры гидрослюда, реже Ca^{2+} монтмориллонит и каолинит. Данные породы также широко распространены во многих регионах РФ и мира. Однако значительная доля этих пород не соответствует нормативным требованиям к сырью, пригодному для производства традиционных строительных материалов, но вещественный состав позволяет использовать их для получения энергосберегающих, инвестиционно-привлекательных стеновых и отделочных материалов [9–10].

Большинство глинистых пород имеют сложный полиминеральный состав. Так глинистые породы могут состоять из оксида кремния, оксидов железа, оксидов алюминия, а также алюмосиликаты. Глинистое вещество характеризуется высокой дисперсностью, что обуславливает активное взаимодействие с вяжущим компонентом (негашеной известью). Помимо глинистых минералов в состав глинистых пород входит песок и другие мелкие частицы, которые также могут обладать способностью взаимодействия с оксидом кальция (негашеной известью). Синтез новообразований при нормальных условиях происходит достаточно медленно. Для интенсификации синтеза новообразований необходимо существенное увеличение температуры при которой происходит взаимодействие составляющих глинистой породы с вяжущим компонентом.

Поэтому в производстве силикатных материалов используют автоклавы, в которых создается высокое давление и температура около ста восьми десяти градусов.

Главные свойства получаемых силикатных изделий полностью зависят от того какие новообразования синтезируются при гидротермальной обработке. Состав получаемых новообразований напрямую зависит от составляющих исходного сырья и режимов гидротермальной обработки. Следовательно, получение высококристаллизованных новообразований и плотной структуры является актуальной задачей.

Анализ исследований по свойствам новообразований в строительных системах, в частности гидросиликатов кальция показал достаточно различность их влияние на свойства строительных систем [11-16]. Так, например самыми высокими прочностными характеристиками обладают гидросиликаты кальция низкоосновной группы, а например тоберморит отличается более худшими свойствами.

Высокоосновные гидросиликаты $C_2SH(A)$ кальция имеют плохой контакт между собой (снижение прочности готовых изделий). Можно судить, что на свойства изделий влияет зона контакта между кристаллами (прочность и площадь контакта). В случае перекристаллизации новообразований (высокоосновные гидросиликаты переходят в низкоосновные – $CSH(B)$) происходит повышение свойств изделий [17].

Габитус получаемых кристаллов (новообразований) также оказывает влияние на свойства изделий [17]. Если образуются волокнистые новообразования – увеличивается показатели на изгиб. Например, если образуются новообразования в виде параллелепипеда, то показатели на изгиб меньше. Таким образом одной из целей при создании строительных композитов является управление процессами структурообразования с целью синтеза новообразований определенной структуры и габитуса.

При эксплуатации силикатных материалов происходит взаимодействие с углекислотой, которая содержится в воздухе. В результате чего происходит карбонизация компонентов, что также оказывает положительный эффект на новообразования силикатной системы, которые представляют собой гидросиликатами кальция различных групп.

Образующиеся гидросиликаты кальция различных групп в изделий на основе глинистых масс, по разному могут влиять на свойства получаемого композита [18]. Например, новообразования состоящие из $3CaOAl_2O_3 \cdot 6H_2O$ снижают показатели изделий. Однако отмечается, что изделия имеющие в составе $3CaOAl_2O_3 \cdot 6H_2O$ могут повышать значения предела прочности при сжатии в процессе эксплуатации.

Немаловажную роль на показатели готовых изделий оказывают новообразования из группы гидрогранатов [17]. Так некоторыми исследователями показано, что наличие в системе гидрогранатов повышает плотность упаковки частиц в композите, что способствует повышению показателей изделий. Однако наличие в силикатной системе гидрогранатов не всегда может приводить к повышению показателей изделий. Если в системе присутствуют гидрогранаты и

гидросиликаты высокоосновной группы (в количестве до сорока процентов), то наблюдается повышение характеристик изделий. Если образуется избыток данных двух новообразований (свыше шести десяти процентов) наблюдается снижение показателей материала.

На свойства силикатных материалов также оказывает влияние структура формируемых новообразований. Синтезируемые гидросиликаты кальция могут представлять собой как кристаллические, так и аморфные новообразования. Например, гидросиликаты кальция высокоосновной группы $C_2SH(A)$ выступают в качестве компонента формирующего плотную упаковку материала, что способствует снижению влияния разрушающих факторов.

Гидросиликаты низкоосновной группы ($CSH(B)$), представляют собой гель-фазу, которая скрепляет синтезируемые новообразования, что также способствует повышению показателей изделий.

Влияние углекислоты, содержащейся в воздухе на новообразования представленные гидрогранатами незначительно, в отличие от влияния углекислоты на гидросиликаты. Также гидрогранаты обладают сульфатостойкостью. По показателям атмосферостойкости гидрогранаты уступают гидросиликатам.

В настоящее время расширение представлений о развитии теории твердения силикатных систем получено в результатах исследований, проведенными сотрудниками БГТУ им. В.Г. Шухова.

В результате проведенных экспериментов [19, 20] установлено, что техногенное алюмосиликатное сырье, представленное глинистыми породами различного генезиса, можно использовать в качестве энергосберегающего сырья для получения эффективных высокопустотных неавтоклавных силикатных материалов. Предложен механизм структурообразования в условиях гидротермальной обработки без давления. Цементирующие соединения неавтоклавных силикатных материалов на основе техногенного алюмосиликатного сырья обладают гидравлическими свойствами, которые обусловлены процессом дальнейшего образования и перекристаллизации гидросиликатов кальция, за счет чего оптимизируется соотношение между гелевидными и кристаллическими компонентами и уплотняется структура цементирующего соединения, что ведет к повышению эксплуатационных характеристик.

**Статья подготовлена в рамках выполнения стипендии Президента РФ СП-3717.2018.1 на 2018-2019 г.г. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 17-21.
2. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Крымова А.И. Синергетические принципы самоорганизации системы в теории твердения многокомпонентных порошковых композиций // Региональная архитектура и строительство. 2018. № 3 (36). С. 49-55.
3. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Клименко В.Г. Процессы структурообразования гипсосодержащих композитов с учетом генезиса сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 4 (640). С. 3-11.
4. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Милькина А.С. Особенности структуры бетонов нового поколения с применением техногенных материалов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2018. Т. 15. № 4 (62). С. 588-595.
5. Погромский А.С., Аниканова Т.В. влияние длительного хранения электросталеплавильных шлаков в отвалах на их свойства // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 32–39.
6. Кожухова Н.И., Строкова В.В., Кожухова М.И., Жерновский И.В. Структурообразование в щелочеактивированных алюмосиликатных вяжущих системах с использованием природного сырья различной кристалличности // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №4. С. 38–43.
7. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные материалы автоклавного твердения на основе алюмосиликатного сырья как фактор оптимизации системы «человек - материал - среда обитания» // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 3. С. 27-33.
8. Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Lashina I.V., Feduk R.S. Theoretical backgrounds of non-tempered materials production based on new raw materials / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 042064 doi:10.1088/1757-899X/327/4/042064.
9. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // Строительные материалы. 2008. № 11. С. 42-44.
10. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Лесовик В.С., Дороганов Е.А. Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 66-69.

11. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
12. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
13. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
14. Glagolev E., Suleimanova L., Lesovik V. High reaction activity of nano-size phase of silica composite binder // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. С. 12383-12389.
15. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.
16. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневецкая Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
17. Шорникова И.С., Бутт Ю.М., Кржеминский С.А.. Свойства некоторых индивидуальных гидросиликатов кальция и гидротерматов // Сб. тр. ВНИИстром. М.: Стройиздат, 1966. № 8(36). С. 3–19.
18. Говоров А.А., Овчаренко Ф.Д., Джус Е.В., Бакушина И.В. Фазо- и структурообразование в известково-каолиновых дисперсиях при гидротермальном нагреве // СССР. 1978. Т. 240. № 2. С. 384–386.
19. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин Сован. Повышение эксплуатационных характеристик стеновых материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 29–34.
20. Лесовик В.С., Строкова В.В., Володченко А.А. Влияние наноразмерного сырья на процессы структурообразования в силикатных системах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 13–17.

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗОБЖИГОВЫХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

Володченко А.А., канд. техн. наук, доцент,

Гладких Е.А., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc17d3cc1.44943716

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос получения безобжиговых стеновых материалов с использованием глинистых пород. Приводятся достижения в области применения различных глинистых пород, с целью получения строительных материалов.

Ключевые слова: неавтоклавные силикатные материалы, глинистые породы, алюмосиликатное сырье, тепловлажностная обработка.

История применения силикатных материалов насчитывает уже более ста двадцати пяти лет. Данный строительный материал был изобретен в конце XIX века в 1880 году в Европе германским инженером. Почти всю свою историю технология изготовления данного вида материала, предъявляла очень жесткие требования по содержанию минералов глин в сырье (кварцевый песок или кварцсодержащий компонент).

На территории России широко распространены нетрадиционные для стройиндустрии глинистые породы спецификой которых является незавершенность процессов структурообразования [1-2]. Алюмосиликатные породы это природное неорганическое вяжущие. По своим характеристикам его можно отнести к вяжущим веществам воздушного твердения. Получаемый строительный материал с добавлением различного рода добавок для снижения усадки (кварцевый песок и т.п.) имеет показатели до 25 МПа.

Процесс твердения материалов на основе алюмосиликатных пород происходит с уменьшением геометрических размеров до пятнадцати процентов. Однако этот процесс обратим, и в связи с этим эти изделия под воздействием влаги утрачивают свои показатели по свойствам. Так под воздействием влаги по периметру глинистых частиц создается покрытие из пленки воды, что образует разрыв частиц. Далее в ходе дальнейшего водонасыщения происходит увеличение массы, скрепляющие связи между составляющими композита пропадают, и происходит разрушение композита.

С целью создание более совершенной структуры получаемого композита в процессе изготовления композита в смесь добавляют различные вспомогательные компоненты [3-8], такие как – армирующее волокно, золы, шлаки и т.п., но к сожалению необходимый эффект по водостойкости не достигается.

За последние полвека ученые во многих странах мира провели комплекс исследований по поиску высокоактивных добавок, которые могут повысить водостойкость изделиям из глины. В качестве подобных добавок использовали негашеную известь, деготь, цемент, жидкое стекло, органические добавки и т.п.

Проведенные в Советском Союзе исследования по получению стеновых строительных материалов автоклавным путем с добавлением глин различного генеза доказали, что возможно получать строительные стеновые композиты со стабильными свойствами [9]. В этих исследованиях показано, что при воздействии водяного пара в замкнутой системе при большом давлении с использованием глины и извести возможно синтезировать водостойкий камень. Характеристика получаемого искусственного камня будут зависеть от условий твердения и состава исходной смеси.

Другие исследования по использованию глинистых пород в технологии силикатных изделий показывают, что использование глинистых пород может существенно повышать показатели сырца, а также свойства конечного продукта [10].

Получение наиболее композитов обладающих высокими показателями на основе глинистых пород разного генезиса, возможно также за счет более близкого контакта всех составляющих системы. Данное решение возможно за счет использование прессования. Также отмечается, что применение глинистых пород в качестве активной составляющей способствует существенному снижению давление, при котором запаривают получаемый продукт [11].

Однако многие недоработки подобных исследований, и их незавершенность, и различность результатов этих исследований поставили задачи дальнейшего изучения вопроса, с целью решения проблемы по рациональному природопользованию природного сырья.

Таким образом, проведение этих исследований выявили, то, что кремнезем содержащее сырье (кварцевый песок) может быть не единственным компонентом силикатных систем (силикатный кирпич). Применение алюмосиликатных пород в небольших количествах в технологии белого кирпича оптимизирует гранулометрический состав,

увеличивает показатели сырца, что в свою очередь улучшает качество высокопустотной продукции.

В традиционной технологии используется вяжущий компонент, получаемый совместным помолом негашеной извести и кремнеземистого сырья в определенном соотношении. Использование же глины в вяжущем, способствует снижению расхода самого вяжущего до пяти десяти процентов, а также, если не снижать можно увеличить показатели готовых изделий.

Добавка глинистых пород также влияет на время изотермической выдержки (при добавлении в малой концентрации можно на 50 % сократить время изотермической выдержки). Показатели изделий при этом не ухудшаются, а в некоторых случаях (зависит от состава смеси) даже повышаются. Однако если автоклавировать по стандартным режимам, то на традиционном сырье показатели изделий выше, следовательно, использование глины в вяжущем актуально только при сокращении времени изотермической выдержки.

Отдельно стоит вопрос о влиянии минерального состава алюмосиликатного сырья, и его влияния на получаемое вяжущее [12]. Так показано, что если разделять исследуемую породы на отдельные компоненты (путем отмучивания) и вводить в вяжущее только глинистую составляющую, то происходит снижение показателей изделий по сравнению с композитом, где использовалась исключительно исходное сырье в чистом виде. Повышение показателей изделий с использованием полиминеральных пород объясняется наличием в них кремнеземистого компонента в виде мелкой фракции. Этот же факт объясняет увеличение показателей изделий в целом.

Немаловажным показателем получаемый изделий является их эстетический вид. Для придания окраса силикатному кирпичу в него вводят различные пигменты [13]. Применение в качестве сырья различных глинистых пород избавит от введения пигментов, так как в составе полиминеральных глинистых пород имеются различные природные пигменты (оксид железа, оксид хрома и т.д.) окрашивающие все поруду (рис. 1).



Рисунок 1 - Глинистые породы различного окраса

Наличие в породе оксида железа придает сырью светло-коричневый цвет. Оксид марганца создаст темный цвет с бурым оттенком. В природе также бывают и голубые глины (наличие в породе оксидов никеля или оксида хлора). Наличие разных примесей будет способствовать производству эффективных окрашенных изделий (рис. 2).

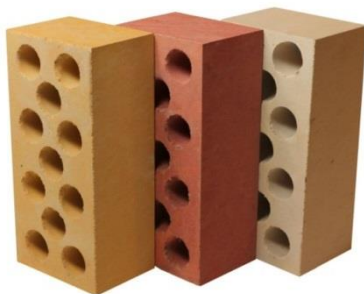


Рисунок 2 - Эффективный окрашенный силикатный кирпич

Таким образом, в трудах Советских и Российских ученых очень хорошо освещались проблемы использования разного рода глин различного генеза с целью создания на их основе строительных материалов. В научно-технической литературе широко описывались вопросы связанные с применением различных глинистых пород, с целью получения строительных материалов. К сожалению должного внимания ученые не уделяли изучению влияния сложного

полиминерального состава глинистых масс на свойства получаемых композитов, что не позволило в итоге создать нормативные документы.

В БГТУ им. В.Г. Шухова проведен комплекс исследований по изучению влияния полиминерального состава глинистых масс на свойства получаемых композитов [14-16]. Проведение этих исследований показало влияние полиминерального состава глинистых масс, а также и их генезиса на синтез необходимой структуры из новообразований различной основности в силикатных материалах.

**Статья подготовлена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 17-21.
2. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные материалы автоклавного твердения на основе алюмосиликатного сырья как фактор оптимизации системы «человек - материал - среда обитания» // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 3. С. 27-33.
3. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
4. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
5. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
6. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6-11.
7. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6-11.

8. Розенблит С.М. Повышение прочности силикатного кирпича и удешевление его путем добавки глины в сырьевую смесь // *Промышленность строительных материалов*. М., 1941. № 4. С. 27–32.
9. Будников П.П. К вопросу получения сырцовых, неразмываемых водно глин // *Сборник экспериментальных работ по исследованию глин: Труды Государственного Экспериментального Института Силикатов*. М., 1927. Вып. 21. С. 97–106.
10. Хавкин Л.М., Фурман Р.В. К динамике твердения известково-глиняных изделий в автоклавах // *Сб. тр. / РОСНИИМС*. М.: Промстройиздат, 1957. № 13. С. 23–32.
11. Будников П.П., Келлер И.М., Лаврович О.С. Изучение влияния составных частей глины на свойства известково-глиняных изделий // *Сб. тр. / РОСНИИМС*. М.: Промстройиздат, 1953. № 5. С. 3–14.
12. Троцко Т.Т., Барановский В.Б. Цветной силикатный кирпич // Киев: Изд-во «Будівельник», 1977. 88 с.
13. Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Lashina I.V., Feduk R.S. Theoretical backgrounds of non-tempered materials production based on new raw materials // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 327 (2018) 042064 doi:10.1088/1757-899X/327/4/042064.
14. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // *Строительные материалы*. 2008. № 11. С. 42-44.
15. Лесовик В.С., Строкова В.В., Володченко А.А. Влияние наноразмерного сырья на процессы структурообразования в силикатных системах // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2010. № 1. С. 13–17.
16. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Лесовик В.С., Дороганов Е.А. Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего // *Строительные материалы*. 2007. № 4. С. 66-69.

К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

Володченко А.А. канд. техн. наук, доцент,
Поспелов М.А., магистрант,
Минакова А.В., магистрант,
Швецов А.В., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc4a121b4.15057117

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос получения силикатных материалов с использованием глинистых пород. Приведены основные достижения в области получения эффективных силикатных материалов с использованием глинистых пород, в том числе неавтклавного твердения

Ключевые слова: силикатные материалы, глинистые породы, алюмосиликатное сырье, гидротермальная обработка.

В настоящее время одним из фундаментальных направлений развития строительного материаловедения является создание новых технологий производств композитов, рациональное природопользование, энергоэффективность и развитие зеленых технологий.

Один из распространенных стеновых строительных материалов – силикатный кирпич и камни. В традиционной технологии силикатных материалов, основным сырьевым компонентом выступает кварцевый песок. Привязывая себя к данному типу сырья, предприятия теряют возможность развития в стремительно развивающейся конкурентной среде.

Развитие технологии изготовления силикатного кирпича основано на достижениях многих исследователей, которые проводят научно-исследовательскую деятельность по развитию и доказательствам теорий структурообразования силикатных материалов, а также по модернизации технологии и повышению показателей силикатного кирпича. Это дает возможность создавать теоретическую базу для дальнейшего совершенствования технологии автоклавных материалов.

В результате этих работ в качестве сырья используемого в технологии силикатного кирпича используют новые виды сырья [1-4]. Внедрены многие виды промышленных отходов, например шлаки

черной и цветной металлургии, золы ТЭС, нефелиновый шлам, отходы асбестовой промышленности. Эти материалы, не обладающие вяжущими свойствами в обычных условиях, при автоклавной обработке становятся активными компонентами сырьевой смеси, что позволяет на их основе получать строительные материалы высокого качества.

В проведенных многими учеными работах экспериментально доказана возможность использования глинистых пород и производство строительных материалов на их основе с помощью автоклавной обработки. В работах проф. П.П. Будникова [5] показано, что под действием пара высокого давления на образцах, полученных с использованием глины с добавлением извести в качестве связующего, можно получить водостойкие стеновые материалы. Физические и механические свойства продукта зависят от количества извести и условий пропарки.

Более подробные исследования по использованию глины для силикатных изделий были проведены в середине XX-го века. Например, С.М. Розенблит, обнаружили, что использование глины в композиционном вяжущем для силикатного кирпича увеличивает прочность сырца и готового изделия, а также отмечалось увеличение показателей морозостойкости [6].

И.В. Курсенко [7] обнаружил, что с использованием различных глинистых пород можно получить эффективные стеновые материалы. Необходимым условием активного твердения в процессе обработки паром из этого сырья является конвергенция частиц этих смесей, что достигается прессованием. Образцы на основе лёсса с содержанием СаО 6 мас. %, сформированные при давлении прессы 190 кг / см² и запаренные при 8 атм в течение 7 часов имели прочность при сжатии 250 кг / см² и при изгибе более 24 кг / см². Результаты испытаний образцов на водостойкость и морозостойкость дали положительные результаты. В работе [7] также указано, что в отличие от продуктов из известняково-песчаных изделий, изделия с использованием глинистых пород хорошо твердеют не только в автоклаве, но также и в пропарочных камерах при нормальном давлении пара и температуре около 100 °С.

Отсутствие исследований по использованию глины в качестве компонента композитного вяжущего для силикатных продуктов, а также несогласованность взглядов исследователей по этому вопросу и проблемы, связанные с рациональным использованием природных ресурсов и расширением сырьевой базы материалов в промышленности строительных материалов послужили основой для постановки

проблемы в Институте исследований РАН по производству известковых глино-песчаных и известково-глинистых материалов методом автоклава [8-9]. Эти исследования показали отказ от теорий, согласно которым единственным кремнеземистым компонентом силикатных материалов считался кварцевый песок. Исследования показали возможность получения стеновых материалов с использованием глинистых пород, которые не уступают по физическим и механическим свойствам стеновых материалов, полученных на традиционном сырье. Исходя из этого, было доказано, что в качестве компонента кремнезема можно использовать помимо чистого кварцевого песка - пески, которые включают не только большое количество глинистых примесей, но и смесь песка и глины или только глины.

Добавление глины в виде небольших, равномерно распределенных частиц в песке улучшает зерновой состав силикатной смеси и дает ей желаемую пластичность. Это увеличивает прочность сырца и запаренного кирпича. Повышение прочности сырца позволяет производить пустотелый кирпич.

Увеличение физико-механических показателей стеновых строительных материалов с использованием глины вместо песка позволяет снизить потребление вяжущего на 30% или не изменяя его значительно увеличить показатели изделий, что, в свою очередь, приведет к увеличению показателей изделий по долговечности [10].

Было обнаружено, что введение глины значительно сократило время пропаривания. Например, с введением только 6 мас. % прочности образцов, запаренных в течение 4 часов, была равной, а в некоторых случаях на 27-36% выше, чем прочность образцов из известкового песка, пропарившихся в течение 8 часов. При увеличении содержания глины до 15-25 вес. % наблюдается дальнейшее значительное увеличение прочности образцов, пропаренных в течение 4 часов.

При запаривании в течение 8 часов наибольшую активность проявлял песок, наименьшую – глина. При запаривании в течение 4 часов глина является наиболее эффективной добавкой. Следовательно, относительная эффективность глинистых добавок с уменьшенной продолжительностью запаривания выше, чем в обычном режиме запаривания.

П.П. Будников внес большой вклад в изучение стеновых материалов автоклавного твердения с использованием глинистых пород и их влияние на показатели изделий [11-12]. В результате проведенных исследований была показана возможность увеличения физико-механических свойств материалов, полученных при использовании

глинистых пород различного происхождения в условиях гидротермальной обработки под высоким давлением. Выявлено, что полученный стеновой материал обладает гидравлическими свойствами, что приводит к росту его показателей, как в воде, так и на воздухе.

Исследования влияния минералогического состава глинистых масс на свойства композиционного вяжущего и самих стеновых материалов были впервые проведены профессором П.П. Будниковым [11].

Было обнаружено, что введение неотмученных глинистых пород в известково-песчаное вяжущее увеличивает прочность при сжатии изделий, а введение отмученных, наоборот, приводит к снижению показателей прочности. Кроме того, использование неотмученной глины приводит к более быстрому повышению показателей изделий, но при использовании мономинеральных пород этого не наблюдались.

Увеличение производительности изделий с введением в сырьевую смесь неотмученных глин проф. П. П. Будников объясняет содержание тонкодисперстного песка, в отличие от традиционно используемого песка в технологии силикатного кирпича. Присутствие тонкодисперстного песка также объясняет увеличение ускорения показателей изделий.

Наиболее подробные научные исследования по использованию глинистых пород в качестве сырья для композитных связующих в технологии силикатных материалов были проведены в БГТУ. В.Г. Шухов. Проведенные исследования показали, что можно использовать некондиционные глинистые породы, которые во многих районах попадают в зону добычи горных пород полезных ископаемых [13-14], чтобы получить высокоэффективные силикатные материалы.

**Статья подготовлена в рамках Програма развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 1 (100). С. 9-16.
2. Лесовик В.С., Строкова В.В., Володченко А.А. Влияние наноразмерного сырья на процессы структурообразования в силикатных системах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 13–17.
3. Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Lashina I.V., Feduk R.S. Theoretical backgrounds of non-tempered materials production based on new raw materials / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 042064 doi:10.1088/1757-899X/327/4/042064
4. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Повышение эксплуатационных характеристик стеновых материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 29-34.
5. Будников П.П. О получении глинисто-известкового кирпича // Строительная промышленность. М., 1928. № 11–12. С. 773–774.
6. Розенблит С.М. Повышение прочности силикатного кирпича и удешевление его путем добавки глины в сырьевую смесь // Промышленность строительных материалов. М., 1941. № 4. С. 27–32.
7. Курсенко И.В. Безобжиговые глино-известковые камни // Труды Киевского технологического института силикатов. Киев, 1949. Т. 2. С. 33–35.
8. Яковлев К.Ф. Автоклавные стеновые материалы из глино-известковых масс // Сб. тр. / РОСНИИМС. 1952. № 1. С. 59–80.
9. Хавкин Л.М., Фурман Р.В. К динамике твердения известково-глиняных изделий в автоклавах // Сб. тр. / РОСНИИМС. М.: Промстройиздат, 1957. № 13. С. 23–32.
10. Комохов А.П. Особенности структурообразования и свойства грунтобетона // Роль структурной механики в повышении прочности и надежности бетона транспортных сооружений: сб. науч. трудов. – Спб.: Изд-во ПГУПС, 1995.
11. Будников П.П., Келлер И.М., Лаврович О.С. Изучение влияния составных частей глины на свойства известково-глиняных изделий // Сб. тр. / РОСНИИМС. – М.: Промстройиздат, 1953. № 5. С. 3–14.
12. Будников П.П. Глино-известковый строительный материал гидротермальной обработки и теория его образования // Известия АН СССР, 1954. № 3. С. 137–145.

13. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Volodchenko A.N., Zagorodnjuk L.H. Improving the efficiency of wall materials for "green" building through the use of aluminosilicate raw materials // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 24. С. 45142-45149.
14. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Прасолова Е.О., Чхин С. Нетрадиционное глинистое сырье как компонент неорганических дисперсных систем // Вестник МГСУ. 2014. № 9. С. 67-75.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Володченко А.Н., д-р. техн. наук, доцент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc18891e0.67518356

Аннотация. Установлено, что глинистые отложения незавершенной стадии минералообразования можно использовать в качестве энергосберегающего сырья при производстве автоклавных материалов. За счет процессов, происходящих при выветривании, увеличивается энергетический потенциал породообразующих минералов. Это ускоряет в гидротермальных условиях синтез цементирующих соединений и, в конечном итоге, приводит к снижению энергозатрат при производстве автоклавных силикатных материалов.

Ключевые слова: выветривание пород, глинистое сырье, известь, силикатные автоклавные материалы.

Традиционным сырьем для получения автоклавных силикатных материалов является кварцевый песок и известковый компонент, за счет которых формируется цементирующее вещество на основе гидросиликатов кальция различной основности. При использовании алюмосиликатного сырья формируется более широкий спектр новообразований, включающий помимо гидросиликатов кальция алюминийсодержащий тоберморит и гидрогранаты, что оптимизирует микроструктуру цементирующего вещества и повышает эксплуатационные свойства как плотных, так и ячеистых силикатных материалов [1–12].

Из большого разнообразия алюмосиликатов наибольшую реакционную способность по отношению к извести в условиях гидротермальной обработки проявляют слоистые алюмосиликаты и, в частности, глинистые минералы [13–17], являющиеся одним из основных породообразующих минералов глинистых пород.

Глинистые отложения относятся к наиболее распространенным продуктам выветривания магматических и метаморфических горных пород. При экзогенных процессах выветривания каркасная кристаллическая структура полевых шпатов разрушается и, переходя через псевдоаморфное состояние, формируется слоистая структура глинистых минералов. При выветривании кислых пород образуются глины преимущественно каолинитового состава, а основных пород –

минералы монтмориллонитовой группы.

При этом переходе образуются породы промежуточной стадии выветривания, которые преобладают в природе.

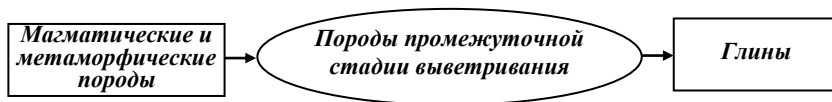


Рисунок 1 - Трансформация вещества при выветривании пород

В начальной стадии начала химического выветривания происходит формирование дефектов структуры силикатов и алюмосиликатов, образуется гидрослюда, смешаннослойные минералы, тонкодисперсный слабоокатанный кварц, рентгеноаморфная фаза. Такие породы, образовавшиеся после сиаллитной и частично кислой сиаллитной стадии выветривания, за счет термодинамической неустойчивости проявляют высокую активность по отношению к извести в гидротермальных условиях, что позволяет управлять процессами фазообразования силикатных автоклавных материалов и обеспечить высокие физико-механические показатели изделий.

Промышленность строительных материалов в настоящее время использует преимущественно исходные породы и продукты последней стадии выветривания, к которым относятся каолиновые и монтмориллонитовые глины, а также бокситы. Породы промежуточной стадии выветривания практически не используются.

Глинистые отложения, относящиеся к породам незавершенной стадии минералообразования, не имеют постоянного состава и строение. Кристаллохимической особенностью породообразующих минералов является повышенное количество дефектов кристаллической структуры, а также неупорядоченность в слоистой структуре минералов. Поверхность кварца таких пород частично аморфизирована. Строение глинистых минералов, состоящих из чередующихся слоев кремнекислородных тетраэдров и гидроксильных октаэдров, позволяет считать их наноразмерными объектами с размерами менее 100 нм. Таким образом, ввиду специфики состава глинистые породы незавершенной стадии минералообразования можно использовать в качестве энергоэффективного сырья при производстве силикатных материалов автоклавного твердения.

Установлено, что в известково-песчано-глинистой системе новообразования образуются преимущественно за счет взаимодействия

известкового компонента с глинистыми минералами (рис. 2, *а*). Кварц с известью в этой системе почти не реагирует, в отличие от известково-песчаной смеси, в которой цементирующее соединение формируется, в том числе, и за счет крупнодисперсного кварца (рис. 2, *б*).

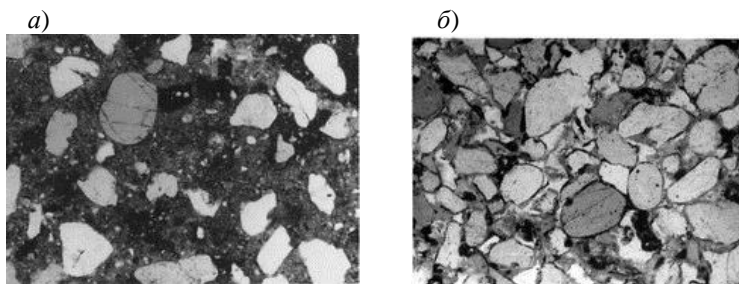


Рисунок 2 - Микроструктура силикатных материалов, $\times 100$:
а – на основе глинистой породы; *б* – известково-песчаные (контрольные)

Глинистые породы незавершенной стадии минералообразования широко распространены как на территории Российской Федерации, так и зарубежных стран. Для изучения возможности повышения эффективности производства автоклавных силикатных материалов были использованы глинистые отложения кор выветривания территории Курской магнитной аномалии (КМА), Архангельской алмазонасной провинции (ААП), а также Республики Йемен.

Установлено, что использование глинистого сырья в сырьевой смеси повышает прочность сырца прессованных материалов в 3–6 раз, что позволяет облегчить производство высокопустотных изделий с пустотностью 40–50% и пределом прочности при сжатии 12,5–20 МПа при средней плотности 900–1200 кг/м³. Морозостойкость прессованных материалов составляет 33–50 циклов.

С использованием изучаемого сырья разработана энергосберегающая технология производства ячеистых автоклавных силикатных материалов, в частности, конструкционно-теплоизоляционного и теплоизоляционного назначения. Марка по средней плотности конструкционно-теплоизоляционных материалов соответствует D500–700 (класс прочности на сжатие В2,5 и В3,5). Для теплоизоляционных материалов марка составляет D350 и D400 при прочности на сжатие от 0,7 до 2,4 МПа. Теплопроводность таких

материалов составляет 0,053–0,09 Вт/(м·°С). Морозостойкость конструкционно-теплоизоляционных изделий составляет в пределах 15–25 циклов.

За счет высокой активности глинистого сырья существенно (в 2–3 раза) сокращается время изотермической выдержки изделий в автоклаве без снижения прочностных и эксплуатационных показателей. При этом возможно снижение давления автоклавной обработки. За счет этого снижаются энергозатраты на производство.

Таким образом, глинистые отложения незавершенной стадии минералообразования можно отнести к энергонасыщенным породам и их можно использовать в качестве энергосберегающего сырья при производстве автоклавных силикатных материалов. Итогом экзогенных процессов выветривания является частичная дезинтеграция пород, в кристаллической решетке породообразующих минералов формируются дефекты, а также происходит частичная аморфизация, что приводит к увеличению энергетического потенциала породообразующих минералов. Это ускоряет в гидротермальных условиях синтез цементирующих соединений и, в конечном итоге, приводит к снижению энергозатрат при производстве автоклавных силикатных материалов. Использование пород подобного состава и свойств существенно расширит сырьевую базу силикатного производства.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Архитектурная геоника как междисциплинарное направление в архитектурной науке и практике / В.С. Лесовик, М.В. Перькова, В.Б. Бабаев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 74–79.
2. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья / В.С. Лесовик // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 17-21.
3. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10–15.
4. Лесовик В.С., Строкова В.В., Володченко А.А. Влияние наноразмерного сырья на процессы структурообразования в силикатных системах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 13–17.
5. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H. Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The Control of Building Composite Structure Formation

- Through the Use of Multifunctional Modifiers // Research Journal of Applied Sciences. 2016. Т. 10. № 12. С. 931-936.
6. Володченко, А.Н. Силикатные материалы на основе вскрышных пород архангельской алмазоносной провинции / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, С.И. Алфимов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки. 2006. № 3(135). С. 67-70.
 7. Володченко А.Н. Алюмосиликатное сырье для получения автоклавных отделочных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 172–177.
 8. Володченко А.А. Влияние режима гидротермальной обработки на свойства силикатных материалов // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-6. С. 1333-1337.
 9. Володченко А.А., Поспелов М.А. Влияние полифункционального алюмосиликатного сырья на процессы структурообразования силикатных систем // Уральский научный вестник 2017. Т. 11. № 3. С. 039-041.
 10. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х. Нетрадиционное сырье для стеновых материалов // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 9 (28). С. 27-29.
 11. Елистраткин М.Ю., Кожухова М.И. Анализ факторов повышения прочности неавтоклавного газобетона // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 59–68.
 12. Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Гудов Д.В., Шураков И.М., Корбут Е.Е. Оптимизация рецептурно-технологических параметров изготовления ячеистобетонной смеси // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 30–36.
 13. Лесовик В.С., Володченко А.А. К проблеме техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 38–41.
 14. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40617-40622.
 15. Володченко А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 12–16.
 16. Ямб Эммануэль, Чему Жилберт, Лесовик В.С., Володченко А.Н. Строительные материалы на основе латеритных пород Камеруна и цемента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 27–33.
 17. Володченко А.Н., Строкова В.В. Особенности технологии получения конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов на основе нетрадиционного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 138–143.

КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛОБОЯ

Воронцов В.М., канд. техн. наук, доцент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc193ba32.11755314

Аннотация. Исследовано влияние тонкомолотого стеклобоя на свойства композиционного вяжущего состава портландцемент-стеклобой. Установлено, что тонкомолотый бой стекла тонкости помола, соизмеримой с дисперсностью цемента, является активным компонентом системы, способствующим повышению прочности композиционного вяжущего при пониженных значениях плотности.

Ключевые слова: стеклобой, композиционное вяжущее, аморфный силикатный материал, проблемы утилизации боя стекла, химически активный наполнитель, техногенное сырье для стройиндустрии.

Среди всего многообразия техногенных отходов, которые в больших количествах сбрасываются в отвалы, значительная часть приходится на бой стекла. Объем отходов стекла только по России составляет более 4 млн. тонн в год. Большая его часть попадает на свалки, способствуя их быстрому заполнению и тем самым, загрязняя окружающую среду. А между тем бой стекла является эффективным вторичным ресурсом, который может быть использован строительной индустрией при получении связующих, растворов, бетонов и конструкций на их основе.

С точки зрения физико-химического строения стеклобой можно рассматривать как минеральный ресурс, аморфный силикатный материал антропогенного происхождения. Причем по своим структурно-механическим свойствам стеклобой обладает высокой прочностью и может быть использован в качестве наполнителя в бетонных композиционных изделиях. Такое решение проблемы стеклобоя позволит не только получить новые конструкционные материалы, обладающие рядом ценных эксплуатационных свойств, но и минимизировать антропогенное воздействие боя стекла на окружающую среду.

Стеклобой является трудноутилизируемым отходом, не подвергающимся воздействию воды, атмосферных явлений (осадков, солнечной радиации, температурных перепадов) и не разрушающимся

под воздействием органических, минеральных и биологически активных организмов. В то же время стеклобой представляет собой смесь стекла различного химического и фракционного состава, обладает широким спектром технических и технологических характеристик: химической стойкостью, твердостью, прочностью, широким вязкостным диапазоном и потому является ценным минеральным ресурсом. Утилизация стеклобоя в промышленности строительных материалов позволит решить следующие задачи: экономия природных ресурсов, уменьшение вредных выбросов при производстве стекла, снижение объемов накопления стеклобоя.

В составе стеклобоя содержится активный аморфный кремнезем, в связи с чем он характеризуется высокой реакционной способностью по отношению к щелочам, образующимся при гидролизе клинкерных минералов. На реакционную способность стеклобоя оказывают существенное влияние следующие факторы: химический состав, исходная удельная поверхность, условия твердения.

В качестве стеклобоя в настоящем эксперименте была использована смесь боя оконного и тарного стекла, среднестатистический химический состав приведен в табл. 1 [1]:

Таблица 1 - Среднестатистический химический состав стеклобоя

Оксиды	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O
Оконное	71,8–72,5	1,5–2,0	3,5–4,1	6,5–6,7	Сл–0,2	14,0–14,8
Тарное	71,5–73,7	0,2–3,3	1,7–3,2	5,2–9,1	0,1–0,6	15,2–16,0

Как показывают данные химического анализа, в составе стеклобоя превалирует в основном кремнезем (его содержание превышает 70 % по массе), большое содержание представляют щелочные оксиды и оксид кальция. Все составляющие представлены аморфными фазами.

Бой оконного и тарного стекла был предварительно раздроблен в лабораторной щековой мельнице и измельчен в фарфоровой шаровой мельнице до удельной поверхности, соизмеримой с таковой для портландцемента. Использовался портландцемент производства «ОАО Себряковцемент» – ЦЕМ II/A–Ш 42,5Н, ГОСТ 31108–2003, $S_{уд.} = 323 \text{ м}^2/\text{кг}$. Удельная поверхность стеклобоя после измельчения составляла $313 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Сухие смеси для получения композиционного вяжущего составов цемент-стеклобой (в разных соотношениях) подвергались совместному помолу до $S_{уд.}$ около $500 \text{ м}^2/\text{кг}$, увлажнялись водным раствором, содержащим суперпластификатор Muraplast FK 19. Содержание

суперпластификатора составляло 0,1 % от массы цемента. После увлажнения из полученного теста вяжущего формовались на встряхивающем столике образцы-кубики с длиной ребра 3 см. Образцы выдерживались в течение суток в условиях естественного твердения, извлекались из форм и подвергались тепловлажностной обработке в лабораторной пропарочной камере по режиму 2+6+2 ч при температуре 85°C. После пропаривания и последующего высушивания образцы подвергались физико-механическим испытаниям. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты испытаний образцов композиционного вяжущего

№ п/п	Состав, масс. %		Параметры помола исходной смеси		Показатели образцов после пропаривания		
	Цемент	Стеклобой	$S_{ул.}, м^2/кг$	$D_{ср.}, мкм$	Плотность, $кг/м^3$	$R_{сж.}, МПа$	Прирост прочности
1	100	-	5490	3,6	1942,3	34,11	1
2	90	10	4945	4,1	1923,9	37,34	1,1
3	80	20	4929	4,2	1907,4	38,33	1,12
4	70	30	5150	4,1	1901,9	41,50	1,22
5	60	40	5111	4,2	1877,5	42,95	1,26
6	50	50	5250	4,2	1856,4	38,80	1,14

Как показали результаты (см. табл. 2), стеклобой является активным компонентом в сочетании с портландцементом при получении композиционного вяжущего. При достижении примерно равной тонкости помола в одинаковых условиях твердения образцы композиционного вяжущего имеют тенденцию к снижению плотности с ростом содержания стеклобоя, при этом наблюдается прирост механической прочности, максимальное значение которого (1,26) приходится на образцы 5-го состава.

Таким образом, получено композиционное вяжущее с использованием тонкомолотого стеклобоя пониженной плотности и повышенной в 1,26 раза прочности. Судя по результатам, тонкомолотый стеклобой представляет собой не инертный, а химически активный наполнитель, способный взаимодействовать с продуктами гидролиза клинкерных минералов. Оптимальная концентрация стеклобоя в композиционном вяжущем – 40 мас. %.

Список литературы:

1. Белокопытова, А.С. Разработка процессов утилизации стеклобоя путем создания композиционных материалов : дис. канд. техн. наук : 03.00.16 / Белокопытова Анна Сергеевна. – М., 2006. – 221 с.

КОМПОЗИТЫ ДЛЯ 3-Д АДДИТИВНОГО МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доцент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc19d7f30.78947011

Аннотация. В статье рассматривается перспектива разработки композитов для 3-Д аддитивного малоэтажного строительства. Предлагается обратить внимание на использование неавтоклавного монолитного пенобетона в силу его экономичности и простоты производства, экологичности, теплоизолирующих и акустических свойств.

Ключевые слова: аддитивные технологии, композиты, вяжущие, наполнители, монолитный пенобетон, опалубка, опокловидный мергель.

Аддитивные технологии или технологии послойного синтеза-сегодня одно из наиболее динамично развивающихся направлений в науке. За достаточно короткий процесс времени, прошедший с момента появления 3D- принтера, люди научились печатать посуду, игрушки, машины и даже человеческие органы и ткани. Номенклатура предметов, которые могут быть напечатаны при помощи трехмерного принтера, постоянно расширяется.

На строительном рынке России в последние годы появляется большое количество современных высокотехнологичных строительных технологий и материалов, однако отсутствие серийного производства строительных композитов для 3-Д печати остается важной проблемой [1–3].

Следует отметить, что по мнению многих исследователей и специалистов для широкого применения аддитивных технологий в строительстве самым узким местом являются рабочие смеси для 3-Д принтеров. Строительный принтер в новой технологии является не самым технически сложным звеном, так как конструкция самого принтера в принципе решена: это или в виде козлового или мостового крана и в виде стрелы манипулятора [4].

В России в Ярославской области с.Сопелки построен самый первый в Европе жилой дом по всем правилам жилищного строительства с использованием 3-Д технологии. Фундамент и крыша дома возводились по традиционной технологии, а наружные и внутренние стены по новой аддитивной технологии. Группа компаний «АТМСпецавиа»,

осуществляющая строительство дома, стала первым серийным производителем строительных 3-Д принтеров различной модификации, дополнительного оборудования к ним и разработчиком широкой гаммы строительных смесей: высокопрочные цементные смеси, каолиновая смесь, мелкодисперсная цементная смесь [5] .

Работы по созданию технологии и оборудования для 3D - аддитивных технологий продолжают во многих странах мира, но научного обоснования, какие нужны строительные композиты, технологии и законы для создания этих композитов в настоящее время отсутствует.

При проектировании композитов должны закладываться системы взаимодействия с окружающей средой, позволяющие материалам реагировать на внешние воздействия и положительно влиять на триаду «человек-материал-среда обитания», это композиты будущего.

Разработан целый спектр строительных композитов на основе быстро - твердеющего водостойкого гипсового вяжущего, модифицированного различными видами добавок (минеральных наполнителей, микрофибры, ускорителей твердения, супер- и гиперпластификаторов и др. [6, 7].

Высокодисперсные наполнители, получаемые тонким измельчением техногенного сырья (отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, отсева дробления кварцитопесчаника, бетонного лома), сырьевых материалов природного происхождения (кварцевого песка, опоки, перлита, туфа) и др., способствуют эффективному управлению процессами внутреннего структурообразования композитов, обеспечивая высокое качество изделий на их основе.

В последнее время возрос спрос на изделия из неавтоклавного пенобетона в силу экономичности и простоты производства, экологичности, теплоизолирующих и акустических свойств. Особенно широкую известность приобретает монолитный пенобетон [8].

Обладая рядом преимуществ, пенобетон является экологически чистым материалом, так как в своем составе не содержит химически вредных веществ, стены из пенобетона легко обрабатываются, устойчивы к влаге, звукопоглощение зданий и сооружений соответствует требованиям действующих нормативных документов. Дома из монолитного пенобетона по комфортности занимают второе место после деревянных, которые считаются эталоном.

Для возведения монолитных конструкций применяют опалубку, которая может быть съемной или несъемной (рис.1).



Рисунок 1 – Съемная (а); несъемная (б) опалубки; в) виды установки съемной опалубки; г) устройство армирующего пояса из пеноблоков.

Плюсы монолитного строительства зданий несомненны – возможность получения конструкций разнообразных форм и размеров, отсутствие швов, высокая прочность и абсолютная жесткость конструкции, высокая скорость работ. Преимуществом монолитного строительства перед строительством из кирпича или блоков является полная независимость от типоразмеров строительных элементов. Зданию или сооружению при помощи опалубки можно придать любую, даже самую замысловатую форму – это предоставляет необычайно широкий простор для архитектурной и дизайнерской фантазии. Кроме того, при монолитном строительстве весь производственный цикл строительного материала переносится непосредственно на строительную площадку. Возникает необходимость только в доставке бетона и элементов опалубки, что намного проще и легче осуществить, чем доставку кирпича или блоков.

В соответствии с вышеизложенным с использованием вяжущих на основе клинкера и опоковидного мергеля предлагается проектировать пенобетон для монолитного строительства. Это связано с тем, что в составе опоковидного мергеля наряду с кальцитом и глинистыми минералами присутствует цеолит и опал, позволяющие ускорить процесс схватывания пенобетонной смеси в оптимальном параметре. В результате взаимодействия аморфных составляющих мергеля с выделяющимся при твердении клинкерных минералов, формируются

гидросиликаты кальция второй генерации, образуя плотную межпористую перегородку и упрочняя композит в целом [7, 8]

Таким образом, разработка составов строительных композитов, в том числе и порошковых [9], а также организация их производства для аддитивных технологий позволит:

- обеспечить строительную отрасль промышленности изделиями сложной формы, с высокими эксплуатационными характеристиками;
- исключить технологическую зависимость от зарубежных компаний - поставщиков изделий для отечественного производства;
- снизить себестоимость изготовления изделий сложной формы за счет отказа от дорогостоящих операций механической обработки;
- повысить конкурентоспособность высокотехнологичных изделий на международном и отечественном рынках;
- многократно сократит сроки строительства и др.

Список литературы:

1. Малышева В.Л., Красимилова С.С. Возможности 3D принтера в строительстве // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. № 12-2. 2013.
2. Елистраткин М.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Глаголев Е.С. О развитии технологий строительной печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 5. С. 11–19.
3. Денисова Ю.В. Аддитивные технологии в строительстве // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №3. С. 33–42.
4. Печать домов на 3D принтере [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://make-3d.ru/articles/3d-printer-dlya-pechati-domov/>
5. «Спецавиа». Первый опыт печати зданий на 3D принтере [Электронный ресурс]. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/specavia/first-experience-printing-on-building-a-3d-printer/>
6. Лесовик В.С. Белгород, 2015. Интеллектуальные строительные композиты для 3D-аддитивных технологий / В сборнике: Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических Баженова Юрия Михайловича. БГТУ им. В.Г. Шухова. С. 356-362.
7. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография/ Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 196 с.
8. Глаголев Е.С. Воронов В.В. Композиционное вяжущее с использованием опоквидного мергеля и пенобетонных смесей для монолитного строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 8. С. 109–116.

9. Глаголев Е.С., Воронов В.В. Эффективное композиционное вяжущее для монолитного пенобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 6. С. 79–84.
10. Толстой А. Д. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья / Научно-технический журнал. Москва: Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 101–10.

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Гридчин А.М., д-р техн. наук, профессор,
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, доцент,
Ерофеев В.Т., д-р техн. наук, профессор,
Аласханов А.Х., канд. техн. наук,
Науменко Н.А., студент,
Туцкая И.Н., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc1adddd5.60124996

Аннотация. В данной статье были рассмотрены различные способы решения проблемы переработки и утилизации отходов строительного комплекса на территории РФ. Также было показано, что большую роль в решении данной проблемы играют особые технологии переработки отходов. Особое внимание обращается на специальную технику для вторичного использования строительных отходов.

Ключевые слова: строительные отходы, технологии, переработка, рециклинг.

С каждым годом из-за строительства инфраструктурных объектов в крупных городах увеличивается количество промышленных отходов [1-6]. Большая часть отходов вывозится на полигоны, загрузка которых приближается уже к критической отметке. Неудивительно, что сейчас тема утилизации строительного мусора очень актуальна. Ежегодно в России образуется 15-17 млн. тонн строительных отходов. Строительный мусор имеет 4-й класс опасности, поэтому вывоз и утилизацию строительного мусора необходимо производить с соблюдением всех правил безопасности. Согласно действующему законодательству вывоз крупногабаритного мусора в столице и других городах РФ осуществляется только на специально оборудованные полигоны. Далее захоронение отходов выполняется согласно установленным стандартам. Специализированные компании, которые оказывают услуги по вывозу строительного мусора обладают лицензией на деятельность по вывозу отходов и могут предоставить все необходимые документы о месте размещения отходов. Но сейчас главной проблемой утилизации строительных отходов становится не транспортировка, а вторичное использование и экологичное захоронение. Что происходит со строительным мусором после вывоза?

Перед каждым предприятием, которое ведет строительную деятельность, встает вопрос, как избавляться от строительных отходов. Например, крупные строительные фирмы могут вывезти мусор на какой-нибудь другой объект, где заливается фундамент. Мелким компаниям остается либо вывозить мусор на городские свалки, либо сотрудничать с крупными фирмами. А для того, чтобы далеко не вывозить мусор, можно организовать переработку прямо на месте. Для этого существуют передвижные дробилки. Однако строительная дробилка стоит недешево, поэтому чаще всего отходы вывозятся на полигоны.

Утилизация строительного мусора имеет свою специфику: из-за веса и крупных габаритов возникают сложности при складировании, сборе и транспортировке для утилизации на полигонах. В зависимости от вида образующихся отходов, а также класса их опасности, сбор и временное хранение должны осуществляться раздельно. Размеры участка для сбора и временного хранения отходов, количество бункеров-накопителей заранее должны быть рассчитаны на определенный объем образующихся отходов. Площадка должна быть расположена так, чтобы не создавать помех для проезда спецтехники, отходы должны вывозиться с площадки по мере накопления, но не реже чем 1 раз в 7 дней. Если отходов производитель на строительной площадке не использует образующиеся отходы на своей стройплощадке с целью получения вторичного сырья и дальнейшего использования в производственном процессе, (например из боя бетона, боя железобетона, боя кирпича, щебня потерявшего потребительские свойства путем дробления на дробильных комплексах можно получить вторичный щебень), отходы вывозятся для получения вторичного сырья на специализированные полигоны, имеющие разрешительную документацию и возможность принимать строительный мусор. Услуги по вывозу строительного мусора в крупных городах требуют особого подхода к организации перевозки, так как из-за развитой транспортной сети и высокой загруженности дорог процесс транспортировки строительного мусора на полигоны усложняется.

Сегодня компании по переработке строительного мусора ведут активный поиск технологий переработки строительных отходов. Если говорить об утилизации отходов строительства, то ее можно осуществлять в двух направлениях. Надо отметить, что переработка строительного мусора стоит значительно дешевле, чем закупка новых стройматериалов. Тем не менее в процессе переработки вторая жизнь дается многим материалам: асфальтобетон, бой бетона, бой

железобетона, кирпичный бой, лом черных и цветных металлов, древесина, старые шины, отходы кровельных материалов и многое другое. Или повторное использование отдельных частей здания в новом строительстве [7].

Согласно современной классификации ТБО к строительному мусору относят твёрдые бытовые отходы образовавшиеся в результате строительства. Остатки материалов, металлические отходы, куски кирпича и напольного покрытия – вот далеко не полный перечень отходов, которые относят к строительному мусору.

Утилизация строительных отходов – является одной из главных проблем в сфере улучшения экологической ситуации. Ежедневно производится большое количество строительных отходов, которое нужно утилизировать. Но к сожалению, нынешние методы утилизации зачастую не эффективны и не дают в результате ожидаемого эффекта – чистоты окружающей среды.

Так, например, стандартным способом сноса здания считается его демонтаж. При этом образуется огромная куча строительного мусора, которую самосвалами вывозят в места утилизации. Проблема в том, что подобных мест с каждым годом становится все меньше и меньше. И это при том, что снос зданий очень прибыльный бизнес. Объемы застройки постоянно растут, и вместе с ними растет количество сносимых зданий. И невозможно представить сколько образуется строительного мусора при строительстве различных зданий и сооружений. Значит нужно эффективно перерабатывать строительные материалы. Так какие же существуют эффективные способы утилизации строительных отходов?

Рассмотрим, как происходит переработка строительного мусора (рециклинг). Эта процедура обеспечивает повторное использование уже бывших в употреблении материалов – старого асфальта, стекла, железобетонного лома и пластика, кирпича и т.д. Рециклинг позволяет значительно экономить средства: материал не нужно вывозить со строительной площадке, то есть тратить деньги на погрузку, транспортировку и разгрузку, не нужно оплачивать место на свалке. К примеру, покупатели вторичного асфальта или арматуры для вывоза могут использовать собственный транспорт.

Там, где производился снос сооружений, всегда предполагается новое строительство. А значит, будет необходим бетон. При производстве бетона выгоднее и дешевле добавлять в него дробленый бетон, чем использовавшийся ранее портландцемент. Пылевидный наполнитель по характеристикам ему не уступает, а делает материал в итоге более прочным.

А для этого нужна специальная техника. И действительно, в мире придумали специальные машины для переработки бетона. Техника, призванная обеспечить переработку бетона, – это специальная установка (в ней бетон разделяется на компоненты) и погрузчик вакуумный. Преобразование отходов осуществляется сразу на заводах, вторичное использование шлака позволяет сэкономить на изготовлении новых объемов, а непригодной массы при этом не остается. В настоящее время уже разработана автоматическая система рециркуляции отходов бетона. Основное назначение комплекса заключается в промывке, разделении и вторичном использовании не нужного бетона. Может применяться для полной переработки утильсырья, оставшегося после промывки смесителя РБУ, для переработки отходов производства, утильсырья и остатков бетона из автомиксера. Система производит промывку и разделение бетона на твердые составляющие. Тщательная переработка утильсырья, до последней капли воды, и до последнего камушка, а затем и их вторичное использование, позволяют значительно сэкономить на расходных материалах, сократить себестоимость производства, улучшить экологическую ситуацию, и получить хорошую экономическую выгоду. Данное оборудование разработано в интересах защиты окружающей среды, и в полной мере соответствует всем современным требованиям, предъявляемым к компаниям данной сферы деятельности. Посредством вторичного использования сырья, система рециклинга позволяет создать «зелёное» и экономичное производство [8].

В большинстве Европейских стран для утилизации и переработки строительных отходов созданы специализированные предприятия, на которых мусор перерабатывают с целью дальнейшего использования. В нашем регионе проблема строительных отходов по-прежнему стоит достаточно остро, ежегодно тонны строительных отходов вывозят на городские свалки. Далее рассмотрим более подробно классификацию строительных отходов и способы их утилизации.

На сегодняшний день существует три основные категории строительных отходов. В зависимости от объёмов и особенностей материалов весь строительный мусор делят на: 1) крупный строительный мусор. К этой категории относят весь строительный мусор, который образуется в результате демонтажа старых строений и очистки территории под застройку. В современном законодательстве этой категории строительного мусора отводится особое внимание, застройщиков обязуют устанавливать специальные контейнеры, а после утилизировать отходы в отведённых для этого местах. 2) Упаковочные

материалы. Ни одна стройка не обходится без строительных материалов, соответственно в результате работы скапливается немало упаковочных материалов, которые также относят к отдельной категории строительного мусора. Данный вид отходов утилизируют по окончании работ. 3) Отделочные материалы. В результате демонтажа старых покрытий скапливается немало строительного мусора, который выносят в специальные мусорные контейнеры и после утилизируют.

Вторичное сырьё после переработки можно использовать для дальнейшей работы и изготовления новых материалов, поэтому многие предприятия сегодня активно скупают строительный мусор, который применяют в производстве.

Переработанные материалы используют для строительства дорог и автомагистралей, строительства новых зданий, так, например, для возведения фундамента нередко используют сыпучие материалы и арматуру.

Также сыпучие материалы необходимы для проведения различных ремонтных работ и реставрации старых покрытий [9-11].

Говоря о проблеме переработки отходов строительного комплекса, хочется еще раз напомнить о том, что на первом месте по приоритетности стоит проблема охраны окружающей природной среды и здоровья населения, а не те денежные средства, которые могли бы сэкономить предприятия, используя бесплатные производственные отходы вместо дорогого природного сырья.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Толстой А.Д., Новиков К.Ю., Шарапова В.А., Крымова А.И. Высокофункциональные порошковые бетоны на техногенном сырье // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 343-351.
2. Федюк Р.С., Смоляков А.К., Батаршин В.О. Развитие горнодобывающей промышленности приморского края // В сборнике: ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири. Томский политехнический университет. 2018. С. 567-568.

3. Гридчин А.М., Лесовик В.С. От бюджетного выживания к инновационному развитию // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9 (585). С. 4-8.
4. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Милькина А.С. Особенности структуры бетонов нового поколения с применением техногенных материалов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2018. Т. 15. № 4 (62). С. 588-595.
5. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Стеновые материалы на основе нетрадиционного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 53–57.
6. Погромский А.С., Аниканова Т.В. влияние длительного хранения электросталеплавильных шлаков в отвалах на их свойства // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 32–39.
7. Каплан М.Б. и др. Переработка строительных отходов // Строительные материалы. 6/1998. С.10-12.
8. Кикава О.Ш. и др. Строительные материалы из отходов производства // Экология и промышленность России №12. 1997. С.23-28.
9. Багрянцев Г.И., Черников В.Е. Термическое обезвреживание и переработка промышленных и бытовых отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки – аналитические обзоры. Новосибирск, 1995.
10. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами // Изв. вузов. Строительство. 1996. №7. С. 55-58.
11. [Электронный ресурс] <http://stroykirpich.com>

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ ВЫСОКОПОРИСТЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гридчин А.М., д-р техн. наук, профессор,
Пучка О.В., канд. техн. наук, доцент,
Козленко Б.В., аспирант,
Ахмед А.А., аспирант,
Ломов М.И., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc1bd06a2.65040538

Аннотация. Правительственные программы по улучшению уровня жизни населения, увеличение объема индивидуального жилищного строительства приводят к использованию эффективных высокопористых стеклокомпозитов. При строительстве необходимо добиться монолитности конструкции, исключить мостики холода. Предложены инновационные приемы приготовления высокоэффективных растворов смесей с улучшенными технологическими свойствами.

Ключевые слова: индивидуальное строительство, геоника (геомиметика), средство структур, высокопористые материалы, кладочный раствор, мостики холода.

В ходе обращения к Федеральному собранию 20 февраля 2019 года Президент России Владимир Путин призвал правительство РФ и Центробанк разработать программу поддержки индивидуального жилищного строительства (ИЖС). «Необходимо семье дать возможность не только покупать готовое жилье, но и строить свой дом на своей земле» — сказал президент РФ.

В рамках Стратегии социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года, государственной программы "Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами жителей Белгородской области на 2014 - 2020 годы" разработаны и реализуются мероприятия, которые направлены на создание оптимальных условий для развития жилищного строительства. В первую очередь для строительства индивидуального жилья, которое определено как приоритетное.

В Белгородской области индивидуальное строительство развивается быстрыми темпами. За период осуществления программных мероприятий объемы строительства жилья в области

значительно возросли. Ввод индивидуального жилья составил 85% от общего ввода.

Реализация государственных программ позволяет решать задачи для комфортной среды обитания человека. Происходит оптимизация системы «человек-материал-среда обитания» - это одно из направлений геоники (геомиметики) [1-3].

Быстрые темпы роста индивидуального строительства требуют определенного подхода к мелкоштучным строительным материалам (кирпичи, блоки, в том числе высокопористые) с использованием специальных видов кладочных растворов.

С древнейшего времени до наших дней вместе с производством строительных материалов совершенствуются составы кладочных растворов. Первый этап - переход от кладки «на сухо» к кладке на глине. Далее появляются растворы на минеральных вяжущих, которые существуют по сегодняшний день. Важным моментом в истории становления кладочных составов стала адаптация последних под определенные виды стеновых материалов. Большой вклад в разработку эффективного скрепляющего состава для кирпича и камня внес Е. Г. Челиев.

С начала 19 века началась эра современной практики строительства. Применяются растворы на основе высокопрочных вяжущих, цементов с различными добавками (смолы, пепел, мыла и др.) для улучшения характеристик строительного материала.

С развитием производства строительных растворов меняется состав и технология изготовления кладочных растворов. От изготовления растворных смесей на строительной площадке, централизованно на заводах к производству сухих строительных смесей (ССС). Несмотря на высокие технологические характеристики СССР не нашли широкого применения для классической каменной кладки.

Кладочный раствор занимает 15-20% от всего объема кладки и является слабым звеном строительной конструкции. Необходимо добиться монолитности, приблизится к прочности основного элемента кладки – высокопористого блока, кирпича и т.п.

В настоящее время ведутся научные разработки, исследования и испытания для получения композиционных вяжущих с заданными свойствами, применяемые в различных техногенных условиях [4-6].

Разработаны и предложены составы сухих строительных смесей для штукатурных и кладочных растворов с применением цеолитсодержащей породы (до 30%). Благодаря этому значительно

улучшены технологические свойства материалов. Такие как прочность на изгиб и сжатие, адгезионные свойства, снижение высолов. Произошло и увеличение физико-механических показателей затвердевших растворов. Прочностные характеристики при сжатии 10–15,4 МПа, при изгибе 1,5–2,5 МПа. Прочность сцепления строительного раствора с керамической и бетонной поверхностями 0,149–0,186 МПа. Введение цеолитсодержащей породы для штукатурных и кладочных растворов оптимального состава 1:1 (цеолитсодержащая порода: кремнеземистый компонент) улучшает пластичность раствора [7].

Рахимбаев Ш.М. [8] предлагает использовать кладочные растворы на основе минеральных вяжущих с добавлением полимерных добавок. Усиление монолитной кладки происходит при добавлении водорастворимых полимеров МЦ, ОЭЦ в пределах 0,2,0,5%. Сцепление раствора с кирпичем увеличивается на 30,70%. Долговечность таких растворов выше, чем у цементно-песчаных. Растворы с введенными добавками водорастворимых полимеров 0,5,1% самовыравниваются до толщины слоя 3,5 мм. Обеспечивают высокую адгезию к кирпичу. Их можно рекомендовать при тонкослойной кладке.

Разработаны составы композиционных вяжущих для отделочных растворов внутреннего и наружного слоев многокомпонентной теплоизоляционной системы на основе кремнеземистого компонента и пластифицирующей добавки. Добавляя базальтовые волокна в количестве 3%, снижается расход цемента в растворах. При этом увеличивается предел прочности при сжатии и изгибе. Наличие базальтовых волокон в количестве от 1,5–4,5% при использовании в составах сухих строительных смесей для отделочных работ композиционных вяжущих, позволяет получать строительные растворы с плотной и однородной структурой. Изучение микроструктуры затвердевших растворов показало, что базальтовые волокна служат подложкой для формирования кристаллических, игольчатых новообразований, сросшихся и пронизывающих весь объем покрытия. Благодаря этому происходит крепкое и надежное сцепление цементного камня и базальтового волокна [9].

На основе принципа сродства структур разработан кладочный раствор для сейсмоопасных районов. Составы кладочного раствора для силикатного кирпича разработаны на основе тонкомолотого сырья с добавлением протеинового модификатора. Полученные материалы обеспечили образование плотной структуры на границе контактной зоны, без наличия пор и пустот [10].

Авторами [11] разработан высокоэффективный стеновой конструктивный теплоизоляционный материал, который обладает высокими теплоизоляционными, прочностными, эксплуатационными, защитно-декоративными свойствами, при низкой себестоимости производства и монтажа данного материала.

При использовании высокопористого материала необходимо добиться монолитности конструкций, исключить мостики холода, которые значительно снижают теплозащиту стены.

В настоящее время используются различные составы: традиционные цементные кладочные растворы, составы на полимерном или цементно-полимерном связующем, различные клеевые композиции и др., которые не могут решить поставленные задачи.

Обобщая современные научно-технические достижения, разработки и нормативные требования предложены инновационные приемы приготовления высокоэффективных растворных смесей с улучшенными технологическими свойствами для кладки, проведения штукатурных и отделочных работ с применением эффективных высокопористых стеклокомпозитов.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 1 (100). С. 9-16.
2. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чернышева Н.В., Глаголев Е.С., Кучерова А.С., Дребезгова М.Ю., Канева Е.В. Современные трехмерные технологии и факторы сдерживающие их // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 22–30.
3. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Yerofeyev V.T. Optimization of mixing process for heat-insulating mixtures in a spiral blade mixer // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 3. С. 15146-15155.
4. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Степень гидратации композиционных вяжущих как фактор коррозии арматуры в бетоне // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 1 (649). С. 28-33.
5. Volodchenko A.N., Olegovna E., Prasolova, Lesovik V.S., Kuprina A.A., Lukutsova N.P. Sand-clay raw materials for silicate materials production // Advances in Environmental Biology. 2014. Т. 8. № 10. С. 949-955.
6. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Глаголев Е.С. Высокая реакционная активность наноразмерной фазы кремнезема композиционного вяжущего // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной

- 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
7. Дружинкин С. В. Сухие строительные смеси для строительных работ с применением местных сырьевых ресурсов // Молодежь и наука: начало XXI века : сб. материалов Всероссийской науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых : в 7 ч. Ч. 5 ; М ИОЦ ФГОУ ВПО «СФУ». – Красноярск, 2008. – С. 236.
 8. Оноприенко Н.Н. Рахимбаев Ш. М. Регулирование структурообразования цементных систем добавками полимеров // Бетон и железобетон. 2010. №4. С. 11-14.
 9. Ильинская Г.Г., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. Сухие смеси для отделочных работ на композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 15–19.
 10. Куприна А. А., Прасолова Е.О. Закон сродства структур – основной принцип многослойных систем // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XIII междунар. науч.-практ. конф. № 6(13). – Новосибирск: СибАК, 2014.
 11. Пучка О.В., Вайсера С.С., Сергеев С.В., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе техногенного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 51–55.

АНАЛИЗ КОМПОНЕНТОВ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ

Данилов А.Ю., канд. техн. наук

Дальневосточный федеральный университет

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc1c7f424.14159515

Аннотация. Проанализированы компоненты геобетонов и щелочеактивированных материалов. Представлены аспекты проектирования геополимерных бетонов.

Ключевые слова: геополимер, бетон, активация, щелочь, экология.

Основой для геополимерных вяжущих служат отходы производства, такие как зола уноса, гранулированный доменный шлак, зола рисовой шелухи, красный шлак (отходы обработки боксита) и т.д. Фактически, любой материал, который в основном состоит из алюмосиликата, может быть использован в качестве основного материала для производства связующего геополимера.

Красный шлак отличается высокой щелочностью с pH от 10 до 13.

В соответствии с американским стандартом ASTM C618-12a зола уноса по содержанию оксида кальция подразделяется на высококальциевую (добавка класса C) и низкокальциевую (добавка класса F). В ГОСТ 31108-2016 и ГОСТ 25818-2017 зола подразделяется на основную (богатую CaO) и кислую (богатую SiO₂). Кислая зола проявляет пуццоланические свойства, основная может дополнительно проявлять гидравлические свойства.

В высококальциевой (основной) золе-уноса, полученной из бурого угля, содержится свыше 10 % CaO, суммарное содержание оксидов SiO₂, Al₂O₃ и Fe₂O₃ составляет от 50 до 70 %. Низкокальциевая зола-уноса класса F на основе антрацитового или каменного угля содержит менее 10 % CaO, а остальное – это оксиды кремния, алюминия и железа.

В качестве источника золы уноса в технологии геополимеров наиболее перспективной признается низкокальциевая зола с аморфной структурой [1], которая является реакционно-активной в щелочной среде. Использование этого вида золы обеспечивает высокие прочностные свойства, коррозионную стойкость и долговечность бетона. Применение высококальциевой золы уноса значительно ускоряет сроки схватывания и может вызвать снижение прочности геополимерного бетона в более поздние сроки твердения [2].

Для снижения этого негативного влияния высококальциевой золы, в состав геополимерного вяжущего вводят замедлители – например, оксид бора [1].

При совместном использовании высококальциевой золы уноса и добавки доменного гранулированного шлака, активация процесса твердения раствором NaOH позволяет повысить прочность и темпы ее набора, а также уменьшить усадку геополимерного бетона [3].

Для использования в технологии бетонов содержание несгоревшего угля в составе золы-уноса по требованиям разливных стандартов не должно превышать 5 %. При нарушении этого требования возможно снижение прочности и повышение пористости геополимерных материалов [4].

Дисперсность золы-уноса влияет на ее водопотребность и прочность геополимерных материалов. С повышением дисперсности свыше 450 м²/кг значительно повышается водопотребность растворной смеси и снижается прочность бетона [3].

Метакаолин является термически обработанным каолином. Высокоактивный метакаолин (ВМК) – это искусственно изготовленная пуццолановая добавка, обладающая наиболее высокой активностью среди имеющихся на рынке активных минеральных добавок. В частности, метакаолин способен связать извести примерно в 2,5 раза больше, чем микрокремнезем. В отличие от МК, метакаолин является смесью активного кремнезема и глинозема почти в равных пропорциях, т.е., является не силикатным, а алюмосиликатным пуццоланом. По своей форме метакаолин представляет пластинчатые частицы среднего размера порядка 1-2 микрон.

Получение геополимерного вяжущего на основе золы-уноса происходит в результате разрушения структуры алюмосиликатных минералов в щелочной среде с последующим их растворением и полимеризацией продуктов реакции [1].

В качестве активаторов процесса твердения могут применять как гидроксиды щелочных металлов – натрия и калия, так и их силикаты. При использовании низкокальциевой золы эффективно применение растворимого стекла совместно с щелочью, а для высококальциевой золы – растворов щелочных гидроксидов [2].

Для геополимерных систем на основе зол-уноса, зачастую, используют такие щелочные агенты как NaOH, Na₂SiO₃ с концентрациями в диапазонах 25-100 % и 38-55%, соответственно, а также их композиции [3-4].

Важное значение в зависимости от вида золы-уноса, щелочного активатора, а также наличия добавки шлака имеют условия твердения геополимерного бетона. При использовании в качестве активатора твердения высококальциевой золы совместно с добавкой шлака щелочных растворов (с концентрацией 10-16 М) твердение может проходить как в нормальных условиях, так и в ходе тепловлажностной обработки при температуре 60-90°C в течение 24-48 часов [3]. Твердение геополимерного бетона на основе низкокальциевой золы, активированной растворимым стеклом и щелочью, происходит только при длительной тепловой обработке при температуре 40-80°C в течение 24-72 часов [4-6].

Известно три основных способа приготовления бетонной смеси на геополимерном вяжущем на основе золы-уноса [7-8]:

1) приготовление раствора активатора, смешивание в сухом виде заполнителей и золы-уноса, введение в сухую смесь активатора, перемешивание.

2) приготовление раствора активатора, введение золы, перемешивание, введение добавки шлака, перемешивание, введение мелкого заполнителя, перемешивание, введение крупного заполнителя, перемешивание.

3) приготовление раствора активатора, введение золы, перемешивание, введение заполнителей, перемешивание.

В зависимости от консистенции геополимербетонной смеси перемешивание может осуществляться в бетоносмесителях принудительного или гравитационного действия. Каждая операция перемешивания составляет в среднем по 3-5 мин. После приготовления бетонной смеси формируются изделия, которые подвергаются тепловой обработке или твердеют в нормальных условиях [9-10].

Получаемый на основе золы-уноса геополимерный бетон по сравнению с обычным портландцементным бетоном имеет большие преимущества по эксплуатационным свойствам. Прочность при сжатии геополимерного бетона составляет 45–100 МПа. Геополимерный бетон обладает высокой коррозионной, морозостойкостью, долговечностью, низкой усадкой и огнестойкостью [11].

Наряду с преимуществами геополимерного бетона необходимо отметить и факторы, ограничивающие его применение [2, 12]:

- использование дорогостоящего активатора, стоимость которого в составе бетона может достигать 50-60 %;

- низкая ударная стойкость, что обуславливает необходимость армирующих волокон;

- отсутствие данных по испытанию геополимерного бетона в условиях повышенной влажности и высыхания;
- недостаточно исследована прочность сцепления арматуры с бетоном.

Партизанская ГРЭС относится к промышленным объектам, оказывающим негативное воздействие на окружающую природную среду — атмосферный воздух Партизанска, Партизанского района и Находки, а также вод бассейна реки Партизанской и залива Находка. Основной загрязнитель — зола, вместе с дымовыми газами (окислы углерода, азота, серы, сероводорода) выбрасываемая через трубу в атмосферу. Другим загрязнителем атмосферы является угольная пыль, которая разносится ветром с угольных площадок. Ночью 22 мая 2004 года из-за проливных дождей произошло разрушение дамбы золоотвала электростанции, повлекшее стихийный сброс около 100 тысяч кубометров промышленных отходов в бассейн реки Партизанской, заваленными оказались железнодорожные пути на линии Угловая – Находка [13].

Список литературы:

1. Davidovits J. Geopolymer Chemistry and Applications. 4th ed. Saint Quentin, GeopolymerInstitute, 2015. 644 p.
2. Коровкин М. О., Володин В.М., Ерошкина Н.А., Чамурлиев М.Ю., Лавров И.Ю. Анализ перспективности применения золы-уноса в технологии геополимеров // Молодежный научный вестник. Октябрь 2017. С. 70-78.
3. Rangan B. V., Hardjito D., Wallah S.E., Sumajouw D.M.J. Fly ash-based geopolymer concrete: a construction material for sustainable development // Concrete in Australia. 2005. No. 31. Pp. 25-30.
4. Jaarsveld J. G. S., Deventer J.S. J., Lukey G.C. The effect of composition and temperature on the properties of fly ash and kaolinite-based geopolymers // Chemical Engineering Journal. 2002. Vol. 89. Iss.1–3. Pp.63-73.
5. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Тимохин Р.А., Ханхабаев Л.Р., Лесовик В.С. Высокопрочные композиты для специальных сооружений // Теоретические основы создания эффективных композитов Сборник материалов Российской онлайн-конференции, посвященной Дню науки. 2018. С. 297-303.
6. Fediuk R.S., Teleshev A.A., Khankhabaev L.R., Ivanov A.S., Ibragimov R.A., Akopian A.K., Lesovik V.S. Application of cementitious composites in mechanical engineering // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Sep. "International Conference on Mechanical

- Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Material Science in Mechanical Engineering" 2018. С. 032021.
7. Fediuk R.S., Pak A.A., Krylov V.V., Poleschuk M.M., Stoyushko N.Y., Gladkova N.A., Ibragimov R.A., Lesovik V.S. Processing equipment for grinding of building powders // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Ser. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042029.
 8. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Feduk R.S. Nature similar technologies in construction industry // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Т. 14. № 4. С. 98-108.
 9. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С. Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей (обзор) // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 4 (37). С. 85-99.
 10. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лисейцев Ю.Л., Пезин Д.Н., Зеленский И.Р., Смоляков А.К., Хроменок Д.В. Разработка фибробетонов на бесцементных вяжущих // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 1. С. 124-130.
 11. Кузьмин Д.Е., Пак А.А., Акопян А.К., Телешев А.А., Федюк Р.С. Композиты для создания военной инфраструктуры // Теоретические основы создания эффективных композитов Сборник материалов Российской онлайн-конференции, посвященной Дню науки. 2018. С. 157-165.
 12. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Ильинский Ю.Ю. Математическое планирование и статистическая обработка результатов экспериментов в материаловедении // Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Юргинский технологический институт Томского политехнического университета. 2016. С. 256-258.
 13. Федюк Р.С., Евдокимова Ю.Г., Зеленский И.Р. Особые виды бетона для объектов атомной энергетики // Интеллектуальные энергосистемы труды IV Международного молодёжного форума: в 3 томах. Томский политехнический университет. 2016. С. 289-293.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ ГЕОНИКИ-ГЕОММИМЕТИКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Елистраткин М.Ю., канд. техн. наук,
Джамиль А.Н., Галкина А.А., Семиохина В.А.,
Погорелов В.С., Новоселова А.А., Минакова А.В.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc1d9bb20.52375772

Аннотация. В случаях, когда речь идёт о совершенствовании широко применяемого продукта или технологии, важное значение приобретает вопрос выбора идеологической и методической базы для новаций. Одной из передовых теорий, сформировавшейся за последнее десятилетие в целом научное направление, является Геоника вообще, и одно из её течений – Архитектурная геоника. В статье рассмотрены возможности адаптации составов отделочных композиций к доступному местному сырью, что обеспечивает повышение их экономической эффективности и гармонизацию с культурными и геологическими особенностями региона применения.

Ключевые слова: архитектура геоника, отделочные материалы, композиционные вяжущие, повышение эффективности.

На сегодняшний день сухие строительные смеси являются одним из самых популярных отделочных материалов, доказавших свою эффективность в практике применения в строительстве. Сухие строительные смеси имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными растворами, приготовленными вручную на строительных площадках или в заводских условиях. Мировой и отечественный опыт использования сухих смесей показал их высокую эффективность и преимущества по сравнению с традиционными методами работы [1–2].

Анализ, разработка и совершенствование рецептур представляет интерес для большинства производителей сухих строительных смесей. Важнейшей задачей оптимизации рецептур является снижение расхода связующего и минимизация себестоимости конечного продукта. Однако, очень часто производители пытаются улучшить качество смеси путём введения либо увеличенного количества связующего, либо комплекса дорогих химических добавок. Следует учитывать, что каждая добавка имеет свой механизм взаимодействия со связующим и, как правило, проявляет как положительные, так и отрицательные эффекты.

При использовании большого количества добавок резко возрастает стоимость сухой смеси и заметно ухудшаются ее характеристики. Поэтому важной проблемой является разработка сухих строительных смесей на основе композиционных вяжущих с применением гипса, и максимальным использованием местного сырья, оптимальным содержанием эффективных продуктов строительной химии различного функционального назначения [3].

В случаях, когда речь идёт о совершенствовании широко применяемого продукта или технологии, важное значение приобретает вопрос выбора идеологической и методической базы для новаций. Одной из передовых теорий, сформировавшейся за последнее десятилетие в целом научное направление, является Геоника вообще, и одно из её течений – Архитектурная геоника [4-6].

Архитектурная геоника это создание архитектурных ансамблей с учетом результатов и воздействий геологических и косвенных химических процессов на неорганический мир. Известно, что природа – это прекрасный архитектор и в результате деятельности геологических и космохимических процессов создаются уникальные по красоте, цвету, формообразованию объекты неорганического мира, которые могут стать предметом для подражания архитекторов при создании архитектурных ансамблей. Считается, что архитектура может быть лекарством от многих заболеваний. Тело, как говорят – это дом нашей души, а дом – это как одежда для тонкого физического тела

Прикладной задачей Архитектурной геоники, в нашем случае, можно считать выработку перспективных требований к отделочным материалам, приближающих их к природным прототипам, обеспечивающим благотворное влияние на физическое и психическое здоровье человека. А общей задачей Геоники является выработка механизмов синтеза природоподобных отделочных материалов.

Как правило, наиболее важным критерием для отделочного материала является наличие соответствующего внешнего вида с функцией пространства, а также соответствующей текстурой и цветом в соответствии с требованиями пользователей. На отделочные материалы обычно влияют механические факторы из-за прямого контакта с пользователем. Полы и стены могут быть повреждены мебелью или предметами. Поэтому отделочные материалы должны быть устойчивы к механическим воздействиям, и выбор должен быть сделан в соответствии с прочностными свойствами материала. Чтобы защитить свойства поверхности и безопасность пользователя, отделочные материалы должны иметь достаточную прочность на сжатие,

ударопрочность и безопасность при ходьбе. Также он должен быть невоспламеняющимся и не должен выделять токсичный газ во время пожара.

Имеющиеся научно-технические разработки в области гипсовых вяжущих, материалов и изделий, а также благоприятные экологические и технико-экономические аспекты производства и применения материалов и изделий на их основе указывают на то, что имеются все предпосылки для широкого применения их как в традиционных, так и в новых направлениях современного строительства и реконструкции. В связи с этим требуется разработка эффективных быстротвердеющих строительных композитов, получаемых с применением новых видов доступных сырьевых материалов, обладающих повышенными эксплуатационными характеристиками. Этим требованиям в полной мере отвечают водостойкие и морозостойкие гипсовые композиты, применение которых позволит не только снизить дефицит стеновых материалов, но во многих случаях заменить энергоёмкие цементные бетоны и значительно сократить сроки возведения зданий и сооружений. Решению проблемы управления процессами гидратации и структурообразования гипсовых композиционных материалов посвящены многие научно-исследовательские разработки ученых РФ и зарубежных стран. Применение этих материалов в строительстве значительно снижает негативное воздействие на окружающую среду по сравнению с традиционно применяемым портландцементом.

Важным аспектом, обуславливающим необходимость разработки композиционных составов является отсутствие в Белгородской области месторождений гипса и, как следствие, его достаточно высокая стоимость. В тоже время цемент один из наиболее доступных и дешевых в нашем регионе вяжущих.

Сильные стороны портландцемента – высокая прочность и водостойкость, оттеняются длительным схватыванием и относительно медленным набором прочности. Гипс при высокой скорости твердения не водостоек, имеет низкую прочность и крайне короткие сроки схватывания. Логичным решением явилось объединение этих двух материалов для взаимного устранения недостатков, что нашло применение в виде гипсо-цементно-пущофанового вяжущего (ГЦПВ) и композиционного гипсового вяжущего (КГВ) [7].

В случае недоступности гипса как основного ресурса, возникает необходимость сильной модификации свойств цементных систем с целью обеспечения возможности использования их как заменителя. Предполагается разработка рецептов отделочных портландцементных

композиций обладающих свойствами близкими к гипсовым функциональным аналогам.

Основными проблемами получения штукатурных составов на основе портландцемента является его избыточная активность, низкая вододерживающая способность и, как следствие, неудовлетворительная удобоаносимость. Классическим решением данной проблемы является введение в такой раствор тонкодисперсного компонента (глины или извести). Такое решение делает раствор пригодным для штукатурных работ, но не позволяет портландцементу реализовать свой прочностной потенциал, следовательно, не обеспечивает эффективности его использования [8–10].

В связи с этим, актуальной является задача получения минеральной систему на основе портландцемента со свойствами максимально адаптированными для получения штукатурных смесей, чтобы в дальнейшем произвести её модификацию вышеуказанными добавками при минимальном их расходе. Разрабатываемая минеральная система, на наш взгляд, должна обладать прочностью сопоставимой с гипсом, иметь начало схватывания в районе 45...60 мин., обеспечивать получение удобоаносимого раствора без применения химических модификаторов (кроме суперпластификатора).

В качестве инструмента для решения поставленной задачи были выбраны композиционные вяжущие состоящие из клинкерной части и минеральной добавки. За счёт выбора соотношения компонентов, их вида и дисперсности, режимов обработки появляется возможность в значительных пределах варьировать свойства получаемых продуктов. Подобный подход хорошо зарекомендовал себя при решении ряда разнообразных задач.

Список литературы:

1. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Нерубенко П.О., Дементьев Ю.А., Золотых С.В. Современные подходы для создания долговечных строительных изделий // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 599-607.
2. Елистраткин М.Ю., Минакова А.В., Джамиль А.Н., Куковицкий В.В., Эльян Исса Жамал Исса. Композиционные вяжущие для отделочных составов // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 37 – 44.
3. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее. // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 1 (100). С. 9-16.

4. Лесовик В.С. Архитектурная геоника // Жилищное строительство. 2013. №1. С. 9-12.
5. Лесовик, В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография / 2-е изд., доп. Белгород: Изд-во БГТУ. 2016. 287 с.
6. Баженов Ю.М. Пути развития строительного материаловедения: новые бетоны // Технологии бетонов. 2012. № 3-4 (68-69). С. 39-42.
7. Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Шаталова С.В. Композиционное гипсовое вяжущее с многокомпонентными минеральными добавками разного генезиса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 27–34.
8. Елистраткин М.Ю., Лесовик В.С., Когут Е.В., Куприна А.А. Разрушенные здания и сооружения - эффективное сырье для производства кладочных растворов // В сборнике: «Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства» международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика. 2016. С. 291-299.
9. Минаков С.В., Елистраткин М.Ю. К вопросу выбора компонентов композиционных вяжущих // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 365-370.
10. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Сумской Д.А. Теплоизоляционные растворы пониженной плотности // Строительные материалы и изделия. 2018. Т. 1. № 1. С. 40-50.

ГЕОНИКА, ГЕОМИМЕТИКА И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Елистраткин М.Ю., канд. техн. наук, доцент,
Глаголев Е.С., канд. техн. наук,
Шапиро А.Э., аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc1e71318.35819098

Аннотация. Одной из тенденций современной науки является повсеместное внедрение 3-D аддитивных технологий, которые позволяют существенно сократить расход всех видов ресурсов, снизить вес конструкций без ущерба их надёжности и долговечности. Аддитивное производство является одним из самых востребованных направлений в области строительной индустрии.

Ключевые слова: аддитивное производство, геоника, строительство, производство, принтер, геомиметика, материалы, качество.

Применение 3-D аддитивных технологий позволяет улучшить теплоизоляционные свойства, производить широкий спектр сложногогеометрической печати, без лишнего расхода сырья. Важнейший аспект: снижение затрат на производстве. В связи с этим были рассмотрены перспективы аддитивного производства. И в дальнейшем проведем взаимосвязь с наукой геомиметикой (геоникой).

Известный лозунг, про «что нам стоит дом построить – нарисуем, будем жить», уже в обозримом будущем приобретёт реальное воплощение с маленькой поправкой на то, что рисунок надо будет лишь распечатать. И жить! Суть новейших производств известна по всему миру, но широко пока применяется лишь в не многих странах за рубежом.

Так называемая аддитивная технология основана на наслаиваемом производстве, которое заменяет прежнее выпиливание и отрезание материала, половина из которого потом выбрасывается (в металлургии, например, это крайне дорого и неэкономично) [1-6]. Всего в 22 странах созданы национальные ассоциации по аддитивным технологиям, объединенные в альянс **GARPA — Global Alliance of Rapid Prototyping Associations**. В рамках данного альянса участники обмениваются технологиями, разрабатывая, тиражируя, продавая права на использование своих шаблонов и привлекая к работе фирмы-разработчики 3D-моделей [7]. В этот мировой «аддитивный клуб» –

Россию пока не берут: не с чем входить. С 1% аддитивных технологий в мировом масштабе и желанием развиваться в данном направлении Россия пока имеет только хорошую перспективу.

На данный момент не понятно, где удобнее всего и каким образом расположить центры аддитивных производств в России. **Минпромторг** писал, что моделью для будущего центра могут считаться **Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»** и **Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского»**. Между тем, российские геологи подтвердили расположение стратегической базы сырья для высоких технологий в Красноярском крае – месторождения ниобия [8].

Чтобы развиваться необходима работа сразу в нескольких направлениях, а именно: подготовка квалифицированного персонала, формирование новых стандартов, принятие новых нормативных документов. Так же огромная проблема заключена в том, что в России не производят порошки для данного производства. Тем не менее, какие-то действия в этом направлении принимаются чиновниками и учеными. Сегодня в России существует довольно много компаний, которые занимаются 3-D производством, но это небольшие предприятия с недорогим оборудованием [9]. Которое способно «выращивать» несложные детали. Почему так? Это основано на том, что оборудование, которое способно обеспечить высокое качество изделий стоит очень дорого и требует для работы и обслуживания квалифицированный персонал [10].

Лидером 3-D аддитивных технологий в наше время является Китай (8,7 %). Китай заинтересован в данной технологии. В 1995 году политехнический университет в Китае начал исследования «Лазерное аддитивное производство». И развивалось дальше, что привело к разработке запчастей для военных самолетов. В чем обогнали даже американцев. В июне 2013 года специалисты Даляньского технологического университета, совместно с компанией Unit Science and Technology Development Co. Ltd., разработали лазерный 3D-принтер с рабочим объемом 1.8x1.8x1.8 м.

В 2015 году Zhuoda Group в Китае представила некий проект дома, который был изготовлен за 3 часа. На площадке 6 готовых модулей, изготовленных на 3-D принтере совместили между собой. И было получено единое здание. Насчет коммуникаций было сказано, что их можно встроить в модули. Удобно, не правда ли? Если изготавливать полноценный дом, на данную разработку уйдет 15 дней. Дом прослужит около 150 лет и выдержит даже землетрясения. В наши дни это актуально. Так же чтобы еще больше развиваться, Китай создал 30

исследовательских институтов, занимающихся данной тематикой. Китайские инженеры хорошо обучены и квалифицированы. Это является важнейшим аспектом для технологии.

В БГТУ им. В.Г. Шухова на «Золотой кафедре России» под руководством доктора технических наук В.С. Лесовика разрабатывают данную технологию с внедрением знаний о науке -геонике. Важным аспектом является тот факт, что без учета изменений, происходящих в окружающей среде сейчас к разработке 3D аддитивных технологий переходить нельзя. Фундаментальная основа проектирование и создание композитов для аддитивных технологий – это переход к трансдисциплинарным исследованиям, которые сейчас являются ведущими, в том числе как направление геоника (геомиметика) [11-17]. Возможно, благодаря специалистам кафедры материаловедения изделий и конструкций будет сделан рывок в области 3-D аддитивных технологий. Геомиметика позволяет расширить знания и взгляды в строительной индустрии, тем более если это касается аддитивного производства. Ведь 3-D производство прогрессирующее направление. Так же использование определенных направлений геоники (архитектурная) позволит в будущем создать гармонию между человеком и средой обитания. Потому что большую часть своей жизни человек проводит в окружении определенных материалов. Это будет огромный вклад как в обществе, так и в строительстве в целом.

Наиболее значимые производственные или научные открытия происходили на «стыке» наук.

Так же кафедра СМиИК подготавливает квалифицированных специалистов в данной области. Также в БГТУ им.В.Г.Шухова на кафедре СМиИК разрабатываются композиционные вяжущие для 3-D аддитивных технологий.

Список литературы:

1. Аддитивные технологии: перспективы 3D печати в будущем [Электронный ресурс].URL: <http://www.uppro.ru/library/innovations/niokr/additive-3d.html> (Дата обращения 20.06.2014)
2. Перспективы использования 3D-аддитивных технологий [Электронный ресурс]. URL:<http://federalbook.ru/files/OPK/Soderjanie/OPK-11/III/Mihaylov.pdf> (Дата обращения:27.05.15 г.)
3. Аддитивные технологии в Российской промышленности [Электронный ресурс].URL: <http://konstruktor.net/podrobnee-det/additivnye-texnologii-v-rossijskoj-promyshlennosti.html>

4. Аддитивные технологии-что это такое? [Электронный ресурс].URL: <http://make-3d.ru/articles/chto-eto-takoe-additivnyye-texnologii/>
5. Аддитивное производство [Электронный ресурс] URL: <http://make-3d.ru/articles/chto-eto-takoe-additivnyye-texnologii/>
6. Денисова Ю.В. Аддитивные технологии в строительстве // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №3. С. 33–42.
7. Промышленная 3-D печать в Китае: авиастроение [Электронный ресурс]. URL: <http://3dwiki.ru/promyshlennaya-3d-pechat-kitaaviastroenie-i-samyj-bolshoj-v-mire-3d-printer/> (Дата обращения 25.02.2014)
8. Лесовик В.С. Конспект лекций по дисциплине «Теория и методология проектирования, производства и эксплуатации композитов для строительства»: учеб. Пособие для подготовки магистров по направлению. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 71 с.
9. 3-D лихорадка России пока не грозит [Электронный ресурс]. URL: <http://rosnauka.ru/publication/460> (Дата обращения 1.03.16)
10. Новости аддитивных технологий. В Китае за три часа собрали двухэтажный сейсмоустойчивый жилой дом из готовых модулей, напечатанных на строительном 3D принтере [Электронный ресурс]. URL: <http://fea.ru/news/6225> (Дата обращения 22.07.15)
11. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) как трансдисциплинарное направление исследований Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 77-83.
12. Лесовик В.С. Управление структурообразованием строительных композитов: монография / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова // Омск: СибАДИ, 2011. 462 с.
13. Lesovik V.S. Creating effective insulation solutions, taking into account the law of affinity structures in construction materials. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 11. С. 1496-1502.
14. Лесовик В.С. Чернышева Н.В. Быстротвердеющие композиты на основе водостойких гипсовых вяжущих: монографию Белгород, 2011. 123 с.
15. Чернышева Н.В., Чернышев А.Ю., Нарышкина М.Б. Быстротвердеющие бетонные смеси для дорожного строительства // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 54–55.
16. Чернышева Н.В., Рыбцова М.Б. Разработка составов дисперсно-армированных композиционных гипсовых вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 2. С. 84–87.
17. Чернышева Н.В., Нарышкина М.Б. Влияние микроармирующих волокон на свойства гипсосодержащих композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 73–76.
18. Лесовик В.С. Чернышева Н.В., Клименко В.Г. Процессы структурообразования гипсосодержащих композитов с учетом генезиса сырья // Известия ВУЗов. № 4. 2012. С. 3 – 11.

ГЕОНИКА. ГЕОММИМЕТИКА КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Елистраткин М.Ю., канд. техн. наук, доцент,

Шапиро А.Э., аспирант,

Милькина А.С., аспирант,

Лесовик Г.А., канд. техн. наук, доцент,

Агеева М.С., канд. техн. наук, доцент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc20c87a3.92824648

Аннотация. В настоящее время геоника является одной из важнейших направлений как в человеческой среде, так и в строительной индустрии. Благодаря этой науке, и ее направлениям разрабатываются новые отрасли, которые благоприятно отражаются на обществе в целом.

Ключевые слова: геоника, интеллектуальные материалы, интеллект, среда обитания, архитектура, геология

Под геоникой (геомиметикой) следует понимать специфический подход к созданию материалов, композитов, произведений искусства и т.д., при котором задумка, определенные технологические схемы и т.п. заимствуются у наук, занимающихся изучением геологических процессов горных пород, минералов.

Основные направления геоники – это оптимизация системы «человек – материал– среда обитания», таких как архитектурная геоника, освоение и строительство подземных пространств.



Рисунок 1 - Направления геоники

Так же проблемы сосуществования органического и неорганического мира, разработка алгоритмов и моделей управления объектами неорганического мира, использование энергии геологических процессов, разработка новых технологий получения минералов и композитов [1].

В своей жизни приблизительно 80 % времени мы находимся в окружении определенных материалов. И естественно это играет большую роль в связке «человек-материал-среда обитания». Производство строительных сооружений для проживания человека, их использование показывает то, что все эволюционирует, и отражается на жизнедеятельности человечества. Оптимизация системы «человек-материал-среда обитания» оказывает благоприятное воздействие и повышение интеллекта, улучшение здоровья. Исходя из этих показателей предложено направление «Архитектурная геоника». Это создание архитектурных ансамблей с учетом результатов и воздействий геологических, и химических процессов на неорганический мир [2].

Известно, что природа – это прекрасный архитектор и в результате деятельности геологических и космохимических процессов создаются уникальные по красоте, цвету, формообразованию объекты неорганического мира, которые могут стать предметом для подражания архитекторов при создании архитектурных ансамблей.

Известно направление «Архитектурная бионика» - это когда архитекторы в качестве подражания используют объекты органического мира [3]. Например, небоскреб Мэри-Экс в виде шишки, моллюск и Сиднейский оперный театр в Австралии, так напоминающий по форме это создание органического мира (рис.2 а, б).



Рисунок 2 - а) Небоскреб Мэри -Экс. б) Театр Сиднея

А вот объекты неорганического мира, в качестве предмета для подражания при создании архитектурных ансамблей, более многочисленны.

Геологические объекты могут служить прообразом создания малых архитектурных форм и архитектурных ансамблей в целом — структура химических соединений и элементов, структура кристаллической решетки минералов, форма кристалла и так далее. Элементы космической тематики — это и спутники планет, звездные системы, формы космических объектов, цветовая гамма и так далее [4].

Например, визитной карточкой Брюсселя является знаменитый Атомиум (рис.3)



Рисунок 3 – Атомиум

Эта архитектурная форма является прообразом в 64 млрд раз увеличенной структуры железа. Совокупность этих сросшихся между собой молекул кварца является прообразом для создания архитектурного ансамбля в США. Проект «Азиатские пирамиды» по форме напоминает гальку (рис.4).



Рисунок 4 - Проект азиатские пирамиды

Небоскреб в Дубае Бурдж-Халифа, это самое высокое здание в мире, напоминает сталагмит пещеры (рис.5)



Рисунок 5 - небоскреб Бурдж-Халифа

Подведем итоги, что данное новое научное направление, которое «отделилось» от геоники решает не только практические вопросы организации среды обитания, создания конструктивных элементов, форм, пространства и др., но и способствует улучшению эмоционального состояния человека, стимулированию творчества, гармонизации функций, чувственных ассоциации и в целом оптимизации триады «человек-материал-среда обитания».

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Архитектурная геоника. Взгляд в будущее // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия : Строительство и архитектура. 2013. №31-1(50).С.131-136.
2. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении.Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 286 с.
3. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научно-технические технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60- летию БГТУ им. В.Г.Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
4. Лесовик В.С., Гридчин А.М., Елистраткин М.Ю. Целенаправленное формирование свойств материалов за счёт управления параметрами порового пространства // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 234-242.

ГЕОНИКА. ГЕОММИМЕТИКА КАК КЛЮЧ К РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «ЗЕЛЕНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

Елистраткин М.Ю., канд. тех. наук, доцент,

Глаголев Е.С., канд. техн. наук,

Котов И.В., Минакова А.В., студент,

Авад Мохамад Незар, магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2186c63.96789296

Аннотация. Снижение негативного прессинга на окружающую среду привело к формированию концепции Зелёного строительства, реализация которой предусматривает широкий комплекс мероприятий, в том числе и в области строительного материаловедения. В тоже время, относительно новое научное направление Геоника, изучает круг вопросов в значительной степени перекликающийся и даже более широкий, чем упомянутая концепция. Несомненным достоинством Геоники является, то, что кроме декларативных аспектов она предлагает и эффективный инструментарий их практической реализации, основанный на глубоком анализе геологических процессов.

Ключевые слова: энергоэффективность, Зелёное строительство, Геоника, комфортность системы человек – материал – среда обитания, геологические процессы.

Концепция «зелёного» строительства затрагивает ряд серьёзных вопросов [1-9], необходимость решения которых может не вполне очевидна сейчас, но станет определяющей в ближайшем будущем. Проецируя критерии английского стандарта зелёного строительства BREEAM [10] на материалы, можно выделить ряд задач:

1. Снижение энергоёмкости строительных материалов и повышение энергоэффективности жилищ.
2. Обеспечение безопасности строительных материалов и зданий на всех этапах жизненного цикла, включая утилизацию.
3. Сокращение объёмов отходов строительных производств, утилизация существующих.

Другим важным идеологическим документом является, активно утверждающийся постулат повышения комфортности системы «человек – материал – среда обитания» [11-13], фундаментальной основой которой является Геоника, как трансдисциплинарное научное направление постулирующее единство и преемственность живой и

неживой природы. Смысл концепции состоит в гармонизации указанной системы, введения такого не типичного для строительного материаловедения оценочного критерия, как влияние на психо-эмоциональное состояние или комфорт человека.

Подобный подход не является новинкой. Например, биомиметика, использующая в качестве прототипов техногенных объектов элементы живой природы, ведёт свою историю с 60-х годов прошлого века. Однако, в области технологии материалов, при периодическом обращении к данному вопросу многих исследователей, единые принципы и подходы были сформулированы относительно недавно.

В рамках Геоники предлагается использовать подход к созданию материалов, композитов, архитектурных ансамблей, произведений искусства, при котором идея заимствуется при изучении геологических и космохимических процессов, минералов, горных пород и т.д. При этом природа, по его словам, выступает общедоступным банком идей, не защищённых законами об охране интеллектуальной собственности [10].



Рисунок 1 – Искусственный материал и его природный аналог: а) каменная кладка (слева); б) природный конгломерат сланца, песчаника, граувакка (справа)

Подтверждением работоспособности и достаточной эффективности предлагаемого подхода, может служить ряд работ [14-19] в которых осуществлён комплекс исследований по оптимизации процессов структурообразования строительных композитов, в качестве теоретической базы которой были использованы положения Геоники.

Таким образом, видно, что идеология «Зеленого» строительства и положения Геоники крайне близки, однако, именно Геоника предлагает практические пути достижения намеченных целей.

Так, проводя параллели между слоистыми горными породами, имеющими высокое сцепление между слоями, и каменной кладкой были предложены способы повышения её монолитности и стойкости к динамическим воздействиям. Для этого были проанализированы геологические процессы протекающие при образовании таких пород, общие принципы которых затем были использованы при разработке специальных кладочных растворов [17]. Это позволило повысить сцепление между элементами кладки в 2,5...3 раза, снизить степень её анизотропности при минимальном удорожании материалов (рис. 1).

Хорошие результаты даёт не только технологическое геологическое заимствование, но и социокультурное, нашедшее отражение в архитектурной геомиметике. Она позволяет решать не только практические вопросы организации среды обитания, создания конструктивных элементов, форм, пространства, но и, по утверждению авторов, способствует, кроме улучшения эмоционального состояния человека, стимулированию творчества, гармонизации функций, чувственных ассоциаций [18].

В связи с этим, значительный интерес вызывает применение основных положений геомиметики при решении задач в области физической химии поверхности твердых тел, гетерогенного катализа, фотокатализа, разработки фоточувствительных нанокompозитных материалов и других актуальных научных направлений.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
2. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.

3. Денисова Ю.В. Аддитивные технологии в строительстве // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №3. С. 33–42.
4. Кожухова Н.И., Строкова В.В., Кожухова М.И., Жерновский И.В. Структурообразование в щелочеактивированных алюмосиликатных вяжущих системах с использованием природного сырья различной кристалличности // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №4. С. 38–43.
5. Чернышева Н.В., Шаталова С.В., Евсюкова А.С., Фишер Ханц-Бертрам. Особенности подбора рационального состава композиционного гипсового вяжущего // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 45–52.
6. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
7. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.
8. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
9. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
10. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
11. Дувинг С. «Зелёные» здания в России и за рубежом // Вестник центра организации объединённых наций по промышленному развитию «ЮНИДО в России». № 8 (октябрь). 2012. С. 72-79.
12. Лесовик В.С., Володченко А.А. Создание интеллектуальных композитов на основе положений геоники // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 145-155.
13. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 1 (100). С. 9-16.

14. Лесовик В.С. Новая парадигма создания композитов для стройиндустрии / В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 17-24.
15. Пучка О.В., Лесовик В.С., Вайсера С.С. Тепло- и звукоизоляционные материалы как основа создания комфортной среды обитания человека // В сборнике: Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 537-542.
16. Беленцов Ю.А., Лесовик В.С., Ильинская Г.Г. Повышение надежности конструкций управлением параметрами композиционного материала / Строительные материалы. 2011. № 3. С. 90-92.
17. Куприна А.А., Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Гинзбург А.В. Композиционные вяжущие для эффективных строительных растворов / В сборнике: Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 322-331
18. Лесовик В.С., Потапов В.В., Куприна А.А. Наномодифицированные строительные растворы для сейсмостойкого строительства / В сборнике: Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова. Киров, 2014. С. 305-311.
19. Лесовик В.С., Першина И.Л. Определение специфичности пространства в архитектурной геонике // В сборнике: Актуальные вопросы архитектуры и строительства Материалы Пятнадцатой Международной научно-технической конференции. Редколлегия: В.Т. Ерофеев (отв. ред.) [и др.]. 2017. С. 195-201.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРООБРАЗЫ АДДИТИВНО- ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Елистраткин М.Ю., канд. техн. наук, доцент,
Семернин Е.О., студент,
Свинцова Т.В., студент,
Кириченко Д.Е., студент,
Чуриков А.С., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2246dd7.60300862

Аннотация. Возводимые послойно, методом строительной печати, конструкции имеют природные аналоги – слоистые горные породы, физико-механические характеристики которых на настоящий момент практически не достижимы. В тоже время изучение особенностей их формирования в природе может дать ценную информацию и послужить основой для повышения эффективности искусственных композитов. Подобный подход, декларируемый научным направлением геоника, продемонстрирован в данной работе.

Ключевые слова: аддитивные технологии, строительная печать, геоника, слоистые горные породы, эффективные строительные композиты.

В данный момент многие слышали и знают что такое 3D аддитивные технологии, но на самом деле эти технологии существует уже давно. Компания Charles Hull разработала технологию трёхмерной печати для воспроизведения объектов в 1984 году, а двумя годами позже дала название и запатентовала технику. Эта же компания разработала и создала первый промышленный 3D принтер.

В основу принципа работы 3D принтера заложен принцип постепенного (послойного) изготовления твердого готового продукта, который как бы «выращивается» из определённого материала. Преимущества 3D печати перед ручной работой – высокая скорость, простота, высокая точность и относительно небольшая стоимость.

Например, для создания 3D объекта или какой-либо детали вручную может понадобиться очень много времени – от нескольких дней до месяцев, а то и несколько лет. Ведь сюда входит не только сам процесс создания, но и предварительные работы – чертежи и схемы будущего изделия, материал из которого будет создан объект, шлифовка и т.д.

К неоспоримым достоинствам строительных 3D технологий можно отнести:

- быстрое и точное строительство: 3D принтер превращает цифровую модель в физическую;
- снижение расходов на рабочую силу: 3D принтер осуществляет большую часть работы с минимальным участием человека;
- сокращение строительных отходов: все строительные компоненты можно напечатать согласно проекту;
- сокращение рисков для здоровья: все опасные работы на строительной площадке заменяются процессом печати.

Однако существуют и серьёзные недостатки:

- в строительстве может использоваться лишь ограниченное количество материалов, так как один и тот же принтер не может работать с разными «чернилами»;
- транспортировка: требуется доставка крупногабаритного принтера на строительную площадку и обратно, имеется риск повреждения высокотехнологичного и достаточно точного оборудования;
- необходимость организации правильного хранения принтера на строительной площадке;
- может потребоваться больше времени на строительной площадке, если компоненты для зданий будут производиться на месте, а не в заводских условиях в форме сухих смесей [1, 2].

К недостаткам еще можно отнести скрытый состав материала из которого послойно изготавливают 3D объекты, поскольку не одна компания не раскрывает этот секрет. Поскольку не известно про материал из которого строят 3D строительные принтеры есть еще один минус, который связан со строительной смесью. Решению данной проблемы может способствовать геоника, которая занимается систематизацией информации и реверсным инжинирингом природных геологических процессов.

Под геоникой следует понимать специфический подход к созданию материалов, композитов, архитектурных ансамблей, произведений искусства и т.д., при котором идея, технологические схемы и т.п. заимствуются у других наук, которые занимаются изучением геологических и космохимических процессов, минералов, горных пород, видов складчатости и т.д. Основные направления геоники – это оптимизация системы «человек – материал – среда обитания», архитектурная геоника, освоение и строительство подземных пространств, проблемы сосуществования органического и

неорганического мира, разработка алгоритмов и моделей управления объектами неорганического мира, использование энергии геологических и космических процессов, разработка новых технологий получения минералов и композитов [3, 4].

К примеру, можно рассмотреть несколько горных пород и узнать, как они создаются природным образом и применить этот процесс к нашим 3D технологиям, чтобы увеличить прочностные характеристики готового продукта.

Многие горные породы имеют слоистую структуру, а 3D строительный принтер послойно изготавливает строительные объекты. В соответствии с положениями геоники выявление причин высоких прочностных показателей слоистых горных пород и применение этих данных при проектировании растворов для каменной кладки, а так же для 3D строительства позволит сблизить их характеристики [5–8].

Например, непосредственными причинами возникновения полосчатой текстуры могут быть:

- остаточные текстуры первичных слоистых пород (песчаники, глинистые сланцы, известняки) перешедшие в гнейсы филлиты или мраморы в процессе перекристаллизации;
- метаморфическая дифференциация – твердые и труднорастворимые минералы в процессе динамометаморфизма во время дифференциальных движений отделяются от пластичных, мягких минералов в обособленные полоски;
- инъекция магматического расплава, продуктов отложения высокотемпературных растворов по слоистости осадочных или сланцеватости магматических горных пород.

Таблица 1 – Прочность горных пород с учетом текстурных особенностей

Наименование породы	Предел прочности при сжатии, МПа	
	Перпендикулярно полосчатости	Параллельно полосчатости
<i>Магматические горные породы</i>		
Габбро-полосчатое	237	125,5
Граниты-порфиры	310	278
<i>Осадочные</i>		
Мраморизованные известняки, полосчатые	171,4	88,9

Продолж. табл. 1

Известняки органогенные	95	65
<i>Метаморфические</i>		
Гнейсы слюдитые	97,5	63
Метаморфические сланцы	216,7	120
Кварцито-песчаники полосчатые	258,2	190,6

Полосчатые кварцито-песчаники как видно из таблицы 1, они имеют самый большой показатель предела прочности при сжатии. Кварцито-песчаник высокопрочный природный камень, выполняющий роль промежуточного звена на пути преобразования песчаника в кварцит. Свойства кварцито-песчаника очень близки к кварцитам – долговечным и очень прочным камням. Вероятно, это связано с тем, что породообразующим минералом кварцито-песчаника является кварц, который соединяется с кремнеземом, мусковитом, карбонатом, биотитом, альбитом, калиевым полевым шпатом или фуксином. Этот высокопрочный камень характеризуется постоянством минерального состава и, как правило, мелкозернистой структурой.

Из песчаника в кварцит идет перекристаллизация, этот процесс можем частично воспроизвести искусственным путем, омоноличивая наполнитель на основе различных горных пород, цементным камнем максимально насыщенным наполнителем на основе той же горной породы. Это позволит максимально сблизить показатели дисперсной части (заполнителя) и матрицы, то есть в каком-то смысле повторить природный процесс постепенного превращения песчаника в кварцит, за счет чего могут быть ощутимо улучшены показатели аддитивно изготовление композита.

Тем самым можно сказать, что если в 3D технологии в послойное изготовления внедрить нужные компоненты для изготовления «искусственного кварцито-песчаника», тем самым улучшаться характеристики, а самое главное качество готового продукта.

Таким образом, геоника может помочь продвинуть 3D строительство. С помощью этой науки мы сможем увеличить прочность и эффективность материала в конечном продукте. Так же эта наука вступает как инструмент улучшающий, преобразующий, сохраняющий природу, для решения проблем строительного материаловедения и смежных дисциплин.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
2. Денисова Ю.В. Аддитивные технологии в строительстве // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №3. С. 33–42.
3. Лесовик В.С., Володченко А.А. Создание интеллектуальных композитов на основе положений геоники // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 145-155.
4. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 1 (100). С. 9-16.
5. Elistratkin M.Y., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Pospelova E.A., Shatalova S.V. New point of view on materials development // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Material Science in Mechanical Engineering" 2018. С. 032020.
6. Куприна А.А., Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Гинзбург А.В. Композиционные вяжущие для эффективных строительных растворов / В сборнике: Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 322-331
7. Елистраткин М.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Глаголев Е.С. О развитии технологий строительной печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 5. С. 11–19.
8. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Шаталова С.В., Стариков М.С. Формирование свойств композиций для строительной печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 6–14.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОБЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ*

Ерофеев В.Т.¹, д-р техн. наук, профессор,

Родин А.И.¹, канд. техн. наук, доцент,

Тувин М.Н.¹, магистрант,

Утюгова Е.С.², магистрант

¹*Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет*

²*Пензенский государственный университет архитектуры и
строительства*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2301238.03943458

Аннотация. Получены газобетоны на основе отходов производства минеральной ваты со средней плотностью равной 650 кг/м^3 и прочность при сжатии – 2,45 МПа. Установлено, что при получении газобетонов на основе отходов производства минеральной ваты с наименьшей средней плотностью подвижность растворной смеси должна составлять 12-15 см по вискозиметру Суттарда.

Ключевые слова: отходы производства минеральной ваты, газобетон, физико-механические свойства, шлакощелочное вяжущее, алюминиевая пудра

На территории Российской Федерации, по данным статистики, накоплено свыше 100 млрд. т твердых промышленных отходов. При производстве минеральной ваты образуются отходы, составляющие от 15 до 30 % от массы готовой продукции. Пример использования данных отходов при производстве шлакощелочных вяжущих, асфальтобетонов и некоторых других строительных материалов хорошо описан в работах [1-4]. Цель данной работы заключалась в получении количественных зависимостей изменения физико-механических свойств газобетона на основе отходов производства минеральной ваты от подвижности растворной смеси, содержания щелочного и газообразующего компонентов.

При производстве газобетона применяются различные газообразователи. В основном это тонкодисперсные порошки некоторых металлов, смеси кислот с карбонатами, а также окислители (перекись водорода, перманганат калия и др.). Наиболее распространенным газообразователем является тонкодисперсный порошок алюминия (пудра алюминиевая) [5].

В работе для проведения экспериментальных исследований использованы следующие материалы:

- отходы производства минеральной ваты ООО «Комбинат теплоизоляционных изделий» (г. Саранск) фракции менее 0,63 мм в виде корольков, мелких иголок и мелких свар, с содержанием кристаллической фазы в составе не более 5 % и модулем кислотности от 1,4 до 1,45. Отходы предварительно размолоты до удельной поверхности равной 250-300 м²/кг;

- натр едкий технический (NaOH), отвечающий требованиям ГОСТ Р 55064-2012 – в качестве щелочного компонента;

- пудра алюминиевая ПАП-1, отвечающая требованиям ГОСТ 5494-95 – в качестве газообразующего компонента.

Сырьевая смесь для получения газобетона готовилась в следующей последовательности: растворение в воде щелочного компонента, смешивание молотых отходов производства минеральной ваты и щелочного раствора, добавление в шлакощелочной раствор суспензии газообразующей добавки (10 частей воды : 1 часть добавки) и последующее интенсивное перемешивание. Готовую смесь подавали в формы и укладывали без применения вибрации. Отформованные изделия выдерживали в формах при температуре 50 °С и относительной влажности воздуха не менее 85 % в течение 8 часов. Затем изделия вне форм пропаривали при атмосферном давлении по режиму 3+6+2 ч при температуре изотермического прогрева 85±5 °С. Пропаренные изделия после высушивания до постоянной массы при температуре равной 25-30 °С и относительной влажности воздуха не более 40-50 %, подвергались физико-механическим испытаниям.

Подвижность растворной смеси для получения газобетона определялась по ее расплыву на вискозиметре Сутгарда.

Физико-механические свойства образцов газобетона определяли по методикам согласно ГОСТ 10180-2012 (прочность на сжатие) и ГОСТ 12730.1-78 (средняя плотность).

Оптимизационные исследования выполнялись с помощью математических методов планирования эксперимента. Исследование влияния количественного содержания NaOH и в/т-отношения на подвижность смеси для газобетона производились по плану Коно, состоящему из 16 опытов. Варьируемыми факторами служили: X_1 – содержание NaOH, X_2 – в/т-отношение. Матрица планирования, рабочая матрица и результаты статистической обработки данных эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1- Матрица планирования, рабочая матрица и результаты статистической обработки данных эксперимента

№ опыта	Кодированное значение варьируемых факторов		Содержание NaOH, %	В/Т-отношение	Расплыв по вискозиметру Суттарда, см
	X ₁	X ₂			
1	-1	-1	1,5	0,25	5,2
2	-0,333	-1	2	0,25	5,
3	0,333	-1	2,5	0,25	5,1
4	1	-1	3	0,25	5
5	-1	-0,333	1,5	0,30	10,1
6	-0,333	-0,333	2	0,30	10,3
7	0,333	-0,333	2,5	0,30	9,8
8	1	-0,333	3	0,30	7,8
9	-1	0,333	1,5	0,35	20
10	-0,333	0,333	2	0,35	21,5
11	0,333	0,333	2,5	0,35	20,7
12	1	0,333	3	0,35	20,1
13	-1	1	1,5	0,40	25
14	-0,333	1	2	0,40	26,4
15	0,333	1	2,5	0,40	25,9
16	1	1	3	0,40	24,3

После проведения испытаний и статистической обработки результатов эксперимента, представленных в таблице 1, получено уравнение регрессии, связывающее зависимость изменения подвижности смеси от рассматриваемых факторов:

$$Y=15,581-0,932 \cdot X_1+17,854 \cdot X_2-1,026 \cdot X_1^2+0,020 \cdot X_1X_2+0,239 \cdot X_2^2+0,324 \cdot X_1^4-0,751 \cdot X_1^2X_2+0,396 \cdot X_1X_2^2-7,287 \cdot X_2^4 \quad (1)$$

Реализация плана Коно, состоящего из 16 опытов свидетельствует, что на изменение подвижности смеси шлакощелочного раствора на основе отходов производства минеральной ваты влияет в большей степени в/т-отношение смеси. Так, при изменении в/т-отношения смеси от 0,25 до 0,30 подвижность (расплыв по вискозиметру Суттарда) увеличивается незначительно с 5 до 9,5 см. Дальнейшее увеличение в/т-отношения до 0,37 приводит к увеличению подвижности до

максимальных 25-26 см. Изменение содержания NaOH в вяжущем от 1,5 до 3 % практически не оказывает влияние на изменение подвижности шлакощелочного раствора.

Дальнейшие исследования посвящены изучению изменения физико-механических свойств газобетонов на основе отходов производства минеральной ваты от подвижности смеси. Образцы были изготовлены по технологии описанной выше. Содержание пудры алюминиевой и NaOH взято соответственно 0,15 и 2,5 % по массе от количества отхода. Результаты экспериментальных исследований изменения средней плотности и прочности при сжатии образцов газобетона на основе отходов производства минеральной ваты представлены на рис. 1.

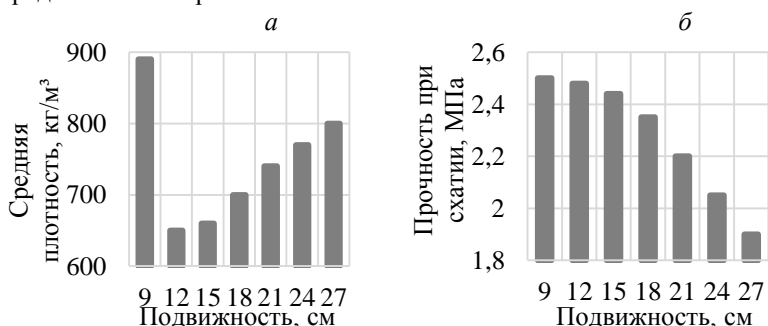


Рисунок 1 - Средняя плотность (а) и прочность при сжатии (б) образцов газобетона на основе отходов производства минеральной ваты

Согласно данным, представленным на рис. 1, а, средняя плотность образцов газобетона на основе отходов производства минеральной ваты уменьшается с 890 до 640 кг/м³ при увеличении подвижности смеси с 9 до 12 см по вискозиметру Суттарда. Дальнейшее увеличение подвижности до 27 см приводит к увеличению средней плотности газобетона до 800 кг/м³.

Согласно данным, представленным на рис. 1, б, прочность при сжатии образцов газобетона на основе отходов производства минеральной ваты незначительно уменьшается с 2,5 до 2,45 МПа при увеличении подвижности смеси с 9 до 15 см по вискозиметру Суттарда. Дальнейшее увеличение подвижности до 27 см приводит к уменьшению прочности при сжатии газобетона до 1,9 МПа.

Выводы. Получены количественные зависимости изменения физико-механических свойств газобетона на основе отходов

производства минеральной ваты от подвижности растворной смеси, содержания щелочного (NaOH) и газообразующего (пудра алюминиевая) компонентов. Установлено, что при содержании в составе растворной смеси для приготовления газобетона 0,15 и 2,5 % по массе от количества отхода соответственно пудры алюминиевой и NaOH наименьшая средняя плотность равная 650 кг/м^3 и прочность при сжатии – 2,45 МПа у образцов газобетона, полученных из растворной смеси с подвижностью равной 12 см по вискозиметру Суттарда. Согласно проведенным исследованиям установлено, что при получении газобетонов на основе отходов производства минеральной ваты с наименьшей средней плотностью подвижность растворной смеси должна составлять от 12 до 15 см по вискозиметру Суттарда.

**Работа выполнена в рамках Гранта Президента Российской Федерации МК-6416.2018.3*

Список литературы:

1. Erofeev V.T., Rodin A.I., Yakunin V.V., Bogatov A.D., Bochkina V.S., Chegodajkin A.M. Alkali-activated slag binders from rock-wool production wastes. Magazine of Civil Engineering. 2018. 82(6). Pp. 219–227. DOI: 10.18720/MCE.82.20.
2. Kinnunen P., Yliniemi J., Talling B., Ilkainen M. Rockwool waste in fly ash geopolymer composites. Journal of Material Cycles and Waste Management. 2017. Vol. 19. № 3. Pp. 1220–1227.
3. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Якунин В.В. Строительные материалы на основе отходов производства минеральной ваты с повышенной биологической и климатической стойкостью // материалы III Международной научно-технической конференции «Коррозия, старение и биостойкость материалов в морском климате» (г. Геленджик, 7 сентября 2018 г.). М. : ВИАМ, 2018. С. 152-165.
4. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Якунин В.В., Чегадайкин А.М. Физико-механические свойства шлакощелочных композитов на основе отходов производства минеральной ваты // сборник статей XIII Международной научно-технической конференции «Прогрессивные технологии в современном машиностроении. Композиционные строительные материалы. Теория и практика». Пенза. : АННОО «ПДЗ», 2018. С. 179-184.
5. Прохоров С.Б. Анализ рынка алюминиевых газообразователей в России // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 41-43.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Загороднюк Л.Х., д-р. техн. наук, доцент,
Науменко Н.А., студент,
Тущкая И.Н., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2383321.46876442

Аннотация. Данная статья направлена на рассмотрение технологий утилизации и дальнейшего использования бытовых отходов в зарубежных странах. Особое внимание обращается на вторичную переработку отходов и их дальнейшее использование в строительстве и строительном материаловедении. На основе проделанной работы авторы делают вывод касательно ситуации с использованием ТБО на территории РФ.

Ключевые слова: использование бытовых отходов, ТБО, утилизация, переработка.

Улучшение среды жизнедеятельности человека, особенно в развитых странах, связано не только с применением новых технологий производства строительных материалов, комплексным использованием техногенного сырья [1-6], но и с увеличением объема бытовых отходов. Твёрдые бытовые отходы (ТБО, бытовой мусор) – это предметы или товары, потерявшие потребительские свойства, наибольшая часть отходов потребления.

Макулатура, металлолом, пластиковые, стеклянные бутылки, старые шины и прочий обычный городской хлам при переработке способны превращаться в массу полезных вещей.

Однако проблематичность промышленной переработки ТБО состоит в сложности их состава. В настоящее время не существует единого мнения относительно того, какая из технологий переработки ТБО является наиболее рациональной.

Вторичная переработка отходов получила широкое распространение во многих странах мира [7-12]. Этим путем смешанные отходы из полимерных материалов могут перерабатываться в изделия различного назначения (строительные панели, декоративные материалы и т.п.).

Например, в Германии весь твердый бытовой и промышленный мусор поступает на специальные мусороперерабатывающие фирмы, где

он будет сначала отсортирован еще раз, затем измельчен, часть его пойдет на электростанции, где он, подаваясь по форсункам в мелкодисперсном состоянии, будет сожжен, а зола пойдет в качестве добавки в бетон и асфальт. Особо вредные остатки уйдут на полигон.

Программа «мусор в энергию» началась в Швеции в 1940 году. Мусоросжигательному заводу необходимы фильтры для очищения дыма перед его выпуском в атмосферу, ведь там содержатся вредоносные газы и частицы, называемые «золами уноса» (частицы размером от долей микрона до 0,14 мм). Необходимо также отфильтровать летучие соединения тяжелых металлов, газообразной хлористоводородной кислоты. После сжигания мусора масса золы составляет 15%.

На втором этапе из золы извлекаются металлы, которые затем повторно используются. После металлов извлекают камни и остатки керамики, которые затем применяются для производства гравия при строительстве дорог. В итоге лишь один процент от массы отходов в Швеции требует захоронения на полигонах. Остающиеся после очищения твердые остатки (35–50 килограммов ядовитых веществ на тонну сжигаемых отходов) подвергаются химической стабилизации или прессовке, а затем отправляются в специальные хранилища в качестве «отходов первого класса опасности».

В странах ЕС вопросы утилизации отходов упаковки решаются в рамках единого для этих стран закона, который направлен на предупреждение нарастания объемов полимерной упаковки и тары, рациональных способов их утилизации и т.д.

Переработке отходов в Японии уделяется особое внимание. Территория страны слишком мала, чтобы использовать ее под мусорные полигоны. Поэтому на сегодняшний день в Японии подвергается вторичной переработке около 47% всех отходов, сжиганию – 35%, а вывоз мусора на полигон и последующее его хранение занимает всего лишь 18%. И они постоянно стремятся свести последний показатель к нулю. Здесь перерабатывается все, что можно переработать.

Утилизация мусора в Японии – это слаженный процесс, в котором успешно сотрудничают три участника: потребители, предприниматели и государственные структуры. Результат – Япония одна из самых "чистых" стран в мире.

Шлак, образующийся при сжигании мусора, используют в строительстве. Его прессуют в огромные брикеты, из которых потом строят здания и даже целые острова. Самый известный из них – искусственный остров Одайба в Токийском заливе, на котором

расположен элитный жилой комплекс. На таких островах размещают практически все: жилье, парки, заводы, аэропорты – в общем, увеличивают размеры государства за счет бывшего мусора. При этом не весь мусор идет на сжигание – 17-18% отходов в Японии перерабатывается. Например, из стекла делают новые бутылки, а также превращают стеклобой в строительные материалы: в частности, стеклянная пыль может использоваться для облицовки стен. Из переработанного пластика в Японии изготавливают рабочую спецодежду, ковры [7].

В настоящий момент практически во всех развитых зарубежных странах найдено применение отходов ТБО в качестве вторичного сырья в производстве строительных материалов.

Макулатура представлена использованной картонно-бумажной продукцией, пригодной для дальнейшего использования в качестве волокнистого сырья. Переработка отходов этого вида позволяет экономить энергетические ресурсы и воду, в отличие от переработки первичного сырья (расход энергии ниже в два раза, а воды – в сто раз).

Полимерные материалы. Вторичная эксплуатация полимерных материалов затруднена двумя факторами: загрязнение и несоответствие свойств вторичного полимера исходному сырью. Отходы общественного потребления полимеров включают тару пищевых продуктов, полиэтиленовые упаковки и пленки, корпуса различных видов техники и другие изношенные полимерные и пластиковые изделия домашнего обихода. Изготовление из отходов полимерной тары тех же изделий невыгодно, поскольку получение материала нужной чистоты обходится дороже исходного. Следовательно, этот вид вторичного сырья эффективнее применять в областях, не предъявляющих высокие требования к очистке материала: производство бетонных изделий, древесно-полимерных плит и т.д. [8].

В строительстве чаще всего используется продукция из вторичных материалов на основе ПЭТФ-полимеров. ПЭТФ (полиэтилентерефталат) – термопластик, обладающий высокой прочностью, хорошей пластичностью (и в нагретом, и в холодном состояниях) и химической стойкостью. Данный материал поддается обработке сверлением, пилением, фрезерованием. Все свои характеристики ПЭТФ материал сохраняет и при низких температурах (до -40°C), и при высоких (до $+75^{\circ}\text{C}$) температурах.

При изготовлении строительных материалов из полимеров, как правило, применяют пассивные наполнители, стабилизирующие вещества и армирующие волокна. Компоненты смешивают, нагревают и

спрессовывают при высокой температуре и давлении. В итоге получают материал высокой прочности (на уровне мягкой стали или меди) с повышенным сопротивлением истиранию, низкой гигроскопичностью, тепло- и электропроводностью. Примерами изделий из вторичного полимерного сырья являются: черепица, тротуарная плитка, стеновые панели, кирпичи.

Металлические отходы. К бытовым отходам металла относят различные металлические изделия и детали бытовой техники, мебели, а также консервные банки, банки для напитков, изготовленные из жести, алюминия и других металлов. Отходы цветных и черных металлов путем прессования и пакетирования становятся пригодными к отправке на литейные производства [9].

Лом и отходы черных металлов применяют в конструкциях мостов и небоскребов, в жилищном строительстве, в проведении масштабных трубопроводов и автомобильной промышленности. Однако черные металлы (за исключением кованного железа и нержавеющей стали) подвергаются коррозии, что требует проведение соответствующих мероприятий. Цветные металлы устойчивы к коррозии и имеют относительно небольшой вес. Применяются в производстве водопроводов, кровельных материалов, желобов.

Стекланные отходы. Стекланные отходы используются для производства изделий, в которых не имеет большого значения чистота стекла. Стеклобой различных видов стекла (оконного, тарного, оптического и др.) имеет широкий диапазон химического состава и содержит примеси. Необходима его первоначальная сортировка. В настоящее время стеклобой применяется в качестве заполнителя с использованием традиционных вяжущих (цемента, извести, гипса).

В результате получают бетоны различного назначения; строительные растворы для наружных и внутренних работ, тепло- и звукоизоляции, отделки, благоустройства территорий; химически стойкие бетоны.

При затворении водой стеклобой не проявляет вяжущих свойств, поэтому для начала реакции гидратации необходимо добавление щелочного металла. В результате образуются кремниевые кислоты, превращающиеся в гель при достижении определенного уровня кислотности среды. Этот гель омоноличивает крупный и мелкий заполнитель, образуя плотный, прочный и долговечный силикатный конгломерат – стеклобетон. Такой материал по своим функциональным свойствам не уступает традиционным вяжущим, а по ряду показателей

(биостойкость, теплопроводность, кислотостойкость) даже превосходит их.

Резиновые отходы. Основными видами резиновых отходов общественного потребления являются резиновая обувь, автомобильные шины, резинотехнические изделия. Рассматриваемый вид вторичного сырья перерабатывается в крошку на специализированных заводах, которая затем становится компонентом резиновых смесей. Они в свою очередь применяются при производстве рулонных и плиточных материалов, используемых в качестве теплоизоляционных, вибро- и шумопоглощающих, декоративных и напольных покрытий. Кровельные материалы на основе резиновой муки после введения специальных добавок отличаются высокими эксплуатационными свойствами. Отработанная резина (в растворимом состоянии) применяется в качестве вяжущего при производстве гидроизоляционных строительных материалов, материалов для полов, клеев, мастик и герметиков, дорожных смесей [10,11].

Таким образом, все большую актуальность приобретают проблемы охраны окружающей среды и эффективного использования бытовых отходов. В этом вопросе Россия находится в позиции отстающей, и чтобы исправить это, нам следует перенять опыт использования ТБО у других развитых стран.

Список литературы:

1. Милькина А.С. Высокопрочный бетон для эксплуатации в аномальных условиях // В сборнике: Международный студенческий строительный форум-2017 Сборник докладов: в 2 томах. Белгород, 2017. С. 321-326.
2. Володченко А.А., Лесовик В.С., Аль-Машрафи А.Н.А. Безобжиговые отделочные материалы на основе глинистых пород Омана // Белгород, 2017.
3. Володченко А.А., Лесовик В.С., Халед Абдуллах А.К.Х. Строительные материалы на основе алюмосиликатных пород Йемена // Белгород, 2017.
4. Елистраткин М.Ю., Лесовик В.С., Ермолаева А.Э., Лесниченко Е.Н., Когут Е.В. Неавтоклавный газобетон для монолитного строительства и аддитивных технологий // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 59-65.
5. Лесовик В.С., Казлитина О.В., Сопин Д.М., Магомедов З.Г., Минакова А.В. Специфика внедрения нанотехнологий в

- строиндустрии // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 108-114.
6. Дребезгова М.Ю., Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Глаголев Е.С., Шаталова С.В. Свойства мелкозернистых бетонов на основе модифицированных композиционных гипсовых вяжущих // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 204-210.
 7. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научно-технологические инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
 8. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
 9. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
 10. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6-11.
 11. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6-11.
 12. Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Sumskey D.A., Kaneva E.V. Modern views on the creation of effective composites // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 4. С. 24868-24879.
 13. Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве / В.И. Титова, М.В. Дабахов Е.В., Дабахова / Нижегородская гос. с.-х. академия. Н. Новгород, Изд-во ВВАГС, 2009. 178 с.
 14. Экология городской среды: Учебное пособие / В.А. Хомич; М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 240 с.

15. Черепов В.М., Новиков Ю.В. Эколого-гигиенические проблемы среды обитания человека. М.: Изд. РГСУ. 2007. 1076 с.
16. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. М.: ФАИР-ПРЕСС. 2002. 336 с.
17. Рубанов Ю.К., Токач Ю.Е. Методы снижения воздействия отходов гальванического производства на окружающую среду // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №4. С. 113–121.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СБОРА БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Загороднюк Л.Х., д-р. техн. наук, доцент,
Науменко Н.А., студент,
Туцкая И.Н., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2416900.74337634

Аннотация. В данной статье ставится задача рассмотреть различные конструкции для сбора и временного хранения бытовых отходов. Авторы дают обобщенную характеристику представленным агрегатам, в которых объясняют их положительные свойства и недостатки. Особое внимание уделено альтернативным конструкциям для сбора бытового мусора в г. Москва.

Ключевые слова: конструкции, бытовые отходы, контейнеры.

Одной из проблем в настоящее время перед ученым всего мира стоит улучшение экологической обстановки и создание комфортной среды обитания человека. Теоретические основы решения этих проблем является междисциплинарность и трансдисциплинарность [1-4]. К этим же проблемам относится и комплексное использование твердых бытовых отходов.

Во всем мире проблема управления твердыми бытовыми отходами (ТБО) является одной из приоритетнейших, занимая в системе городского хозяйства второе место по затратам и инвестициям после сектора водоснабжения и канализации.

К ТБО (в западных странах обычно используется термин «муниципальные» отходы) относятся отходы, образующиеся в жилом секторе, в предприятиях торговли, административных зданиях, учреждениях, конторах, дошкольных и учебных заведениях, культурно-спортивных учреждениях, железнодорожных и автовокзалах, аэропортах, речных портах. Кроме того, к муниципальным отходам относятся крупногабаритные отходы, дорожный и дворовый мусор.

Во всех городах мира, в области уборки и переработки отходов возникла необходимость в вывозе мусора из каждого здания и жилого квартала. С учетом данного обстоятельства, задействован целый парк транспортных средств, а также множество специальных мусорных (мусоросборных) контейнеров. Данные мусорные контейнеры опорожняют с погрузкой их содержимого в автомобильные мусоровозы

с задней, передней или боковой стороны указанных транспортных средств. Вплоть до настоящего времени указанные мусорные контейнеры расставляют перед фасадами зданий, по границам многоквартирных жилых домов, в городских скверах и т.п.

Но где бы ни были поставлены мусорные контейнеры, будь то в городских скверах, парках, возле индивидуальных либо многоквартирных жилых домов, вблизи промышленных зданий, ресторанов, в общественных местах, их расположение никогда не оказывается удобным, их внешний облик оставляет желать лучшего, а исходящий от них запах привлекает насекомых, животных, способствуя заболеваемости.

Данное изобретение предлагает новое устройство для сбора и вывоза смешанных, органических и пригодных для переработки бытовых отходов с целым набором функций доступных пользователю. Отходы складываются в мусорный контейнер через основной отсек устройства постепенного уплотнения мусора, которое устанавливают на тротуаре в пункте размещения мусорных контейнеров. Благодаря данному удобному и обособленному устройству, с улиц городов должны исчезнуть стандартные мусорные контейнеры, поскольку теперь они будут интегрированы внутрь внешнего корпуса устройства постепенного уплотнения отходов и, таким образом, за счет возможности постепенного уплотнения, возрастет и емкость мусорного контейнера.

Следующим преимуществом изобретения является возможность эксплуатации заявленного устройства с функцией постепенного уплотнения отходов и мусора всех типов, например смешанных отходов, бумаги, стекла, металла, пластика, что становится эффективным и идеальным решением для утилизации отходов и допускает применение заявленного устройства со всеми типами мусорных контейнеров, используемых муниципальными коммунальными службами.

Технический результат данного изобретения заключается в увеличении вместимости мусорных контейнеров при неизменности их емкости, повышении универсальности, многофункциональности и безопасности устройства, повышении эффективности, надежности, утилизации отходов, снижении частоты вывоза мусора, увеличении срока службы оборудования и автомобилей для вывоза мусора, снижении финансовых затрат, трудозатрат, шума, вредных воздействий и загрязнений окружающей среды и атмосферы при утилизации отходов [5].

Рассматривая альтернативные конструкции [6-10], обратим внимание на устройство для сбора бытового мусора в г. Москва. Оно включает несколько мусорных баков с донными шарнирными катками и крышкой с возможностью вращения вокруг вертикальной оси, приспособление для перемещения мусорных баков к лифту и далее к подъезду дома, тележку для транспортирования несколько мусорных баков к мусорным контейнерам, установленным на площадке у дома, оно снабжено коробом с секционными перегородками и отверстиями на фронтальной стороне для установки мусорных баков, а приемное окно секции короба перекрыто дверцей с возможностью вращения в вертикальной плоскости, на лицевой стороне которой нанесена надпись, указывающая на тип собираемого бытового мусора. Короб установлен на лестничной площадке. Транспортное приспособление выполнено в виде направляющих желобов, установленных поверх ступеней лестничного марша.

Недостатки устройства: бытовой мусор без разделения его по типам сбрасывается через приемные бункеры в общую трубу мусоропровода. Мусор накапливается навалом в помещении 1-го этажа. При этом способе рабочий должен много времени затрачивать на ручную погрузку бытового мусора (в основном «пищевые отходы») из накопителя в емкости (корыто) и перевозку его к мусорным контейнерам. Мусорные контейнеры размещены на открытой площадке без фиксированного местоположения; крышки мусорных контейнеров постоянно открыты, так как в них мусор поступает сверху, причем мусор любого типа (пищевые отходы, пластик, стекло, бумага, картон, металл, ветошь и др.); мусорные контейнеры не имеют маркировки по типу мусора и поэтому нельзя организовать сбор бытового мусора по его типам.

Внедрение этого устройства позволит собирать бытовой мусор по его типам и улучшить экологическую обстановку, путем исключения неэффективного и вредного для жителей дома сбора бытового мусора открытым смешанным способом с использованием трубы мусоропровода.

Другая конструкция для сбора бытового мусора или аналогичного материала [11-15] содержит рамный корпус с торцовыми стенками и установленные в последнем посредством узлов крепления один под другим ряды мусорных контейнеров. Каждое средство крепления ряда мусорных контейнеров представляет собой установленную на торцовых стенках рамного корпуса вдоль продольной оси его балку с закрепленными на ней поперечными опорными ребрами с

незакрепленными их концами, при этом каждый мусорный контейнер в верхней части имеет выступающие кромки для фиксации его на соседних поперечных опорных ребрах. Контейнеры имеют форму, позволяющую при пустых мусорных контейнерах нижнего ряда в последних размещать мусорные контейнеры верхнего ряда. Рамный корпус выполнен в форме прицепа и снабжен укрепленными в торцовых стенках его узлами для подъема и опускания верхней продольной балки с мусорными контейнерами. Сам корпус установлен на грузовике, причем верхний ряд контейнеров размещен на опоре, которая может перемещаться вверх и вниз.

При загрузке опоры сначала опускают в нижнее положение и затем на ней устанавливают контейнеры. После этого опоры поднимают и затем под верхним рядом размещают контейнеры нижнего ряда. Выгрузка производится в обратном порядке. При этом контейнеры нижнего ряда необходимо снимать прежде, чем будет опущен верхний ряд контейнеров. Такое устройство, неудобно в случае, когда нужно загружать контейнеры, уже установленные в устройстве. Это необходимо, например, при принимающем все более распространенный характер раздельное сборе различных видов бытовых отходов. Бытовые отходы, поступающие, например, от различных домашних хозяйств на одной улице, в этом случае предварительно сортируют и малыми количествами загружают в установленные в устройстве контейнеры. Эту загрузку выполняют в основном вручную, и поэтому контейнеры должны находиться на как можно более низкой высоте от земли. Для обеспечения достаточной степени загрузки устройства контейнеры желательно располагать в несколько рядов. Для достижения хорошего качества работы в этом случае недопустимо располагать контейнеры вне устройства при выполнении операции заполнения.

Для облегчения выгрузки мусора из контейнеров целесообразно оснастить каждый мусорный контейнер в его донной части средством для захвата его механическим приспособлением, выполненным в форме отверстий, приспособленных для размещения в них зубьев вилочного погрузчика с возможностью поворота контейнера вокруг горизонтальной оси, проходящей между отверстиями [16-18].

Таким образом, в данной статье были показаны как традиционные, так и альтернативные устройства и конструкции для сбора бытовых отходов.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 17-21.
2. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Глаголев Е.С., Дребезгова М.Ю., Ермолаева А.Э. 3D-Аддитивные технологии в сфере строительства // В сборнике: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика. 2016. С. 157-167.
3. Лесовик В.С. Строительные материалы. настоящее и будущее // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 1 (100). С. 9-16.
4. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чернышева Н.В., Глаголев Е.С., Кучерова А.С., Дребезгова М.Ю., Канева Е.В. Современные трехмерные технологии и факторы сдерживающие их // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 22–30.
5. [Электронный ресурс] <http://www.baurum.ru>
6. Glagolev E., Suleimanova L., Lesovik V. High reaction activity of nano-size phase of silica composite binder // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. С. 12383-12389.
7. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17–22.
8. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
9. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
10. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
11. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.
12. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавногазобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.

13. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
14. Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Sumskey D.A., Kaneva E.V. Modern views on the creation of effective composites // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. T. 8. № 4. С. 24868-24879.
15. Volodchenko A.N., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Bogusevich G.G. Energy saving raw materials for the production of new generation silicate materials // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. T. 8. № 4. С. 22673-22686.
16. Макаров О.А., Тюменцев И.В., Горленко А.С. и др Твёрдые бытовые отходы: проблемы и решения // Экология и промышленность России. М., 2006.
17. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. М.: ФАИР-ПРЕСС. 2002. 336 с.
18. Никигосов Х., Бочкова М., Мальцева С. Раздельный сбор твердых бытовых отходов // Коммунальщик. 2010. №11. С. 20-25.

ПЛАСТИФИКАТОРЫ НА ОСНОВЕ БЕЛКА ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, профессор,
Махортов Д.С. аспирант,
Чепенко А.С. студент,
Туцкая И.Н. студент,
Науменко Н.А. студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc24d0f67.83326643

Аннотация. В статье рассмотрены пластифицирующие добавки, которые синтезированы при помощи белка животного происхождения. А также приведена информация о имеющихся разработках по использованию отходов животноводческого производства в строительстве.

Ключевые слова: белки, отходы, пластификаторы, добавки, бетоны, смеси, сырье, прочность, твердение, водопотребность, удобоукладываемость.

Мастера древней Руси использовали в строительной технологии различные биопродукты. Исследования образцов долговечных кладочных и штукатурных растворов из древних сооружений подтверждают сведения рукописных первоисточников о широком использовании различных добавок на основе веществ растительного и животного происхождения [1].

К настоящему времени имеется определенный опыт производства пластифицирующих добавок на основе белков животного происхождения российскими и зарубежными производителями [2-7].

История применения добавок из природных белков в строительстве насчитывает несколько веков. Она началась во времена строительства амфитеатра Колизей в Древнем Риме. Уже тогда в известь, прародительницу портландцемента, добавляли белок куриного яйца. Далее номенклатура добавок была расширена – использовались отвары различных трав, отвары шкур и рогов животных и т.п. Механизм их действия в то время был непонятен, но эффекты от их применения были очевидны без использования современных методов исследования. Строительные растворы с такими добавками пластичнее, легче изготавливаются, отличаются связностью, живучестью смеси,

характеризуются высокими прочностными показателями и водо- и морозоустойчивостью [8-14].

Сегодня ряд предприятий, большая часть из которых зарубежные, выпускают добавки на основе так называемых белковых гидролизаторов. Чтобы было понятнее, гидролизатор белка это, говоря по-простому, – отвар белка, во многом идентичный добавкам, использованным много веков назад. Вместе с тем, строительная наука не стоит на месте, и разработанные современные протеиновые добавки значительно превосходят свои прототипы.

Если рассмотреть молекулу белка под микроскопом при мощном увеличении, то увидим множество длинных переплетных нитей, очень напоминающих молекулы синтезированных человеком веществ – поливинилацетата (ПВА), поливинилхлорида (ПВХ), полистирола и любого другого полимера. Огромное количество полимеров применяется для улучшения свойств бетонов, особенно часто такие добавки применяют при изготовлении сухих строительных смесей. Также можно вспомнить, насколько возрастает прочность и водостойкость обычного цементно-песчаного раствора при добавке в него клея ПВА на основе поливинилацетатной эмульсии. Тот же самый механизм упрочнения работает и при добавке в цементные растворы, вообще, и пенобетон в частности, природных белковых полимеров.

К примеру: протеиновый (белковый) модификатор Eсoprotein PL обеспечивает снижение водопотребности пенобетонной смеси на 5-15%, и, как результат, увеличение прочности пенобетона как в ранние сроки, так и в возрасте 28 суток [15]. Механизм действия белкового гидролизата в этом случае похож на механизм работы суперпластификаторов. Он адсорбируется на частицах портландцемента и препятствует их слипанию (агрегации), за счет чего уменьшается количество воды, необходимое для достижения достаточной вязкости. Отрицательно заряженные частицы белка адсорбируются преимущественно на положительно заряженных частицах цемента, обеспечивая высвобождение воды, связанной агрегатами, состоящими из частиц цемента.

Применение биологическим отходам нашла компания «БиоТехнологии» Она производит модификатор бетонных (пенобетонных) смесей «Биотех» на основе белкового гидролизата [16]. Многофункциональность действия добавки определяется одновременным проявлением свойств пластификатора, ускорителя твердения, ингибитора металлической арматуры, водоудерживателя. Протеиновая основа комплексной добавки в бетон «Биотех» позволяет

ей полностью разложиться в процессе формирования цементного камня, отработав, что называется, «на 100%» и не оставить за собой никаких, тем более вредных, следов. В отличие от пластификаторов-лигносульфонатов животное происхождение протеиновой добавки позволяет исключить из состава её состава всевозможных сахаров, сильно замедляющих процессы схватывания цемента. Производится добавка как в жидком, так и в сухом виде.

На базе компаний «МатЭкос» и «Альфа-Спираль» производится модифицирующая добавка ЭСТ для бетонных смесей на основе белкового гидролизата [17, 18].

Это животный протеин, получаемый из роговицы, плазмы крови, шерсти, рогов и копыт.

Модификатор ЭСТ меняет сразу несколько свойств растворов. Повышает пластичность, уменьшает время твердения, уменьшает в несколько раз скорость коррозии арматуры, удерживает воду, активизирует цемент, увеличивая вяжущие свойства [9]. Белковая база и отсутствие сахаров в комплексной модифицирующей добавке ЭСТ гарантирует стопроцентный результат в процессе формирования цементного камня.

ЭСТ в растворе исключает расслоение и значительно снижает водоотделение, также решается вопрос удобоукладываемости и жизнеспособности смеси, особенно в летний период.

Добавка позволяет повысить морозостойкость до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Активные Smart X протеины (белки) повысят прочность изделия, даже без снижения водоцементного отношения. Добавка ЭСТ в растворе активизирует цемент, при этом появляются новые центры кристаллизации, гидратация цемента становится максимально полной. Антивисольный эффект добавки ЭСТ препятствует появлению белых разводов на оштукатуренных и облицованных поверхностях стен и потолков, что придает более эстетичный внешний вид.

В производстве железобетонных колец (ГОСТ 8020) методом объемного виброформования 0.5% ЭСТ повышает марку по водопроницаемости с W6 до W10 при плотности 2290 кг/м^3 , а также средний предел прочности при сжатии 61 V МПа через 28 суток, что является 205 % от проектной марки.

Применение комплексной добавки-пластификатора ЭСТ в штукатурных и кладочных растворах увеличивает подвижность смесей от Пк3 до Пк4, повышает марочность (класс по прочности) строительных растворов, улучшает прокачиваемость растворомасосами штукатурных станций, снижает водоотделение и расслаиваемость

смесей, уменьшает появление поверхностных трещин при укладке литых растворных стяжек по полу, снижает проявление высолообразования, повышает прочность раствора на 10-30%, снижает расход цемента на 10-12%, обеспечивает работу с растворной смесью при температурах до - 15°C без применения противоморозных добавок.

Кладочный раствор "не садится", легок в работе, не стекает со стены и не загрязняет кладку. Использование модификатора ЭСТ обеспечивает необходимую тиксотропность растворам, позволяет разжижаться в процессе механического воздействия и сгущаться в момент нанесения на стены (состояния покоя) [9]. После высыхания не наблюдается высолов на поверхности и образование плесени. Снижение расхода песка и воды затворения облегчает перекачку смеси растворонасосами при автоматизированном нанесении штукатурки (особенно на неровные поверхности).

Представляет значительный интерес использования добавок, синтезированных на основе отходов животноводства в составах композиционных вяжущих различного функционального назначения [19, 20].

Проведенные нами исследования применения добавки синтезированной на основе белков животного происхождения показали высокие прочностные характеристики, которые превышают показатели таких пластификаторов как Мельмент F-10 и СП-1 на 10-20%. Распльв конуса: при использовании биологической добавки дал результата в 177 мм, что сопоставимо с Мельмент F-10 и на 100 мм превышает показатели СП-1.

Таким образом, применение отходов животноводства в строительстве имеет ряд преимуществ и позволяет решить значительное количество экологических проблем. При этом как показывает практика можно получать высококачественные, конкурентоспособные добавки для бетонных смесей. При наладке безотходного производства очевидна экономическая выгода.

Список литературы:

1. Лукьянова Т.А. Технологические особенности древнерусских фресок // Ярославский педагогический вестник. 2012. № 3. Том I (Гуманитарные науки), С. 214-218.
2. Ю. С. Топчий., Д.М. Хабиров. Модифицированный белковый пластификатор для цементных систем // Технологии бетонов. 2013. № 11. С. 46-47.
3. Сайт ООО Экостройматериалы /Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://www.penostroy.ru/equip/17.html>

4. Сайт Биотехнологии /Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://www.bio-t.pro/company/bio technology/>
5. Сайт ООО МарЭкоС /Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://penoprom.ru/>
6. Martin Cyr, Christine Ludmann, "Low risk meat and bone meal (MBM) bottom ash in mortars as sand replacement" *Cement & Concrete Research*, Vol. 36, pp.469 – 480 (2006).
7. Marie Coutand, Martin Cyr, Eric Deydier, Richard Guilet, Pierre Clastres, "Characteristics of industrial and laboratory meat and bone meal ashes and their potential applications" *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 150, pp. 522–532 (2008).
8. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
9. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
10. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
11. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
12. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
13. Glagolev E., Suleimanova L., Lesovik V. High reaction activity of nano-size phase of silica composite binder / *International Journal of Environmental and Science Education*. 2016. Т. 11. № 18. С. 12383-12389.
14. Севостьянов В.С., Перельгин Д.Н., Уральский В.И., Горлов А.С., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Разработка и исследования энергоберегающего помольного оборудования для высокодисперсного измельчения материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 76–80.
15. Zagorodnuk L.H. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials / Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. // *World Applied Sciences Journal* 24 (11): 1496-1502, 2013, ISSN 1818-4952 IDOSI Publications, 2013, DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.24.11. 7015.

16. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С.267-271.
17. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82-85.
18. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.
19. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112-119.
20. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93-98.

ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Загороднюк Л.Х.¹, д-р техн. наук, профессор,
Сарсенбаев Б.К.², д-р техн. наук, профессор,
Махортов Д.С.¹, аспирант,
Чепенко А.С.¹, студент,
Туцкая И.Н.¹, студент,
Науменко Н.А.¹, студент

*1Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

*2 Южно-Казахстанский государственный
Университет им. М. Ауэзова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc257c384.41864545

Аннотация. В данной статье рассказывается о типах и разновидностях пластифицирующих добавок. Приведена информация о применении их в строительной отрасли.

Представляет значительный интерес использования добавок, синтезированных на основе отходов животноводства в составах композиционных вяжущих различного функционального назначения.

Ключевые слова: пластификаторы, добавки, бетоны, смеси, сырье, прочность, твердение, водопотребность, удобоукладываемость, морозостойкость.

Бетонные растворы - это смесь цемента, воды и инертного наполнителя: щебня, гравия, песка. Содержание каждого из компонентов определяется исходя из их обеспечения лучших характеристик готовой композиции [1-6]. Сложность выбора оптимального соотношения связана с необходимостью решить ряд противоречивых задач. Характеристики, которые определяющие качество готовых бетонных конструкций это: прочность, морозостойкость, водонепроницаемость.

Для улучшения этих свойств исходная смесь должна содержать минимально возможное количество воды. В идеале – ровно столько, сколько необходимо для прохождения химической реакции гидратации цемента. Однако на практике смесь, содержащая такое «идеальное» количество воды, окажется слишком «жесткой», неудобоукладываемой. Увеличение доли воды облегчит процесс укладки, однако неизбежно ухудшит эксплуатационные характеристики готовой конструкции [7].

Поиск средств, позволяющих примирить эти противоречивые требования, привел в сороковых годах XX века к созданию пластификаторов – веществ, которые при введении в состав бетонной смеси обеспечивают ее пластичность, в то же время не ухудшая качества готового бетона.

В настоящее время ассортимент предлагаемых на рынке пластификаторов и суперпластификаторов весьма широк. В зависимости от принципа действия их подразделяют на две основные группы: гидрофильные и гидрофобизирующие.

Первый вариант отличается повышенной смачиваемостью, главной их функцией выступает повышение пластичных и текучих характеристик бетона.

Второй вид пластификатора насыщает бетонную смесь большим количеством воздуха. Таким образом, удается снизить натяжение влаги в растворе, при этом пластичные характеристики раствора увеличиваются.

Сегодня в строительстве пластификаторы являются обязательным элементом практически каждого бетонного раствора. Это можно обосновать рядом их преимуществ:

- основным преимуществом использования пластификаторов является повышение пластичности готового бетонного раствора. Таким образом, с составом легко работать, он хорошо попадает во все труднодоступные места и покрывает мельчайшие поры;

- вторым преимуществом пластификаторов является возможность значительной экономии цементного раствора. Добавляя в бетонный раствор пластификаторы удается сэкономить на количестве цементного раствора. Если сравнивать раствор, приготовленный без добавления пластификаторов и с ними, то количество цемента, используемое во втором случае, будет составлять на 14-17% меньше;

- увеличение прочностных характеристик готового бетонного основания на двадцать пять процентов;

- так как бетонный раствор отличается высокой подвижностью и пластичностью, для выполнения заливки на больших по размерам объектах, используют специальное оборудование в виде бетононасоса или автоматического бетонного насоса. Особо актуально при возведении зданий монолитного типа. При этом, прочность остается на должном уровне;

- уложенный бетонный раствор не нуждается в дополнительном уплотнении с помощью вибратора для бетона, так как пластификаторы

делают его довольно пластичным и прочным. При этом, удается сэкономить время и силы, не применяя вибраторы;

- так как бетонный раствор обладает высокой текучестью и хорошей адгезией с поверхностью, он применяется в процессе заливки элементом с армированными участками;

- спомощью добавления пластификатора удается получить раствор, который обладает высоким уровнем плотности. У конструкций, сооруженных с помощью такого раствора присутствует высокая влагонепроницаемость;

- так как количество влаги, которая присутствует в растворе - минимальное, то конструкция в итоге получается морозостойкой и отличается дополнительной стойкостью перед образованием трещин;

- высокий уровень адгезии бетонного раствора с поверхностью, в которую он заливается, объясняется также применением пластификаторов для бетона.

Однако, использование пластификаторов для бетона отрицательно сказывается на времени застывания бетонной смеси. Поэтому, в некоторых случаях, кроме пластификаторов, в бетонный раствор добавляют и ускорители его схватывания [8].

С точки зрения материала, на основе которого был изготовлен пластификатор, различают несколько видов: органического происхождения; органоминеральные вещества; неорганические вещества.

Первый вариант пластификатора содержит в составе отходы нефтяной отрасли, лесопереработки или агрохимии.

Добавки неорганического происхождения содержат в своем составе разного рода химические вещества в виде формальдегидов или нафтасульфиткислот.

В зависимости от принципа действия, пластификаторы для бетона разделяют на:

- модифицирующие вещества - данные составы увеличивают прочностные характеристики бетона в очень много раз. Кроме того, бетон обладает морозостойкостью, стойкостью к коррозии, низкой паропроницаемостью и высоким уровнем подвижности;

- вещества, ускоряющие прочность - с их помощью удается улучшения марочной прочности бетонного раствора.

При работе в зимнее время года, следует использовать пластификаторы, обладающие эффектом морозостойкости.

Использование суперпластификаторов актуально в том случае, если бетонный раствор будет подвергаться длительной транспортировке

в жаркую погоду. С их помощью удается добиться высокой подвижности бетонного состава, при этом, он становится более влагонепроницаемым, эластичным и прочным. С их помощью удается снизить расход цемента в составе бетона, таким образом, снижается стоимость приготовления бетонного раствора.

Добавки, которые добавляют воздух в бетонный состав. Принцип их действия сопоставим с пористым шоколадом, добавки в составе бетона, делают его микропористым и очень морозостойким. В процессе замерзания происходит расширение воды и она попадает в поры, тем самым никак не изменяя состав и свойства бетонной конструкции.

Добавки самоуплотняющегося состава - с их помощью удается произвести заливку конструкций густоармированного типа.

С помощью применения пластификаторов для бетона удается значительно сэкономить время и деньги, делая бетон более пластичным и более морозостойким. Необходимо учитывать, что существует большое количество пластификаторов для бетонного раствора, которые повышают его качественные характеристики. Перед соединением составов того или иного типа, следует убедиться в их совместимости.

Пластификаторы для бетона используют как на больших строительных площадках во время заливки многоэтажных домов, так и в частном домостроении. Особенно актуальны пластификаторы при заливке фундаментов. Так как, основание с их помощью приобретает дополнительную прочность, морозо- и влагостойкость.

С помощью добавления пластификаторов в бетонный раствор, удается соорудить высококачественные стяжки полов, бетонные блоки, бордюры, плиты, фонтаны, столбы и колонны. Изделия, после заливки не растрескиваются, отличаются длительным сроком эксплуатации.

Таким образом, использование пластификаторов позволяет снизить количество воды, присутствующей в растворе [9]. С помощью использования пластификаторов удается сделать монолитный бетон, бетонный состав мелкозернистого и легкого состава, используя его при заливке разного рода конструктивных элементов.

Широкое использование пластифицирующих добавок свидетельствует об их востребованности и эффективности [10-19].

Представляет значительный интерес использования добавок, синтезированных на основе отходов животноводства в составах композиционных вяжущих различного функционального назначения. Так как это позволяет наладить безотходное производство, снижая при этом себестоимость пластификаторов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-29-24113.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
2. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
3. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
4. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
5. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
6. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
7. Топчий Ю.С., Хабиров Д.М. Модифицированный белковый пластификатор для цементных систем // Технологии бетонов. 2013. № 11. С. 46-47.
8. Сайт НерудМСТ /Электронный ресурс/ Режим доступа: http://nerudr.ru/staty/plastifikatory_betona_vidy_i_pricip_raboty.php
9. Zagorodnuk L.H. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials / Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. // World Applied Sciences Journal 24 (11): 1496-1502, 2013, ISSN 1818-4952 IDOSI Publications, 2013, DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.24.11. 7015.
10. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267-271.
11. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 82-85.

12. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.
13. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112-119.
14. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93-98.
15. Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal, 2014, 11(12s). 948-953.
16. Kuprina A.A, Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. 9. 816-819.
17. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Золотых С.В., Канева Е.В. Получение вяжущих композиций для теплоизоляционных растворов в вихревой струйной мельнице // Вестник БГТУ им. Шухова. 2017. № 2. С. 25–35.
18. Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Том Отити, Сапронова Ж.А. Повышение прочности и морозостойкости керамических изделий при использовании мелассной барды в качестве пластифицирующей добавки // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 19–29.
19. Чернышева Н.В., Шаталова С.В., Евсюкова А.С., Фишер Ханц-Бертрам. Особенности подбора рационального состава композиционного гипсового вяжущего // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 45–52.

ВСПУЧЕННЫЙ ВЕРМИКУЛИТ – СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАСТВОРОВ

Загороднюк Л. Х., д-р техн. наук, профессор,
Махортов Д.С., аспирант,
Туцкая И.Н., студент,
Науменко Н.А., студент,
Чепенко А.С., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2617b55.14725167

Аннотация. В статье рассмотрено использование вспученного вермикулита как сырья для производства эффективных теплоизоляционных растворов.

Ключевые слова: минерал, вермикулит, теплопроводность, структура, удобоукладываемость, раствор, гидролиз.

Вермикулит — это минерал из группы гидрослюд, которые имеют слоистую структуру, продукт гидролиза и последующего выветривания тёмных слюд биотита и флогопита. Вермикулит представляет собой крупные пластинчатые кристаллы золотисто-жёлтого или бурого цвета. При нагревании из пластинок образуются червеобразные столбики или нити золотистого или серебристого цвета с поперечным делением на тончайшие чешуйки, таким образом получают вспученный вермикулит. Обожжённые массы вермикулита свободно плавают на поверхности воды [1].

Химический состав минерала отвечает приблизительной формуле $(Mg^{+2}, Fe^{+2}, Fe^{+3})_3 [(Al,Si)_4O_{10}] \cdot (OH)_2 \cdot 4H_2O$. Вермикулит обычно содержит примеси.

В строительстве используется вспученный вермикулит для теплоизоляции. Минерал, добытый и доставленный на место обработки, нагревается до температуры от 900 до 1200 градусов, в результате чего его объем увеличивается (приблизительно в 25 раз), а сам материал при этом обретает слоеную фактуру. Минерал обретает пористость, а значит, и низкий показатель теплопроводности (теперь она составляет не более 0,12 Вт/м·К), конкретная цифра зависит от состава и размеров фракций вермикулита, которые, в свою очередь, зависят от месторождения [2].

Причиной вспучивания является энергичное выделение паров воды, которые действуют перпендикулярно плоскости спайности,

раздвигают пластинки слюды и увеличивают тем самым их объем зерен в 15...20 раз и более. Чем больше воды в природном вермикулите, тем сильнее происходит вспучивание. На вспучивание зерен вермикулита оказывают влияние такие факторы, как структура, химический состав и влажность сырья, степень и характер гидратации слюды, т. е. порядок расположения гидратированных вермикулитовых и слюдяных слоев, размер зерен, режим обжига (максимальная температура, скорость и продолжительность нагрева).

Вермикулит характеризуется низкой насыпной плотностью (80...200 кг/м³). В соответствии со стандартом он имеет марки 100, 150 и 200.

Теплопроводность вермикулита зависит как от насыпной плотности, так и от размера зерен. При температуре 25°С она находится в пределах 0,056... 0,07 Вт/(м·°С). Теплопроводность мелких фракций выше, чем крупных, имеющих более низкую насыпную плотность; при более высоких температурах, наоборот, более крупные фракции вследствие увеличения конвективного переноса теплоты в крупных порах характеризуются более высокой теплопроводностью, чем мелкие фракции.

В соответствии со стандартом вспученный вермикулит делят на три фракции: крупную (5... 10 мм), среднюю (0,6...5 мм) и мелкую (<0,6 мм). В отличие от вспученного перлита вспученный вермикулит обладает упругостью, которая выражается в его способности частично восстанавливать высоту предварительно сжатой пробы после снятия сжимающей нагрузки [3].

Благодаря минеральному происхождению материал не разлагается, не гниет и имеет неограниченное время эксплуатации [4-10]. Вермикулит не горит, температура его плавления составляет 1000° С, при нагревании не выделяется запах и токсичные вещества. Эти свойства позволяют использовать утеплитель для зданий, построенных из легковоспламеняющихся материалов и устанавливать из него огнезащиту для металлических конструкций. Утеплитель рассчитан не только на высокую, но и на низкую отрицательную температуру, достигающую показателя -200° С.

Слоистая структура минерального утеплителя поглощает звуковые волны. Коэффициент шумопоглощения также зависит от размера гранул, чем они больше, тем эффективней останавливают распространение звука. Высокая пористость не ослабляет материал, он характеризуется достаточно высокой прочностью, которая исключает повреждения при транспортировке и позволяет прессовать из

вермикулита плиты. При использовании в виде изоляционной засыпки утеплитель не дает усадку, не дробится при утрамбовывании.

Материал не подвергается биологическому воздействию насекомых и грызунов. Агрессивные химические составы (щелочи и кислоты) не оказывают на него воздействия. Вермикулит характеризуется высокой гигроскопичностью, при намокании влага распределяется по всей площади утеплителя и быстро выводится наружу [11].

На протяжении долгого времени материал благополучно используется при строительстве, играя роль качественного нескороаемого насыпного утеплителя. Способность вермикулита при засыпании заполнять собой различные пустоты дает ему огромное преимущество.

Штукатурные составы с добавлением мелкого вермикулита обладают пластичностью, удобоукладываемостью и не растрескиваются, а кроме того имеет небольшую плотность и достаточную пористость. Цементно-вермикулиновые растворы снаружи защищают стены от непогоды и резких температурных перепадов, препятствует поражению плесенью и насекомыми. Штукатурные утепляющие смеси актуальны и для внутренней отделки: их слои наносятся привычными инструментами, легко затираются и приобретают эстетичный внешний вид. Серебристый или золотистый цвет минерала придает штукатурке декоративный эффект [12].

Также практикуется добавление вермикулита и в кладочные бетонные смеси, чтобы он препятствовал потерям тепла через швы. Бетонные смеси с наполнением из пористого утеплителя имеют меньший вес, их относят к группе легких и теплых растворов. Для их создания используется портландцемент марки М400, песок и вспученный вермикулит фракцией 0,5-10 мм.

Вермикулит также добавляется в смесь при кладке газосиликатных блоков и кирпичей. Теплопроводность полученного раствора близка к показателям строительного материала, что исключает появление «мостиков холода» [13].

Особую значимость вермикулит приобретает в современных условиях, когда вопросам теплоизоляции уделяется важное народно-хозяйственное внимание. Обладая множеством уникальных свойств, вермикулит наряду со вспученным перлитовым песком [14-18] может с успехом использоваться при создании новых эффективных теплозащитных растворов различного назначения.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Технология изоляционных строительных материалов и изделий: учебное пособие в 2 ч. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. Ч. 2. Технология отделочных, кровельных и гидроизоляционных материалов и изделий. 268 с.
2. [Электронный ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki/Вермикулит>
3. Дубеницкий К.Н., Пожнин А.П. Вермикулит. М.: Стройиздат, 1971. 116 с.
4. Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Sumskey D.A., Kaneva E.V. Modern views on the creation of effective composites // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 4. С. 24868-24879.
5. Volodchenko A.N., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Bogusevich G.G. Energy saving raw materials for the production of new generation silicate materials // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 4. С. 22673-22686.
6. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
7. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавногазобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
8. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
9. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
10. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
11. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. Минск.: Эколит, 2018. 320 с.
12. Бутт Л.М., Василюкас В., Вайткус Ю. Справочник по производству теплоизоляционных материалов. Под ред. Ю.Л. Спирина. М.: Стройиздат, 1975. 432 с.
13. Корнеев В.И., Зозуля П.В., Медведева И.Н., Богоявленская Г.А., Нуждина Н.И., Брыков А.С., Корнеев В.И. Технология сухих

- строительных смесей: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. СПб.: Издательство «Лань», 2018. 372 с.
14. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82-85.
 15. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. С. 816-819.
 16. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Чепенко А.С. Особенности процессов гидратации высокодисперсных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 2. С. 105–113.
 17. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnyuk L.Kh., Volodchenko A.A., Popov D.Y. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С.1100-1105.
 18. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence of the Inorganic Modifier Structure on Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40617-40622.

ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРМИКУЛИТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Загороднюк Л. Х., д-р техн. наук, профессор,
Махортов Д.С., аспирант,
Туцкая И.Н., студент,
Науменко Н.А., студент,
Чепенко А.С., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc26b1fc9.76741807

Аннотация. Рассмотрены пути использования вермикулита в строительстве.

Ключевые слова: минерал, вермикулит, теплопроводность, структура, удобоукладываемость, раствор, гидролиз.

Современное гражданское и промышленное строительство предъявляет все более высокие требования к строительным материалам по целому ряду параметров, таких как долговечность, экономичность, экологичность, пожаробезопасность, простота использования и т.д.

В значительной мере всеми вышеперечисленными качествами обладает современный строительный материал - вспученный вермикулит. Благодаря своей пористой структуре, вспученный вермикулит является прекрасным тепло- и звукоизолятором, что делает незаменимым его применение в качестве насыпного утеплителя при устройстве полов и кровельных работ. При этом, происходит существенная экономия средств, так как по своим энергосберегающим свойствам вспученный вермикулит значительно (в 7-10 раз) превосходит такие традиционные строительные материалы, как бетон или кирпич [1].

Область применения вермикулита в строительстве достаточно широка, и данный материал будет находить все большее применение с развитием строительных технологий.

Вспученный вермикулит находит применение в строительстве:

- в качестве насыпного утеплителя;
- в сухих строительных смесях и штукатурках;
- в качестве наполнителя легких бетонов;
- в качестве наполнителя теплогидроизоляционных мастик;
- в устройстве наливных полов;
- в производстве термостойких стеновых панелей и перегородок;

– в качестве тепло- и звукоизолятора.

Борьба с техническим и бытовым шумом - одна из актуальных проблем современного общества [2-7]. Достойное место в ряду звукоизолирующих материалов занимает вспученный вермикулит, эффективно поглощающий звуковые колебания.

Следует заметить, что вспученный вермикулит обладает значительно большим звукопоглощением (в 1,5-2 раза), чем минераловатные или древесно-волоконистые плиты, пенополистирол, кирпич или древесина.

В последнее время, все большее применение находит штукатурка на основе вермикулита для звукоизоляции наружных стен и межкомнатных перегородок. Такие штукатурки удобны в применении, обладают хорошим сцеплением и декоративными качествами [8].

Вспученный вермикулит и теплоизоляционные плиты на его основе являются одним из качественных и недорогих теплоизоляторов является и теплоизоляционные плиты, производимые на его основе.

Теплоизоляционные свойства вспученного вермикулита достигаются, благодаря его пористой структуре с огромным количеством замкнутых теплоизолирующих воздушных прослоек.

Насыпной вспученный вермикулит используется для заполнения межстенных и иных строительных пустот, утепления потолочных перекрытий. Эффективность вермикулитовой засыпки характеризуют следующие цифры: 20 см слой вспученного вермикулита по теплоизоляционным свойствам эквивалентен кирпичной кладке толщиной в 1,5 метра и, практически, полностью исключает потери тепла через чердачные перекрытия. Кроме этого, отсутствие механической усадки выгодно отличает вспученный вермикулит от других насыпных теплоизоляторов- перлита и керамзита.

Как показала практика, применение насыпного вспученного вермикулита на 20% снижает стоимость затрат на материалы и на 30% уменьшает объемы строительно-монтажных работ [9].

Вспученный вермикулит обладает большой открытой пористостью, поэтому засыпки из него характеризуются высоким звукопоглощением. Это свойство вспученного вермикулита может быть использовано для глушения воздушного шума в перекрытиях зданий.

Звукопоглощающие свойства вспученного вермикулита зависят от толщины засыпки, размера и формы его зерен, частоты колебаний звука. С увеличением толщины слоя материала в засыпке коэффициент звукопоглощения интенсивно растет, достигая максимума при толщине

50мм. При большей толщине звукопоглощающие свойства засыпки остаются теми же или даже несколько понижаются.

Вермикулит обладает высокой огнестойкостью. Это его свойство нашло применение для создания вспучивающихся огнезащитных покрытий (ВОЗП).

Наиболее перспективными являются вспучивающиеся покрытия, обладающие огнезащитными и температуростойкими свойствами при действии огня. Эти покрытия наносятся на конструкцию тонким слоем. В процессе эксплуатации они выполняют функции декоративного покрытия. В случае возникновения пожара при действии высоких температур покрытие вспучивается, значительно увеличиваясь в объеме, и образует пористые угольные слои, которые обладают низкой теплопроводностью.

Особо эффективным противопожарным огнезащитным материалом являются конструкционно-отделочные изделия (плиты) на основе вермикулита и неорганического связующего.

Плита вермикулитовая неорганическая огнезащитная— это экологически чистый материал, который одновременно с высокой огнестойкостью сочетает в себе высокие показатели по звукопоглощению, теплоизоляции, а также обладает прекрасными декоративными свойствами с неограниченным сроком эксплуатации. Плиты химически нейтральны, инертны, не содержат щелочных примесей, не токсичны, биостойки, не оказывают раздражающего действия на кожу. В обычных условиях эксплуатации (от -50 до 50°C) и в условиях воздействия высоких температур (до 1200°C) не выделяют летучих токсичных веществ, опасных для здоровья человека и окружающей среды [10].

Все большее применение находит вспученный вермикулит и в качестве составного элемента сухих строительных смесей и штукатурок. Для примера, стандартное оштукатуривание стен цементно-вермикулитовым раствором в 5 раз превосходит по теплосбережению аналогичную штукатурку из цементно-песчаного раствора.

Штукатурные теплоизоляционные сухие смеси на основе цемента, вспученного вермикулита и химических добавок применяют для выравнивания внутренних и наружных стен зданий из газобетонных пенобетонных стеновых блоков, керамических кирпичей, бетона, а также для защиты строительных конструкций от атмосферных воздействий.

Штукатурные составы с добавлением мелкого вермикулита обладают пластичностью, удобоукладываемостью и не растрескиваются, а кроме того имеют небольшой объемный вес и достаточную пористость. Цементно-вермикулиновые растворы снаружи защищают стены от непогоды и резких температурных перепадов, препятствует поражению плесенью и насекомыми. Штукатурные утепляющие смеси актуальны и для внутренней отделки: их слои наносятся привычными инструментами, легко затираются и приобретают эстетичный внешний вид. Серебристый или золотистый цвет минерала придает штукатурке декоративный эффект [11].

В последние годы значительный интерес получают композиционные вяжущие. Накоплен опыт получения композиционных вяжущих и создания надежных теплоизоляционных растворов с использованием вспученного перлитового песка [12-17]. В связи с этим заслуживает внимания использование вспученного вермикулита в качестве минерального компонента композиционных вяжущих, а также строительных теплоизоляционных растворов на их основе.

Список литературы:

1. Бутт Л.М., Василюкас В., Вайткус Ю. Справочник по производству теплоизоляционных материалов. Под ред. Ю.Л. Спирина М.: Стройиздат, 1975. 432 с.
2. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17–22.
3. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
4. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
5. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
6. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.

7. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
8. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.
9. Дубеницкий К.Н., Пожнин А.П. Вермикулит. М.: Стройиздат, 1971. 116 с.
10. Корнеев В.И., Зозуля П.В., Медведева И.Н., Богоявленская Г.А., Нуждина Н.И., Брыков А.С. Технология сухих строительных смесей: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. СПб.: Издательство «Лань», 2018. 372 с.
11. Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Технология изоляционных строительных материалов и изделий: учебное пособие в 2 ч. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – Ч. 2. Технология отделочных, кровельных и гидроизоляционных материалов и изделий. 268 с.
12. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. С. 816-819.
13. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Чепенко А.С. Особенности процессов гидратации высокодисперсных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 2. С. 105–113.
14. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnyuk L.Kh., Volodchenko A.A., Popov D.Y. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С.1100-1105.
15. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence of the Inorganic Modifier Structure on Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40617-40622.
16. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 548 с.
17. Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю. Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 53–57.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАСТВОРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПУЧЕННОГО ВЕРМИКУЛИТА

Загороднюк Л. Х., д-р техн. наук, профессор,
Махортов Д.С., аспирант,
Туцкая И.Н., студент,
Науменко Н.А., студент,
Чепенко А.С., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc272e305.74485423

Аннотация. Утепление вермикулитом в виде сухой засыпки является высокоэффективным, но весьма дорогостоящим решением. Поэтому в практике частного строительства данный материал чаще всего используют в качестве наполнителя для строительных растворов – так можно существенно повысить их теплоизоляционные характеристики.

Ключевые слова: минерал, вермикулит, теплопроводность, структура, удобоукладываемость, раствор, гидролиз.

Вермикулит – это природный минерал, образующийся в результате вымывания и выветривания биотитовой слюды. Цвет минерала зависит от количества примесей в его составе и месторождения породы: чаще он золотисто-желтый, но бывает также бронзово-желтым, золотисто-коричневым и даже буро-зеленым.

В строительстве используется вспученный вермикулит для теплоизоляции. Минерал, добытый и доставленный на место обработки, нагревается до температуры от 900 до 1200 градусов, в результате чего его объем увеличивается (приблизительно в 25 раз), а сам материал при этом обретает слоеную фактуру. Минерал обретает пористость, а значит, и низкий показатель теплопроводности (теперь она составляет не более 0,12 Вт/м·К) [1].

Утепление вермикулитом в виде сухой засыпки является высокоэффективным, но весьма дорогостоящим решением. Поэтому в практике частного строительства данный материал чаще всего используют в качестве наполнителя для строительных растворов – так можно существенно повысить их теплоизоляционные характеристики.

Теплоизоляционный кладочный раствор — это смесь для строительных работ, применяемая при возведении кладки из пенобетона, пустотелого кирпича, пористого бетона, пустотелого

пемзового кирпича, газобетона, пеносиликата и пр. Растворы такого типа принимают в энергосберегающем строительстве, когда необходимо сократить энергию, затрачиваемую для обогрева здания [2-8].

Связующим веществом в теплоизоляционном растворе, как и в других растворах для кладки, является цемент. А в качестве наполнителя может выступать вермикулит [9].

Составы и способы приготовления растворов на основе вспученного вермикулита не отличаются от составов и способов приготовления растворов с песчаным заполнителем; обычно они несколько увеличиваются во время перемешивания. В зависимости от соотношения компонентов раствора вермикулитовые штукатурки могут выдерживать конструкционную нагрузку или являются облегченными и предназначенными только для теплоизоляции и огнезащиты.

Такой теплоизоляционный раствор имеет сравнительно небольшой вес и низкую плотность, поэтому его еще называют «легким».

Применение «легкого» раствора взамен обычного увеличивает теплоизоляционные свойства кладки в 1,17 раз. Это происходит вследствие различных коэффициентов теплопроводности. Цементно-песчаная смесь имеет теплопроводность 0,9 Вт/м·°С, а «теплая» — 0,3 Вт/м·°С.

Растворы на основе вермикулита не случайно называют легкими. При насыпной плотности втрое меньшей, чем у традиционных смесей, штукатурки и ровнители с вермикулитом позволяют снизить нагрузку несущих конструкций на фундамент без потери теплозащитных и прочностных свойств. Это дает возможность экономить на устройстве фундаментов и несущих конструкций.

Способы нанесения вермикулитовых растворов ничем не отличаются от традиционных – их также можно наносить на основания послойно вручную или с помощью штукатурных машин [10].

Штукатурные теплоизоляционные сухие смеси на основе цемента, вспученного вермикулита и химических добавок применяют для выравнивания внутренних и наружных стен зданий из газобетонных пенобетонных стеновых блоков, керамических кирпичей, бетона, а также для защиты строительных конструкций от атмосферных воздействий.

При изготовлении штукатурных смесей используются различные функциональные добавки, например, воздухововлекающие, которые дополнительно повышают пористость раствора в ходе затворения смеси. Пористость в сочетании со вспученным вермикулитом повышает

звуко- и теплоизоляционные характеристики. В смесь с вермикулитом не обязательно добавлять фиброармирующие добавки, так как вспученные упругие частицы вермикулита повышают трещиностойкость покрытий, штукатурные растворы не растрескиваются и не усаживаются при засыхании [11].

Высокая пористость наполнителя штукатурки позволяет также компенсировать колебания влажности воздуха в помещении, исключить переувлажнение, появление плесени и грибков. Вспученный вермикулит может поглотить количество влаги, впятеро превышающее его собственный вес, а потом вернуть его обратно в среду.

Кладочные теплоизоляционные смеси на основе цемента, вермикулита, кварцевого песка и химических добавок помогают создать однородную по теплопроводности ограждающую конструкцию. Применение кладочных смесей позволяет избежать мостиков холода, которые образуются из-за разницы в теплопроводности стенового материала и растворов. Это улучшает теплоизоляцию стен на 15–20%, а также снижает влажность каменной кладки – паропроницаемость легких растворов на 80% выше, чем у цементно-песчаных смесей.

Практическую значимость в строительстве имеет такое свойство вермикулита как огнестойкость. Вермикулит не поддерживает горение и не плавится до температуры 1200°C. Огнестойкость смесей на основе вермикулита в 4 раза выше, чем у песчано-цементных смесей: 13-миллиметровый слой штукатурки с вермикулитом обеспечивает 10-часовой предел огнестойкости.

Еще одной характерной особенностью смесей на основе вермикулита является повышенные звукоизоляционные качества стеновой конструкции. У обычных штукатурок коэффициент звукопоглощения равен 0,015...0,02, то есть они практически не противостоят распространению шумов. У «теплых» штукатурок этот показатель намного выше – 0,2...0,65.

Теплоизоляционные растворы на основе вермикулита могут применяться для наружных работ по практически любой стеновой поверхности – их показатели адгезии довольно высоки. Морозоустойчивость таких покрытий оценивается примерно в 25 циклов.

Строительные растворы на основе вермикулита при соблюдении определенных правил их приготовления имеют еще одно свойство – природный золотистый или серебристый отлив вермикулита создает очень интересный декоративный эффект при отделке фасадов [12].

Накоплен опыт получения композиционных вяжущих и создания надежных теплоизоляционных растворов с использованием вспученного перлитового песка, представляющих значительный интерес в последние годы [13-18]. В связи с этим использование вспученного вермикулита в качестве минерального компонента композиционных вяжущих, а также строительных теплоизоляционных растворов на их основе заслуживает особого внимания.

Список литературы:

1. Бутт, Л.М. Справочник по производству теплоизоляционных материалов. / Бутт Л.М., Василяускас В., Вайткус Ю. Под ред. Ю.Л. Спирина – М.: Стройиздат, 1975. – 432 с.
2. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
3. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
4. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
5. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
6. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф., Глаголев Е.С. Несущая способность сталебетонных плит по нормальному сечению // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 42–44.
7. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Глаголев Е.С., Статинов В.В., Статинов В.Ф. Несущая способность сталебетонных полигональных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 102–105.
8. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Сумской Д.А. Теплоизоляционные растворы пониженной плотности // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 40–50.
9. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.
10. Дубеницкий К.Н., Пожнин А.П. Вермикулит. М.: Стройиздат, 1971. 116 с.
11. Корнеев В.И., Зозуля П.В., Медведева И.Н., Богоявленская Г.А., Нуждина Н.И., Брыков А.С. Технология сухих строительных смесей: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. СПб.: Издательство «Лань», 2018. 372 с.

12. Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Технология изоляционных строительных материалов и изделий: учебное пособие в 2 ч. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. Ч. 2. Технология отделочных, кровельных и гидроизоляционных материалов и изделий. 268 с.
13. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82-85.
14. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Elistratkin M.Y. Anistropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. С. 816-819.
15. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Чепенко А.С. Особенности процессов гидратации высокодисперсных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 2. С. 105–113.
16. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnyuk L.Kh., Volodchenko A.A. Popov D.Y. The Role of the Law of Affinity Sctructures in the Construction Material Science by Perfomance of the Restoration Works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С.1100-1105.
17. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence of the Inorganic Modifier Structure on Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40617-40622.
18. Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю. Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 53–57.

ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА СРОДСТВА СТРУКТУР

Загороднюк Л.Х., д-р. техн. наук, профессор,

Махортов Д.С., аспирант,

Чепенко А.С., студент,

Черепанова И.А., аспирант,

Авад Мохамад Незар, магистрант

Белгородский государственный технологический

университет им. В. Г. Шухова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc27c39e7.44548037

Аннотация. Закон о сродстве структур в области строительных материалов основан на основных свойствах и моделях, присущих основному и основному связующему материалу, обеспечивая гарантированные свойства контактного слоя для надежной и долговременной работы конструкции.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, закон сродства структур, раствор, ремонтные смеси.

Актуальность. Разработка вопросов, связанных с созданием комфортных условий в системе «человек - материал - среда обитания», становится в последнее время одним из важнейших направлений науки Расчетами Росстроя РФ, выполненными для реализации федеральной целевой программы «Жилище» в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье - гражданам России», определена потребность в эффективных материалах для строительства [1-9].

С учетом положения геоники (геомиметики) был предложен « Закон сродства структур ». Он подразумевает проектирование слоистых композитов и ремонтных смесей на нано-, микро- и макро уровне аналогичных базовой матрице, что приводит к существенному повышению адгезии и долговечности материалов. Например, используется этот закон при разработке кладочных растворов, штукатурных растворов, реставрационных смесей. Когда необходимо создать единый целый композит и таким образом только закон сродства структур позволяет это сделать. Реализовано это при реставрации памятников архитектуры: ставка Колчака ансамбль Царицыно и Великого Ростова, церковь Преображения в Пермской области памятники в Болгарии и др .

Закон сродства структур в науке о строительных материалах основан на базовых свойствах и моделях, присущих основному и

связующему материалу, а также на наборе необходимых свойств, обеспечивающих гарантированные свойства контактного слоя для надежной и долговременной работы конструкции.

Прежде всего, для создания надежного и прочного контактного слоя между базовыми и вспомогательными материалами, например, между стеновым материалом и штукатурным раствором, необходимо учитывать химическое сродство используемых материалов, их совместимость, их предпосылки для создания надежного контакта, отсутствие антагонистических причин между ними. Выполнение всех этих условий обеспечит гарантированное долгосрочное обслуживание этого контактного слоя и надежность, и безопасность конструкции в целом. Следует иметь в виду, что мы довольно часто встречаем сложные структуры, которые могут состоять из различных химических элементов, но что, тем не менее, необходимо учитывать их совместимость, несовместимость и, возможно, их синергизм.

Существенное влияние на создание контактного слоя оказывают генетические особенности основного и вспомогательного материала, а также и сырьевых компонентов контактного слоя, в связи с этим следует учитывать и подбирать сырье с учетом их генезиса, вследствие чего и реакционную способность составляющих элементов в системе можно будет регулировать с учетом поставленных задач.

Использование закона о сродстве структур при проектировании ремонтных смесей позволило получить решения с заданными технологическими, физико-механическими и эксплуатационными свойствами путем формирования системы из ее составляющих элементов: агрегата, наполнителя, эффективного вяжущего и функциональных добавок, в которых синтезируется композит, идентичный восстанавливаемой матрице на нано, микро-и макроуровне [10].

Выбор компонентов сухих строительных смесей, определение основных свойств сырьевых ингредиентов и обоснование их применения обеспечивают производство стабильного качества с требуемым уровнем строительных и технических свойств, отвечающих требованиям рынка современного строительства.

Поскольку сухие строительные смеси представляют собой многокомпонентные системы, последующая оптимизация-модификация сухих смесей с различными органическими, органоминеральными добавками, в зависимости от указанных свойств сухой смеси, а также технологических параметров растворенной смеси, и технических характеристик конечного продукта - затвердевшего раствора, должна

осуществляться методом математического планирования многофакторных плоскостей [11, 12]. Следует учитывать особенности влияния отдельных функциональных добавок в системе, поэтому увеличение дозирования отдельных добавок может привести к изменениям свойств общей системы, компоненты системы проявляют свои свойства в зависимости от линейных зависимостей изменений свойств, когда изменяется концентрация компонентов. Использование этого метода позволяет, в зависимости от технологической и экономической осуществимости, путем изменения стоимости функциональных добавок, установить их минимальное использование, обеспечивая получение материала с требуемыми свойствами и снижая стоимость модифицированных смесей.

Сродство структур в материаловедении принято учитывать непосредственно внутренние существующие связи и образовавшиеся в результате создания направленных структур при целевой разработке новых композитов, обеспечивающих необходимые условия для надежной функциональной работы строительных изделий и конструкций [15].

В современных условиях для проведения качественных ремонтов большого многообразия каменных, бетонных и железобетонных конструкций необходимо совершенствовать существующие технологии, и разрабатывать новые составы с улучшенными эксплуатационными характеристиками с применением модифицирующих добавок, обеспечивающих высокие технологические и физико-механические показатели ремонтным растворам. На сегодняшнем уровне развития строительного материаловедения, в условиях совершенствования методов тонкого химического и структурного анализов заслуживает большего внимания изучение и учет механизмов действия химических добавок и наполнителей на процессы гидратации и твердения цементных композиций, начиная с молекулярного уровня и заканчивая макроструктурой с учетом разработанного нами закона сродства структур [13-21].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-29-24113.

Список литературы:

1. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и

- инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
2. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
 3. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
 4. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
 5. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
 6. Glagolev E., Suleimanova L., Lesovik V. High reaction activity of nano-size phase of silica composite binder // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. С. 12383-12389.
 7. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Сумской Д.А. Теплоизоляционные растворы пониженной плотности // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 40–50.
 8. Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Гудов Д.В., Шураков И.М., Корбут Е.Е. Оптимизация рецептурно-технологических параметров изготовления ячеистобетонной смеси // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 30 – 36.
 9. Елистраткин М.Ю., Кожухова М.И. Анализ факторов повышения прочности неавтоклавного газобетона // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 59 – 68.
 10. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. // Фундаментальные исследования. Пенза, 2014. - № 3-2. - С. 267-271
 11. Загороднюк Л.Х., Ширина Н.В. Эффективные строительные смеси для теплоизоляционных работ: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 181с.
 12. Загороднюк Л.Х. Сухие теплоизоляционные смеси на композиционных вяжущих: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 216с.
 13. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства // Вестник РААСН. 2014. № 18. С.112-119.
 14. Лесовик В.С. Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. № 7. С.82-85.
 15. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Гайнутдинов Р. Специфика твердения

- строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник РААСН. 2014. С. 93-98.
16. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.
 17. Lesovik V.S. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials /Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Shkarin A.V, Belikov D.A., Kuprina A.A..//World Applied Sciences Journal 24 (11): 1496-1502, 2013.
 18. Lesovik V.S. Structure-formation of contact layers of composite materials / V.S. Lesovik, L.H Zagorodnuk, M.M. Tolmacheva, A.A. Smolikov, A.Y. Shekina, M.H.I. Shakarna // Life Science Journal. 2014. Т. 11. № 12. С.948-953.
 19. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ильинская Г.Г., Беликов Д.А. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 147 с.
 20. Лесовик В.С., Чулкова И.Л., Загороднюк Л.Х. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов // Научно-технические новации и технологии: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.- Ч. 3.- С. 242-246.
 21. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Практика использования закона сродства структур для проектирования эффективных композитов // Научно-технические новации и технологии: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 156-163.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

**Загороднюк Л. Х., д-р. техн. наук, профессор,
Махортов Д.С., аспирант,
Чепенко А. С., студент,
Гусейханов С.А., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc286c6d6.64912010

Аннотация. Рассмотрены пути эффективного использования вулканического пепла в строительстве

Ключевые слова: вулканический пепел, энергоемкость, сырье, бетон, теплоизоляция, ресурсы, минеральные добавки.

Снижение энергоемкости производства строительных материалов возможно за счет использования сырья с высокой свободной внутренней, к которым относятся эффузивные магматические породы, алюмосиликатное сырье зеленосланцевой степени метаморфизма, в том числе вулканический пепел и породы коры выветривания [1-6].

Применение вулканического пепла в мире достаточно разнообразно, его используют не только в качестве добавок для строительных материалов, но также он нашел свое применение и в медицине. Многие страны начинают использовать вулканический пепел как строительный материал.

Вулканический пепел использовался достаточно давно для создания «римского бетона»: Исследовательскую группу возглавляли Джексон и Паулу Монтейру (Paulo Monteiro), профессор строительной техники и экологических технологий в Беркли. Они изучили образцы римского бетона, взятые из древнего волнолома на дне Поццуольского залива (к западу от Неаполя). Бетон был излюбленным строительным материалом в Римской империи. Его использовали при строительстве таких памятников, как Пантеон, а также верфей, волноломов и других портовых сооружений. Особенно ученых заинтересовало, как подводные бетонные конструкции римлян выдерживали контакт с солёной водой. Рецепт римского бетона был записан около 30 года до н.э. Витрувием. (Не такой уж) секретный ингредиент – это вулканический пепел, который римляне смешивали с известью для изготовления цементного строительного раствора. Этот раствор, вместе камнями (вулканический

туф), римляне заливали в деревянные формы, уже погруженные в воду. Они решили не бороться с морской стихией, а приручить ее, сделав морскую воду составным элементом бетона. Ученые описали крайне редкий минерал – тоберморит алюминия – один из гидросиликатов кальция (формула - $Al_3Ca_5Si_6O_{16}(OH)_2 \cdot 4H_2O$), который образуется при химической реакции цемента с водой. «Наше исследование впервые рассмотрело механические свойства этого минерала», - утверждает Джексон.

Древнеримский бетон раскрывает свои секреты. Но почему римский бетон перестали использовать в строительстве? «Римская империя вступила в период упадка, и морская торговля сократилась. Также возможно, что первоначальные сооружения оказались настолько хорошими, что заменять их не требовалось», - рассказывает Джексон. При всей своей прочности римский бетон вряд ли заменит современный – ему нужно слишком много времени, чтобы затвердеть. Но в некоторых странах, где имеются большие запасы вулканического пепла, возрождение этой технологии может быть экономически оправданно – особенно там, где мало ресурсов золы-уноса (побочный продукт сжигания угля, который часто используется в производстве современного экологически чистого бетона).

Через много лет в Аргентине начали применять вулканический пепел для создания панелей модульного домостроения. Менее чем за год аргентинским исследователям удалось создать технологию, которая позволяет перерабатывать вулканический пепел и создавать из него панели для модульного домостроения. Каждая такая панель оснащена вертикальным и горизонтальным креплением, а работа с инновационным строительным материалом не требует специальных навыков и профессиональной подготовки [7-16].

По словам ученых, сегодня в Аргентине ежедневно можно создавать по одному дому из вулканической пыли. Площадь такого жилища не будет превышать 45 квадратных метров, а целевая аудитория подобных строений — представители бедных слоев населения, в настоящий момент не имеющие и такой крыши над головой.

Достоинства проекта очевидны — дешевый и экологичный строительный материал создается из совершенно бесполезных человеку ресурсов планеты, а стоимость возведения одного дома мизерна даже по меркам аргентинской глубинки. К положительным моментам можно также отнести простоту сборки подобных домов и небольшие сроки строительства.

Единственное замечание, с которым приходилось встречаться аргентинским ученым — это невысокие теплоизоляционные свойства материала. На юге Аргентины (не забываем, что мы говорим о южном полушарии) свирепствуют холодные ветра, а это ставит под удар возможность применения технологии в этом регионе.

Остается добавить, что возведение «вулканических домов», возможно, станет не единственной точкой приложения свойств вулканической пыли. Ученые обратили внимание на то, что по абразивным характеристикам и химическому составу вулканический пепел имеет много общего с инсектицидами, а, значит, в недалеком будущем его можно будет использовать и в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми-вредителями.

К настоящему времени, имеется значительный опыт использования различных минеральных добавок в качестве компонентов, наполнителей, заполнителей, для различных композиционных материалов [17].

Встречаются отдельные работы по использованию вулканического пепла при использовании строительных материалов.

Вулканический пепел - дисперсные частицы камня и стекла + глина. Стекло как правило гидратировано и по своим свойствам близко к перлитовой руде. Как и перлит может применяться в:

- качестве активной минеральной добавки образующей в цементный гипсовый камень. Подвспученный пепел кроме того играет роль еще и облегчающей (противоусадочной добавки) добавки.

- исходного сырья для получения стекол Т плавления около 800 - 900С (в.т.ч.жидких);

После вспучивания его насыпная плотность 80 - 150 кг/м³ - можно использовать:

- в строительстве - в качестве тепло звуко изоляционных засыпок,
- для создания легких пресованных изделий (кирпичей и блоков), наполнителей в краски, ССС, бетоны;
- в качестве различных наполнителей;
- как фильтровальный материал - в качестве сорбента;
- специально обработанный гидрофобизированный - для сбора разливов масла и нефтепродуктов с поверхности воды и земли;
- в металлургии - как теплоизолятор в кислородных коллонах;
- для очистки зеркала расплава стали; для плавного охлаждения отливок;

- в цветоводстве и овощеводстве - в качестве субстрата на котором выращиваются растения. И еще многое другое.

Несмотря на то, что у пепла такое обширное применение с ним нужно быть осторожней и перед применением тщательно его исследовать, многие утверждают, что у этого продукта есть радиационный фон, который может негативно влиять на состояние человека.

Часто полагают, что если пепел вулканического происхождения, то он может быть радиоактивным. Существует ГОСТ 8736-93 по которому определяют Удельную эффективную активность естественных радионуклидов Аэфф.трёх элементов: Радий Ra-226, Торий Th-232 и Калий-40. Нормативное значение показателей суммы этих трёх элементов должно быть Аэфф=370 Бк/кг. Результаты специализированных лабораторных испытаний вулканического пепла из Кабардино-Балкарской Республики показывают что Аэфф=274,4 Бк/кг, что говорит о соответствии нормативу вулканического пепла для всех видов строительства.

Но, несмотря на все, вулканический пепел представляет значительный интерес, как алюмосиликатный компонент для использования в различных цементных системах. Что безусловно является достоинством технико-экономически эффективным [18-20].

Список литературы:

1. Пучка О.В., Лесовик В.С., Вайсера С.С. Использование стеклокомпозитов для строительства в условиях арктики // В сборнике: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика : В 3 частях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 29-36.
2. Дмитриев Ю.А., Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Куприна А.А., Ковтун М.М. Композиционные вяжущие для ремонта и восстановления строительных конструкций// В сборнике: наукоёмкие технологии и инновации Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 94-98
3. Сованн Ч., Лесовик В.С., Толстой А.Д., Вырмаскин А.В., Баранов А.В. Твердение высоконаполненных порошковых бетонов в условиях жаркого климата камбоджи // В сборнике: наукоёмкие технологии и инновации Сборник докладов

- Международной научно-практической конференции. 2016. С. 363-370.
4. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Новиков К.Ю., Крымова А.И., Аллахам Я.С., Вырмаскин А.В. Возможности применения техногенного сырья для изготовления порошковых бетонов // В сборнике: Научные технологии и инновации Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 413-419.
 5. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Агеева М.С., Кривенкова А.Н., Коробов Р.А., Крымова А.И. Порошковые бетоны на техногенном сырье для штампованных и декоративных форм // В сборнике: научные технологии и инновации Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 420-425.
 6. Володченко А.Н., Лесовик В.С. силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // Строительные материалы. 2008. № 11. С. 42-44.
 7. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
 8. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17–22.
 9. Севостьянов В.С., Перельгин Д.Н., Уральский В.И., Горлов А.С., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Разработка и исследования энергосберегающего помольного оборудования для высокодисперсного измельчения материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 76–80.
 10. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
 11. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
 12. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
 13. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
 14. Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Sumskey D.A., Kaneva E.V. Modern views on the creation of effective

- composites // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 4. С. 24868-24879.
15. Volodchenko A.N., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Bogusevich G.G. Energy saving raw materials for the production of new generation silicate materials // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 4. С. 22673-22686.
 16. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Шаталова С.В., Стариков М.С. Формирование свойств композиций для строительной печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 6–14.
 17. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Стеновые материалы на основе нетрадиционного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 53–57.
 18. Высокая реакционная активность наноразмерной фазы кремнезема композиционного вяжущего Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Глаголев Е.С. В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
 19. Лесовик В.С., Муртазаев С.А.Ю., Аласханов А.Х., Сайдумов М.С."Зеленые" бетоны на основе материалов разборки зданий и сооружений // В сборнике: Актуальные вопросы архитектуры и строительства Материалы Пятнадцатой Международной научно-технической конференции. Редколлегия: В.Т. Ерофеев (отв. ред.) [и др.]. 2017. С. 186-195.
 20. Наваретте Велосс, Ф.А. Перспективы использования сырьевых ресурсов Эквадора в строительстве // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: Междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 18–19 сент. 2007 г. / Изд-во БГТУ. – Белгород, 2007. – Ч.1. – С. 27

ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБАВКИ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

Загороднюк Л.Х., д-р. техн. наук, профессор,
Глаголев Е.С., канд. техн. наук,
Махортов Д.С., аспирант,
Чепенко А. С., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2904100.61465984

Аннотация. Статья знакомит с исследованием добавки вулканического пепла для производства строительных материалов, выделяются и описываются характеристики гипсовермикулитовых компонентов.

Ключевые слова: вулканический пепел, портландцемент, материал, композиты.

Вулканический пепел - это активная минеральная добавка, которая не требует помола, пластифицирует смесь, улучшает прочностные и деформативные свойства бетона, способствует снижению расхода цемента.

Подробнее:

Вулканический пепел - дисперсные частицы камня и стекла и глины. Стекло как правило гидратировано и по своим свойствам близко к перлитовой руде. Как и перлит может применяться в:

- качестве активной минеральной добавки образующей в цементный гипсовый камень. Подвспученный пепел является облегчающей добавки.

- исходного сырья для получения стекол температура плавления около 800-900 °С;

После вспучивания его насыпная плотность становится 80 - 150 кг/м³ –и его можно использовать: в строительстве - в качестве тепло звуко изоляционных засыпок, для создания легких прессованных изделий (кирпичей и блоков), наполнителей в краски, ССС, бетоны; в качестве различных наполнителей; как фильтровальный материал - в качестве сорбента [1].

Самый интересный материал из вулканического пепла-попые стеклянные микрошарики. В Японии, где этот материал производят в очень большом количестве, около 10 марок такого продукта. В Китае вулканический пепел Магаданского месторождения был построен завод

по производству фильтрующего материала и стеклянных полых микросфер по Японской технологии. Обладая свойствами, близкими к полым микросферам из золы угольных электростанций-сырья для специальных бетонов, в том числе тампонажные растворы для буровых установок, теплоизоляционных изделий, теплоизоляционных красок и др. Стоимость 1м³ стеклянной микросферы составила 300 кг / м³ в пределах 3-10 евро.

Снижение себестоимости строительной продукции-основная задача строительства [2-8]. Использование промышленных отходов и местного сырья для создания композитных материалов позволит снизить себестоимость и улучшить их свойства [9].

Устранение недостатков гипсовых материалов возможно путем создания композитов с использованием промышленных отходов, местного сырья и волокнистой арматуры. Фибробетон по сравнению с обычным бетоном обладает высокими прочностными характеристиками, трещиностойкостью и ударпрочностью [10]. Для гипсобетона в качестве наполнителя и активных минеральных добавок могут быть эффективно использованы материалы природного и техногенного происхождения [11, 12]. Одним из таких материалов является вулканический пепел Кабардино-Балкарской Республики, ранее недостаточно исследованный для применения в гипсобетонных композитах [13].

В предыдущем анализе нами были разработаны гипсовермикулитобетонные композиты с использованием обожженной извести и отходов распиловки вулканического туфа [14]. Использование вулканического пепла, базальтовых волокон и портландцемента в композитах позволит расширить сырьевую базу композитов с улучшенными физико-механическими характеристиками.

В исследованиях по развитию огнезащитный фиброгипсовермикулитобетонных композитов, используемых:

- гипсовое вяжущее Усть-джегутинского гипсового завода марки г-5 БИИ по ГОСТ 125-79 с характеристиками по ГОСТ 23789-79: нормальная плотность-50 %; начало схватывания-12 мин, окончание схватывания-17 мин; прочность на сжатие и изгиб соответственно-5,3 МПа и 2,6 МПа;

- портландцемент ПЦ500-заводу "Белгородский цемент»;

- вермикулит, опухшие фракция 0.16-5 мм с насыпной плотностью 150 кг / м³.

В качестве наполнителя и активной минеральной добавки использовался вулканический пепел Заюковского месторождения с максимальным размером зерен 0,14 мм.

Балки размерами 4x4x16 см из композита формировались методом литья под давлением из смеси нормальной плотности. Смесь Фиброгипсовермикулитобетон был подготовлен в бетоносмеситель принудительного действия. Вспученный вермикулит добавляют в предварительно смешанную смесь гипса, портландцемента, пепла, базальтовых волокон и воды. Хранение балок происходило в естественных условиях. Характеристик композитов определяли по ГОСТ 23789-79.

Первоначально было определено оптимальное соотношение компонентов гипса, золы и портландцемента, которое обеспечило бы композит с улучшенными физико-механическими свойствами при меньшем расходе связующего. В то же время, влияние зернового состава золы на свойства гипсоцементнопуццоланового композита.

Выявлено, что влияние гранулометрического состава золы на прочностные свойства композита неоднозначно, в композициях с высокой зольностью целесообразно использовать более крупные фракции, а с содержанием золы менее 50% в композите-мелкие фракции. Сырьевая смесь для изготовления гипсового композита, который позволяет снизить расход гипса на 30,0 % без снижения прочности композита. Выявлено оптимальное соотношение компонентов для изготовления гипсобетонного композита: гипс: пепел-1:1, портландцемент-10-20% от массы гипса. Разработанный гипсобетонный композит имеет повышенный коэффициент размягчения-0,75.

Дополнительно изучено влияние соотношения компонентов смеси на прочность и плотность гипсоволоконных композитов (Таблица. 1).

Из таблицы 1 следует, что до 30 % портландцемента можно заменить вулканическим пеплом без существенного снижения прочности гипсовермикулитобетонного композита.

Разработанные гипсовермикулитобетонные композиты обладают такими недостатками: хрупкость, относительно небольшие прочностные характеристики. Свойства композитов с базальтовыми фибрами было изучено с применением метода математического планирования эксперимента [15-20].

Таблица 1. Состав смеси и характеристики гипсовермикулитобетонных композитов

№ образцов	Состав смеси	Средняя плотность с, кг/м ³	Предел Прочности, МПа		
	Гипс: вермикулит по объему	Расход цемента в % от массы гипса	Добавка пепла в % от массы цемента		На изгибе в возрасте 2 ч
1	1:2	-	-	6,31	0,7
2	1:2	20	30	6,19	0,5
3	1:3	-	-	5,29	0,4
4	1:3	20	30	4,8	0,4
5	1:4	-	-	4,29	0,3
6	1:4	20	30	3,63	0,35

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-29-24113.

Список литературы:

1. Zagorodnuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 11. С. 1496-1502.
2. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
3. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
4. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17–22.
5. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Стаинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.

6. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству / Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
7. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
8. Елистраткин М.Ю., Минакова А.В., Джамиль А.Н., Куковицкий В.В., Эльян Исса Жамал Исса. Композиционные вяжущие для отделочных составов // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 37-44.
9. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25-31.
10. Загороднюк Л.Х. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом срoдства структур / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.А. Беликов // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014.С. 112-119.
11. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю.Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2010. С.90.
12. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей /// Вестник Центрального регионального отделения РААСН.-2014. С. 93-98.
13. Gipsovye materialy i izdeliya (proizvodstvo i primeneniye) [Gypsum materials and article (production and application)]: spravochnik pod obshch. red. A.V. Ferronskoy. M.: ASV, 2004. 488 p.
14. Ferronskaya A.V., Volkov Yu.S. Stroitel'nyy ekspert. 2003. № 13 (152). S. 7.M.: ASV, 2004. 488 p.
15. Моргун Л.В. Размышления об эффективности стеновых материалов // Инженерный вестник Дона, 2008. №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2008/97.
16. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами // Изв. вузов. 1996. №7. С. 13-15.
17. Хежев Х.А., Хежев Т.А., Кимов У.З., Думанов К.Х. Огнезащитные и жаростойкие композиты с применением вулканических горных пород // Инженерный вестник Дона, 2011. №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/710.

18. Ахматов М.А. Эффективность применения местных строительных материалов и бетона. Нальчик: Эльбрус, 1986. 160 с.
19. Карпов В.В., Коробейников А.В., Мальшев В.Ф., Фролькис В.А. Математическая обработка эксперимента и его планирование. Учеб. пособие М.: АСВ, СПб., СПбГАСУ, 1998. 100 с.
20. Ферронская А.В., Волков Ю.С. Роль строительства в решении экологических проблем современной цивилизации // Строительный эксперт. 2003. № 13 (152). С. 7.

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ ФИБРОБЕТОНЫ ДЛЯ ПОЛОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Казлитин С.А., канд. техн. наук,
Мартынова К.Ю., студент,
Лазарев П.И., студент,
Моторыкин Д.А., магистрант,
Голубинский А. К., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc29d54e3.38724594

Аннотация. В работе рассматривается возможность применения техногенного сырья Курской Магнитной Аномалии в качестве компонента композиционного вяжущего и сырья для мелкозернистого фибробетона при конструкции промышленных полов.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, мелкозернистые бетоны, армированные бетоны, монолитное строительство.

Создание новых материалов было и остается основой технологического развития и разработки инновационных продуктов для различных секторов экономики. Они позволяют как совершенствовать современные технологии, делая их более эффективными и экономически выгодными, так и реализовывать принципиально новые, прорывные технологические решения. Развитие данной области стимулируется прежде всего растущим спросом на новые материалы, обусловленным, с одной стороны, истощением сырьевых ресурсов, с другой – активным внедрением нанотехнологий в производство товаров с принципиально новыми свойствами, что в свою очередь благоприятно скажется на изменении образа жизни людей [1-4].

Развитие и улучшение качеств материалов для применения в строительстве промышленных полов способствовало разработке новых принципов исследования и получения современных конгломератов. Промышленное строительство значительно отличается от возведения гражданских объектов. При реализации данных сооружений применяются современные технологии, учитываются эксплуатационные нагрузки, полы должны удовлетворять всем требованиям технологических процессов, обеспечить длительный срок службы, надежную эксплуатацию.

К промышленному полу относятся не только полы для производственных цехов, складов, гаражей, но и полы на объектах

жилого и общественного назначения: административных учреждениях, торгово-развлекательные и выставочные центры, предприятия бытового обслуживания, учебные и медицинские учреждения, и жилые здания. Полы лестничных площадок и лифтовых холлов жилых домов — это промышленные полы, так как подвергаются истирающим нагрузкам, и соответственно должны обладать заданным набором прочности всеми характеристиками промышленного пола.

Практически все промышленные полы заливаются из бетона, который является наиболее подходящим материалом для заливки производственного пола. У бетона есть достаточно большое количество преимуществ на множестве других материалов, но есть и некоторые недостатки, устранить которые можно с помощью специальных современных технологий и смесей.

Основные преимущества бетонного пола:

- натуральность и экологичность, позволяет использовать этот материал для заливки полов в зданиях и помещениях любого назначения;

- отсутствие пыли даже при интенсивной эксплуатации, не причиняет вреда органам дыхания человека. Но только при специальной обработке поверхности;

- устойчивость к воде и агрессивной химии. Даже под воздействием кислотных и химических веществ бетонный пол не теряет своих характеристик;

- не горючесть. Такой тип пола не боится пожаров и сильного огня;

- благодаря своей монолитности в бетонный пол не проникает влага и вредные микроорганизмы;

- высокая долговечность.

В среднем он может эксплуатироваться от 20 до 30 лет, без ремонта.

Применение мелкозернистых бетонов набирает все большую популярность в строительном материаловедении. Такой бетон широко используемый в настоящее время отличается от обычного высоким содержанием цементного камня, повышенной удельной поверхностью и меньшей крупностью заполнителей.

В настоящее время в строительстве все чаще находят применение мелкозернистые бетоны с использованием промышленных отходов и в частности отсевов дробления попутно-добываемых пород, таких как кварцитопесчаники, малорудные кварциты, гранитогнейсы, амфиболиты и сланцы [5-10]. Наиболее ценным сырьем для получения заполнителя являются отсева дробления кварцитопесчаников. На

данный момент они широко применяются для производства бетона различного назначения, широкой номенклатуры изделий и в качестве компонента композиционных вяжущих.

В данной работе исследовалась возможность получения мелкозернистого фибробетона на основе отсева дробления кварцитопесчаника Лебединского месторождения Курской магнитной аномалии и стальной фибры получаемой фрейзерным способом из шлаба.

Анализ результатов физико-механических испытаний кварцитопесчаника Лебединского месторождения свидетельствуют об их высоком качестве. Щебень из кварцитопесчаника, не подвергшегося выветриванию, характеризуется высокой прочностью и плотностью, не уступая по показателям гранитному, а по ряду свойств даже превосходя его. Он используется при изготовлении традиционных тяжелых бетонов, однако в процессе дробления щебня образуется в среднем 17% фракций менее 5 мм. Этот отсев дробления кварцитопесчаника характеризуется высоким содержанием кремнезема (94,56%), оксида алюминия (2,18-15,95%) и оксидов железа и его можно применять в качестве заполнителя для мелкозернистого бетона [11].

Физико-механические характеристики заполнителя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики заполнителя

Наименование показателя	Единица измерения	Отсев дробления КВП
Модуль крупности	$M_{кр}$	4.74
Насыпная плотность в неуплотненном состоянии	$\rho_{нас}$	1.56 г/см ³
Насыпная плотность в уплотненном состоянии	$\rho_{нас\ упл}$	1.59 г/см ³
Истинная плотность	$\rho_{ист}$	2.68 г/см ³
Пустотность	$V_{м.п.}$	41.8%
Водопотребность	$V_{отс}$	8.5%
Цементопотребность	$C_{потр}$	0.940

На свойства мелкозернистого бетона большое влияние оказывает зерновой состав заполнителя, в связи с чем, целесообразно использовать высокоплотную упаковку заполнителя для оптимизация его

гранулометрического состава. В данной работе был произведен расчет количества песка Нижне-Ольшанского месторождения для повышения плотности упаковки зерен отсева дробления кварцитопесчаника.

Для оценки возможности применения отсева кварцитопесчаника как сырья для производства фибробетона были разработаны составы мелкозернистого бетона с использованием стальной фибры из сляба с анкером (табл. 2).

Таблица 2 - Характеристики стальной фибры получаемой фрезерным способом из сляба.

Площадь поперечного сечения фибр, мм ²	Длина анкеровки, мм	Масса, мг	Напряжение в волокне на момент разрушения, кг/мм ²	Коэффициент Использования материала волокна при разрушении, %
0,67	15	169	58,5	82

Для изучения влияния стальной фибры из сляба на свойства мелкозернистого бетона изготавливались образцы бетона с осадкой конуса в пределах 10–15 см.

В результате исследований видно, что прочностные и деформативные свойства мелкозернистого бетона с применением стальной фибры из сляба выше, чем у бетона контрольного состава, что можно объяснить свойствами фибры, такими как высокая прочность на разрыв, пластичность и одновременно жесткость, способность к механическим деформациям, что обеспечивает ей высокое внутреннее механическое сцепление с матрицей бетона.

Таким образом, получение мелкозернистого сталефибробетона с улучшенными эксплуатационными характеристиками возможно за счет использования стальной фибры из сляба и отсева дробления кварцитопесчаников. Использование этих бетонов будет способствовать не только снижению себестоимости строительства, но и улучшению экологической обстановки региона.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) как трансдисциплинарное направление исследований // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 77-83.

2. Стенин А.А., Лесовик В.С., Айзенштадт А.М. Композиционные материалы на основе природных армирующих волокон // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 949-954.
3. Махортов Д.С., Лесовик В.С., Сумской Д.А., Загороднюк Л.Х., Воронов В.В., Лашина И.В. Композиционные вяжущие для теплоизоляционных растворов // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 650-655.
4. Пучка О.В., Вайсера С.С., Лесовик В.С., Сергеев С.В. Управление процессом структурообразования как фактор формирования стеклокомпозитов функционального назначения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 9. С. 6–14.
5. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Казлитина О.В., Сопин Д.М., Митрохин А.А. К вопросу об оптимизации структуры высокопрочного фибробетона за счет использования нанодисперсного модификатора // Вестник ВСГУТУ. 2017. № 4 (67). С. 64-70.
6. Казлитин С.А., Гинзбург А.В., Казлитина О.В. Использование техногенных отходов для монолитного фибробетона при реконструкции складских помещений // Вестник ЦРО РААСН. Белгород: РААСН, БГТУ им.В.Г.Шухова, 2014, С. 99 – 103
7. Казлитина О.В., Лесовик В.С., Казлитин С.А. Фибробетон для монолитного строительства. Saarbuken, 2018, С. 84.
8. Лесовик В.С., Яковлев Е.А., Алфимова Н.И., Шейченко М.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 30–33.
9. 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 строительного-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 89-92.
10. Погромский А.С., Аниканова Т.В. Влияние длительного хранения электросталеплавильных шлаков в отвалах на их свойства // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 32 – 39.
11. Лесовик В.С., Володченко А.Н., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 79–81.

ГЕОНИКА. ГЕОММИМЕТИКА – ТЕОРИТИЧЕСКАЯ ОСНОВА РАЗРАБОТКИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

Казлитина О.В., канд. техн. наук, доцент,

Глаголев Е.С., канд. техн. наук

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2a7c0a1.73763453

Аннотация. В работе рассматривается возможность применения техногенного сырья Курской Магнитной Аномалии в качестве компонента композиционного вяжущего и сырья для мелкозернистого бетона, который будет соответствовать благоприятному климату в среде обитания человека.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, мелкозернистые бетоны, монолитное строительство, техногенное сырье.

Применение мелкозернистых бетонов набирает все большую популярность в строительном материаловедении. Такой бетон широко используемый в настоящее время отличается от обычного высоким содержанием цементного камня, повышенной удельной поверхностью и меньшей крупностью заполнителей.

В виду того, что человек находится в окружении материалами более 80% своей жизни, выбор их играет определяющую роль. Производство материалов, их применение, разрушение, повторное использование рассматривается как элемент эволюции неорганического мира, постоянно изменяющегося под воздействием природных и техногенных процессов, что естественно отражается на системе жизнедеятельности человека. Оптимизация системы «человек – материал – среда обитания» способствует улучшению здоровья и продолжительности жизни человека, его эмоционального, психологического состояния, работоспособности, интеллекта. В этом же направлении активно развивается в настоящее время так называемое «зеленое» строительство, при котором воздействие на окружающую среду минимально. «Зеленое» строительство активно внедряется в развитых странах мира, в том числе и в России [1-3].

Наиболее важным и перспективным направлением решения проблемы является использование вторичных продуктов промышленности, их применение в строительстве и в производстве строительных материалов. В строительной индустрии накоплен значительный положительный опыт использования вторичных

продуктов при производстве вяжущих материалов, плотных и пористых заполнителей для бетонов разных видов, в производстве керамических, автоклавных, теплоизоляционных и других строительных материалов и изделий.

В связи с этим наблюдается большая зависимость прочностных показателей мелкозернистого бетона в зависимости от водосодержания и свойств заполнителя.

В настоящее время в строительстве все чаще находят применение мелкозернистые бетоны с использованием промышленных отходов и в частности отсевов дробления попутно-добываемых пород, таких как кварцитопесчаники, малорудные кварциты, гранитогнейсы, амфиболиты и сланцы [4–8]. Наиболее ценным сырьем для получения заполнителя являются отсева дробления кварцитопесчаников. На данный момент они широко применяются для производства бетона различного назначения, широкой номенклатуры изделий и в качестве компонента композиционных вяжущих.

Однако, помимо этого на предприятиях металлургии образуется большое количество доменного шлака, имеется опыт использования отходов металлургической промышленности. Общий объем утилизации шлаков черной металлургии составляет около 60 %, несколько лучше перерабатываются доменные шлаки — порядка 80 %. Вместе с тем, использование вторичных продуктов промышленности развивается медленно, что приводит к скоплению этих отходов.

Ежегодно в отвалы отправляется дополнительно более 30 млн. т. шлака. При этом следует учесть резкое падение объемов производства цемента — основного потребителя отхода металлургической промышленности.

С высокой эффективностью (на 30-50 %) шлаки могут быть использованы в качестве заполнителя для бетона вместо щебня, полученного из природного сырья. Удельные капитальные вложения в производство литого шлакового щебня в 2-3 раза меньше, чем щебня из горных пород, шлаковой пемзы в 1,5–2 раза меньше, чем керамзита, минераловатных изделий из огненно-жидких шлаков в 1,6 раза меньше, чем соответствующих изделий из горных пород [9-14].

Многие свойства вяжущих, в том числе активность, скорость твердения, определяются не только химическим и минералогическим составом клинкера, формой и размером кристаллов минералов, наличием тех или иных добавок, но и в большей степени тонкостью помола продукта, его гранулометрическим составом и формой частичек порошка.

Исследование свойств композиционных вяжущих показало, что у ВНВ-50 активность сопоставима с характеристиками исходного портландцемента, так же снижается в/ц и нормальная густота от ВНВ - 50 к цементу, в связи с чем его целесообразно использовать при изготовлении мелкозернистого бетона.

Использование подобных вяжущих позволяет получить технический и экономический и экологический эффект практически во всех областях применения цементных вяжущих и практически по всем элементам, составляющим разнообразие технологии бетонных работ. Также следует отметить, что наиболее энергоемким исходным материалом в бетоне является портландцемент, по энергоемкости доля цемента в бетоне составляет 70%. Одним из основных направлений в решении задачи снижения затрат на производство вяжущих является производство многокомпонентных цементов, при получении которых существенно снижается расход топлива и клинкера. На сегодняшний день накоплено достаточно минеральных ресурсов в виде различных отходов промышленности и минеральных шламов, чтобы при эффективном их использовании и рациональном расходе цементных, гипсовых и композиционных вяжущих получать высококачественные строительные материалы.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) как трансдисциплинарное направление исследований // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 77-83.
2. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2014. № 7 (959). С. 59-60.
3. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Канева Е.В., Кучерова А.С. О роли шумовой агрессии на комфортность среды обитания человека // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 40–47.
4. Казлитин С.А., Гинзбург А.В., Казлитина О.В. Использование техногенных отходов для монолитного фибробетона при реконструкции складских помещений // Вестник ЦРО РААСН. Белгород: РААСН, БГТУ им.В.Г.Шухова, 2014, С. 99 – 103
5. Казлитина О.В., Лесовик В.С., Казлитин С.А. Фибробетон для монолитного строительства. Saarbuken, 2018, С. 84.
6. Лесовик В.С., Яковлев Е.А., Алфимова Н.И., Шейченко М.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 30–33.
7. Гавшина О.В., Яшкина С.Ю., Яшкин А.Н., Дороганов В.А., Морева И.Ю. Исследование влияния дисперсных добавок на сроки

- схватывания и микроструктуру высокоглиноземистого цемента // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №4. С. 30 – 37.
8. Елистраткин М.Ю., Минакова А.В., Джамиль А.Н., Куковицкий В.В., Эльян Исса Жамал Исса. Композиционные вяжущие для отделочных составов // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 37 – 44.
 9. Лесовик Р.В., Ворсина М.С. Высокопрочный бетон для покрытий автомобильных дорог на основе техногенного сырья // Строительные материалы. 2005. № 5. С. 46 – 47.
 10. Лесовик В.С., Володченко А.Н., Алфимов С.И., Жуков Р.В., Лесовик В.С. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 79 – 81.
 11. Лесовик Р.В. Использование техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 78–79.
 12. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 19. С. 40617-40622.
 13. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 29–32.
 14. Лесовик Р.В., Ворсина М.С. Высокопрочный бетон для покрытий автомобильных дорог на основе техногенного сырья // Строительные материалы. 2005. № 5. С. 46 – 47.

ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ БЕТОНОВ В НЕФТЕ- И ГАЗО-ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Казлитина О.В.¹, канд. техн. наук, доцент,
Айменов Ж.Т.² д-р. техн. наук, профессор,
Моторыкин Д.А.¹, магистрант,
Голубинский А. К.¹, магистрант,
Мартынова К.Ю.¹, Лазарев П.И.¹, студент

¹Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова

²Южно-Казахстанский государственный
университет им. М. Ауезова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2b1b875.68618352

Аннотация. В настоящее время все более актуальными в исследованиях становятся объекты транспортировки нефти и газа. Для качественной работы таких трубопроводов необходимы новые, износоустойчивые материалы для производства бетонных трубопроводов. К таким можно отнести мелкозернистые бетоны на композиционном вяжущем с использованием техногенного сырья.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, бетоны, обетонированные трубы.

Трубопроводный транспорт России – стратегический вид транспорта в России с наибольшим объемом грузооборота. Транспортировка нефтепродуктов, жидких и газообразных химикатов очень перспективна. Протяжённость магистральных трубопроводов в России составляет более 250 тыс. км.

Для сооружения таких трубопроводов все чаще используют бетоны, которые должны до затвердевания легко перемешиваться, укладываться, транспортироваться, не расслаиваться; скорость твердения бетонов должна соответствовать заданным срокам распалубки и ввода конструкции в эксплуатацию; стоимость бетона и расход цемента должны быть минимальными. Отвечают таким требованиям мелкозернистые бетоны с использованием сырьевых ресурсов КМА.

Применение техногенного сырья КМА в строительстве, позволит не только понизить стоимость производства бетонов, повысить качество и долговечность, а также утилизировать техногенное сырьё горнорудного производства, что благотворно сказывается на экологической обстановке [1].

Отходы сухой магнитной сепарации (СМС) подвергаются крупновкрапленные магнетитовые и другие сильномагнитные руды крупностью до 100 мм с целью предконцентрации их или получения готового концентрата, а также другие материалы (флюсы, шлаки и др.) и руды (например, слабомагнитные железные, алюминиевые и др.) с целью удаления из них сильномагнитных минералов. Сухой магнитной сепарации подвергаются крупновкрапленные магнетитовые и другие сильномагнитные руды крупностью до 100 мм с целью предконцентрации их или получения готового концентрата, а также другие материалы (флюсы, шлаки и др.) и руды (например, слабомагнитные железные, алюминиевые и др.) с целью удаления из них сильномагнитных минералов. Отличает от традиционных заполнителей их то, что они включают в себя кварциты, диоритовые порфириды и микрозернистые сланцы в различных количественных соотношениях. Также в составе минералов отмечается присутствие вредных примесей, что определяет ограничения на их использование в качестве заполнителя для бетонов.

Отходы мокрой магнитной сепарации (ММС) железистых кварцитов по химико-минералогическому составу близки к слоборудным кварцитам. Отходы ММС в отличие от отходов СМС мелкодисперсные.

Следует отметить, что использование данного техногенного сырья в строительной отрасли будет способствовать расширению сырьевой базы каменных материалов, но и улучшит экологическую обстановку [2, 3].

К основным преимуществам использования ОТ перед традиционными способами балластировки газопроводов относятся: отсутствие необходимости в защите антикоррозионной изоляции деревянной футеровкой; сокращение трудозатрат на изоляцию труб и монтаж грузов непосредственно на строительстве.

Обетонированная труба является наиболее надежным и тоже время перспективным способ балластировки трубопроводов при переходе через водные преграды. Обетонирование трубы производят путем нанесения на предварительно изолированную трубу бетонное балластное покрытие или заполнении бетоном пространства между трубопроводом и внешним кожухом (конструкция типа «труба в трубе»). Трубы с бетонным балластным покрытием нашли широкое применение на переходах через заболоченные места, реки и озера, а также на участках морских переходов. Из перечисленных условий наиболее щадящие условия эксплуатации обетонированного

трубопровода в заболоченной местности, где основной задачей балластного слоя является обеспечение устойчивого высотного положения [4].

Наиболее распространённым условием эксплуатации балластированного трубопровода считаются участки речных и морских переходов, в таких условиях к балластирующей функции бетона добавляется защитная. Помимо вышесказанного дополнительного защитного свойства, обетонированная труба имеет ряд других преимуществ перед традиционными способами балластировки: отсутствие необходимости в защите антикоррозионной изоляции деревянной футеровкой; отсутствие смещения балластного покрытия при протаскивании; полное отсутствие рисков потери балластирующей способности; сокращение трудозатрат на изоляцию труб и монтаж грузов непосредственно на строительстве. А также такое покрытие может служить для дополнительной защиты изоляции подводного трубопровода [5].

Бетонные смеси должны иметь:– минимальную объемную плотность (в твердом состоянии) -2200 кг/ м; 3 – значение водопоглощения не выше 5%;– долговечность при эксплуатационной температуре равную сроку службы подводного трубопровода;– минимальную прочность на сжатие - 40 МПа.

Для обетонирования трубы используют различные виды бетона. Они делятся по виду главного составляющего бетона: цементные, силикатные, шлакощелочные, гипсовые, полимерцементные и специальные.

Цементный бетон наиболее широко применяют в строительстве по сравнению с другими бетонами, такой бетон приготавливают на различных цементах. Среди них основное место занимают бетоны на цементе (портландцемент) и его разновидностях (около 65% от общего объема производства), успешно используют бетоны на шлакопортландцементе (20...25%) и пуццолановом цементе.

Для осуществления обетонирования труб используемые бетоны должны обладать высокими эксплуатационными свойствами. Чтобы разрешить сложившуюся проблему нами были разработаны различные составы мелкозернистого бетона, сделанного на основе техногенного песка полученного при отсеивании дробления кварцитопесчаника ОАО «Лебединского ГОКа» (Белгородская обл.), обогащенного песком Шебекинского месторождения и композиционных вяжущих.

При изготовлении бетонов возможно применение различных видов заполнителей попутно добываемых породы Курской магнитной аномалии, такими являются кварцитопечаник, малорудные кварциты, гранитогнейсы, амфиболиты и сланцы. Но самым ценным сырьем, среди перечисленных, для производства заполнителя для бетонов является кварцитопесчаники, представляющие собой мономинеральную породу тонкозернистой структуры, массивной, изредка грубополосчатой текстуры.

Большинство свойств мелкозернистого бетона высокого качества напрямую зависят от свойств используемого вяжущего. С целью создания мелкозернистых фибробетонов следует использовать высокоактивные композиционные вяжущие.

В роли основного сырья для получения данного вида вяжущих нами был выбран ЦЕМ I 42,5Н производства ЗАО «Белгородский цемент» (г. Белгород). Композиционное вяжущее было получено с помощью дополнительного помола портландцемента с пластифицирующей добавкой «Полипласт ПРЕМИУМ» в вибромельнице до удельной поверхности 600 м²/кг. Что бы найти наиболее подходящую добавку среди используемых нами пластификаторов с приемлемой дозировкой мы произвели изучение их влияния на тонкомолотый цемент (табл. 1).

Таблица 1 - Определение оптимального содержания добавки

Содержание добавки, % от массы	Расход материалов на миниконус		Диаметр расплыва миниконуса, D, мм		
	ТМЦ, г	Вода, г	«Полипласт ПРЕМИУМ»	«Полипласт СП-1»	СБ-3
0,1	100	35	119	60	61
0,2	100	35	137	82	68
0,3	100	35	164	94	77
0,4	100	35	169	120	100
0,5	100	35	170	158	113
0,6	100	35	170	167	134
0,7	100	35	171	170	153
0,8	100	35	-	171	166
0,9	100	35	-	-	171
1	100	35	-	-	-

По результатам проведенных исследований и анализа полученных нами результатов выяснили, что образцы сделанные на основе композиционного вяжущего обладают наилучшими физико-механическими свойствами при активности до 98 МПа. Данные результаты достигаются за счет низких значений водопотребности вяжущего, а также улучшенной пространственной упаковки частиц в созданном композите.

Из выше прочитанного можно сделать вывод (направляется вывод), что использование тонкомолотых вяжущих с введением к ним добавок суперпластификатора, что позволило значительно увеличить прочностные характеристики бетона.

Список литературы:

1. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Новиков К.Ю., Крымова А.И., Аллахам Я.С., Вырмаскин А.В. Возможности применения техногенного сырья для изготовления порошковых бетонов // В сборнике: Научные технологии и инновации Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 413-419.
2. Чхин С., Лесовик В.С., Толстой А.Д., Новиков К.Ю., Магомедов З.Г., Герасимов А.В. Повышение эффективности фибробетонов с использованием техногенного сырья // В сборнике: Научные технологии и инновации Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 461-469.
3. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее на основе портландцемента и хвостов ММС железистых кварцитов КМА В сборнике: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корр. РААСН, д. т. Н., проф. В. С. Лесовика. 2016. С. 179-183.
4. Попова А.И., Вишневская Н.С. Обетонированные трубы для сооружения магистральных газопроводных систем: Учебное пособие. Ухта: Изд-во УГТУ, 2013. С. 102–104.
5. Попова А.И. Совершенствование методов входного контроля обетонированных труб для строительства нефтегазопроводов: Учебное пособие. Ухта: Изд-во УГТУ, 2013. С. 70 – 72.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН НА БЕТОН ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Казлитина О.В.¹, канд. техн. наук, доцент,

Айменов А.Ж.², канд.техн.наук,

Голубинский А. К.¹, магистрант,

Моторыкин Д.А.¹, магистрант,

Мартынова К.Ю.¹, Лазарев П.И.¹, студент

¹*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

²*Южно-Казахстанский государственный
университет им. М. Ауезова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cceedc2baa5d7.39794575

Аннотация. Монолитное строительство в нашей стране набирает все большую популярность. Это связано с тем, что все чаще начали возводить здания и сооружения со сложной, неповторимой архитектурой формы. Для получения высококачественного бетона для монолитного строительства необходимо применять армирующие волокна, которые препятствуют образованию микротрещин и увеличивают прочность композита в целом.

Ключевые слова. Фибробетон, монолитное строительство, высокопрочный бетон.

В наше время монолитное строительство является самой перспективной технологией возведения зданий и сооружений.

Суть его в том, что в самые короткие сроки можно возвести объект строительства любой формы и этажности. С каждым годом требования, которые предъявляются к современным объектам в строительстве, создают необходимость разрабатывать специальные методы строительства, которые дают возможность возводить здания с разнообразными объёмно-планировочными и архитектурными решениями. В некоторых условиях монолитное строительство является не только оптимальным способом, но иногда и единственно возможным к выполнению.

Известно, что для монолитного строительства бетон должен иметь высокую прочность при сжатии, растяжении и изгибе, высокую степень трещиностойкости, достаточную водонепроницаемость, морозостойкость и низкую усадку. Чтобы такие свойства обеспечить необходимо создание эффективного высокопрочного бетона [1–3].

Изучив практику монолитного строительства, видно, что в основном используют бетоны с прочностью не более 40 МПа. Повышение эффективности технологических и проектных решений с использованием железобетона, улучшение технологии бетонирования, и оптимизация применения высокопрочных бетонов на их основе зависят от изучения портландцемента и его различных типов. В наше время требования, которые предъявляются к бетонам различны. Довольно часто людям требуется бетон не очень высокой прочности, но с улучшенными специальными свойствами. Чтобы выполнить такие требования по водонепроницаемости нужно изготовить бетон классом выше, чем бетон В15, который изготавливают по старой технологии, ввиду того что, последний имеет марку по водонепроницаемости намного меньше, чем W6. Создание и применение улучшенного бетона связано с тем, что проблематично не только достигнуть необходимой прочности бетона, а также исследование структурообразование и разрушение в системах цемента.

Фибробетон это бетон, армированный дисперсными волокнами (фибрами). Он представляет собой бетонную смесь из цемента, песка, крупного заполнителя и воды, также в состав вводится некоторое количество стальных или других волокон (фибр). Материал, в данном случае, используется различный – от полипропилена до стали [4-7].

Стальная волновая фибра

Стальная волновая фибра имеет удельное сопротивление на разрыв 3500 МПа. Её применяют используя как для обыкновенного (изготовление полов), так и для специального вида строительства зданий и сооружений. Размеры: l 30 мм, d 0,8 мм. Произведена такая фибра из специальной стальной низко углеродной проволоки.

Фибра полипропиленовая

Фибра полипропиленовая – это одно из самых тонких синтетических волокон, которое изготавливают из гранул высокомолекулярного термопластичного полимера полипропилен), является многофункциональным микро армирующим компонентом.

Фиброволокна применяются как специальные добавки в огромном разнообразии видов и типов и конечно же в сухих строительных смесях (штукатурно-монтажных, кладочных и т.д.). Именно за счёт таких чудесных химических и физико- механических взаимодействий фибра довольно скоро и гомогенно расходится по целому объёму нашей смеси. Именно благодаря этому великолепному свойству формируется объёмно-пространственное армирование, которое в полной мере препятствует формированию и появлению внутренних разрушений в

бетоне. Фибробетон имеет за собой существенные преимущества если сравнить его с обыкновенным бетоном. Значительная степень сопротивления трещинообразованию фибробетона содействует повышению подобных физико механических характеристик, таких как морозоустойчивость, устойчивость к проникновению воды и химических веществ, прочность на сжатие, растяжение и изгиб. Фибра включает в смесь в период перемешивания сухих компонентов смеси, а кроме того в доделанную товарную смесь бетона или специального строительного раствора особого назначения в объеме $0,6...0,9 \text{ кг/м}^3$. Длительность дополнительного времени при перемешивании $\sim 10...15$ мин.

Анализ данных позволяет утверждать: – армирование дает возможность улучшить конструктивные свойства бетона для монолитного строительства; – содержание достаточного количества фибр определяется параметрами и их структурой, которое должна обеспечить возможность вязкого и пластичного разрушения.

Оптимизация макроструктуры и структурообразования предопределяют высокие эксплуатационные характеристики монолитного бетона, что достигается за счет применения высокоплотной упаковки заполнителя и применения армирующих волокон [8-12].

При производстве фибробетона были разработаны составы с использованием вяжущего ЦЕМ I 42,5 Н, а в качестве заполнителя отсева дробления гранита, в которых определили оптимальный вид армирующих волокон (рис. 1).

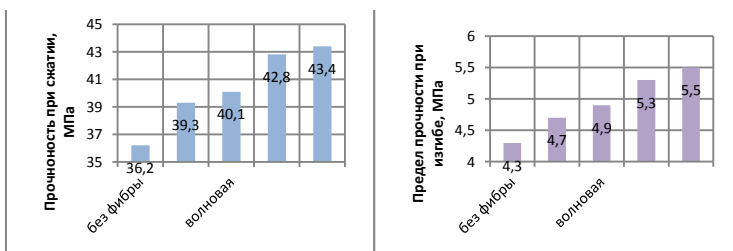


Рисунок 1 - Прочностные характеристики мелкозернистого сталефибробетона на различных видах стальной фибры

С целью получения высококачественных сталефибробетонов в бетонную матрицу было введено четыре вида фибры.

Полученные результаты показывают, что наилучшими прочностными характеристиками обладает мелкозернистый сталефибробетон с использованием фрезерованной фибры из сляба. Применение стальной фрезерованной фибры предпочтительнее по сравнению с другими видами, так как поверхностная площадь ее сцепления с бетоном в 4 раза больше фибры круглого или квадратного сечения и при перемешивании не образует "ежей".

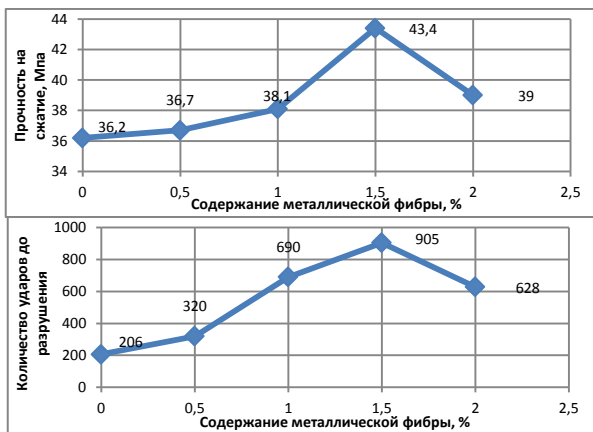


Рисунок 2 - Зависимости прочности на сжатие и ударной выносливости сталефибробетона от объемной концентрации стальной фибры

Установлено, что при 1,5% армировании по объему удается получить максимальные физико – механические показатели (рис. 2). Дальнейшее увеличение процента армирования не целесообразно, так как вызывает снижения прочностных и эксплуатационных характеристик сталефибробетона.

Список литературы:

1. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С., Гридчин А.М., Фишер Х.Б. Композиционные вяжущие и самоуплотняющиеся фибробетоны для защитных сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 7. С. 77–85.
2. Лесовик В.С., Першина И.Л. Геоника. влияние развития строительных материалов на концептуальность архитектурной формы. В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 1152-1161.

3. Жариков И.С., Лакетич А., Лакетич Н. Влияние качества бетонных работ на прочность бетона монолитных конструкций // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 51 – 58.
4. Войлоков И.А., Гулин И.А. Армирование фиброй как средство улучшения коррозионной стойкости бетона // Инфострой. 2007. № 3 (33). С. 4244.
5. Ахметшин М.Р. Ахметшин Р.Р., Ласковский С.И., Подольский В.А., Ткаченко В.А., Штейн-нерт В.А. (2006), Металлическое волокно В.А. Шейнерта. Патент РФ № 2278180, МПК С 22 С 49/14, опубл. 20.06.2006.
6. Шеметов Г.В. Аксанов Р.М., Камалутдинов И.М., Камалутдинов М.К. (2011), Арматурный элемент для дисперсного армирования бетона. Патент РФ № 2433227, МПК Е 04 С 5/00, опубл. 10.11.2011.
7. Трофимов В.И. Данилова О.Г., Лопаков Р.И., Соколов Э.В. (2013), Арматурный элемент для дисперсного армирования бетона. Патент РФ № 2490406, МПК Е 04 С 5/03, опубл.20.08.2013.
8. Казлитин С.А. Сталефибробетон для полов складского назначения: дисс. ... канд.техн.наук: 05.23.05 / Казлитин Сергей Алексеевич. – М., 2012. 167 с.
9. Лесовик В.С., Казлитин С.А Казлитина О.В. Фибробетон для монолитного строительства.Saarbuken, 2018. С.84.
10. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках: дис. ... докт.техн.наук: 05.23.05 / Лесовик Руслан Валерьевич. М., 2009. 402 с.
11. Сопин Д.М., Ивашова О.В., Волобуев А.В. Предпосылки использования высококачественного бетона в строительстве // Сб.докл.Международная научно-техническая конференция молодых учёных БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород. 2011. С.84-86.
12. 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 строительного-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 89-92.

ГЕОНИКА. ГЕОММИМЕТИКА КАК НАУКА О РАЗРАБОТКЕ И ПРИМЕНЕНИИ ЭФФЕКТИВНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Казлитина О.В., канд. техн. наук, доцент,
Мартынова К.Ю., студент,
Адонин С.В., магистрант,
Лазарев П.И., студент,
Моторькин Д.А., магистрант,
Антонюк Р., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2c6bd07.89156625

Аннотация. В работе исследуется возможность применения техногенного сырья Курской Магнитной Аномалии в качестве компонента композиционного вяжущего и сырья для мелкозернистого бетона для монолитных работ.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, бетоны, монолитное строительство, техногенное сырье.

В настоящее время в стране интенсивно развиваются технологии возведения зданий и сооружений из монолитного бетона с применением комплексных модификаторов различного функционального назначения.

Вместе с тем, все более чаще и детальнее рассматривается разработка и применение таких материалов, которые бы благоприятно влияли, или не оказывали бы вовсе никакого значения на человека, окруженного такими материалами [1-4].

Поэтому считается целесообразным разработка эффективных, экологически безопасных композитов для монолитного строительства. Сегодня получают все более широкое распространение в строительстве мелкозернистые бетоны. Большая однородность структуры и широкая возможность ее модификации позволяют получать мелкозернистые бетоны самых различных свойств и назначения. Повышение эффективности производства мелкозернистых бетонов, отличающихся повышенным содержанием цемента, связано с использованием местного сырья и отходов промышленности [5,6].

Поэтому в развитии технологии мелкозернистого бетона актуальным является снижение расхода цемента и получение однородной структуры материала за счет применения композиционных вяжущих (вяжущих низкой водопотребности), а получение таких

вяжущих с использованием техногенных отходов, в частности отсева дробления кварцитопесчанника Лебединского месторождения КМА в качестве заполнителя, позволяет значительно понизить себестоимость мелкозернистых бетонов.

Результаты физико-механических испытаний кварцитопесчанника Лебединского месторождения свидетельствуют об их высоком качестве. Щебень из кварцитопесчанника, не подвергнувшись выветриванию, характеризуется высокой прочностью и плотностью, не уступая по показателям гранитному, а по ряду свойств даже превосходя его. Он используется при изготовлении традиционных тяжелых бетонов, однако в процессе дробления щебня образуется в среднем 17% фракций менее 5 мм. Этот отсев дробления кварцитопесчанника характеризуется высоким содержанием кварца (94,56%), и его можно применять в качестве заполнителя для мелкозернистого бетона [7, 8].

Анализ сырьевых ресурсов КМА показал, что наиболее перспективным в качестве заполнителя для высококачественного мелкозернистого является отсев дробления кварцитопесчанника Лебединского месторождения (таблица 1).

Таблица 1 - Сравнительная характеристика сырьевых ресурсов КМА

Наименование материала	Цементопотребность	Водопотребность, %	Модуль крупности	Насыпная плотность, $\rho_{нас}$, кг/м ³
ММС	1,955	21	0.7	1440
Отсев дробления кварцитопесчанника	0.520	6.5	4,72	1520
Отсев дробления сланца	1.01	8,7	3.83	1600

Особенностью отсевов дробления является угловатая форма зерен с высокоразвитой поверхностью, что способствует повышенной адгезии к ним цементного камня.

Для оценки возможности применения отсева кварцитопесчанника как сырья для производства бетона и получения композиционных вяжущих, были разработаны составы мелкозернистого бетона с

использованием портландцемента Цем I 42,5Н, а также вяжущих низкой водопотребности (ВНВ).

Установлено, что прочностные свойства мелкозернистого бетона с применением ВНВ-50 выше, чем у бетона контрольного состава на обычном портландцементе, что можно объяснить высокими характеристиками самого вяжущего низкой водопотребности, его высокой дисперсности, низкой водопотребности, высокой активности, за счет чего улучшается состояние контактной зоны на границе раздела цементный камень – заполнитель, а также состав и структура новообразований в этой зоне.

В связи с тем, что разработанные мелкозернистые бетоны планируется использовать в монолитном строительстве, важным является изучение их деформативных характеристик (табл. 2).

Таблица 2 - Деформативные характеристики мелкозернистых бетонов

Вид вяжущего	Призменная прочность, кг/см ² (МПа)	Модуль упругости $E_b \cdot 10^{-3}$, МПа
ЦЕМ I 42.5Н	17,7	15,6
ТМЦ-50	16,0	13,7
ВНВ-50	19,5	17,3

Исследовав деформативные показатели, были получены следующие результаты, дающие основание сделать вывод о том, что на отсеке дробления кварцитопесчанников и композиционных вяжущих возможно получение мелкозернистых бетонов для изготовления ответственных изделий и конструкций, соответствующих нормативной документации для данного вида строительства.

Таким образом, использование техногенного сырья региона КМА в качестве заполнителя и компонента композиционных вяжущих, позволяет получить мелкозернистые бетоны для работ при отрицательных температурах и будет способствовать как удешевлению строительства, так и улучшению экологической ситуации в регионе.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 17-21.

2. Лесовик В.С., Першина И.Л. Геоника. влияние развития строительных материалов на концептуальность архитектурной формы // В сборнике: *Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса*. 2017. С. 1152-1161.
3. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties / *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. Т. 10. № 19. С. 40617-40622.
4. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Канева Е.В., Кучерова А.С. О роли шумовой агрессии на комфортность среды обитания человека // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2016. № 12. С. 40–47.
5. Лесовик В.С., Казлитина О.В., Сопин Д.М., Магомедов З.Г., Минакова А.В. Специфика внедрения нанотехнологий в стройиндустрии // В сборнике: *Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса*. 2017. С. 108-114.
6. Казлитина О.В., Волобуев А.В., Молодцов М.И. Дисперсно-армированный бетон на композиционном вяжущем с применением нанодисперсного порошка, полученного из гидротермальных источников // *Сборник докладов Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции*. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова. 2014. С. 262-267.
7. 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 строительной-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*. 2014. С. 89-92.
8. Гридчин, А. М. Особенности производства ВНВ и бетона на его основе с использованием техногенного полиминерального песка / А. М. Гридчин, Р. В. Лесовик // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. – 2002. – № 1. – С. 36.

СЕТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СИРИИ И ПУТИ ЕЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ВОЙНЫ

Котлярский Э.В., д-р техн. наук, профессор,

Арус Навар, магистрант

Московский автомобильно-дорожный

государственный технический университет (МАДИ)

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2d58d14.71450799

Аннотация. Дорожная сеть получили Сирию полностью или частично разрушена во время войны. В статье рассмотрена возможность реконструкции и обслуживания дорог с использованием более эффективных и экономичных дорожных материалов.

Ключевые слова: автомобильные дороги, протяженность дорожной сети, конструкция дорожной одежды, реконструкция.

Введение

Сирия находится на Ближнем Востоке граничит с Турцией, Ливаном, Палестиной, Иорданией и Ираком. Площадь территории (рис.1) составляет 185 180 км².

Основной особенностью климата Сирии является противоречие между морем и пустыней, между влажным средиземноморским побережьем и сухостью пустынных районов. В течение года в Сирии сменяется четыре сезона, и климат разделен на два региона в Сирии, средиземноморский климат в прибрежном регионе и поблизости, а также на сухой климат в других районах на востоке и юге страны. На рис. 2 показаны среднегодовые температуры воздуха в различных сирийских городах. [1]



Рисунок 1 - Карта Сирии

Можно выделить три области: прибрежные районы с высоким уровнем осадков, до 1200 мм в год, внутренние районы, прилегающие к прибрежной зоне, где осадки составляют от 250 мм/год и до 550 мм/год в северной и северо-восточной частях и пустынные районы, площадь которых составляет около 60% всей территории страны с количеством осадков не более 150 мм/год. [1]

Максимальные и минимальные температуры в течение года показаны на рис. 3. Максимальная температуры воздуха может превышать 47 °С в восточной и южной частях. Минимальная температура в некоторых высокогорных районах может опускаться зимой до температуры ниже -5 °С [1].



Рисунок 2 - Среднегодовые температуры воздуха в различных сирийских городах

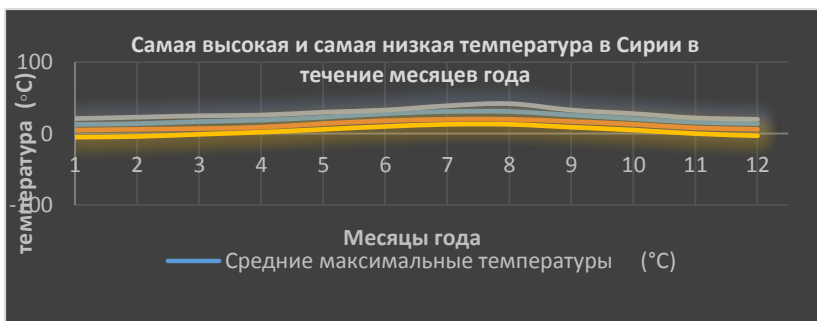


Рисунок 3 - Изменения максимальной и минимальной температур в течение года

Сирийская дорожная сеть

Политическая и экономическая значимость Сирии на протяжении всей ее истории была связана с ее расположением на перекрестке трех разных континентов и культур. Благодаря своему стратегическому географическому положению Сирия является центром транзитной торговли между многими странами Ближнего Востока, поэтому Сирия является неким перекрестком эпох и цивилизаций, религий и культур, которые тесно переплелись.

С учетом вышесказанного, дорожный сектор в Сирии был и остается в центре внимания и последующей деятельности, чтобы оставаться на современном техническом. В настоящее время длина сирийской центральной дорожной сети составляет около **8071** км. (Рис. 4). [2]



Рисунок 4 - Карта сирийских центральных дорог

Но, к сожалению, из-за войны, проводимой ИГИЛ и Международной коалицией против Сирии, транспортный сектор понес очень большие потери, а различные объекты транспортного хозяйства (мосты, туннели и водопропускные трубы) были частично или полностью разрушены.

Уничтожено более 50 стратегически важных мостов. В ходе военных действий были полностью взорваны мосты на въезде в Алеппо, мост висящий в Дейр-Аль-Зор, мосты Ракка на реке Евфрат, мосты Дара, мосты на шоссе Идлиб Иерихон Латтакия. Их сегодняшнее состояние показано на рис. 5 [5].



Рисунок 5 - Состояние уничтоженных в ходе боевых действий дорожных сооружений из-за войны

Полное разрушение этих важных транспортных сооружений было осуществлено с целью парализовать дорожное движение и предотвратить доставку материалов, топлива и предметов медицинского назначения. Проведенные сирийскими инженерами исследования и статистика, результаты которых представлены на рис. 6, показывает, что доходы Министерства транспорта сократились по сравнению с довоенным временем на **93%** [5].

Потери транспортного сектора в военные годы достигли более 4,5 млрд. долларов США. Доля потерь, пришедшаяся на дороги и мосты и другие транспортные сооружения составила почти 3 млрд. долл. США [5].

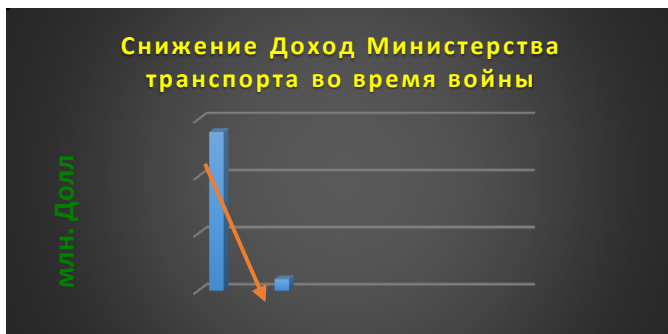


Рисунок 6 - Снижение доходов Министерства транспорта во время войны

Автомобильные дороги в Сирии

Дороги в Сирии классифицируются в соответствии с четырьмя группами, каждая из которых имеет набор требуемых параметров, приведенных в таблице (1): [2]

Таблица 1

Тип дороги	Длина дороги, км	Число полос движения	Ширина полосы движения, м	Расчетная скорость движения км / ч	Среднесуточная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях за год
Автомостральи	Более 100	4-8	3.6	120	Более 25000
Дорога первого класса (главная дорога)	30	2-6	3.6	100	10000-25000
Дорога второго класса (вторичная дорога)	10-30	2-4	3.2	70	3000-10000
дорога третьего класса (служебная дорога)	5-10	2	3	50	1000-3000
дорога четвертого класса (Местные сельские дороги)	0.1-5	1	Более 4.5	20-30	0-1000

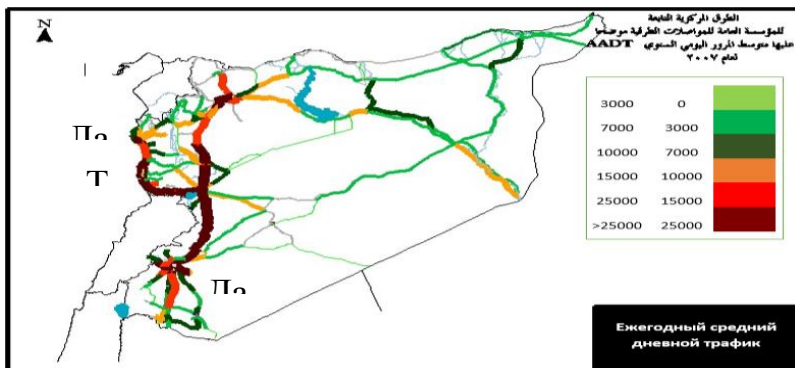


Рисунок 7 - Интенсивность движения на центральных дорогах в Сирии

Дорогой с наибольшей интенсивностью движения является дорога, соединяющая столицу страны **Дамаск** с портами в городах **Латакия** и **Тартус**.

Конструкции нежестких дорожных одежд в Сирии

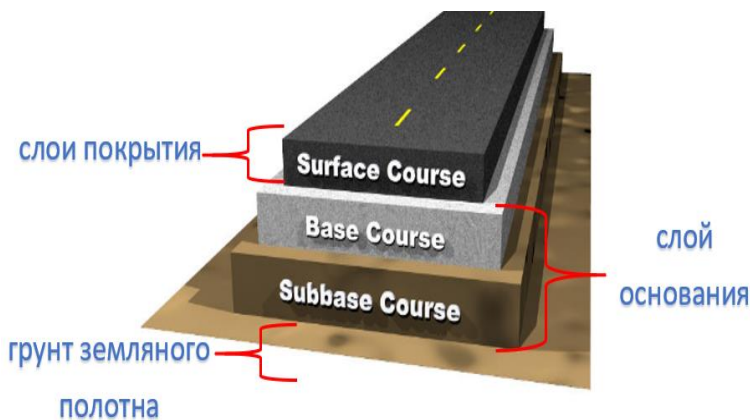


Рисунок 8 - Типовая конструкция дорожной одежды в Сирии

Слоем покрытия является слой дорожной одежды, который непосредственно несет нагрузки, вызванные движением и изменением климата, поэтому этот слой должен выдерживать вертикальные

напряжения, напряжение сдвига и температурные напряжения, возникающие в результате ежедневных и годовых изменений температуры. Основная функция поверхностного слоя - обеспечить комфорт при движении по дороге, ровную поверхность покрытия, отсутствие трещин и деформаций, обеспечение защиту от действия осадков, предотвратить проникание воды в нижележащие слои дорожной одежды и грунт земляного полотна, что может послужить причиной разрушения. [2]

Этот слой обычно состоит из двух частей:

- слой износа (Bitumin wearing Course (B.w.C)).
- основной слой покрытия (Bitumin Base Course (B.B.C)).

слой износа (B.w.C): Это верхний слой дорожного покрытия, выполняющий роль защиты покрытия от внешних факторов, он имеет определенную толщину и изготовлен из высококачественных материалов, в основном из асфальтобетонна.

Таблица 3

Характеристики слоя износа (B.w.C)	
Процент уплотнения (плотность %)	91-94
Максимальный размер щебня (Размер сита) дюйм (")	5/8
Температура перемешивания °С	160 ± 5
Температура уплотнения °С	145 ± 5
Пустоты в минеральном агрегате (пористость минерального остова V.M.A) %	Не менее 15
Воздушных пустот (остаточная пористость) %	4-7
Содержание Асфальта (битума) %	4-6
Потеря стабилизации (устойчивости) %	Не более 25
Устойчивость (стабильность) по Маршалу Кг	1000
Потери на истирание (в Лос-Анджелесском барабане), %	Не более 40
рыхлые частицы %	Не более 0.25
песчаный эквивалент %	Не менее 45
Пластиковый индекс PI %	Не более 4
Толщина слоя См	5-7

основной слой покрытия (В.В.С) : Расположен ниже слоя износа и состоит из менее качественных смесей, но по толщине превышает слой износа. Между этими двумя слоями находится адгезионный слой из битума или битумной эмульсии, служащий для обеспечения сцепления между слоями асфальтобетона и наносимый при помощи распыления при температуре 85-95° С и скорости распыления 0,1 ~ 0,2 л /м². Характеристики этих слоев приведены в таблицах 2 и 3. [4]

Таблица 4

Характеристики основного слоя покрытия (В.В.С)	
Процент уплотнение (плотность %)	92 - 95
Максимальный размер щебня (Размер сита) дюйм (")	1.5
Температура перемешивания ° С	160 ± 5
Температура уплотнения ° С	145 ± 5
Пустоты в минеральном агрегате (пористость минерального остова V.M.A) %	Не менее 13
Воздушных пустот (остаточная пористость) %	5-8
Содержание Асфальта (битума) %	3-6
Потеря стабилизации (устойчивости) %	Не более 25
Устойчивость (стабильность) по Маршалу Кг	1000
Потери на истирание (в Лос-Анджелесском барабане), %	Не более 40
рыхлые частицы %	Не более 0.25
песчаный эквивалент %	Не менее 45
пластиковый индекс PI %	Не более 6
толщина слоя, см	8-20

Слой основания - слой, укладываемый ниже слоя покрытия. Его функция заключается в передаче и распределении напряжения на нижележащие слои, он может быть устроен из материалов, полученных в результате фрезерования существующих покрытий или из асфальтобетонов более слабых типов. Толщина слоя основания обычно

составляет порядка 30 см и устраивается в два слоя по 15 см каждый. При использовании гравия в слое основания, он должен состоять из высоконагруженных твердых гранул без растительных материалов и других примесей. Этот слой обычно состоит из двух частей:

- верхний слой основания (Aggregate Base Course (A.B.C)).
- нижний слой основания (Aggregate sub-Base Course (A.S.B.C)).

Слой основания часто устраивают из щебня или гравия, укрепленного органическими или неорганическими вяжущими или из цементобетона.

Нижний слой основания представляет собой дополнение базового слоя, и в силу применения материалов более низкого качества обеспечивает удешевление стоимости дорожной конструкции.

Нижний слой основания может использоваться не только для распределения напряжений на грунт земляного полотна, но и в качестве дренажного слоя, или в качестве выравнивающего слоя перед укладкой верхнего слоя основания. Характеристики слоя основания приведены в таблице 4 [4].

Земляное полотно устраивают либо из природных грунтов, если их свойства являются соответствуют требованиям, либо с применением технологии замены грунта на другой грунт с лучшими свойствами, либо методом улучшения существующего грунта посредством его укрепления и стабилизации [2].

Таблица 5

Характеристики слоя основания			
Толщина слоя, см	30 см и выполняются в две стадии каждые 15 см		
Типы слоев по градиенту	Градиент 1	Градиент 2	Градиент 3
Максимальный щебень размер (Размер сита), дюйм (")	2	1.5	1
Калифорнийское Соотношение подшипников C.B.R, не менее	100	80	65
Потери на истирание (Лос-Анджелесском барабане), не более %	40	45	50
Песчаный эквивалент Не менее %	45	35	25
Граница текучести Wl Не более %	25	25	25

Проектирование дорожных покрытий в Сирии

В Сирии при проектировании дорожных покрытий используют метод **AASHTO 93** [3]. В соответствии с ним при проектировании можно выделить следующие необходимые шаги:

1- Определение модуля упругости для грунта земляного полотнах
MR :

$$MR = 10.3 * C.B.R \quad (\text{Mpa}) \quad (1)$$

$$MR = 1500 * C.B.R \quad (\text{psi}) \quad (2)$$

2- Снижение уровня обслуживания ΔPSI :

ΔPSI = разница между начальным индексом эффективности проекта, p_0 и окончательным индексом работоспособности, p_1

3- Определение номера структуры **SN** : индекса, который указывает на общую толщину дорожного покрытия.

4- Определение комбинированного стандартного отклонения прогнозирования трафика и прогнозирования производительности S_0 .

5- Определяет **R**: коэффициента, который выражает предел прочности и устойчивость тротуаров без разрушения.

Пример:

$R = 0.9$. Это означает, что вероятность разрушения составляет 10%.

6- Определение **ESALs** или **W18** Количества эквивалентных осей для проектирования полосы в конце проектной жизни.

$$W18 = ESAL1 \cdot F \quad (3)$$

ESAL1: Количество эквивалентных осей в обоих направлениях.

F : Фактор роста движения во время проектной жизни.

$$F = (1 + i)^N - 1 / i \quad (4)$$

n: Количество лет **i**: Ожидаемый темп роста.

7- Этот метод имеет экспериментальное уравнение:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Используя модуль упругости для каждого слоя, а также предыдущие факторы, с помощью специальных схемм (рис 8, 9) можно определить толщину каждого слоя отдельно [3]:

$$SN = SN_1 + SN_2 + SN_3 \quad (5)$$

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot D_3 \quad (6)$$

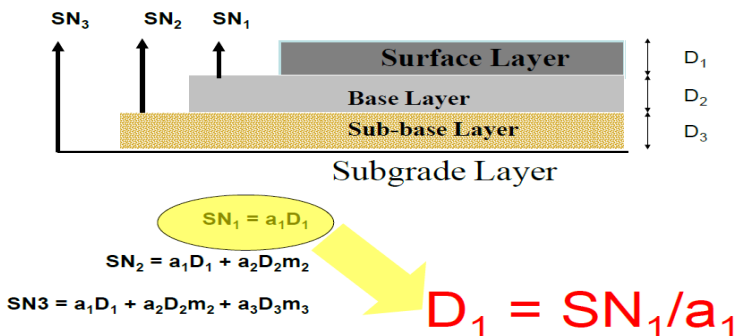


Рисунок 8 - Толщины слоев дорожной одежды

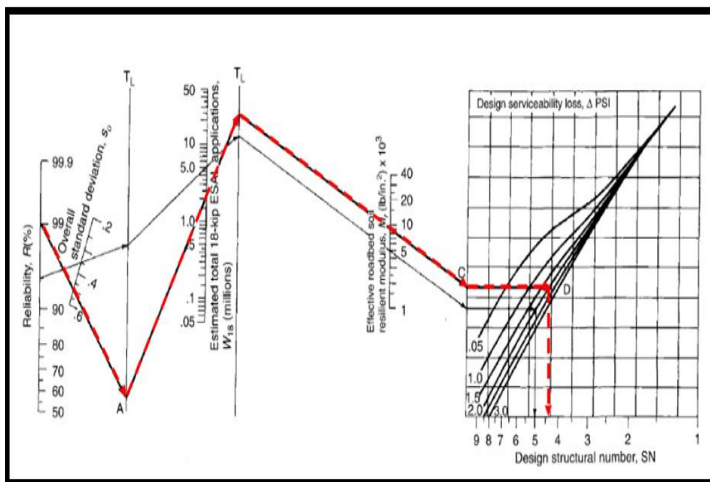


Рисунок 9 - Зависимость для определения толщин слоев дорожной одежды

Реконструкция центральных дорог Сирии.

Ниже приведен приблизительный расчет потребности асфальтобетонной смеси для реконструкции Сирийских центральных дорог и приблизительная стоимость реконструкции. Общая протяженность дорожной сети в городах представлена в таблице 6 [2].

Приблизительная средняя ширина для односторонней дороги составляет 9м, но центральные дороги всегда устраивают в двух направлениях, поэтому

$$9*2=18 \text{ м}$$

Средняя толщина асфальтобетонных покрытий составляет 17 см, соответственно приблизительная площадь поверхности дороги составляет:

$$18*8071000=145278000 \text{ м}^2$$

Таблица 6

Общая длина, км	Город	Общая длина, км	Город
980	Дамаск	620	Ракка
855	Алеппо	578	Идлиб
1045	Хомс	1051	Хасака
580	Хама	392	Тартус
390	Латтакия	155	Кенитра
800	Дейр Аль-Цур	282	Свейда
343	Дараа	8071	Общая сумма

Приблизительный объем асфальтобетонная смесь, необходимый для реконструкции Сирийских центральных дорог составляет:

$$145278000*0.17\approx 25000000 \text{ м}^3$$

Плотность асфальтобетонной смеси - **2.35 т/м³** -
 $2.35*25000000=60*10^6 \text{ Т.}$

Средняя цена за тонну асфальтобетона составляет 50\$ это значит что, приблизительной стоимости реконструкции составляет: $50*60*10^6 \approx 3 \text{ млрд. долл}$

Но по приближенным оценкам в ремонте или реконструкции нуждаются порядка 35% дорог:

$$3 * 35\% \approx 1 \text{ млрд. долл}$$

Из-за состояния дорожного покрытия в настоящее время и большой расчетной стоимости реконструкции следует рассматривать ремонт и обслуживание этой сети дорог с использованием более эффективных технологий и экономичных дорожных материалов. Учеными МАДИ установлено, что одним из таких методов является применение серо-литой асфальтобетонной смеси в связи с дефицитом в стране дорожных битумов.



Рисунок 10 - Предлагаемые смеси для реконструкции сети автомобильных дороги в Сирии

Список литературы:

1. Сирийское генеральное управление метеорологии - <http://met.gov.om>
2. Справочник автомобильных дорог и транспорта / 2010 /. www.perc.gov.sy
3. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.
4. AASHTO-STANDARD SPECIFICATIONS for TRANSPORTATION MATERIALS and METHODS OF SAMPLING AND TESTING -Thirty-Fourth Edition -2014.
5. Пресс-конференция с министром транспорта на реальности сирийской дорожной сети после войны. <https://arabic.sputniknews.com/interview/201707251025274858--وزير-النقل-السوري-خسانر-الحرب>

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕРМОПЛАСТИЧНЫМ РАЗМЕТОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Котлярский Э.В., д-р техн. наук, профессор,
Талалай В.В., ст. научный сотрудник,
Никифоров Р.М., студент

*Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)*
DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2e20e94.71113984

Аннотация. В статье приведены эксплуатационные и технологические параметры термопластиков, не указанные в действующих национальных стандартах, их влияние на функциональную долговечность дорожной разметки и качество проведения работ по нанесению разметки.

Ключевые слова: термопластичные разметочные материалы, эксплуатационные характеристики, линии дорожной разметки, методы нанесения.

Дорожная разметка на сегодняшний день является эффективным техническим средством организации и обеспечения безопасности дорожного движения. Изменения схем организации движения с помощью дорожной разметки, по уверениям проектировщиков, должны увеличить пропускную способность улично-дорожной сети, эффективно организовать движение маршрутных транспортных средств и позволит в целом снизить аварийность. Большинство решений сводятся к сужению полос движения для увеличения их количества, введения выделенных полос для общественного транспорта, расширения пешеходной зоны и парковочного пространства. Реализация данных мероприятия влечет за собой значительное увеличение количества наездов колес автотранспорта на линии дорожной разметки (Рисунок 1).



Рисунок 1 - Схемы организации дорожного движения, реализованные посредством нанесения дорожной разметки

В совокупности с растущей интенсивностью дорожного движения, увеличение количества наезда колес автотранспорта является основной причиной износа разметки и потери функциональной долговечности горизонтальной дорожной разметки в процессе её эксплуатации.

Также стоит отметить особенности эксплуатации улично-дорожной сети – применение противогололедных реагентов (в результате применения как жидких, так и твердых реагентов образуется соляной раствор), использования большого количества техники для уборки снега в зимний период, частые переходы температуры через 0°C.

Обязательным условием содержания объектов улично-дорожной сети является обеспечение сохранности дорожной разметки по площади и ее светотехнических характеристик в течении срока эксплуатации.

Помимо эксплуатационных факторов, на состояние разметки влияют и технологические. Такие как технология нанесения разметки, тип и состояние дорожного покрытия на которое наносится дорожная разметка. В настоящее время, в большем объеме применяется горизонтальная дорожная разметка, выполненная из термопластичных материалов. На сегодняшний день при выполнении работ по нанесению разметки из термопластиков в основном применяется экструдерный метод нанесения (Рисунок 2).

Также имеют место гравитационный метод нанесения термопластичных материалов и безвоздушный метод нанесения разметки с применением спрей-пластиков. Экструдерный метод нанесения позволяет обеспечить выполнение требований к геометрическим характеристикам линий в соответствии с ГОСТ Р-51256-2018.

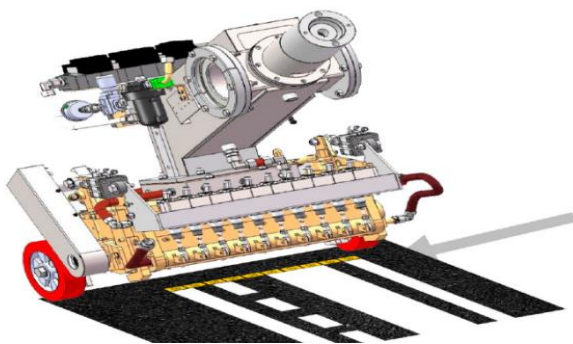


Рисунок 2 - Экструдер разметочной машины

Свойства дорожной разметки, её функциональная долговечность определяются технологией производства работ, качеством применяемых материалов и особенностями эксплуатации улично-дорожной сети. Причем материал для дорожной разметки должен обладать такими характеристиками, которые смогут обеспечить требования, предъявляемые к разметке в течении всего срока службы, который согласно действующим нормативам должен быть не менее одного года (для термопластов с толщиной нанесения более 1,5 мм). В такой ситуации необходимо предъявлять дополнительные требования к разметочным материалам.

В действующих стандартах, на сегодняшний день, нет требований и методики оценки материала в рамках входного контроля на такие характеристики как стойкость к истиранию, к пластической деформации, к динамическим нагрузкам, адгезия к дорожному покрытию. В данной ситуации нет возможности подобрать материал для конкретных условий использования, включая температурные и климатические условия, условия эксплуатации, нет возможности прогнозирования срока службы разметки.

Для повышения качества оценки материалов для дорожной разметки и работ, выполняемых с применением данных материалов, считаю необходимым определить набор параметров, влияющих на эксплуатационные показатели, их предельные значения, классификацию. А также характеристики материала, влияющие на технологичность работ.

Для термопластичных материалов, применяемых для нанесения горизонтальной дорожной разметки, важными являются следующие эксплуатационные характеристики:

- Текучесть расплава (скорость течения).

Текучесть расплава термопластика влияет на выполнение требований, предъявляемых к геометрическим характеристикам линий дорожной разметки (Рисунок 3).



Рисунок 3 - Дефекты геометрии линий дорожной разметки

Считаем возможным рассмотреть данный показатель для определения оптимального размера и расхода микростеклошариков (световозвращающего материала), влияния на светотехнические характеристики.

Сравнения удельного коэффициента световозвращения Rl при сухом покрытии и удельного коэффициента светоотражения Qd разметки, нанесенной двумя материалами с различной текучестью на двух испытательных участках, показали различную динамику по сохранности светотехнических параметров (таблица 1, рисунки 6 – 9).

Таблица 1- Динамика изменения светотехнических показателей линий дорожной разметки, выполненной термопластиками с различной текучестью

Дата измерений	Термопластик 1		Термопластик 2	
	Среднее значение Rl	Среднее значение Qd	Среднее значение Rl	Среднее значение Qd
23.09.2018 г.	273,33	254,56	192,42	236,50
30.09.2018 г.	293,82	151,45	299,08	192,31
14.10.2018 г.	280,36	179,93	301,83	124,08
06.11.2018 г.	168,33	188,33	221,08	123,08

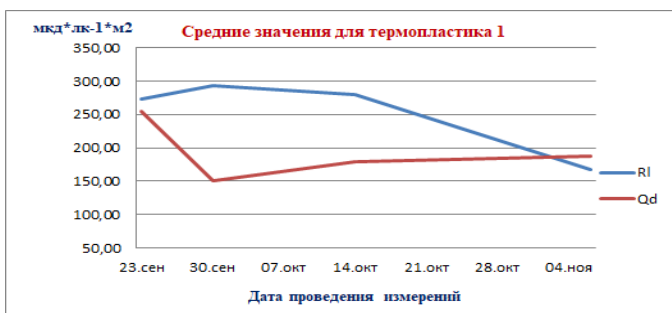


Рисунок 4 - Динамика изменения показателей материала с большей вязкостью



Рисунок 5 - Сохранность микростеклошариков на материалах с разными значениями текучести на одном опытном участке

Данный показатель также влияет на скорость проведения работ, в том числе на время заправки разметочной машины.

- Время формирования материала (время, после которого разметка, выполненная из термопластика готова к эксплуатации, т.е. период от момента нанесения до момента, после которого линии разметки не восприимчивы к деформации и загрязнению от наезда колес транспорта)

- Способность к загрязнению в определенном диапазоне температур (липкость) (Рисунок 6). В процессе эксплуатации данный параметр влияет на удельный коэффициент светоотражения Q_d .

- Способность противостоять деформации при статических и динамических нагрузках в определенном диапазоне температур (эластичность) (Рисунок 6).

- Истираемость разметки (в зависимости от условий эксплуатации) (Рисунок 7).

Для разработки методики определения износа и сохранности дорожной разметки предлагаем следующие мероприятия:

- определить метод лабораторного исследования на способность к истиранию

- провести сравнение результатов полевых испытаний с данными полученными в лабораторных условиях

- разработка методики определения количества наезда колеса на линии продольной и поперечной разметки основываясь на данных об интенсивности движения и состава потока.

- определение зависимости сохранности разметки от условий эксплуатации (приведенных коэффициентов «лаборатория-дорога») с целью определения возможности использования лабораторных испытаний для прогнозирования сроков службы или обоснования

изменения расхода материала для дорог с различной интенсивностью и условиями содержания.



Рисунок 6 - Деформация и загрязнение линий дорожной разметки

Адгезия к поверхности асфальтобетонного покрытия.

Потеря адгезии - отделение слоя термопластика от поверхности дорожного покрытия, наряду с истиранием, является основной причиной разрушения горизонтальной дорожной разметки (Рисунок 8).

Поэтому характер адгезионного взаимодействия материала для дорожной разметки оказывает значительное влияние на срок службы самой разметки. Адгезия термопластика к поверхности дорожного покрытия зависит от множества факторов и для решения практической задачи повышения сохранности дорожной разметки нужно учитывать влияние того или иного фактора на образование адгезионных связей в процессе нанесения и эксплуатации.



Рисунок 7 - Истирание линий дорожной разметки, выполненной термопластиками. В полосах постоянного наезда колес автотранспорта износ по площади 100%



Рисунок 8 - Потеря адгезии разметочного материала с поверхностью дорожного покрытия

Рассматривая процессы взаимодействия термопластика с поверхностью асфальтобетона можно выделить три основных, влияющих на адгезию:

- механическое взаимодействие
- химическое взаимодействие
- процессы диффузионного взаимодействия

В каждом случае, адгезия зависит от типа дорожного покрытия, состава и свойств компонентов смеси, эксплуатационного состояния покрытия, от условий нанесения. В данных условиях прямое определение способности материала к образованию адгезионных связей с поверхностью асфальтобетонного покрытия при входном контроле не представляется возможным. Целесообразно рассмотреть косвенные методы определения данного параметра.

К технологическим параметрам, помимо текучести, имеет смысл отнести следующие характеристики термопластика:

- Стабильность материала (показатель сохранения однородности расплава материала при остывании и отсутствии активного перемешивания, стабильность материала в момент производства работ в разметочной машине). Данный параметр оказывает влияние на геометрические характеристики линий, скорость производства работ. Данный параметр имеет технологическое значение (Рисунок 9). Температура и время полного приготовления материала, не выходящие за определенные значения (тугоплавкость) (Рисунок 10).



Рисунок 9 - Расслоение термопластика в экструдере машины разметочной машины



Рисунок 10 - Заправка котла разметочной машины тугоплавким термопластиком

Считаем целесообразным разработать методики определения указанных параметров и установления нормируемых значений, для определения этих характеристик разметочных материалов для организации входного контроля, что позволит прогнозировать сроки службы дорожной разметки и осуществлять подбор материала в зависимости от условий эксплуатации.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 51256-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования.
2. ГОСТ 32830-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Технические требования.
3. ГОСТ 32829-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Методы испытаний.
4. ГОСТ 32952-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Разметка дорожная. Методы контроля.
5. Возный С.И. Технология долговечных разметочных материалов на полимерной основе. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Саратов – 2012.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ВЯЗКИМ ДОРОЖНЫМ БИТУМАМ

Котлярский Э.В., д-р. техн. наук, профессор,

Чельшева Н.Ю., магистрант,

Рамос А.Л., инженер

Московский автомобильно-дорожный

государственный технический университет (МАДИ)

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc2ed01f9.09024503

Аннотация. В работе описывается сравнительный анализ показателей технических требований к вязким нефтяным дорожным битумам по ГОСТ 22245-90 и ГОСТ 33133-14. Подобраны расчетные модули упругости для асфальтобетонов при конкретной пенетрации битума.

Ключевые слова: вязкий дорожный битум, пенетрация, индекс пенетрации, регрессионно – корреляционный анализ, модуль упругости.

Характерной особенностью современного этапа исследования дорожных битумов является совершенствование методов испытания. Это связано с необходимостью повышения объективности такой оценки в целях прогнозирования технических и эксплуатационных свойств не только битумов, но и материалов на их основе.

Не так давно в России был утвержден ГОСТ 33133-2014 «Битумы нефтяные дорожные вязкие», который претерпел несущественные на первый взгляд изменения. Так, например, марка вместо битума марки БНД 60/90, появились битумы марок БНД 50/70 и БНД 70/100.

Был проведен сравнительный регрессионно-корреляционный анализ требований к битумам, предъявляемых ГОСТ 22245-90 и ГОСТ 33133-2014 в зависимости от показателей глубины проникания иглы при 25°C.

В таблице 1 представлена разница показателей требуемых свойств битумов с одинаковой пенетрацией (Δ). Требуемые показатели отличаются в пределах от 0 до 4. Это удовлетворяет требованиям сходимости и воспроизводимости методов определения соответствующих сравниваемых показателей свойств.

Установлено, что почти все нормируемые показатели требований, соответствующие ГОСТ 22245-90 и ГОСТ 33133-14 практически совпадают друг с другом.

Сравнительный анализ показателя индекс пенетрации, имеет существенные различия. По нашему мнению, это связано с тем, что индекс пенетрации является расчетным показателем, характеризующий степень изменения дисперсного состояния битума в зависимости от значений показателей «температура размягчения» и «глубина проникания иглы при 25°C».

Индекс пенетрации (ИП) был определен по формуле (1) с округлением до первого десятичного знака

$$\text{ИП} = \frac{30}{1 + 50A} - 10, \quad (1)$$

где A - коэффициент, который определен по формуле (2)

$$A = \frac{2,9031 - \log \Pi}{T - 25}, \quad (2)$$

Где: Π – глубина проникания иглы при 25°C, (0,1 мм);

T – температура размягчения битума, °C.

На рисунке 1 показана зависимости индекса пенетрации от глубины проникания иглы при 25°C. Сходство наблюдается только при пенетрации 25^{мм-1}. Расчеты, приведенные табл. 2 и показанные на рисунке 1.

Таблица 1 - Разница сравнения температуры размягчения, растяжимости при 25 °С, температуры хрупкости, температуры хрупкости после прогрева, глубины проникания иглы при 0°С и индекса пенетрации марок битума по старому и новому стандартам

П 25	Температура размягчения, °С		Растяжимость при 25°С, см		Температура хрупкости, °С		Температура хрупкости после прогрева, °С		Глубина проникания иглы при 0°С, 0,1мм		Индекс пенетрации	
	Δ	Δ%	Δ	Δ%	Δ	Δ%	Δ	Δ%	Δ	Δ%	Δ	Δ%
40	0	-0,31%	4	8,51%	-1,7	12,52%	-0,1	0,99%	0,9	6,71%	-0,23	21,9%
50	1	1,11%	5	8,89%	-1,9	12,94%	-0,4	3,04%	1,2	7,17%	-0,37	42,1%
60	1	2,26%	5	9,20%	-2,1	13,23%	-0,6	4,44%	1,4	7,55%	-0,48	66,1%
70	2	3,22%	6	9,47%	-2,3	13,45%	-0,8	5,47%	1,6	7,87%	-0,58	95,6%
80	2	4,04%	6	9,70%	-2,4	13,63%	-0,9	6,28%	1,8	8,15%	-0,66	133,2%
90	2	4,76%	6	9,90%	-2,5	13,78%	-1,0	6,93%	2,0	8,39%	-0,73	183,2%
100	2	5,40%	7	10,08%	-2,6	13,90%	-1,2	7,47%	2,2	8,60%	-0,80	253,7%
110	3	5,98%	7	10,24%	-2,7	14,00%	-1,3	7,92%	2,4	8,80%	-0,86	361,3%
120	3	6,50%	7	10,39%	-2,8	14,09%	-1,4	8,31%	2,6	8,98%	-0,91	546,7%
130	3	6,98%	8	10,52%	-2,8	14,17%	-1,5	8,65%	2,8	9,14%	-0,47	63,5%
140	3	7,42%	8	10,65%	-2,9	14,24%	-1,6	8,96%	3,0	9,29%	-0,60	105,9%
150	3	7,82%	8	10,76%	-3,0	14,31%	-1,6	9,23%	3,2	9,43%	1,05	7213,1%
160	4	8,20%	8	10,87%	-3,0	14,36%	-1,7	9,47%	3,4	9,56%	1,09	1626,6%
170	4	8,56%	9	10,97%	-3,1	14,42%	-1,8	9,69%	3,6	9,68%	1,12	969,7%
180	4	8,89%	9	11,07%	-3,1	14,46%	-1,8	9,89%	3,8	9,80%	1,16	714,6%
190	1	2,15%	5	9,17%	-2,1	13,21%	-0,6	4,32%	1,4	7,52%	1,19	578,9%
200	2	3,48%	6	9,54%	-2,3	13,51%	-0,8	5,74%	1,7	7,96%	1,23	494,5%

Таблица 2 - Сравнение индекса пенетрации марок битума по старому и новому стандартам

П ₂₅	Индекс пенетрации		Δ	Δ%
	ГОСТ 22245-90	ГОСТ 33133-14		
40	-1,29	-1,06	-0,23	21,9%
50	-1,25	-0,88	-0,37	42,1%
60	-1,21	-0,73	-0,48	66,1%
70	-1,18	-0,60	-0,58	95,6%
80	-1,15	-0,50	-0,66	133,2%
90	-1,13	-0,40	-0,73	183,2%
100	-1,11	-0,31	-0,80	253,7%
110	-1,09	-0,24	-0,86	361,3%
120	-1,08	-0,17	-0,91	546,7%
130	-1,06	-0,10	-0,96	945,0%
140	-1,05	-0,04	-1,00	2426,5%
150	-1,03	0,01	1,05	7213,1%
160	-1,02	0,07	1,09	1626,6%
170	-1,01	0,12	1,12	969,7%
180	-1,00	0,16	1,16	714,6%
190	-0,99	0,21	1,19	578,9%
200	-0,98	0,25	1,23	494,5%

Изобразим на графиках зависимость индекса пенетрации от температуры размягчения (Рисунок2), чему свидетельствуют данные по ГОСТ 22245-90 и ГОСТ 33133-14.

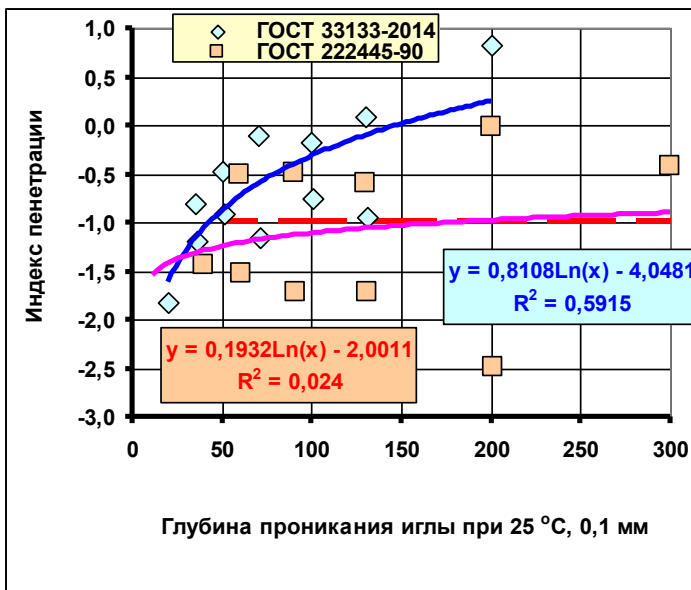


Рисунок 1 - Зависимость индекса пенетрации от температуры размягчения для ГОСТ 22245-90 и ГОСТ 33133-14

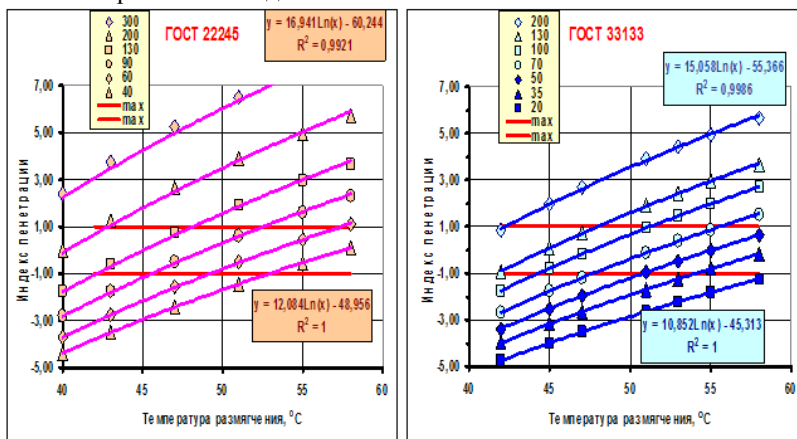


Рисунок 2 - Зависимость индекса пенетрации от температуры размягчения по ГОСТ 22245-90 и ГОСТ 33133-14

В результате расчетов установлено, что по **показателю индекса** пенетрации, характеризующему температурную чувствительность битумов, не отвечают требованиям нормативных документов по первому (22,86%) и второму (36,90%) нормативным требованиям.

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что в настоящее время отсутствуют простые зависимости между стандартными показателями качества, применение которых позволило бы разработать качественные расчетные методики определения тех или иных показателей качества битумов.

При проектировании конструкций дорожной одежды расчетные характеристики асфальтобетона выбираются в зависимости от марки вяжущего. В ГОСТ 33133-2014 требования к глубине проникания иглы отличаются от требований ГОСТ 22245-90. Это вступило в противоречие с рекомендациям инструкции по расчету дорожных одежд ОДН 218.046-2001, также для новых марок битумов расчетный модуль упругости материала верхнего слоя покрытия асфальтобетона не определен.

Это потребовало установить зависимости модуля упругости от температуры и глубины проникания иглы при 25°C для битумов марок БНД 60/90, 90/100, 100/130, 130/200 (по ГОСТ 22245-90).

При этом приняты математические зависимости (3, 4) с более высоким коэффициентом корреляции. Расчетные модули упругости, регламентируемые ОДН 218.046-2001 для разных типов, видов и марок асфальтобетона приведены в табл. 5.

В результате установлены новые расчетные модули упругости, приведенные в табл. 5 для наглядного представления ситуации по данным П.3.1 [1], где будут показаны марки битума и расчетные значения модулей упругости.

Полученные регрессионные модели в свою очередь позволили подсчитать расчетные модули упругости асфальтобетона для битумов марок по ГОСТ 33133-2012 при разных расчетных температурах.

Таблица 5 - Расчетные значения модуля упругости для асфальтобетонов, где битумы соответствуют ГОСТ 22245-90

Асфальтобетон	Расчетные значения модуля упругости E, МПа
Высокоплотный на БНД марки:	
40/60	8600
60/90	6000
90/130	4600
130/200	3500
200/300	2500
Плотный на БНД марки:	
40/60	6000
60/90	4500
90/130	3600
130/200	2600
200/300	2000

Теперь по каждой зависимости для высокоплотного и плотного асфальтобетона мы можем определить расчетный модуль упругости для пенетрации соответствующей битумам марок БНД 50/70, БНД 70/100 и БНД100/130. Более точно можно определить интересующее нас значение по формулам (3, 4) для разных видов, типов и марок асфальтобетона.

Формула определения значения расчетного модуля упругости для высокоплотного асфальтобетона с битумом различных марок:

$$E_{\text{расч}} = 136171 \times x^{-0,754} \quad , \quad (3)$$

Формула определения значения расчетного модуля упругости для плотного асфальтобетона с битумом различных марок:

$$E_{\text{расч}} = 75959 \times x^{-0,687} \quad , \quad (4)$$

Где x- глубина проникания иглы при 25°С.

Для плотного и высокоплотного асфальтобетона расчетные значения модуля упругости под битумы нового ГОСТ 33133-2014

«Битумы нефтяные дорожные вязкие» рассчитаны и занесены в таблицу 6.

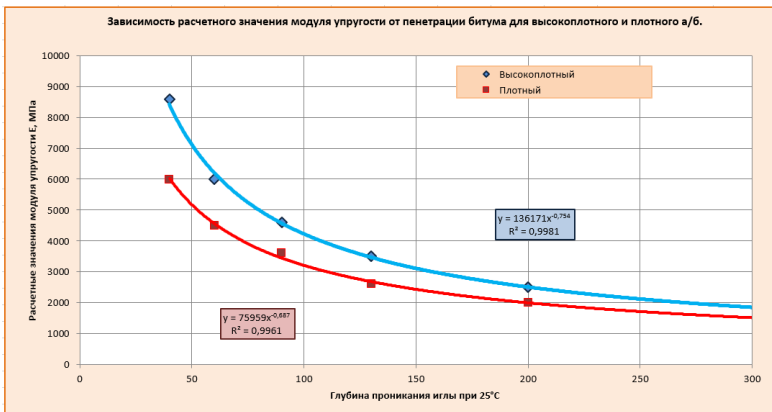


Рисунок 3 - Характеристики асфальтобетонов при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками для высокоплотного и плотного асфальтобетонов

Таблица 6 - Расчетные значения модуля упругости для асфальтобетонов, где битумы соответствуют ГОСТ 33133-2014

Асфальтобетон	Расчетные значения модуля упругости E, МПа
Высокоплотный на БНД марки по ГОСТ 33133-2014	
50/70	7130
70/100	5532
100/130	4228
130/200	3500
200/300	2500
Плотный на БНД марки по ГОСТ 33133-2014	
50/70	5169
70/100	4102
100/130	3211
130/200	2600
200/300	2000

Аналогично образом произведен прогноз нормативных значений кратковременного модуля упругости асфальтобетонов (табл. п.3.2) [1] при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и по условию.

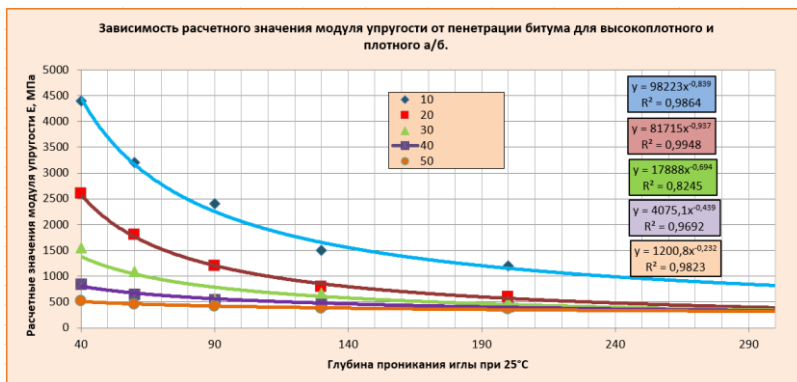


Рисунок 4 - Нормативные значения кратковременного модуля упругости плотных и высокоплотных асфальтобетонов различных составов (при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и по условию сдвигоустойчивости. (График составлен для температур покрытия 10°C, 20°C, 30°C, 40°C, 50°C).

Нормативные значения кратковременного модуля упругости плотного и высокоплотного асфальтобетонов различных составов, где марки битума соответствуют ГОСТ 33133-2014 (при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и по условию сдвигоустойчивости приведен в табл. 7.

Формулы для расчета кратковременного модуля упругости при определенной температуре покрытия:

$$E_{расч}^{10°C} = 98223 \times P_{25}^{-0,839} \quad (5)$$

$$E_{расч}^{20°C} = 81715 \times P_{25}^{-0,937} \quad (6)$$

$$E_{расч}^{30°C} = 17888 \times P_{25}^{-0,694} \quad (7)$$

$$E_{расч}^{40°C} = 4075,1 \times P_{25}^{-0,439} \quad (8)$$

$$E_{расч}^{50°C} = 1200,8 \times P_{25}^{-0,232} \quad (9)$$

Таблица 7 - Нормативные значения кратковременного модуля упругости плотного и высокоплотного при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и по условию сдвигоустойчивости

Материал	Марка битума	Кратковременный модуль упругости E, МПа, при температуре покрытия, °С				
		10	20	30	40	50
Плотный асфальтобетон и высокоплотный асфальтобетон	Вязкого БНД и БН:					
	50/70	3688	2091	1184	571	485
	70/100	2781	1526	938	589	448
	100/130	2062	1092	732	617	413
	130/200	1500	800	670	460	380
	200/300	1200	600	500	420	360

В 2018 году вышел ПНСТ 265-2018 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд». Который содержит в себе много недоработок. ПНСТ 265-2018 содержит терминологические неточности по тексту, отсутствует ряд необходимых нормативных ссылок. Плюс ко всему ПНСТ 256-2018 не стыкуется со многими действующими нормативными документами, предъявляющими технические требования к материалам, используемых для общестроительных работ, количественной оценке и критериев результатов качества. Не скорректированы расчетные характеристики материалов, укрепленных органическими вяжущими (в том числе местными) с учетом современных технологических признаков.

Обратим внимание на то, что расчетные характеристики ЦМА, ПБВ, РГ приведены, но без экспериментального обоснования. Так же, как и для плотного, высокоплотного асфальтобетонов. Попробуем сравнить расчетные характеристики для плотного и высокоплотного асфальтобетона, полученные по формулам 3-9, со значениями, представленными в ПНСТ 265-2018 (сравнительный анализ представлен в таблицах 8,9).

Таблица 8 - Сравнение расчетного значения модуля упругости при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

ОДН 218.046 -2001	П25 (ГОСТ 22245)	Е, Мпа	Расчетн ым путем	П25 (ГОСТ 33133)	Е, Мпа	ПНСТ 265	П25 (ГОСТ 33133)	Е, Мпа	Δ	%
Высоко плотны й	40/60	8600	Высоко плотны й	50/70	7130	Высоко плотны й	50/70	5800	1330	19
	60/90	6000		70/100	5532		70/100	4500	1032	19
	90/130	4600		100/130	4228		100/130	3600	628	15
Плотны й	40/60	6000	Плотны й	50/70	5169	Плотны й	50/70	5800	631	11
	60/90	4500		70/100	4102		70/100	4500	398	9
	90/130	3600		100/130	3211		100/130	3600	389	11

Таблица 9 - Сравнение нормативных значений кратковременного модуля упругости (при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и условию сдвигоустойчивости)

По расчетам	10	20	30	40	50
БНД 50/70	3688	2091	1184	251	485
БНД 70/100	2781	1526	938	226	448
БНД 100/130	2062	1092	732	201	413
По ПНСТ 265-2018	10	20	30	40	50
БНД 50/70	4500	3000	1800	1000	700
БНД 70/100	3300	2250	1300	950	600
БНД 100/130	2600	1500	900	750	550
Δ	10	20	30	40	50
БНД 50/70	812	909	616	749	215
БНД 70/100	519	724	362	724	152
БНД 100/130	538	408	168	549	137
%	10	20	30	40	50
БНД 50/70	18	30	34	75	31
БНД 70/100	16	32	28	76	25
БНД 100/130	21	27	19	73	25

По таблице 8 видно, что значения, полученные расчетным путем по формулам, значительно отличаются от значений, представленных в ПНСТ 265-2018, причем для высокоплотного асфальтобетона значения уменьшились, а для плотного увеличились. Разница между показателями колеблется от 389 МПа до 1330 МПа.

По таблице 9 можно аналогичным образом сравнить значения, представленные в ПНСТ 265-2018, кратковременного модуля упругости асфальтобетонов (при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и по условию сдвигоустойчивости), которые так же существенно выше значений, полученных расчетным путем по формулам (7-16). Разница между показателями колеблется от 137 МПа до 812 МПа.

Есть вероятность, что при анализе остальных показателей модуля упругости по ПНСТ 265-2018, результаты, полученные расчетным путем, будут значительно отличаться. Это говорит о том, что надежные расчеты конструкций дорожных одежд по таким показателям проводить нельзя.

Наиболее точными значениями будут являться те, которые определяются по зависимости от пенетрации битума. Метод и прибор определения относительной вязкости битума по показателю глубины проникания иглы (пенетрации) применяются в мировой дорожной практике со времен Г. Боуэна, предложившего в 1889 году первый пенетrometer для характеристики их условной вязкости. С тех пор показатели пенетрации в большинстве стран являются базовыми для разделения вязких дорожных битумов по маркам в диапазоне от 20 до $300 \times 0,1$ мм.

Список литературы:

1. ОДН 218.046-2001 Отраслевые дорожные нормы. Проектирование жестких дорожных одежд.
2. ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие».
3. ГОСТ 33133-2014 «Битумы нефтяные дорожные вязкие».
4. ПНСТ 265-2018 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование жестких дорожных одежд».

ТОНКОМОЛОТЫЙ ИЗВЕСТНЯК В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭФФЕКТИВНЫХ БЕТОНОВ

Куляев П.В., канд. техн. наук, доцент,
Соколов Р.В., ст. преподаватель

Тверской государственной технической университет
DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc304a0b4.71309160

Аннотация. Статья освещает роль тонкомолотой известняковой добавки в различных аспектах ее применения. Среди инертных и псевдоинертных добавок в бетон, карбонатные добавки относятся к наиболее значимым. Отмечается, что частицы тонкомолотого известнякового порошка, при условии равномерного распределения внутри матрицы композита, играют важную роль в управлении процессом твердения бетона. Данный вопрос рассматривается в свете внутренних процессов заполнения известняковым порошком матрицы, уплотнения структуры композита через воздействие на процесс гидратации и окутывания цементных ядер, армирование матрицы на микроуровне, что повышает прочность, трещино- и кислотостойкость бетона.

Ключевые слова: тонкомолотый известняковый порошок, окутывание ядер цемента, армирование на микроуровне, сверхплотная упаковка частиц.

В настоящее время для модификации и улучшения конкретных свойств бетона почти неотъемлемым является применение тонкомолотого известнякового порошка [1]. Данный феномен объясняется свойствами тонкомолотого известнякового порошка взаимодействовать с компонентами клинкера бетона на физическом и частично химическом уровнях, при рассмотрении бетонной смеси, состоящей из матрицы, включающей воду, вяжущее, различные водоредуцирующие добавки и твердый скелет из заполнителей и наполнителей, встроенный в структуру формируемого монолита [2].

Физическая и химическая совместимость тонкомолотого известняка с вяжущим и твердыми компонентами бетона вытекают из свойств частиц известнякового порошка:

- Окутывать цементное ядро, тем самым способствуя лучшему и более равномерному распределению зерновых фракций внутри объема бетона;
- Микроармировать минеральную структуру бетона;

- Воздействовать на процесс гидратации через замедление процесса схватывания и снижения скорости быстрого непосредственного контактирования с ядрами.

Данные три свойства карбонатного микронаполнителя базируются на следующих отправных предпосылках:

1. Реализация модели плотнейших упаковок частиц.
2. Оптимальной гранулометрия зернового состава.
3. Оптимальные пропорции компонентов бетона.

Оптимальное распределение гранулярного состава было хорошо описано выражением Функа-Дингера, и экспериментально апробировано:

$$Y = 100 \cdot \left(\alpha + (1 - \alpha) \frac{D^n - D_{\text{нижн}}^n}{D_{\text{верхн}}^n - D_{\text{нижн}}^n} \right) \quad (1)$$

Цементы с тонкодисперсным известняковым порошком имеют в среднем на двадцать процентов большую удельную поверхность, а предел прочности бетона на его основе превышает значение вяжущего без добавки на пятьдесят процентов, особенно для образцов в раннем возрасте твердения.

Правильные дозирование, степень дисперсности и технология введения делают бетоны с включением минеральных известняковых компонентов более прочными и стойкими в агрессивных средах, чем бездобавочные бетоны [3].

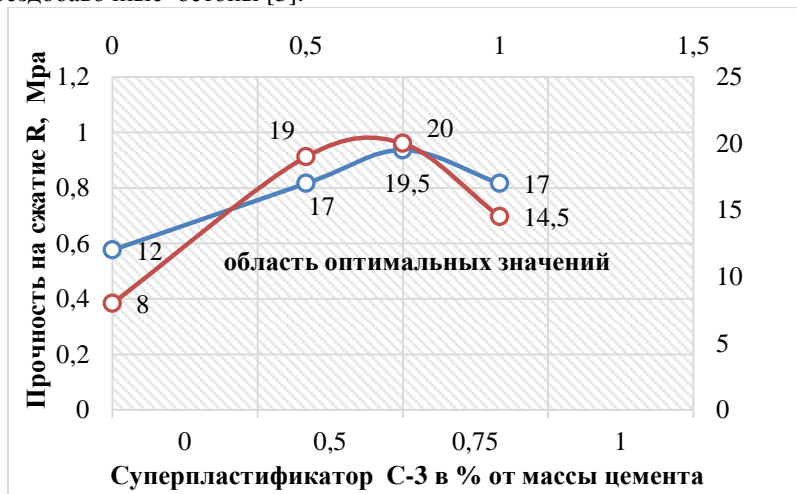


Рисунок 1 - Кубиковая прочность на сжатие в зависимости от количества водоредуцирующей добавки при Суд=450 м2/кг.

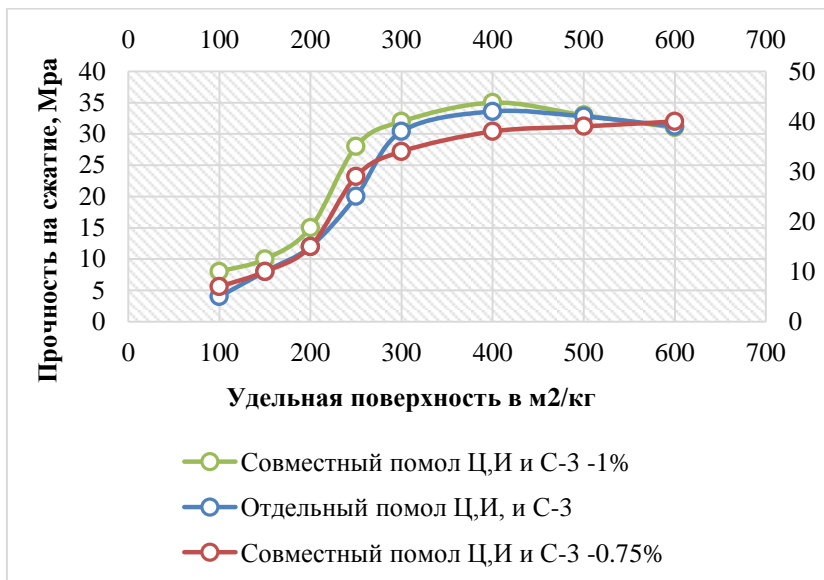


Рисунок 2 - Кубиковая прочность на сжатие в зависимости от удельной поверхности известнякового наполнителя

Выводы.

Тонкомолотая известняковая добавка в бетон имеет, как показали опыты, ряд преимуществ, таких как:

1. Экономия дорогого вяжущего до 25 % без заметного снижения механо-прочностных свойств бетона.
2. Сульфатостойкость при применении в морском строительстве благодаря увеличению времени твердения и химическим взаимодействием с алитом и трехкальциевым алюминатом.
3. Повышенная долговечность карбонатных композитов как следствие более равномерного распределения частиц в матрице бетона и более плотной их упаковки.
4. Снижение пористости благодаря переходу микротрещин из воздушной и капиллярной зоны в гелевую.

Список литературы:

1. Хозин В.Г., Хохряков О.В. Карбонатные цементы низкой водопоглощаемости // Технологии бетонов. 2009. № 11-12. С. 25.

2. Moser B; Pfeifer C: Microstructure and Durability of Ultra-High Performance Concrete. Proceedings of the Second International Symposium on Ultra High Performance Concrete Kassel, Germany March 05-07, 2008.
3. Рамачандран В.С. Руководство по аналитическим методам в науке о бетоне. Издательство William Andrew, LLC Норвич, Нью-Йорк, США, стр.990.

КОНЦЕПЦИИ ГЕОНИЧЕСКОГО ПОДХОДА В АРХИТЕКТУРНОМ ФОРМООБРАЗОВАНИИ

Лесовик В.С. д-р техн. наук, профессор,
Бычкова А.А., аспирант,
Черепанова И.А., аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc31025b5.70382836

Аннотация. В статье изложены ключевые методологические подходы появления нового перспективного направления архитектурной геоники, а также их место в иерархии научного знания. Приведены примеры реализации форм геонической архитектуры, направленные на улучшение комфортности пребывания человека в среде обитания.

Ключевые слова: геоника, архитектурная геоника, междисциплинарная наука, архитектурное формообразование, неживая природа.

Урбанистическое формирование последних десятилетий издавна подчинило себе образ жизни человека. В процессе жизнедеятельности человек находится под сложным воздействием материальных условий окружающей среды, которые во многом характеризуют его энергичность, трудоспособность и самочувствие. Фактически, мы стали обитателями искусственной «природы», созданной из стекла, бетона и пластмассы, сопоставимость которой с жизнью естественной экосистемы неуклонно стремится к нулю. И чем сильнее искусственная природа захватывает живую, тем более явственной делается потребность человека в природной, естественной гармонии.

В настоящее время тема повышения комфортности среды жизнедеятельности человека становится все более актуальной не только в рамках определенного города, но и в масштабе всей нашей планеты [1-5].

Одним из многообещающих направлений контраста городской среды является конкретизация места архитектурной геоники в иерархии научного знания, которая необходима для понимания ее целей и задач. Архитектурная геоника - это междисциплинарная наука, решающая инженерные задачи с учетом знаний, полученных при исследовании геологических и космохимических процессов. Зарождению архитектурной геоники предшествовали такие области познания, как

геофизика, геохимия, биотехнология и появление науки кибернетики и ее дифференциация на науки бионика и геоника.

Геоника изучает объекты неорганического мира с целью создания новых технологий производства материалов и оптимизации системы «человек-материал-среда обитания». Архитектурная геоника в свою очередь – одно из направлений науки геоники, пользующаяся ее методологией познания, но решающая более узкие архитектурные задачи: поиск положительного опыта неорганического мира, выявление функций и форм, применимых для нужд человека.

Неорганический мир проявляет себя в процессах и воздействиях, оказывающих на него влияние [6-11]. Образование объектов неорганического мира происходит по принципу минимизации энергии. В этом отношении геонический мир представляет собой наиболее технологически обоснованный или аргументированный способ объединения различных структур.

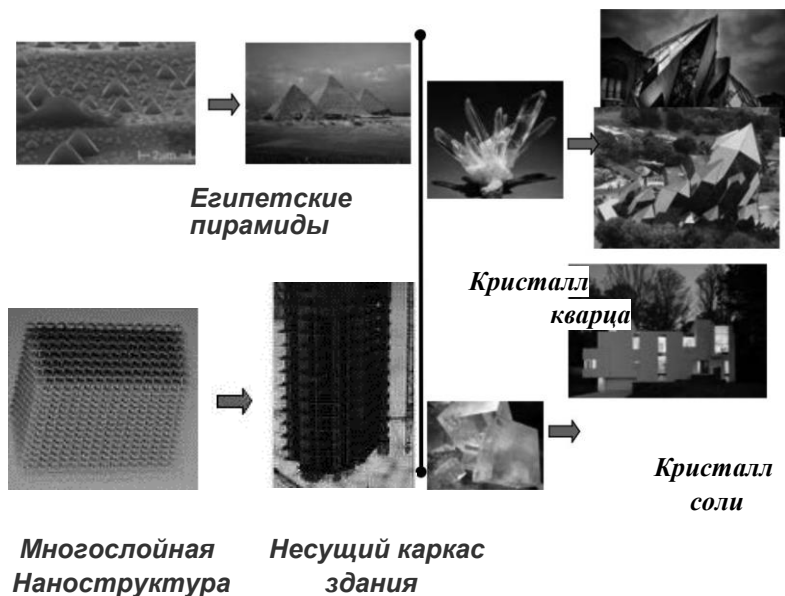


Рисунок 1 - Примеры соответствия кристаллической решетки минералов архитектурным постройкам

К объектам неорганического мира, которые могут стать предметом для подражания относятся структуры химических элементов и соединений, некоторые характеристики минералов, горных пород, формы выветривания и элементы космической тематики, см. рис.1.

Принципы формообразования неорганического мира необходимо описать для того чтобы перейти от эмоционального восприятия архитектурных аналогий к наиболее осозанным моделям, оперирующими параметрами углов, длин, понятиями симметрий и др. Одним из приемов для выделения характерных черт геонических форм является рассмотрение химических процессов ответственных за неорганические вещества.

Неорганические химические соединения могут находиться в твердом, жидком, газообразном и плазменном состояниях. Плазменные, жидкие и газообразные состояния не представляют для нас интерес, поскольку их формы в основном зависят от предоставленного им объема и их поверхностного натяжения. Цепочки неорганических соединений короткие, их формы также не представляют интерес с нашей точки зрения. Твердые тела делятся на кристаллические и аморфные. Частным случаем аморфного состояния является стекло. Аморфные тела могут рассматриваться как жидкость с большой вязкостью, также как жидкие, газообразные и плазменные состояния не представляют для нас интерес. Отличной от других агрегатных состояний геометрией расположения в пространстве обладают кристаллы.

Кристаллы – это твердые тела, в которых атомы или молекулы расположены закономерно, образуя трехмерную периодическую пространственную укладку – кристаллическую решетку. Так кристаллическую решётку имеют вещества графит и алмаз, оба этих вещества состоят только из атомов углерода, однако укладка их атомов в пространстве различна.

Исследованием структуры кристаллов, их симметрии и формы, взаимосвязи структуры, условий образования и свойств кристаллов занимается наука кристаллография [6]. Одним из важнейших понятий в архитектуре является симметрия, а научное формулирование понятия симметрии произошло именно в кристаллографии. Все кристаллы подразделяются на 7 сингонии, 32 класса симметрий, 230 простых форм. Все 230 простых форм были представлены и математически описаны Е.Ф. Федоровым. Форма кристалла имеет бесчисленное количество вариантов реализации в силу накладывающихся условий окружающей среды при их росте, но все их можно классифицировать.

Каждый кристалл имеет свое соотношение величин граней и ребер, на нем могут присутствовать такие грани каких нет на других кристаллах, но углы между соответственными гранями и ребрами одного и того же вещества являются постоянными.

Архитектурная геоника, как перспективное трансдисциплинарное направление, может способствовать снижению экологического прессинга на среду обитания человека, способствовать стремлению отойти от эстетического однообразия крупнопанельных зданий и типовых микрорайонов, подчеркнуть индивидуальность и выразительность объектов массового коттеджного строительства, обеспечить разработку и применение экономически эффективных методов и материалов.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Першина И.Л. Геоника. Влияние развития строительных материалов на концептуальность архитектурной формы // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 1152-1161.
2. Казлитина О.В., Лесовик В.С., Казлитин С.А. Фибробетон для монолитного строительства // Saarbuken, 2018.
3. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Крымова А.И. Синергетические принципы самоорганизации системы в теории твердения многокомпонентных порошковых композиций // Региональная архитектура и строительство. 2018. № 3 (36). С. 49-55.
4. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Сумской Д.А. Теплоизоляционные растворы пониженной плотности // Строительные материалы и изделия. 2018. Т. 1. № 1. С. 40-50.
5. Вешнякова Л.А., Фролова М.А., Айзенштадт А.М., Лесовик В.С., Михайлова О.Н., Махова Т.А. Оценка энергетического состояния сырья для получения строительных материалов // Строительные материалы. — 2012. — № 10. — С. 53—55.
6. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17–22.
7. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.
8. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.

9. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
10. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавногазобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
11. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
12. Лесовик В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Изв. вузов. Строительство. 1994 № 7, 8 С. 96–100.

КОНЦЕПЦИЯ МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТАХ

Лесовик В.С., докт. техн. наук, профессор,
Фомина Е.В., канд. техн. наук, доцент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc31b3d85.22803254

Аннотация. В условиях эксплуатации строительного материала первым важным фактором изменения его термодинамической нестабильности является взаимодействие с окружающей средой. С учетом трансдисциплинарных исследований геоники на основе природоподобия рассмотрены общесистемные закономерности метасоматоза, где принципиальное значение имеет исследование комплекса минимизированных термодинамических потенциалов, присущих отдельной метасоматической колонки. Термодинамическая модель метасоматических процессов должна учитывать энергетический потенциал высокоразвитой поверхности строительного композита, обусловленный структурно-топологическими особенностями обрванными частицами различного генетического типа.

Ключевые слова: техногенный метасоматоз, геоника, трансдисциплинарность, экология, строительный композит.

Для решения современных инженерных задач, при создании строительных композитов защищающих человека от воздействия техногенных факторов окружающей среды в рамках трансдисциплинарного научного направления – «геоника» («геомиметика») развивается теория техногенного метасоматоза в строительном материаловедении [1-3]. Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении – это эволюционное приспособление строительных материалов к новым термодинамическим условиям, способствующим преобразованию свободной поверхностной энергии строительных материалов в связанную при синтезе новых соединений, возникающих за счет взаимодействия веществ внешней среды с компонентами строительных материалов [4]. Это направление базируется на общих принципах геологии, где научно обосновано, что долговечность горной породы зависит от обменных процессов взаимодействия с окружающей средой [5].

Следуя модели Коржинского–Фишера–Джостена [6] особую важность в оценке метасоматических преобразований играет

информация о химическом составе минералов и текстурно-структурные особенности пород. Геометрия поверхностных топографических особенностей играют важную роль в формировании термодинамически стабильных систем. Топологические особенности поверхности цементобетона складываются из макро- и микрошероховатостей поверхности на макро-, микро-, и наноуровне, что приводит к формированию сложных иерархических систем и модификации поверхностной энергии бетона. Это термодинамически открытые системы, которые работают далеко от термодинамического равновесия за счет обмена энергией, материей и энтропией с окружающей средой, что определяет условия метасоматических образований.

Учитывая анизотропию состояния твердого строительного материала, метасоматоз начинается в наиболее уязвимых зонах контакта поверхностного слоя и протекает не повсеместно, а локально, образуя так называемые метасоматические колонки. Скорость диффузии и замещения в таких процессах могут быть стимулированы различными дефектами, дислокационными и точечными нарушениями кристаллов, микротрещинами, микровключениями, пористостью.

Понятие «теория метасоматической зональности» разработано Д.С. Коржинским [7] на основе обобщения достижений физической химии и петрологии. Из этой теории следует, что резко ограниченные минеральные зоны возникают в результате направленного массопереноса и одновременного изменения концентраций компонентов в растворе и породе вследствие химических реакций; при этом система в целом неравновесна, что согласуется с основными закономерностями, наблюдаемыми при преобразовании строительных композитов в условиях их эксплуатации.

На рисунке 1 очевидно сходство метасоматических процессов искусственных и природных объектов с образованием зон проникновения внешних веществ в структуру материала.



Рисунок 1 - Метасоматические колонки на поверхности бетона в условиях карбонатной коррозии и метасоматическая горная порода - грейзен

Коррозия бетона и железобетона, это лишь часть общей сущности техногенного метасоматоза. Для метасоматических преобразований можно априорно принять многовариантность сочетаний процессов, обеспечивающих весьма широкое разнообразие. Накопился обширный материал по особенностям геологических проявлений метасоматоза, характеризующий это явление не только как необычайно разнообразное по результатам, но и содержащее, в целом, ряд естественных противоречий и парадоксов [8, 9].

Придерживаясь молекулярно-кинетической концепции минералообразования при изучении техногенного метасоматоза строительных композитов в неравновесной системе предложенной Л.И. Шабалиным [10], следует обратить внимание на энергетические свойства поверхности материалов, эти вопросы остаются нераскрытыми в геологических науках.

Энергетическим критерием в процессах метасоматических преобразований строительного композита может быть свободная внутренняя энергия породообразующих минералов и пород в целом. Энергетический потенциал породы зависит от генетических особенностей. С учетом генезиса минералы в различной степени подготовлены к производству тех или иных строительных материалов.

Эта интеграционная характеристика определяется результатом движения и взаимодействия частиц (кластеров, молекул, атомов, ионов и т.д.); дефектностью кристаллической решетки породообразующих минералов; наличием включений минералообразующей среды, газа,

жидкости; степенью кристалличности минералов; структурой и текстурой горных пород, постгенетическими изменениями и другими параметрами, которые способствуют снижению энергозатрат при производстве строительных материалов [4, 11-13]. Кроме этого на формирование энергетического потенциала сырья техногенного генезиса, оказывает влияние техногенная активация (взрыв, дробление, обогащение и т.д.).

Таким образом, оптимизация составов вяжущих с учетом энергетической активности полиминеральных частиц позволит регулировать структуру строительного композита и является необходимым для создания термодинамически устойчивой системы способной противостоять воздействию внешних агрессивных факторов в процессах метасоматоза.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-03-00352; программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования на базе Центра Высоких Технологий, БГТУ им. В.Г. Шухова

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Фомина Е.В., Айзенштадт А.М. Некоторые аспекты техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // Строительные материалы. 2019. № 1-2. С. 100-106.
2. Лесовик В.С., Фомина Е.В. Кристаллогенетические аспекты техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: сб. трудов по материалам междунар. науч.-практ. конф., посв. 70-летию заслуж. деят. науки РФ, член-корр. РААСН, д.т.н., проф. В.С. Лесовика. // БГТУ им. В.Г. Шухова (15-16 марта 2016 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 151-156.
3. Lesovik V.S., Erofeev V.T., Fomina E.V., Kozhukhova M.I., Volodchenko A.A., Tolstoy A.D. Technogenic metasomatose in construction material science. // 20. Internationale Baustofftagung. Weimar, 12 - 14 September 2018. Bundesrepublik Deutschland. Vol. 2. Pp. 2523-2527.
4. Lesovik V.S. Geonika (geomimetics). Implementation examples in construction material science. Belgorod: BSTU. 2016. 287p.
5. Жариков В.А. Метасоматизм и метасоматические породы. М.: Научный мир. 1998. 442 с.
6. Ревердатто В.В. Развитие представлений Д.С. Коржинского о локальном равновесии минералов при метаморфизме (к 110-летию со дня рождения) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 3. С. 329-337

7. Коржинский Д.С. Избранные труды. Основы метасоматизма и метамагматизма. М.: Наука. 1993. 239 с.
8. Горохова М.С. Парадоксы метасоматоза растительного и животного вещества и проблемы биоминералогии // Минералогия техногенеза. 2012. № 3. С. 190–201.
9. Поспелов Г.Л. Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза. Новосибирск: Наука. 1973. 353 с.
10. Шабалин Л. И. Основы молекулярно-кинетической концепции рудо- и магмообразования. Новосиб.: СНИИГГиМС. 2002. 204 с.
11. Трунов П.В., Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа помола на энергоемкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 37–39.
12. Фомин А.Е., Лесовик В.С., Глаголев Е.В. Повышение активности кварцосодержащего сырья различного генезиса при помоле/ Инновационные материалы и технологии в дизайне: сб. тезисов докладов III Всерос. науч.-технич. конф. // СПбГИКиТ (Санкт-Петербург 23–24 марта 2017 г.), СПб.: Изд-во СПбГИКиТ, 2017. С. 104–105.
13. Кожухова Н.И., Фомин А.Е., Лашина И.В. Некоторые аспекты повышения долговечности строительных материалов // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: мат-лы III Международной научно-технической конференции, г. Белгород, 14-15 ноября 2017 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. С. 48-49.

ГЕОНИКА. ГЕОММИМЕТИКА КАК ПРИНЦИП ОПТИМИЗАЦИИ ТРИАДЫ «ЧЕЛОВЕК-МАТЕРИАЛ-СРЕДА ОБИТАНИЯ»

Лесовик В.С. д-р техн. наук, профессор,

Першина И.Л. ст. преподаватель,

Бычкова А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический

университет им. В.Г. Шухова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc32812a8.73262286

Аннотация. В статье изложены основные формообразующие подходы нового перспективного направления архитектурной геоники и их место в иерархии научного познания. Геоника - это инновационное направление науки, которое вобрало в себя все лучшее от природы: рельефы, контуры и формы. Приведены примеры реализации форм геонической архитектуры, направленные на улучшение комфортности пребывания человека в среде обитания.

Ключевые слова: геоника, геонический стиль, архитектурная геоника, междисциплинарная наука, архитектурное формообразование, неживая природа, синтез природы и технологий.

В настоящее время использование принципов природосообразности в формообразовании приобрело новое качество, получило название архитектурно - геонического прогресса и стало одним из трендов архитектуры в мировой строительной. Архитектурная геоника - это междисциплинарная наука, решающая инженерные задачи с учетом знаний, полученных при исследовании геологических и космохимических процессов [1-5]. Ее можно назвать архитектурным направлением будущего, целью которого является синтез природы и современных технологий [6-8].

Архитектурная геоника способствовала появлению новых, функциональных и оригинальных по своим эстетическим качествам архитектурных форм. Данное специфичное явление не могло не вызвать интерес архитекторов и инженеров со всего мира в решении не только технических, но и архитектурных задач.

Благодаря постоянно меняющемуся балансу желаний и взаимодействию пространственных возможностей у человека возникает ощущение движения в покое и ощущение покоя в движении пространства в геоническом строительстве.

Постоянство и трансформация, симметрия и асимметрия, защищенная интимность и широкая открытость взаимодействуют между собой в хрупком равновесии. В мире все взаимозависимо, нет вещей и фактов, которые не были бы связаны напрямую или между собой. Здесь не существует барьеров между органической и неорганической природой, есть законы, объединяющие весь мир в единое целое и дающие начало объективной возможности использования в искусственно созданных системах законов и принципов построения природы и ее форм. В ее основе лежит биологическая связь человека и окружающего мира.[9]

Архитектурная геоника позволяет создавать архитектурные ансамбли, малые архитектурные формы, новые цветовые параметры, используя «опыт» неживой природы. Природа, как прекрасный архитектор, создает уникальные по красоте, цвету и формообразованию объекты неорганического мира. К объектам неорганического мира, которые могут стать предметом для подражания, относятся структуры и кристаллические решетки минералов. Впечатляюще по своей масштабности выглядит один из символов Брюсселя — Атомиум, спроектированный архитектором Андре Ватеркейном к открытию Всемирной выставки в 1958 г. как символ атомного века и мирного использования атомной энергии. [10] Атомиум – это увеличенный в 165 миллиардов раз фрагмент кристаллической решетки железа (рис. 1). Высота Атомиума составляет 102 метров, вес — около 2400 тонн, а диаметр каждой из девяти сфер — 18 метров.



Рисунок 1 – Атомиум. Брюссель, Бельгия

Следует подчеркнуть, что архитектурная геоника не только решает функциональные вопросы архитектурного формообразования, но и открывает перспективы в поиске принципов оптимизации системы «человек-материал-среда обитания», учит инженеров и архитекторов мыслить синтетическими системами и природообразующими формами.

Архитектурно-геонические модели используются зодчими различных стран при проектировании зданий и малых архитектурных форм. Одним из ярких примеров геонического подхода в формообразовании является Королевский музей Онтарио (Канада). [11] Идея архитектора Даниэля Либескинда заключается в расширении канадского Королевского музея Онтарио при помощи придания зданию формы гигантского сверхсовременного кристалла, состоящего из 25% стекла и 75% алюминиевых композитов (рис. 2).



Рисунок 2 - Королевский музей Онтарио. Торонто, Канада.

Геонический стиль - это синтез природных форм и высоких технологий, а так как быстрота современной жизни жителей крупных мегаполисов создает определенные стандарты жизненного пространства, одним из важнейших критериев качества современного жилья является его функциональность и комфорт.[12-14]

Таким образом, архитектурная геоника позволяет специалистам разрабатывать новую тектонику архитектурных ансамблей, использовать достижения неорганического мира, проектировать сооружения, органически вписывающиеся в среду обитания в соответствии с геоморфологией, климатом, культурными традициями и т. д. Во все времена архитектура характеризовалась

двойственностью: с одной стороны, она была органична и соответствовала законам природы, с другой - искусственна, так как соответствовала идеалам, завещанным Евклидом. Новое научное направление решает не только чисто практические вопросы органической среды обитания, создания конструктивных элементов, форм, пространства и др., но и способствует улучшению чувственного и эмоционального состояния человека, его творческого потенциала, гармонизации функций здания и окружающей среды и в целом оптимизации триады «человек — материал — среда обитания».

Список литературы:

1. Лесовик В. С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Известие вузов. Строительство. 1994. № 7, 8. С. 96-100.
2. Лесовик В. С. Геоника. Предмет и задачи. Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. 213 с. Лесовик В.С. Геоника. Предмет и задачи. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012 213 с.
3. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
4. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
5. Volodchenko A.N., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Bogusevich G.G. Energy saving raw materials for the production of new generation silicate materials / International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 4. С. 22673-22686.
6. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
7. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
8. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
9. Лебедев Ю.С. Архитектура и бионика. – М.: Стройиздат, 1990. –

269 с.

10. Лесовик В.С. Архитектурная геоника. Взгляд в будущее // Вестник ВГАСУ. Сер. Стр-во и архит. 2013. № 31 (50). С. 131-136.
11. PhotoTravelGuide — достопримечательности мира [Электронный ресурс]. URL: [http:// phototravelguide.ru/muzei-teatr/muzei-ontario-kanada/](http://phototravelguide.ru/muzei-teatr/muzei-ontario-kanada/)
12. Федоров Е.С. Симметрия и структура кристаллов. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1949. – 630 с.
13. Бурдина Н.А. Аспекты психического воздействия геометрии формы пространства интерьера на жизнедеятельность человека: дис. канд. техн. наук: 18.00.01: защищена 2004 / Бурдина Наталия Александровна; УралГАХА, Екатеринбург, 2004. 163 с.
14. Пастухов А.В. Концепция символического каркаса городской среды, дис. канд. арх. М., 1989. с. 5

ГЕОНИКА. ГЕОММИМЕТИКА КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лесовик В.С., д-р техн. наук, профессор,
Шаталова С.В., аспирант,
Азизов В.Г., студент,
Богун Н.В., студент,
Семиохина В.А., студент,
Галкина А.А., студент,
Новоселова А.А. студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc337fff4.93075323

Аннотация. В статье рассматривается возможность разработки строительных материалов, целенаправленно взаимодействующих с инфракрасным излучением, что позволит повысить комфортность пребывания людей в своих жилых помещениях, как при традиционном конвективном способе отопления, так и при инфракрасном.

Ключевые слова: комфорт, системы ИК обогрева, строительные материалы

История развития человечества на всём своём протяжении тесно переплетена с совершенствованием строительных материалов и технологий возведения построек и сооружений [1-5].

Постиндустриальное общество, к которому, как принято считать, перешло (или находится в процессе трансформации) большинство экономически развитых стран, «породило» новые ценности, важнейшей из которых является человеческий капитал. В новом свете встали вопросы, связанные со строительством. В частности, особое внимание теперь уделяется комфорту как состоянию внутреннего удовлетворения человека, возникающего под влиянием каких-либо благоприятных условий, обстоятельств и т.п. [6-12].

Согласно представлениям строительной теплофизики, комфортность тепловой обстановки помещения имеет большое значение в поддержании хорошего самочувствия, работоспособности и здоровья человека, так как большинство людей проводит в помещениях более 85% своей жизни. В свою очередь, температура внутренней поверхности ограждающих конструкций играет большую роль в формировании микроклимата помещения [13].

Важным моментом является то, что при выборе материала для стен и перекрытий, в расчёт берётся только два свойства, напрямую характеризующие его способность участвовать в теплообменных процессах – теплопроводность и теплоёмкость. Связь данных показателей с составом, структурой, технологическими параметрами изготовления материалов и др. рассмотрены в большом количестве научных работ, что позволяет целенаправленно добиваться нужной величины.

Влияние тех же параметров на способность строительных материалов (за исключением светопрозрачных) участвовать в конвективном и лучистом теплообмене, применительно к целенаправленному формированию микроклимата помещений, как правило, не рассматривается. В стандартных методиках расчётов учитываются через усреднённые коэффициенты.

Сами по себе процессы конвекции и излучения досконально изучены физикой, что открывает возможность целенаправленно формировать у строительных материалов связанные с ними свойства. В свою очередь это позволит получить дополнительный инструмент повышения комфортности среды обитания человека и снижения энергозатрат за счёт более рационального их распределения.

В основу прогнозирования свойств таких строительных материалов положен процесс обнаружения геологических и биологических материалов по видимым и ближним инфракрасным (ИК) спектроскопическим измерениям, что реализует системный подход и основные теоретические положения, сформулированные в рамках научного направления Геоники.

По этой же причине, в рамках внедрения в практику элементов концепции Зелёного строительства интерес представляют системы лучистого отопления помещений. Данные технологии не являются новинками, однако широкого распространения в своё время они не получили, применяясь в основном для решения специальных задач.

Для широкого практического внедрения систем ИК обогрева помещений необходимо стремиться максимально снизить плотность потока излучения в зоне возможного пребывания человека без снижения его общей мощности. Это возможно за счёт его перераспределения путём многократного отражения и переизлучения поверхностями с изменением направления потока. Т.е. для создания безопасных и комфортных условий ИК лучи должны распространяться не только в направлении излучатель-человек, но и в перпендикулярных ему плоскостях. При этом, в целях сохранения эстетических

показателей, функция перераспределения ИК излучения должна обеспечиваться строительными материалами, используемыми в помещении.

Указанный способ управления распределением потоков энергии предполагает новые возможности по формированию микроклимата в помещении, в частности:

- регулирование влажности наружных стен за счёт поддержания необходимой температуры их поверхности;
- подачу дополнительного количества энергии к наиболее холодным участкам поверхностей помещений;
- осуществления микроклиматического зонирования помещений;
- возврата части энергии нагретого воздуха верхней части помещения в зону пребывания человека.

Решение данных вопросов возможно за счёт изучения свойств строительных материалов по взаимодействию с ИК излучением, разработки принципов проектирования строительных композитов с требуемыми свойствами.

Способность материалов тем или иным образом взаимодействовать с ИК излучением зависит от ряда факторов:

- температуры источника излучения (спектра излучения) или длины волны при монохроматическом излучении;
- химического и минералогического составов;
- температуры материала;
- особенностей строения поверхности и толщины слоя материала;
- угла наклона поглощающей поверхности по отношению к основному направлению распространения ИК лучей;
- влажности материала.

Данные факторы влияют на формирование таких характеристик материала как коэффициенты отражения ρ , поглощения α и пропускания τ , степени черноты поверхности, плотности теплового потока.

Следует учитывать, что большинство указанных факторов взаимосвязаны, т.е. формируются в результате взаимодействия внутренних и внешних аспектов, поэтому при анализе тех или иных явлений необходимо учитывать условия проведения испытаний.

Исходя из выше сказанного следует, что разработка широкой гаммы строительных материалов, целенаправленно взаимодействующих с инфракрасным излучением, позволят повысить комфортность пребывания людей в своих жилищах как при традиционном

конвективном способе отопления, так и при инфракрасном. Сокращение расхода энергии для отопления по предварительным расчётам должно составить 5...10%, за счёт создания оптимального распределения температур, в частности исключения перегретых зон. Дополнительное снижение энергозатрат, при создании подобных материалов, сулит использованием композиционных вяжущих вместо традиционного портландцемента.

Список литературы:

1. Проблемы строительного материаловедения и новые технологии Межвузовский тематический сборник научных трудов // Государственный комитет Российской Федерации по высшему образованию, Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов, Ассоциация ученых в области строительного материаловедения. Белгород, 1995. Том Часть 1
Фундаментальные проблемы строительного материаловедения
2. Синергетика в современном мире Сборник материалов Международной научной конференции // 2001. Том Часть III
3. Производство строительных материалов, изделий и конструкций учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 653500 "Строительство" // Д. И. Гладков [и др. ; под общ. ред. В. С. Лесовика]; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород, 2008.
4. Лесовик В.С., Савин Д.В., Тольпина Н.М. Модифицированный безгипсовый портландцемент для монолитного строительства монография // Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород, 2009.
5. Лесовик В.С., Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В. Смесь для пенобетона на основе наноструктурированного вяжущего (варианты), способ изготовления изделий из пенобетона (варианты) // патент на изобретение RUS 2412136 21.09.2009
6. Лесовик В.С., Перькова М.В., Бабаев В.Б. Архитектурная геоника как междисциплинарное направление в архитектурной науке и практике // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 74–79.
7. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Практика использования закона сродства структур для проектирования эффективных композитов // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 156-163.
8. Дауиг С. «Зелёные» здания в России и зарубежом // Вестник центра Организации объединенных наций по промышленному развитию UNIDO в России. 2012. №8. С. 72-79

9. Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Евсюкова А.С., Кузьмина Т.С., Бурьянов А.Ф. Композиционные гипсовые вяжущие для "зеленого" строительства: // В сборнике: Научно-практические технологии и инновации международной научно-практической конференции. 2016. С. 443-449.
10. Chernysheva N.V., Lesovik V.S., Drebezgova M.Yu., Shatalova S.V., Alaskhanov A.H. Composite gypsum binders with silica-containing additives // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Material Science in Mechanical Engineering" 2018. С. 032015.
2. Terman M, Terman JS Light Therapy for Seasonal and Nonseasonal Depression: Efficacy, Protocol, Safety, and Side Effects CNS Spectr. 2005. №10(8). Pp. 663 - 672
3. Лесовик, В.С. Новая парадигма создания композитов для стройиндустрии // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 17-24
4. Walter Blasi. Строительная физика / Verlag Europa Lehrmittel. Nourney. Vollmer GmbH & Co. 2001

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПОРОД И ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ НИХ

Лесовик Г.А., канд. техн. наук, доцент,
Щигорев Д.С., аспирант,
Тольпин Д.А., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc343a229.79112892

Аннотация. В работе показано, что методы определения реакционной способности минералов с использованием повышенных концентраций щелочей и нагрева не моделируют реальные условия взаимодействия щелочей с заполнителями бетонов. Установлена зависимость между поглощением извести и содержанием растворимого кремнезема в породе.

Ключевые слова: заполнитель, щелочи, кремнезем, деструкция

Доменный гранулированный шлак, нефелинсодержащие породы, перлит и др., достаточно энергично вступают в реакцию с гидроксидом кальция, содержащимся в жидкой фазе бетонов. Если цемент содержит в большом количестве K_2O и Na_2O , или они поступают из внешней среды, то это может привести к взаимодействию щелочей с кремнеземом заполнителя [1–2]. Однако на практике доменный гранулированный шлак успешно используется в Японии, США и других странах как заполнитель для бетона, хотя он активно реагирует с $Ca(OH)_2$ и щелочами. Это позволяет предположить, что опасность реакции заполнителей со щелочами преувеличена. Возможно, что деформации расширения могут быть вызваны процессами, происходящими в цементном камне независимо от заполнителя. Заполнитель относится к потенциально реакционноспособным если в нем содержится более 50 ммоль/л растворимого кремнезема (ГОСТ 8269.0-97). В соответствии с этим доменные гранулированные и топливные шлаки, другие техногенные и природные материалы, используемые в качестве заполнителей для бетонов, обладающие активностью по поглощению извести, сравнимую с нормативными требованиями ($SiO_2=50$ ммоль/л) могут быть отнесены к потенциально реакционноопасным. Поэтому исследование внутренней коррозии, вызванной реакцией заполнителя со щелочами цемента, является актуальной проблемой.

Проанализировав данные, приведенные в [3] было установлено, что наблюдается линейная зависимость между активностью неорганических соединений по поглощению извести и содержанием растворимого SiO_2 . Данная зависимость позволяет прогнозировать реакционную способность пород и заполнителей из них (рис. 1).

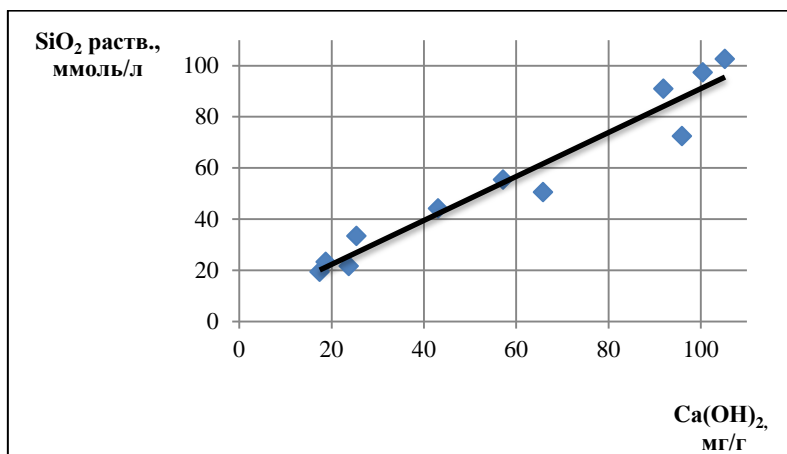


Рисунок 1 – Взаимосвязь между содержанием растворимого кремнезема в породе и поглощением извести

В различных странах достаточно широко используются в качестве заполнителей бетонов, в том числе для дорожных конструкций, эксплуатирующихся в жестких условиях, доменные, топливные и электротермофосфорные шлаки [1-7]. Это свидетельствует о том, что содержание растворимой кремнекислоты в заполнителе не всегда может служить ограничением к их использованию. Необходимо отметить, что часто наблюдается деструкция бетонных изделий на заполнителях, которые содержат растворимой кремнекислоты гораздо меньше нормативной величины (50 ммоль/л) [8-11].

В настоящее время разработано огромное количество методов, совершенно разносторонних, в отличие, например, от испытаний на сульфатостойкость. Такое многообразие может быть объяснено нестабильностью результатов при проведении испытаний, обусловленной применением повышенных концентраций щелочей и температур. Применение пропарки или автоклавной обработки для ускорения реакций щелочей и заполнителей приводит к изменению

физико-химии процессов, в результате они становятся неадекватны реальным условиям. Использование таких методов приведет к отбраковыванию качественного заполнителя, что ограничит сырьевую базу. Для получения надежных адекватных результатов необходимо проводить испытания в условиях, приближенных к реальным. Применение высоких температур и концентраций щелочей при подобных испытаниях недопустимо, так как в таких условиях даже кварц реагирует с известью. По данным А.В. Волженского [12] у природного кварца, с растворимостью 4 мг/л (при $t=20^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=6,7$), при повышении температуры и щелочности среды растворимость увеличивается до 75 мг/л ($t=22^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=12,8$) и до 470 мг/л при $t=100^{\circ}\text{C}$. Фактически при нагревании до 100°C активность кварца приблизительно в 12 раз превышает нормативные требования по растворимости в щелочах. Кеннеди, Блэнкс, другие исследователи считают, что температура при проведении испытаний не должна превышать $40-55^{\circ}\text{C}$, так как это приводит к изменению фазового состава продуктов гидратации. Считаем, что это обоснованно, так как в летний сезон поверхность бетонных изделий и конструкций может разогреваться до температуры 45°C .

Таким образом, существующие методы определения реакционной способности минералов, входящих в состав заполнителей с применением повышенных концентраций щелочей и, особенно, нагрева до 85°C , не моделируют реальные условия взаимодействия щелочей с заполнителями бетонов. В этой связи целесообразно использовать такие методики испытаний, при которых концентрации щелочей и температура соответствуют реальным условиям эксплуатации.

Список литературы:

1. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
2. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего / Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
3. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6-11.

4. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
5. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17–22.
6. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Стаинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.
7. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству / Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
8. Рояк Г.С. Внутренняя коррозия бетона. Тр. ЦНИИС. М., 2002. № 210. 156 с.
9. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М., Балес А.А. Обоснование оптимальных условий ускорения испытаний на внутреннюю коррозию// Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 11. С. 101–104.
10. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов/О.П. Мчедлов-Петросян.-2-е изд. перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1988. 304 с.
11. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.И. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1984. 255 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Лесовик Р.В. д-р техн. наук, профессор,

Алласханов А.Х. канд. техн. наук,

Ахмед Ахмед Анис Ахмед, аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc34df071.31067072

Аннотация. В настоящее время одной из ключевых проблем в мире является большое скопление строительных отходов в результате военных действий и сноса различных объектов. Благодаря техногенным и природным аномалиям на планете Земля очень много разрушенных городов, населенных пунктов, домов и т.д. И стоит вопрос о том, как отстраивать эти города и как использовать части разрушенных зданий и сооружений.

Ключевые слова: строительные отходы, окружающая среда, эффективные композиты

Один из моментов - это всё вывезти, какие-то отрицательные формы рельефа, складировать, закрыть грунтами, посадить сверху лес, и производить новые строительные материалы и из них отстраивать эти города и населенные пункты и т.д. Но это очень дорогостоящее мероприятие. Второй выход из создавшейся ситуации – это использование фрагментов разрушенных зданий и сооружений для создания строительных материалов, и из них уже ремонтировать и строить здания и сооружения, которые разрушены. Это предполагает: первое – исследование распространения этих разрушенных городов по территории всей планеты; вторая задача, которая стоит здесь – это подсчет объемов фрагментов разрушенных зданий и сооружений; третье – это классифицирование этих объектов по использованию стеновых материалов (бетон, железобетон, силикаты, блоки из известняка, ракушечника) и затем оценка объемов всех этих фрагментов, отбор представительных проб и исследование возможности получения на этом сырье строительных материалов нового поколения. Эта задача как раз решается мною в рамках выполнения кандидатской диссертации на тему «эффективные композиты с использованием сырья разрушенных зданий и сооружений Ирака» сырьевых ресурсах Провинции Аль-Анбар города Эр-Рамади –Ирака.

Подсчет и оценка региона разрушенных зданий и сооружений по этим пунктам позволили мне сделать вывод о том, что основные фрагменты зданий и сооружений у нас состоят из железобетона, кирпича и известняка. Отобраны фрагменты зданий и сооружений, установлен характер разрушений в зависимости от конструктивных форм, т.е. если конструкция железобетонная – разрушение происходит одним образом (рис.1-а), кирпичная – по-другому и т.д. (рис.1-б).



(а)



(б)

Рисунок 1- (а) разрушение железобетонной конструкции,
(б) разрушение кирпичного здания

Предполагается следующая схема утилизации – если здание разрушено не полностью, его можно реконструировать, это один подход, (рис. 2-а). Если здание не подлежит реконструкции, (рис.2-б) то тогда необходимо точечными зарядами взрывчатки взорвать так, чтобы оно сложилось полностью и затем из этих разрушенных фрагментов получить дробление – щебень, разделить их на фракции щебня, затем фракции песка, а пылевидную часть использовать как компонент композиционных вяжущих.



(а)



(б)

Рисунок 2- (а) здание разрушено не полностью,
(б) здание не подлежит реконструкции

И затем в зависимости от характеристик фракций щебня, в том числе прочности, дробимости и т.д. уже проектировать возможные составы бетонных смесей. Если фрагменты зданий и сооружений слабые, то там можно проектировать бетонную смесь класса В15, В20, если более прочные, то В25, В30 и т.д. таким образом классифицировать фрагменты. Затем после классификации и получения композиционных вяжущих получаем бетон на этой основе. Отобраны и изучены пробы, и на фрагментах разрушенных зданий и сооружений получены мною композиционные вяжущие. Теоретической основой развития материаловедения является новое трансдисциплинарное направление геоника (геомиметика) в строительном материаловедении. Исследование геоматериалов (состав, свойства) и их взаимодействие с окружающей средой, изучение реакции горных пород при физических и химических воздействиях [1]. Хотя новые технологии по строительству постоянно совершенствуются, основной целью данной идеи является «зеленое строительство» и оптимизация системы «Человек-материал-среда обитания» [2,3].

Таким образом, предложены теоретические подходы и начата их практическая реализация по эффективному использованию фрагментов зданий и сооружений. Одним из самых актуальных решений этой проблемы в республике Ирак является использование отходов из разрушенных зданий и сооружений в бетонной смеси. Это экономичное и экологичное решение, которое одновременно может улучшить физико-механические свойства бетона.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 287 с.
2. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.В. Повышение эффективности работы с наномодификаторами / Строительные материалы. 2011. № 12. С. 60-62.
3. Мосьпан А.В. Теплоизоляционно-конструкционный силикатный материал с использованием активных гранулированных заполнителей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2012. 23 с

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Лесовик Р.В., д-р техн. наук, профессор,
Володченко А.А., канд. техн. наук, доцент,
Швецов А.В., магистрант,
Поспелов М.А., магистрант,
Минакова А.В., магистрант,
Гладких Е.А., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc35a8670.21670175

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос использования отходов промышленности для создания строительных композитов, в частности неавтоклавных силикатных материалов на основе нетрадиционных глинистых пород.

Ключевые слова: Неавтоклавные силикатные материалы, глинистые породы, алюмосиликатное сырье, тепловлажностная обработка.

В настоящее время важной задачей является использование различных отходов горной промышленности для создания строительных материалов различного назначения. Решение этой проблемы позволит улучшить качество строительных материалов, снизить издержки производства, расширить ассортимент, а также решить многие экологические проблемы, связанные с загрязнением территории, близкой к ГОКа.

Горнодобывающие предприятия ежегодно обрабатывают миллиарды тонн различных пород, которые содержат полезные ископаемые. Масса обогащенной руды и изделий из камня в лучшем случае составляет 30-50%, все остальное в виде отходов идет в отвалы. Большая часть горнодобывающих предприятий расположены в промышленных регионах страны. В этих областях обширные районы заняты пахотными землями и другими сельскохозяйственными потребностями, а хранилища и свалки разрушают многие тысячи гектаров плодородных земель. Следовательно, окружающая среда подвергается большому экологическому ущербу, который может быть уменьшен путем комплексной обработки, обеспечивая высокий выход полезных продуктов из природного минерального сырья [1].

Предприятия по производству силикатных материалов имеют возможность использовать нетрадиционное сырье и внедрять энергосберегающие технологии [2-5].

В последнее время большое внимание в научной литературе уделяется изучению вопроса использованию нетрадиционного сырья в промышленности строительных материалов.

Изучение и внедрение эффективных составов строительных материалов нового поколения на основе нетрадиционного сырья должно основываться на изучении физико-химических и технологических процессов твердения [5-7].

Например, теория искусственных строительных конгломератов, И.А. Рыбьева [8], может быть фундаментальной основой для создания энергоэффективных строительных композитов для зеленого строительства [9-11].

С точки зрения разработки технологий получения строительных композитов, интересным представляется вопрос использования нетрадиционных для стройиндустрии глинистых пород, с изучением их влияния на физико-механические свойства строительных материалов, в частности силикатных материалов.

Технология изготовления стеновых строительных материалов с использованием автоклавной технологии, основными компонентами которой являются кварцевый песок и известь, впервые была использована в 1880 году в Германии инженером Михаэлисом. Это предположение послужило основой для развития производства силикатных (известково-песчаных) кирпичей.

Долгое время считалось, что песок, используемый для производства силикатных кирпичей, не должен содержать значительного количества глинистых примесей. Инженер Михаэлис считал, что использование песка с содержанием глины увеличит количество вяжущего.

Грунты и глинистые породы практически всегда можно найти вблизи строящихся строений, поэтому строительство из безобжиговых глиняных материалов является самым прибыльным сырьем, поскольку строительный материал может быть изготовлен непосредственно на площадке где ведется строительство, что исключает дополнительные расходы, связанные с транспортировкой строительных материалов на строительную площадку.

Недостатками строительства из глинистых пород являются эрозия зданий атмосферными и грунтовыми водами, а также разрушение от замораживания увлажненных частей здания.

Процесс эрозии глинистых масс связан с образованием на поверхности глинистых частиц тонких водородных пленок, образующих границу раздела между частицами. Образование водных пленок приводит к увеличению объема массы и к утрате связей между частицами глинистой материи, что, в дальнейшем, приводит к разрушению.

Чтобы уменьшить эрозию и набухание глинистых масс, в них вводятся различные добавки - зола, навоз, торф, известь и т.д, но эти методы не могут обеспечить полную водостойкость.

Многие исследователи работали над поиском более эффективных добавок, которые могут грунтоматериалам повысить водостойкость и прочность в насыщенном состоянии водой. Первые наиболее постоянные исследования были проведены в первой половине XX века.

Для укрепления глинистых масс различными исследователями были испытаны следующие добавки: известь, цемент, различные реагенты (хлористый кальций, растворимое стекло, щелочи, кислоты и многие соли) и т.д.

В работе [12], изучались добавки к глине некоторых средних и кислых солей, щелочей и кислот, П.П. Будников обнаружил, что введение извести в количестве 5-6 % по массе глины, последние становятся несмываемыми. Противоположные данные были получены действием на сформированные образцы из глино-известкового вяжущего паром высокого давления, аналогичным технологией производства известково-песчаных кирпичей [13]. Эти исследования показали, что в зависимости от типа глины, количества и качества вводимой извести, давления и времени пропаривания можно получить ту или иную механическую прочность кирпича.

В.В. Поляков и Л.О. Меленевский [14] также использовали известь для стабилизации глинистых масс из киевских глин. Испытуемые образцы из массы, содержащей 2,5 и 5 мас. % извести не дали положительных результатов. Образцы из той же массы с добавлением 9 мас. % извести в сухом состоянии имели прочность на сжатие от 27 до 49 кг / см², а после насыщения водой - около 5 кг / см². Для увеличения прочности было предложено пропарить высушенные образцы в атмосфере, насыщенной водяным паром, при температуре 80 °С в течение 12 ч. Образцы на пару имели гораздо большую прочность. В сухом состоянии они имели прочность от 23 до 117 кг / см², насыщенные водой - от 10 до 40 кг / см².

Л.О. Меленевский сделал заключение, что при пропаривании глинисто-известковых масс наблюдается какой-то процесс. Различные

по свойствам и происхождению глины дают цементирующее вещество разного качества. Степень связывания извести оказывает значительное влияние на качество глинисто-масляных масс.

М.С. Голомбек и Н. Н. Петин [15], проводящие исследования кинетики упрочнения растворов глинозема, также обнаружили, что глинисто-известняковые растворы могут подвергаться пропариванию.

Эксперименты Н.А. Попова [16] – небольшие добавки (2-5 мас.%) портландцемента к глинистым грунтам приводят к уменьшению прочности образцов в сухом состоянии, не вызывая в тоже время значительного увеличения водостойкости. Увеличение прочности и водостойкости происходит только при добавлении цемента выше 10 мас. %, достаточная водостойкость достигается с добавлением цемента более 15 мас. %.

Таким образом в научно-технической литературе широко описаны проблемы, связанные с использованием различных глинистых пород, для получения строительных материалов. Вопрос касался таких специалистов, как П. А. Ребиндер, М. И. Потапенко, М. Н. Першин, П. П. Будников, М.И. Хигерович, Н. Н. Крупицкий, А. Н. Адамович, В. М. Безрук, П. И. Боженов и др. Тем не менее, не уделялось внимания изучению минерального состава и свойств глинистых пород, в результате чего не было сделано никаких рекомендаций по поиску глинистых отложений определенного генезиса, что в конечном счете не позволило идентифицировать глинистые породы, которые были получены геологическими и космохимическими процессами с высокой свободной внутренней энергией для производства силикатных материалов безавтоклавного твердения.

**Статья подготовлена в рамках Програма развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

Список литературы:

1. Боженов П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология. М.: Изд-во АСВ, 1994. 264 с.
2. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 17-21.

3. Лесовик В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1994. № 7-8. С. 96-100.
4. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 1 (100). С. 9-16.
5. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Повышение эксплуатационных характеристик стеновых материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 29–34.
6. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // Строительные материалы. 2008. № 11. С. 42-44.
7. Лесовик В.С., Строкова В.В., Володченко А.А. Влияние наноразмерного сырья на процессы структурообразования в силикатных системах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 13–17.
8. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ (Искусственные строительные конгломераты). М.: Высшая школа, 1978. 310 с.
9. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные материалы автоклавного твердения на основе алюмосиликатного сырья как фактор оптимизации системы «человек - материал - среда обитания» // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 3. С. 27-33.
10. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Клименко В.Г. Процессы структурообразования гипсосодержащих композитов с учетом генезиса сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 4 (640). С. 3-11.
11. Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Lashina I.V., Feduk R.S. Theoretical backgrounds of non-tempered materials production based on new raw materials / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 042064 doi:10.1088/1757-899X/327/4/042064.
12. Будников, П.П. К вопросу получения сырьевых, неразмываемых водой глин // Сборник экспериментальных работ по исследованию глин: Труды Государственного Экспериментального Института Силикатов. М., 1927. Вып. 21. С. 97–106.
13. Будников П.П. О получении глинисто-известкового кирпича // Строительная промышленность. М., 1928. № 11–12. С 773–774.
14. Поляков В.В., Меленевский Л.О. Кальцинирование глин // Строительные материалы. М., 1932. № 12. С. 79–81.
15. Голомбик, М.С., Петин Н.Н. Кинетика твердения глиняно-известковых растворов // Ученые записки МГУ, 1934. Вып. 2. С. 205–207.
16. Попов Н.А. Грунтотматериалы в строительстве зданий. М.: Изд-во Академии архитектуры СССР, 1944.

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ СООРУЖЕНИЙ ВОЗДУШНО - КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Лисейцев Ю.Л., подполковник запаса

Дальневосточный федеральный университет

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc36612c0.62331527

Аннотация. Классифицированы объекты воздушно-космической отрасли, выявлены основные воздействия на них. Рассмотрены аспекты проектирования сооружений данного типа.

Ключевые слова: шахтная пусковая установка, взлетно-посадочная полоса, космодром.

К объектам воздушно-космической отрасли относятся космодромы, взлетно-посадочные полосы, шахтные пусковые установки и т.д.

Шахтные пусковые установки (ШПУ), возводятся в подземных камерах (рис. 1). Соответственно, к воздействиям на ШПУ относятся давление грунта, а также действие отработанных газов взлетающей ракеты.



Рисунок 1 – Шахтная пусковая установка

На бетонные конструкции космодромов (рис. 2) влияют разлив ракетного топлива, высокие температуры отработанных газов при старте ракет.

На взлетно-посадочные полосы (ВПП) (рис. 3) действует

повышенное давление шасси взлетающих и приземляющихся летательных аппаратов, а также химическое разрушение в результате разлива авиационного топлива. Бетон для взлетно-посадочных полос должен отличаться от обычного бетона высоким качеством, повышенной жесткостью и ударной прочностью.

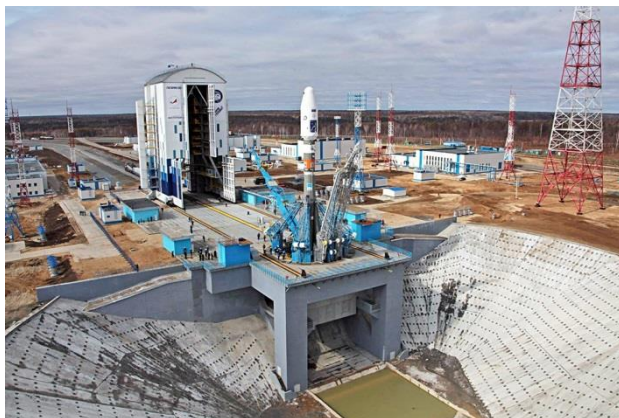


Рисунок 2 – Стартовая площадка космодрома «Восточный»



Рисунок 3 – Взлетно-посадочная полоса

Повышением прочности и износостойкости сооружений различного назначения занимались ведущие научные школы В.А. Graybeal [1], D.-Y. Yoo [2], В.С. Лесовика [3-4] и др. Доказано, что

создание высокоплотных и высокопрочных композитов возможно только за счет синергетического воздействия органических и минеральных добавок, а также за счет управления структурообразованием на нано-, микро- и макроуровнях.

Специальные бетоны для эксплуатации в условиях воздействия высоких температур и огня исследованы Т.В. Загоруйко [5], Т.А. Хежевым [6], А. Рикошинским [7], В. Страховым [8]. Доказано, в частности, что хороший потенциал огнестойкости и жаропрочности имеют геополимерные бетоны.

Опыт эксплуатации зарубежных и отечественных ракетно-космических комплексов показывает, что, несмотря на проведение широкого круга работ по повышению надежности всех систем стартового комплекса (СК), при подготовке и запуске ракет-носителей (РН) могут возникать аварийные ситуации, приводящие в ряде случаев к проливам и возгоранию компонентов ракетного топлива (КРТ). В бетоне и на арматуре железобетонных конструкций, не имеющих специальной (первичной и вторичной) защиты от коррозии, при контакте с агрессивной средой в виде компонентов топлива и окислителя развиваются процессы коррозии, снижающие долговечность материалов и сроки эксплуатации специальных сооружений. Так, в соответствии с требованиями [9-10] керосин марки ТС-1 по отношению к бетонам марки по водонепроницаемости W4, W6 является слабоагрессивной жидкой органической средой. Установлено, что под действием химически активных веществ (легкие углеводороды: керосин, бензин) свойства материала изменяются неравномерно по объему образца [10]. Известно, что скорость проникновения керосина в структуру бетона зависит от его пористости, непроницаемости и влажности. С увеличением влажности увеличивается количество пор и капилляров бетона, заполненных жидкой фазой, поэтому проникновение затруднено [11]. Установлено [10], что легкие нефтепродукты (бензин и керосин) в течение трех-пяти лет воздействия снижают на 10-15 % первоначальную прочность бетона.

Количественный анализ пористости высокопрочных бетонов с зольсодержащими добавками проведен в [12-13]. Было выявлено, что комбинацией различных способов определения пористости можно получить лишь приблизительные данные по величине различного вида пор, газопроницаемости, распределению пор по размерам. Эти методы не позволяют определить форму и локализацию пор, при этом из анализа практически выпадают закрытые поры. Намного эффективнее оказалось использование сканирования микроструктуры световым или

электронным лучом. При этом методе фиксируются моменты изменения импульсов при переходах сканирующего луча с площади одной фазы на другую, отличающуюся от нее яркостью окраски. При этом на определенном отрезке пути сканирующего луча регистрируют число импульсов и их интенсивность. Это позволяет определять все важные параметры пространственного строения: структурный (фазовый) состав материала, удельную поверхность раздела фаз (дисперсность структуры), количество микрочастиц в объеме и их распределение по размерам.

Для ВПП аэропорта г. Цюрих Швейцария и ВПП аэропорта г. Вена Австрия применялась композитная арматура [14-16].

Таким образом, для сооружений воздушно-космической отрасли необходимо применение конструкционных материалов, характеризующихся следующими улучшенными свойствами: статической и динамической прочностью, жаропрочностью, износостойкостью, коррозионной стойкостью.

Список литературы:

1. Graybeal B. Structural Behavior of Ultra-High Performance Concrete Prestressed IGirders, FHWA, U.S. Department of Transportation, Report No. FHWA-HRT-06-115, 2006.
2. Yoo D.-Y., Banthia N. Mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete: A review. Cement and Concrete Composites. Vol. 73, 2016, Pp. 267-280.
3. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография. 2-е изд., доп. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 287 с.
4. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее // Вестник МГСУ. 2017. № 1. С. 9-16.
5. Загоруйко Т.В. К вопросу о термостойкости и огнестойкости строительных материалов: материалы IV международной научно-практической конференции. Воронеж, 2009. С. 85-87.
6. Хежев Т.А. Технология армоцементных конструкций высокой огнестойкости с теплозащитным слоем из эффективного легкого бетона: автореф. дис. ... доктора техн. наук : 05.23.05 / Рост. гос. строит. ун-т Ростов-на-Дону, 2007. 39 с.
7. Рикошинский А. Огнестойкость материалов и конструкций для строительства складских комплексов // Склад и Техника. 2006. №9 [Электронный ресурс]. URL: http://www.sitmag.ru/article/buildsklad/2006_09_A_2007_02_02-18_31_06/.

8. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования // Строительные материалы. 2002. №6. С. 2-5.
9. ГОСТ 31384-2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общетеchnические требования. М.: ГУП НИИЖБ Госстроя России, 2009.
10. РД 03-420-01. Инструкция по техническому обследованию железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. М.: НПК Изотермик, 2002.
11. Мандрица Д.П. Исследование деформативности и трещиностойкости железобетонных изгибаемых конструкций при агрессивном воздействии компонентов топлива // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Вып. 648 – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2015. – С. 161-165.
12. Старчуков Д.С., Козин П.А., Смирнов А.А. Количественный анализ пористости высокопрочных бетонов с зольсодержащими добавками // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Вып. 642 – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2014. С. 165-172.
13. Старчуков Д.С., Козин П.А., Шмаков Р.Б. Планирование эксперимента и выбор состава бетонов с зольсодержащими добавками при помощи методов регрессионного анализа // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2013. Вып. 639. С. 55–67.
14. Уманский А.М. Совершенствование методов расчета конструкций морских гидротехнических сооружений из композитбетона с использованием базальтопластиковой арматуры. автореф. дисс. ... к.т.н. 05.23.07. – Владивосток, 2017. - 22 с.
15. Fediuk R.S. Mechanical activation of construction binder materials by various mills // В сборнике: Materials treatment: current problems and solutions. National Research Tomsk Polytechnic University. 2016. С. 12019.
16. Fedyuk R.S., Smolyakov A.K., Timokhin R.A. Development of composite binder for hydraulic structures, operating in Arctic conditions // В сборнике: Папанинские чтения Статьи участников международной молодежной научной конференции. 2017. С. 284-293.

БЕТОН С АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ

Лукутцова Н.П., д-р. техн. наук, профессор,
Золотухина Н.В., инженер,
Мастеров Д.А., магистрант,
Артамонов П.А. студент

Брянский государственный

инженерно-технологический университет

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc372f315.21396420

Аннотация. Представлены результаты исследований активной минеральной добавки опал-кристобалит-тридимитового состава на прочность бетона. Изучен ее химический и минеральный состав. Методом трехфакторного планирования эксперимента установлены зависимости прочности бетона от содержания его компонентов через 7 и 28 суток твердения

Ключевые слова: бетон, добавка, время твердения, прочность, планирование эксперимента

Поиск эффективных технологических решений неразрывно связан с использованием новых сырьевых материалов и добавок, регулирующих структуру и свойства бетонной смеси и бетона [1-3]. Это микромодификаторы и нанодобавки [4-6] на основе: шунгита [7-12], метакаолина [13,14], диоксида титана [15-17]; биосилифицированных нанотрубок [18]; микронаполнителей [19]; галлуазитовых нанотрубок [20] и другого экологически безопасного природного и техногенного сырья [21-25].

Большой научно-практический интерес представляют такие породы, как опока, трепел, диатомиты, запасы которых в России колоссальны, но востребованы мало.

Характерной особенностью кремнистых пород, к которым относится трепел, является, с одной стороны, наличие аморфно активного кремнезема, а с другой – их тонкопористая структура.

Трепел месторождения Гришина Слобода Брянской области является перспективной, но малоизученной осадочной горной породой.

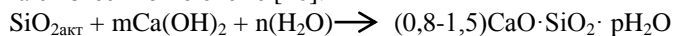
С целью использования трепела месторождения Гришина Слобода, как минеральной добавки бетонной смеси, было изучено его влияния на прочность бетона в различные сроки твердения методом трехфакторного планирования эксперимента.

В качестве компонентов для приготовления бетонной смеси применялись следующие сырьевые материалы.

Бездобавочный нормально твердеющий портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н (АО «Мальцовский портландцемент», Брянская обл.); гранитный щебень фракции 5-20 мм (ООО «СтройТехПрогресс», Брянская область); карьерный песок с модулем крупности 1,14 (Полпинское месторождение, Брянский р-н).

Исследование химического и минералогического состава трепела выполнялось с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN MIRA 3 LMU, а размеров частиц - на лазерном анализаторе Analysette 22 NanoTecplus.

Известно, что пуццолановый эффект действия тонкодисперсных добавок в бетонах проявляется в химическом взаимодействии активного кремнезема с известью по схеме [26]:

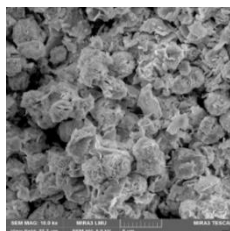


Исследование химического и минералогического состава трепела показало, что к основным его элементам относятся: кислород (52,96), кремний (33,29%) и алюминий (3,28%), железо (2,06%), с примесями магния (0,79%), калия (0,75%), титана (0,15%), хрома (0,03%) и др.

Анализом микроструктуры трепела установлено, что данная осадочная порода имеет ярко выраженный матричный характер структуры глобулярного типа (рис. 1). Это обусловлено минералогическим составом породы: опал-кристобалит-тридимитовая фаза (52-54%), смектит (10-15%), мусковит (11-15%), минералы из группы полевых шпатов (3-6%), кальцит (1-2%), сидерит (менее 1%).

Методом лазерной granulометрии определен зерновой состав трепела, который представлен частицами размерами от 0,1 до 200 мкм.

а



б

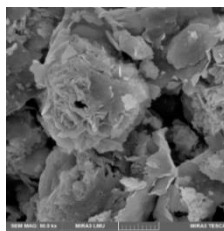


Рисунок 1 – Морфология частиц трепела
а – увеличение x10000; б- увеличение x50000

Для получения зависимостей прочности бетона в различные сроки твердения от содержания цемента ($\text{Ц}=\text{x}_1$), песка ($\text{П}=\text{x}_2$) и трепела ($\text{Тр}=\text{x}_3$) было выполнено трехфакторное планирование эксперимента с

обработкой результатов и построением номограмм с помощью компьютерных программ UROFRY и SigmaPlot для песка с $M_k=1,14$. Такой песок, относится к очень мелким и был выбран, как наиболее распространенный заполнитель в Брянской области.

Зависимость прочности при сжатии бетона с добавкой трепела от выбранных влияющих факторов описывается следующими полученными уравнениями регрессии:

через 7 суток твердения:

$$\bar{y}_1 = 21,409 + 4,87x_1 - 1,346x_2 - 0,758x_3 - 0,688x_1^2 - 1,096x_2^2 - 3,178x_3^2 + 0,159x_1x_2 - 1,074x_1x_3 - 2,654x_2x_3,$$

через 28 суток твердения:

$$\bar{y}_2 = 30,940 + 2,036x_1 - 5,223x_2 - 0,323x_3 - 4,302x_1^2 - 2,661x_2^2 - 4,233x_3^2 + 1,040x_1x_2 - 2,012x_1x_3 + 1,202x_2x_3,$$

Анализ уравнений регрессии и полученных номограмм показывает, что увеличение содержания трепела в составе бетона при постоянном расходе цемента носит экстремальный характер, как в ранние, так и поздние сроки твердения (рис.2). Максимальная прочность бетона достигается при содержании добавки до 10%.

Повышенiedoли песка в бетонной смеси приводит к снижению прочности бетона, что связано с увеличением расхода воды на смачивание мелкого заполнителя (рис. 3).

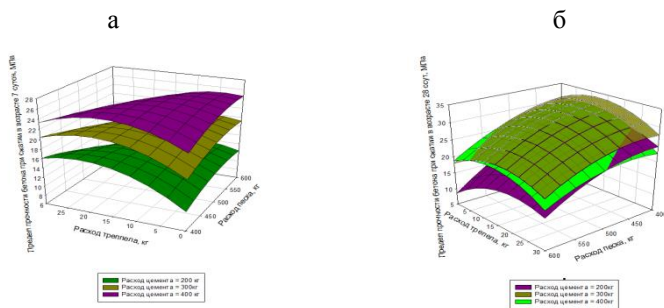


Рисунок 2 – Номограммы прочности бетона с добавкой трепела при сжатии в возрасте 7 суток (а) и 28 суток твердения (б) при фиксированном содержании цемента

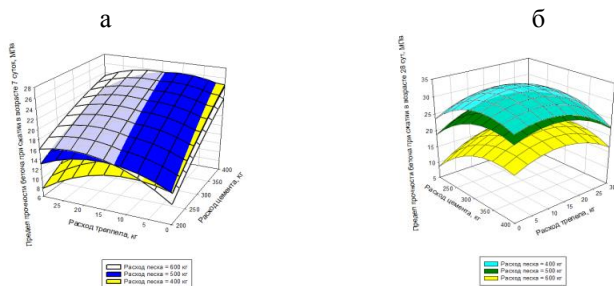


Рисунок 3 – Номограммы прочности бетона с добавкой трепела при сжатии в возрасте 7 (а) и 28 (б) суток при фиксированном содержании песка

Таким образом, установлена возможность использования трепела месторождения Гришина Слобода Брянской области в качестве активной минеральной добавки при ее содержании в бетоне до 10%.

Методом трехфакторного планирования эксперимента получены зависимости прочности тяжелого бетона через 7 и 28 суток твердения от содержания его компонентов, что позволяет прогнозировать ее значения при варьировании состава бетонной смеси.

Список литературы:

1. Баженов Ю.М., Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Исследование наномодифицированного мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ. 2010. № 4-2. С. 415-4202.
2. Lukutsova N. Water films (nanofilms) in cement concrete deformations // IJAER. 2015. Т. 10. № 15. С. 35120-35124.
3. Лукутцова Н.П. Наномодифицированные композиционные строительные материалы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах. Матер. 4-й междунар. научно-практич. конф. посв. 55-летию строительного факультета и 85-летию БГИТУ. 2015. С. 94-100.
4. Energy efficient technologies of production and use non-autoclaved aerated concrete / Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kondrashev K.R. and etc.// IJAER. 2015. Т. 10. № 5. С. 12399-12406.
5. Лукутцова Н.П., Кудеш И.А., Антоненкова О.Е. и др. Кинетические модели для оценки агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок к бетону и раствору // Строительство и реконструкция. 2015. № 1 (57). С. 130-136.

6. Suleymanova L.A., Kara K.A., Suleymanov K.A. and etc. The topology of the dispersed phase in gas concrete // MiddleEastJournalofScientificResearch. 2013. Т. 18. № 10. С. 1492-1498.
7. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Дегтерев Е.В. и др. Анализ влияния параметров ультразвукового диспергирования на размер, устойчивость, морфологию и состав частиц наномодификатора для бетона на основе шунгита // Строительствоиреконструкция. 2013. № 5 (49). С. 62-72.
8. Environmentally safe schungite-based nano-dispersion additive to concrete/ Lukutsova N., Kolomatskiy A., Pykin A. and etc. //International Journal of Applied Engineering Research. 2014. Т. 9. № 22.С. 15801.
9. Евельсон Л.И., Лукутцова Н.П., Николаенко А.Н. и др. Некоторыепрактическиеаспектыфрактальногомоделированияструктур наноконпозиционногоматериала // Строительныматериалы. 2015. № 11. С.24-27.
10. Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Калугин А.А. и др. Влияние органоминеральныхнаномодификаторов на основе шунгита на структуру и прочность керамического камня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 50–55.
11. Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Костюченко Г.В. К вопросу о повышении свойств мелкозернистого бетона микро- и нанодисперсными добавками на основе шунгита // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 16–20.
12. Lukutsova N.P., Pykin A.A. Stability of nanodisperse additives based on metakaolin // Glass and Ceramics. 2015. № 11-12. С. 383-386.
13. Кулеш И.А., Антоненкова О.Е., Лукутцова Н.П. и др. Оценка агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок для бетона и раствора // Эффективные строительные композиты. Научно-практич. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, докт. техн. наук Баженова Ю. М. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 312-321.
14. Оптимизация составов органоминеральных добавок на основе метакалина для цементных бетонов /Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Александрова М.Н. и др. // Научоемкие технологии и инновации. БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 307-311.
15. Самоочищающиеся покрытия на основе нанодисперсного диоксида титана // Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию докт.техн. наук Баженова Ю. М. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 523-530.
16. Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Пыкин А.А. и др. Эффективность применения нанодисперсного диоксида титана в фотокатализе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 54–57.

17. Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Соболева Г.Н. и др. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 5-8.
18. Лукутцова Н.П., Устинов А.Г. Мелкозернистый бетон, модифицированный нанодисперсной добавкой биосилифицированных нанотрубок // Эффективные строительные композиты. Научно-практич.конфер. к 85-летию докт. техн. наук Баженова Ю. М. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 396-400.
19. Лукутцова Н.П., Карпиков Е.Г., Пинчукова И.Н. и др. Бетон с микронаполнителем на основе волластонита // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании. Междунар. научн. конф. М., 2015. С. 499-504.
20. Лукутцова Н.П., Головин С.Н. Агрегативная устойчивость водных суспензий галлазитовых нанотрубок // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 4-10.
21. Лукутцова Н.П., Кожухар В.М. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8 (548). С. 70-75.
22. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Головин С.Н. и др. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для строительных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16–20.
23. Ахременко С.А., Лукутцова Н.П. Снижение радиоактивности сырья и строительных материалов // Известия ОГТУ. Строительство и транспорт. 2008. № 2-18. С. 56-60.
24. Горностаева Е.Ю., Лукутцова Н.П. Получение древесно-цементных композиций с улучшенными физико-техническими показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 44–46.
25. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка // Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Николаенко А.Н. и др. // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.
26. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и растворы. Ростов- н/Д.: Феникс, 2005- 211 с.

АНАЛИЗ МЕСТНОЙ СЫРЬЕВОЙ ПРИРОДНОЙ И ТЕХНОГЕННОЙ БАЗЫ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ДЛЯ БЕТОНОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

**Муртазаев С-А.Ю., д-р техн. наук, профессор,
Алиев С.А., канд. техн. наук, доцент,
Аласханов А.Х., канд. техн. наук,
Хамидов М.А., ст. преподаватель,
Муртазаева Т.С-А., аспирант,**

*Грозненский государственный нефтяной
технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова
DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc3839f80.92608387*

Аннотация. В работе приводится анализ местной сырьевой природной и техногенной базы Чеченской Республики для бетонов и строительных растворов. Рассмотрены вопросы ресурсо- и энергосбережения при производстве строительных материалов, предусматривающих использование местных дешевых материалов, в том числе и из техногенного сырья. Поскольку для получения высококачественных, прочных и надежных строительных материалов следует подбирать и тщательно анализировать исходные компоненты с точки зрения рентабельности и ресурсосбережения сырья. Таким образом, рассматривается вопрос использования в технологии бетона и строительного раствора местного природного и техногенного сырья вместо дорогостоящих привозных материалов.

Ключевые слова: местное сырье, природное сырье, техногенные отходы, бетон, строительный раствор, ресурсосбережение, энергосбережение.

В современных условиях вопросу использования местного природного и техногенного сырья в технологии бетона и строительного раствора уделяют больше внимания в связи с возрастанием интереса и актуальности развития ресурсо- и энергосберегающих технологий [1,2].

Вторичное использование местного техногенного сырья, загрязняющего окружающую среду и занимающую огромные территории по всей стране, позволяет решать ряд технологических, экологических и экономических вопросов [3-5]. Практически в каждом регионе нашей страны имеются отвалы техногенного сырья различной природы – отходы деревообрабатывающей промышленности, золошлаковые смеси, отходы строительства, разборки зданий и сооружений и др. [6-9].

Чеченская Республика необычайно богата самыми разнообразными запасами природного сырья, необходимыми для эффективного развития строительной индустрии в регионе. В горных районах имеются большие залежи сырья для производства цемента (мергели, природный гипс и др.), который с советских времен используется в местном производстве портландцемента марки М500 Д0 ГУП «Чеченцемент» [10-12].

Обнаружены также месторождения доломитов, известняков, известняка-ракушечника, стекольных и строительных средних, мелких и очень мелких песков, гипсов и песчаников.

С русла р. Ахк и р. Хулхулау (Веденский район), р. Аргун (Грозненский район) открытым способом добывают песчано-гравийные смеси (ПГС) для получения из нее щебня из гравия, чистого гравия и песка.

Помимо природного сырья в Чеченской Республике имеются отвалы вторичных ресурсов. Это в первую очередь отходы разборки зданий и сооружений [13-18], не пригодных для восстановления после военных действий в 90-е и в начале 2000-х гг. (рисунок 1), которые в основном представляют собой бетонный, железобетонный лом и керамический кирпичный бой (ККБ). Процент указанного сырья от общего объема отходов строительства, как правило, составляет 60 % и более.

Также в Чеченской Республике в результате многолетней деятельности Грозненских ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, работавшие на твердом топливе, образованы многотоннажные отходы в виде золошлаковых смесей (ЗШС) (рисунок 2), отвалы которых в Заводском районе г. Грозный местами достигают 5-10 метров [12,19-21].

Золошлаковые отходы Грозненских ТЭЦ по своему химическому составу представлены в основном $\text{SiO}_2 = 55,36 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10,31 \%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5,01 \%$ и $\text{CaO} = 12,62 \%$. Потери при прокаливании (п.п.п.) у них довольно высокий (более 9 % по массе) из-за различных органических засоряющих включений в составе ЗШС. Химический состав ЗШС представлен в таблице 1.

Золошлаковые смеси могут с успехом быть эффективно использованы в мелкозернистых и обычных бетонах, строительных растворах и как отечественный, так и мировой опыт их применения в строительстве это подтверждает [23].



Рисунок 1 – Строительные отходы разборки зданий и сооружений:
а – жилые дома в центре г. Грозный, подлежащие к сносу;
б – промышленные объекты (Грозненские ТЭЦ и др.)

Чеченская Республика также необычайно богата мелкими кварцевыми песками Толстой-Юртовского, Веденского, Дачу-Барзоевского и Беноевского месторождений с модулем крупности $M_k = 0,7-1,3$, которые согласно ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» относятся классу очень мелких и тонких песков.



Рисунок 2 – Общий вид золошлаковых отходов в отвалах (а) и после их обработки (б) в лабораторных условиях

Таблица 1 – Химические составы продуктов дробления техногенного и некондиционного сырья для их использования в качестве минерального наполнителя (МН) для бетона

Химический состав	Вид сырья, из которого образован МН			
	Бетонный лом	ККБ	ЗШС	Кварцевые пески
SiO ₂	52,80	53,68	55,36	78,46
Al ₂ O ₃	5,03	15,28	10,31	6,82
Fe ₂ O ₃	3,33	7,88	5,01	1,94
TiO ₂	0,31	1,65	0,32	0,10
MgO	1,22	1,79	1,44	2,20
CaO	34,52	10,81	12,62	3,92
K ₂ O	1,31	2,60	1,49	-
Na ₂ O	0,51	1,31	1,72	-
SO ₃	0,59	2,52	0,76	0,97
п.п.п.	0,11	0,08	9,12	1,22
Др. неорган. компоненты	0,27	2,36	1,85	4,37

В виду своей мелкой дисперсности очень мелкие и тонкие пески в настоящее время практически не используются в строительстве и

относятся к категории некондиционного природного сырья. Однако, анализ научных публикаций [24,25] показывает, что данное некондиционное сырье в виде очень мелких и тонких песков после механической и механохимической обработки можно использовать в композиционных вяжущих, в штукатурных смесях и т.д. Данное сырье нами исследовано на предмет его использования в качестве минерального наполнителя в бетонных и растворных смесях. Средний химический состав данных песков представлен в таблице 1.

Таким образом, республика располагает необходимыми природными и техногенными ресурсами, при рациональном использовании которых с внедрением передовых инноваций в области бетоноведения можно производить конкурентоспособную продукцию, не уступающую зарубежным аналогам, обеспечивающим в регионе новое строительство эффективными композиционно-строительными материалами.

Список литературы:

1. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. М.: Изд-во АСВ, 2008. 350 с.
2. Баженов Ю.М., Батаев Д.К.-С., Мажиев Х.Н. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений: научное издание. Грозный: ИП «Султанбегова Х.С.», 2011. -342 с.
3. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2017. № 11. С. 4-10.
4. Батаев Д.К.-С., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С.-А. и др. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», 12-13 октября 2017 г. –Грозный: Бисултанова П.Ш., 2017. С.109-117.
5. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. Issue 11. Pp. 816-819.
6. Каприелов С.С., Булгакова Н.Г. Высокопрочный пневмобетон с добавкой микрокремнезема для защитных покрытий // Бетон и железобетон. 1993. №5. С. 7-8.
7. Лесовик В.С., Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород : научное издание. Грозный: МУП «Типография», 2012. 192 с.

8. Афонина М.И. Козырева Е.В. Особенности строительства спортивных сооружений на территориях бывших промышленных зон // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2017. С. 390-392.
9. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Aleksandrova, K.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research Journal of Applied Sciences 2016. 10(12). С.931-936
10. Саламанова М.Ш., Мургазаев С-А.Ю., Батаев У.В. Состояние и перспективы производства цемента в Чеченской Республике // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2014. № 1 (22). С.109-114.
11. Щербань Е.М., Стельмах С.А., Халюшев А.К. и др. Разработка состава пуццоланового цемента на вулканическом туфе // В сборнике: Строительство. Архитектура. Экономика. Материалы Международного форума "Победный май 1945 года": сборник статей. Министерство образования и науки Российской Федерации, Донской государственный технический университет, Профсоюз работников народного образования и науки Российской Федерации. 2018. С. 110-113.
12. Мургазаев С-А.Ю. Батаев Д.К.-С., Исмаилова З.Х. [и др.]. Мелкозернистые бетоны на основе наполнителей из вторичного сырья: научное издание. М.: «Комтехпринт», 2009. 142 с.
13. Лермит Р. Проблемы технологии бетона. М.: Издательство ЛКИ, 2007. 296 с.
14. Баженов Ю.М. Технология бетона учеб. пособие для технолог. специальностей строит. вузов. 3-е изд. М.: АСВ, 2011. 500 с.
15. Удодов, С.А. Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // Сборник научных трудов Кубанского государственного технологического университета. 2015. №9. С. 175-185.
16. Mintsaeв M.Sh., Bataev D. K.-S., Mazhiev K. Kh., Mazhiev Adam Kh., Mazhieva A. Kh., Mazhiev Aslan Kh., Mazhiev M.Kh. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas. Advances in Engineering Research, volume 177, International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). PP. 311-315.
17. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Сердюков К.В. [и др.] Влияние некоторых характеристик применяемого крупного заполнителя на свойства тяжелого бетона, предназначенного для изготовления центрифугированных изделий и конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 15–20.

18. Корянова, Ю.И., Резанцев, Н.Е., Шумилова, А.С. Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий - от традиций к новшествам // Аллея науки. 2018. Т.6. № 4 (20). С.95-99.
19. Солдатов А.А., Галыч А.В., Сариев И.В [и др.] Опыт использование силиката натрия в качестве вяжущего вещества в производстве строительных материалов // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности. Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. С. 186-188.
20. Усов Б.А. Физико-химические процессы строительного материаловедения в технологии бетона и железобетона: учеб. пособие для студентов по специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». М.: Издательство МГОУ, 2009. -326 с.
21. Salamanova, M.Sh. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components / Murtazaev S.A.Yu., Salamanova M.Sh. // В сборнике: ibausil conference proceedings. -2018. -С. 707-714.
22. Self-Consolidating Concretes with Materials of the Chechen Republic and Neighboring Regions / Madina Salamanova, Magomed Khubaev, Magomed Saidumov, Tamara Murtazayeva // International journal of environmental & science education. 2017. Vol.11. №18. Pp.12719-12724.
23. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Строй-Инфо. 2007. № 1-2. С. 289-290.
24. Алиев С.А., Гайрабеков И.Г., Хаджиев М.Р. и др. Бетонные композиты с использованием некондиционного сырья для условий сухого жаркого климата // Инновационные технологии в производстве, науке и образовании: сб. науч. тр. II Междунар. науч.-прак. конф., 19-21 октябрь 2012 г. Грозный, 2012. Т.2. С.231-235.
25. Успанова А.С. Муртазаев С-А.Ю., Исмаилова З.Х. [и др.] Некондиционные мелкие пески Чеченской Республики для производства строительных штукатурных растворов // Инновационные технологии в производстве, науке и образовании: сб. науч. тр. II Междунар. науч.-прак. конф., 19-21 октябрь 2012 г. - Грозный, 2012. Т.2. -С.240-245.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ ДЛЯ МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Муртазаев С-А.Ю., д-р техн. наук, профессор,
Сайдумов М.С., канд. техн. наук, доцент,
Муртазаева Т.С-А., аспирант

*Грозненский государственный нефтяной
технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова
DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc3920f65.65892749*

Аннотация. В работе представлен сравнительный анализ пластифицирующих добавок. Получена зависимость осадки стандартного конуса, характеризующего удобоукладываемость бетонной смеси, от расхода применяемого пластификатора. Представлены качественные показатели применяемых добавок.

Ключевые слова: добавки в бетон, суперпластификаторы, бетонные смеси, пластифицирующий эффект.

Реология, как абсолютно новое направление в механике, изучает законы поведения влажных систем под внешней нагрузкой, не относящихся ни к жидкостям, ни к твёрдым телам. К подобным материалам, собственно, и относится бетонная смесь, представляющая, по сути, упруго-вязкую среду [1-3].

Реологические показатели бетонных смесей можно эффективно управлять путем использования современных химических добавок для бетона [4, 5]. В первую очередь это пластифицирующие добавки. В настоящее время на строительном рынке представлен широкий ассортимент химических добавок – начиная с простых пластификаторов, дозируемых в количестве 2-3 % от массы цемента, и заканчивая высокоэффективными супер и гиперпластификаторами нового поколения, дозируемых небольшими пропорциями – 0,1-0,3 % от массы вяжущего [6-9].

В последние годы на Северном Кавказе процент использования бетонов и строительных растворов с пластифицирующими добавками на строительных площадках, а также на растворо- и бетоносмесительных узлах, значительно возрос [10-15]. Строители и производители товарной монолитной бетонной и растворной смеси начинают понимать, что повышенное содержание воды в бездобавочных бетонных смесях, которое добавляется в смесь для повышения ее удобоукладываемости, может ухудшить свойства будущего бетона путем вымывания цементных зерен при

водоотделении и утечки жидкой фазы, с одной стороны, образования пор и пустот в цементном камне, что заметно снижает плотность и прочность бетона, с другой [16-18].

Как известно из литературных данных [1, 3, 11], для гидратации цемента достаточно около 25-30 % от воды затворения, который мы добавляем в бетон. Остальная часть воды (около 70-75 %) – это чисто механическая вода, которая обеспечивает удобоукладываемость смеси. Именно механическая вода, испаряясь в процессе твердения бетона, оставляет в бетоне поры, пустоты и капилляры, снижающие прочность бетона. К тому же это может способствовать к проявлению усадки бетона. Также нарушается эстетика поверхности такого бетона [19-21].

Применение пластифицирующих добавок позволяют нам значительно уменьшить количество именно «механической» воды затворения (20-30 % в зависимости от эффективности добавки), и при этом получать удобоукладываемые бетонные смеси.

Для регулирования процессов структурообразования бетонных смесей и физико-механических свойств бетона в работе применялись различные химические добавки.

В соответствии с ГОСТ 24211-2008 использовались добавки следующих производителей строительной химии:

1. Компания «ПОЛИПЛАСТ» – суперпластификатор «Линамикс ПК» на основе полиоксиэтиленовых производных полиметакриловой кислоты (таблица 1);

2. Компания «MC-Vauchemie» – гиперпластификатор «MC-PowerFlow» на основе новейшей технологии эфиров поликарбоксилатов MC (таблица 2);

3. Компания «Sika» – суперпластификатор «Sika ViscoCrete 5-600 SK» на основе поликарбоксилатных эфиров, удовлетворяющий требованиям ТУ № 2493-005-13613997-2008 (таблица 3).

Таблица 1 - Техническое описание добавок «Линамикс ПК»

Показатель	Значение показателя
Вид добавки	суперпластификатор с эффектом замедлителя
Сырьевая основа	полиоксиэтиленовых производных полиметакриловой кислоты
Форма поставки	Жидкость
Цвет	коричневый
Плотность, г/см ³	1,03-1,08
pH – показатель, ед. не менее	8,0±1
Температура хранения	От +5°C до + 35 °C
Дозировка, % от массы	0,3-2,5

цемента	
---------	--

Таблица 2 – Техническое описание добавки «MC-PowerFlow»

Показатель	Значение показателя
Основа добавки	Поликарбоксилат
Цвет добавки	Жидкость коричневого цвета
Плотность, г/см ³	1,3-1,09
Показатель кислотности рН, ед. не менее	6,5
Условия хранения	От +5°С до + 35 °С
Дозировка, % от массы цемента	0,2-5,0

Таблица 3 – Техническое описание добавки «Sika ViscoCrete 5-600 SK»

Показатель	Значение показателя
Основа добавки	Водные композиции модифицированных поликарбоксилатных эфиров
Цвет добавки	Мутная жидкость с оттенком желтого цвета
Плотность, г/см ³	1,055-1,085
Показатель кислотности рН, ед. не менее	4-6
Условия хранения	От +5°С до + 35 °С
Дозировка, % от массы цемента	0,4-1,8

В технологии производства наполненных вяжущих и бетонов широко применяют комплексную полифункциональную добавку «Д-5», удовлетворяющую требованиям ГОСТ 24211-2008, выпускаемую ООО «ТОКАР» (г. Владикавказ) в виде сухого порошка.

Рекомендуемая дозировка добавки Д-5 – 2-3% от массы цемента.

Добавка Д-5 отлично зарекомендовала себя при возведении бетонных и железобетонных конструкций, контактирующих с водой. Ее используют при сооружении фундаментов, тоннелей, мостов, свай, подземных частей зданий, гидротехнических объектов, резервуаров, пирсов, речных и морских портов. При этом никакая дополнительная гидроизоляция не применяется.

Добавку Д-5 применяют при строительстве ответственных конструкций – высотных многоэтажных зданий, телевизионных башен,

дымовых труб, градирен, опор ЛЭП, зернохранилищ, взлетно-посадочных полос аэродромов, несущих конструкций из предварительно-напряженного железобетона и др.

По результатам испытаний выше представленных пластификаторов получены следующие зависимости (рисунок 1).

Результаты испытаний показали, что наиболее эффективным пластификатором является суперпластификатор «MC-PowerFlow», который позволяет увеличить марку по удобоукладываемости бетонной смеси с П1 до П5. Рекомендуемая доза для данного вида добавки установлена 2,0-2,5 % от массы цемента, поскольку дальнейшее увеличение добавки не приводит сильному увеличению подвижности смеси. Кроме того, увеличение расхода добавки более 2,5 % от массы цемента приводит к образованию мелких пузырей в бетонной смеси, однако данный эффект затухает в течение 30 мин. с момента приготовления смеси.

Эффективно зарекомендовали себя и другие добавки – «Динамикс ПК» и «Sika ViscoCrete 5-600 SK». Однако, эффект образования пузырьков при увеличении доли добавки у «Sika ViscoCrete 5-600 SK» было больше, чем у суперпластификатора «MC-PowerFlow». Кроме того, у добавок «Динамикс ПК» и «Sika ViscoCrete 5-600 SK» зависимость подвижности смеси от количества воды в ней очень сильная.

Добавка Д-5 показывает высокую эффективность при ее расходе около 2-3 % от массы цемента, однако, из-за высокой стоимости (около 90 руб. за 1 кг) ее применение в качестве пластифицирующей добавки в бетонных смесях экономически не целесообразно. Как полифункциональная добавка Д-5, как утверждают производители, эффективен в бетонах, где бывает необходимо улучшить параметры долговечности бетона (водонепроницаемость, морозостойкость, истираемость и т.д.). Опыт его применения данной добавки подтверждает высокую эффективность данной добавки.

Несмотря на то, что добавка «Динамикс ПК» уступает по пластифицирующему эффекту добавкам «Sika ViscoCrete 5-600 SK» и «MC-PowerFlow», от последних отличается высокой стабильностью системы, хорошей вязкостью смеси и сохраняемостью. Добавка «Динамикс ПК» обладает эффектом замедлителя, что объясняет хорошую сохраняемость получаемых на ее основе бетонных смесей.

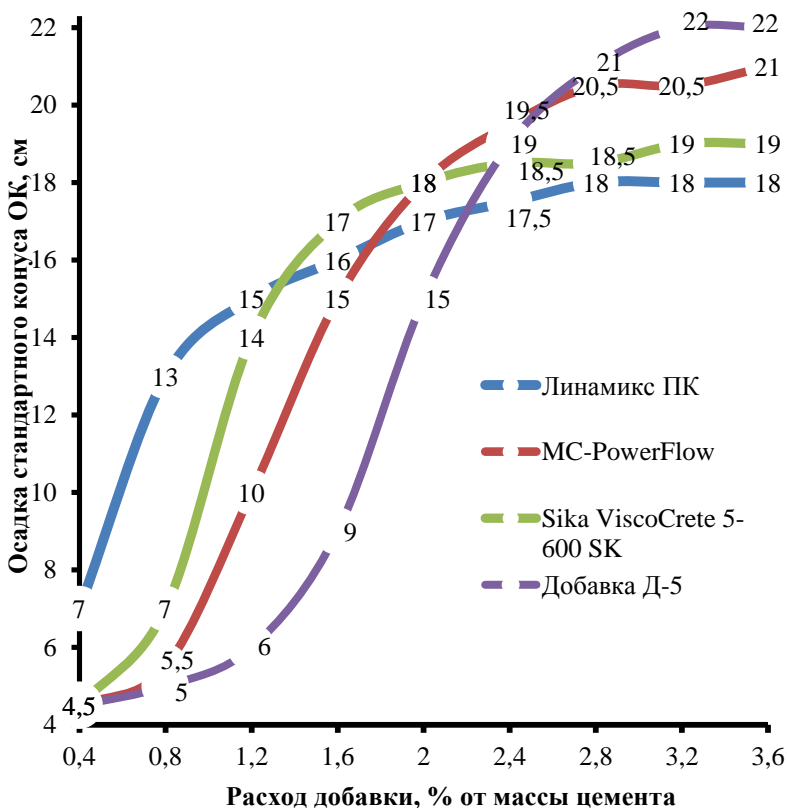


Рисунок 1 – Пластифицирующий эффект от использования химических добавок от различных производителей

Таким образом, доказано эффективность использования пластифицирующих добавок в технологии бетона. Получена зависимость значения осадки конуса бетонной смеси, характеризующего ее удобоукладываемость, от расхода добавки. Изучен характер поведения бетонной смеси с пластифицирующими добавками.

Список литературы:

1. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. [и др.]. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. М.: Изд-во АСВ, 2008. - 350 с.

2. Баженов Ю.М., Батаев Д.К.-С., Мажиев Х.Н. [и др.]. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений: научное издание. Грозный: ИП «Султанбегова Х.С.», 2011. 342 с.
3. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2017. № 11. С. 4-10.
4. Батаев Д.К.-С., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С.-А. и др. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», 12-13 октября 2017 г. Грозный: Бисултанова П.Ш., 2017. С.109-117.
5. Kuprina, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnyk, L.H., Elistratkin, M.Y. Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. Issue 11. Pp. 816-819.
6. Каприелов С.С., Буллакова Н.Г. Высокопрочный пневмобетон с добавкой микрокремнезема для защитных покрытий // Бетон и железобетон. 1993. №5. С. 7-8.
7. Лесовик В.С., Муртазаев С.-А.Ю., Сайдумов М.С. Строительные композиты на основе отсевов дробления бетонного лома и горных пород: научное издание. Грозный: МУП «Типография», 2012. – 192 с.
8. Афонина М.И., Козырева Е.В. Особенности строительства спортивных сооружений на территориях бывших промышленных зон // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2017. С. 390-392.
9. Volodchenko, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnjuk, L.H., Volodchenko, A.N., Aleksandrovna, K.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research Journal of Applied Sciences 2016. 10(12). С.931-936
10. Щербань Е.М., Стельмах С.А., Халюшев А.К. и др. Разработка состава пуццоланового цемента на вулканическом туфе // В сборнике: Строительство. Архитектура. Экономика. Материалы Международного форума "Победный май 1945 года": сборник статей. Министерство образования и науки Российской Федерации, Донской государственный технический университет, Профсоюз работников народного образования и науки Российской Федерации. 2018. С. 110-113.
11. Муртазаев С.-А.Ю. Батаев Д.К.-С., Исмаилова З.Х. [и др.]. Мелкозернистые бетоны на основе наполнителей из вторичного сырья: научное издание. М.: «Комтехпринт», 2009. 142 с.

12. Лермит Р. Проблемы технологии бетона. М.: Издательство ЛКИ, 2007. 296 с.
13. Баженов Ю.М. Технология бетона: учеб. пособие для технолог. специальностей строит. Вузов. 3-е изд. М.: АСВ, 2011. 500 с.
14. Удодов С.А. Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // Сборник научных трудов Кубанского государственного технологического университета. 2015. №9. С. 175-185.
15. Mintsaev M.Sh., Bataev D. K.-S., Mazhiev K. Kh., Mazhiev Adam Kh., Mazhieva A. Kh., Mazhiev Aslan Kh., Mazhiev M.Kh. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas. *Advances in Engineering Research*, volume 177, International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). Pp. 311-315.
16. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Сердюков К.В. [и др.] Влияние некоторых характеристик применяемого крупного заполнителя на свойства тяжелого бетона, предназначенного для изготовления центрифугированных изделий и конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 15–20.
17. Корянова, Ю.И., Резанцев, Н.Е., Шумилова, А.С. Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий - от традиций к новшествам // Аллея науки. 2018. -Т.6. -№ 4 (20). -С.95-99.
18. Солдатов А.А., Галыч А.В, И.В. Сариев [и др.] Опыт использование силиката натрия в качестве вяжущего вещества в производстве строительных материалов // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности. Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. С. 186-188.
19. Усов Б.А. Физико-химические процессы строительного материаловедения в технологии бетона и железобетона: учеб. пособие для студентов по специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». М.: Издательство МГОУ, 2009. 326 с.
20. Salamanova M.Sh., Murtazaev S.A.Yu., Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components. В сборнике: *ibausil conference proceedings*. 2018. С. 707-714.
21. Self-Consolidating Concretes with Materials of the Chechen Republic and Neighboring Regions / Madina Salamanova, Magomed Khubaev, Magomed Saidumov, Tamara Murtazayeva // *International journal of environmental & science education*. 2017. Vol.11. №18. Pp.12719-12724.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЩЕЛОЧЕАКТИВИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ И ГЕОБЕТОНОВ

Павленко А.Д., канд. техн. наук

Дальневосточный федеральный университет

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc39f6f74.31579761

Аннотация. Рассмотрены геобетоны и щелочеактивированные материалы. Представлены аспекты проектирования геополимерных бетонов.

Ключевые слова: геополимер, бетон, активация, щелочь, экология.

Известно, что вклад цементной промышленности в глобальную эмиссию парниковых газов, особенно CO₂, составляет 7-10%; это третья наиболее энергоемкая отрасль [1-2]. В частности, при производстве 1 т клинкера, в атмосферу выбрасывается 0,97 т углекислого газа [2]. Замена цемента другими вяжущими веществами (особенно, с применением отходов производства) позволяет снизить выброс парниковых газов в атмосферу.

Одной из наиболее перспективных технологий строительных материалов, использующих в качестве сырья промышленные отходы, является производство композиционных геополимерных (минерально-щелочных) вяжущих на основе отходов добычи и переработки магматических горных пород [3]. Такие вяжущие могут быть получены по безобжиговой технологии на основе пылевидных отходов дробления щебня, обогащения руд черных и цветных металлов. Вследствие высокой дисперсности эти отходы не требуют значительных затрат энергии для их измельчения до необходимой удельной поверхности [4]. Для обеспечения водостойкости геополимерных вяжущих используют добавку другого промышленного отхода – доменного гранулированного шлака в количестве 8–30 % [5]. Активация твердения таких композиционных вяжущих производится за счет их затворения раствором низкоосновного жидкого стекла.

Джозеф Давидовиц в 1978 году придумал термин «геополимер», чтобы описать семейство минеральных связующих, которые обладают химическим составом, подобным цеолитам, при этом проявляют аморфную микроструктуру. В отличие от портландцемента основными связующими веществами в бетоне геополимера являются не кальциево-силикатные гидраты (CSH). Вместо этого роль связующего предполагает алюмосиликатный полимерный гель, образованный

тетраэдрически связанным кремнием и алюминием с атомами кислорода, разделяемыми между [6]. Двумя важными составляющими геополимерного бетона являются исходные материалы и щелочные жидкости. Исходный материал должен быть богатым кремнием (Si) или алюминием (Al) или обоими из них. Это могут быть природные минералы, такие как каолинит, глина и т. д. или техногенные отходы, такие как зола-уноса, зола рисовой шелухи, доменный шлак, диоксид кремния и т. д. Для синтеза геополимера могут быть использованы щелочная среда (Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^+ и т. д.) или средние кислоты, такие как фосфорная кислота или гуминовая кислота. В щелочной среде процесс геополимеризации происходит, когда оксиды кремния и алюминиевых минералов или алюмосиликатов реагируют с щелочным раствором с образованием полимерных связей Si-O-Al.

Геополимерные вяжущие представляют собой неорганические материалы, которые могут обеспечивать вяжущие характеристики в результате щелочной активации алюмосиликатной основы. Молекулы вяжущего представляют собой трехмерную сеть, в которой алюминат и силикаты ковалентно связаны путем совместного разделения атомов кислорода. Для активации частиц алюмосиликатного сырья иногда требуется повышенная температура.

Геополимерное вяжущее считается хорошей альтернативой портландцементу в строительных смесях, в том числе для дорожного покрытия и оффшорных сооружений. Производство геополимеров требует в основном двух компонентов; первым является исходное сырье, которое может быть любым материалом на основе оксида алюминия и силикатов; второй - щелочно-активирующий раствор, который может состоять из любой щелочно-силикатной, гидроксидной, карбонатной, сульфатной и их смеси. Силикат натрия или силикат калия являются наиболее часто используемыми растворами. Стоит упомянуть, что щелочное решение является удобным для пользователя и может быть легко использовано в полевых и массовых применениях. Использование сильного щелочного раствора неприемлемо для геополимерного бетона, и это может быть вредным для строителя и требует специальной подготовки для использования на месте и для массового применения. Также следует дифференцировать между щелочно-активированными материалами и геополимерами [15]. Многие исследователи путаются между ними. Геополимеры не являются щелочно-активированными материалами, и геополимеризация отличается от щелочной активации. Однако щелочно-активированные материалы обычно используют сильные активаторы и требуют

термообработки. Процесс геополимеризации должен обеспечивать стабильный долговечный продукт; однако щелочная активация обычно приводит к образованию нестабильных продуктов, где щелочь остается свободной и выходит из структуры и может легко выщелачиваться.

Геополимерное вяжущее имеет отличный механизм структурообразования по сравнению с известными реакциями гидратации портландцемента [7-14]. Реакционные процессы в геополимерных вяжущих (реакции геополимеризации) в основном связаны с тремя процессами; первый процесс - это процессы растворения, в которых щелочной раствор растворяет алюмосиликатное сырье для высвобождения в смеси частиц алюминия и кремния. Эти растворенные алюминаты и силикаты гидролизуются и депротонируют с получением алюминатных и силикат-мономеров $[Al(OH)_4]^-$ и $[Si(OH)_4]$ соответственно. Второй процесс представляет собой процессы конденсации, в которых алюминатные и силикатные мономеры примыкают друг к другу путем совместного разделения атомов кислорода с образованием олигомеров и образованием более крупных сетей. Во время этого процесса вода, которая была израсходована во время процессов гидролиза, исключается из структуры. Последняя стадия происходит, когда смесь становится перенасыщенной алюмосиликатным гелем (который изначально обогащен связями алюминия). Большинство силикатов растворяется в смеси, где происходят процессы перегруппировки, и в алюмосиликатный гель вводится больше силикатов. Это увеличивает связь сети, и геополимерный гель начинает затвердевать. Процессы геополимеризации контролируются несколькими факторами, которые в основном определяют скорость растворения. Основные факторы, влияющие на этот показатель, включают: количество реакционной фазы в исходном материале, размер частиц исходного материала, щелочность смеси, температура отверждения и количество сжиженного силиката, которое может быть получено щелочным раствором.

Fernández-Jiménez et al. [15] дали более подробную информацию в своей модели для геополимеризации золы-уноса. Эта модель предполагает, что большинство частиц золы-уноса состоит из полых сфер, которые имеют оболочку, внутри которой расположены более мелкие частицы золы-уноса. Они предположили, что щелочной раствор начинает растворять зольную частицу в тот момент, когда оболочка частиц разрушается, образуя отверстие, а затем раствор входит внутри частицы, и реакции начинаются в обоих направлениях извне и внутри, а внутренние частицы начинают реагировать. Продукты реакции

начинают заполнять пространство и сливаются на поверхности непрореагировавших частиц золы-уноса, что предотвращает дальнейшие реакции и процессы замедления и контролируется диффузионным процессом.

J.L.Provis [16] предложил подробную модель для геополимеризации метаксаолина и золы-уноса. Эта модель включает более подробную информацию о силикатных олигомерах, которые могут быть включены в раствор щелочи. Эти олигомеры были разделены на две фазы; аморфной фазы и нанокристаллических фаз в зависимости от соотношения Si / Al. Кроме того, был введен другой путь реакции для прямого образования алюмосиликатного геля в дополнение к фазе цеолита.

Список литературы:

1. Bui D.D., Hu J., Stroeven P. Particle size effect on the strength of rice husk ash blended gap-graded Portland cement concrete. *Cem. Concr. Compos.* 27 (3) (2005) 357–366.
2. B. Alsubari, P. Shafiqh, Jumaat M.Z. Utilization of high-volume treated palm oil fuel ash to produce sustainable self-compacting concrete, *J. Clean. Prod.* 137 (2016) 982–996.
3. Ерошкина Н.А., Коровкин М.О., Логанина В.И., Полубояринов П.А. Исследование свойств бетона на основе композиционного геополимерного вяжущего, определяющих его долговечность // *Фундаментальные исследования.* – 2015. – № 3. – С. 58-62.
4. Ерошкина Н.А. Вяжущее, полученное из магматических горных пород с добавкой шлака, и бетон на его основе / Н.А. Ерошкина, В.И. Калашников, М.О. Коровкин // *Региональная архитектура и строительство.* – 2011. – № 2. – С. 62–65.
5. Ерошкина Н.А. Малоэнергоемкие ресурсосберегающие технологии производства вяжущих для конструкционных бетонов / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин, С.В. Аксенов // *Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал* – 2013. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/113-10900> (дата обращения: 04.03.19).
6. Davidovits J. *Geopolymer Chemistry and Applications.* 4th ed. Saint Quentin, GeopolymerInstitute, 2015. 644 p.
7. Nuruddin M.F., Malkawi A.B., Fauzi A., Mohammed B.S., Almatrneh H.M. Evolution of geopolymer binders: a review. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 133 (2016) 012052.
8. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Тимохин Р.А., Ханхабаев Л.Р., Лесовик В.С. Высокопрочные композиты для специальных сооружений // *Теоретические основы создания эффективных композитов Сборник*

- материалов Российской онлайн-конференции, посвященной Дню науки. 2018. С. 297-303.
9. Fediuk R.S., Teleshev A.A., Khankhabaev L.R., Ivanov A.S., Ibragimov R.A., Akopian A.K., Lesovik V.S. Application of cementitious composites in mechanical engineering // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Material Science in Mechanical Engineering" 2018. С. 032021.
 10. Fediuk R.S., Pak A.A., Krylov V.V., Poleschuk M.M., Stoyushko N.Y., Gladkova N.A., Ibragimov R.A., Lesovik V.S. Processing equipment for grinding of building powders // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042029.
 11. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Feduk R.S. Nature similar technologies in construction industry // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Т. 14. № 4. С. 98-108.
 12. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С. Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей (обзор) // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 4 (37). С. 85-99.
 13. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лисейцев Ю.Л., Пезин Д.Н., Зеленский И.Р., Смоляков А.К., Хроменок Д.В. Разработка фибробетонов на бесцементных вяжущих // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 1. С. 124-130.
 14. Кузьмин Д.Е., Пак А.А., Акопян А.К., Телешев А.А., Федюк Р.С. Композиты для создания военной инфраструктуры // Теоретические основы создания эффективных композитов Сборник материалов Российской онлайн-конференции, посвященной Дню науки. 2018. С. 157-165.
 15. Duxson P., Fernández-Jiménez A., Provis J.L., Lukey G.C., Palomo A., van Deventer J.S.J. Geopolymer technology: the current state of the art // Journal of Materials Science, 2007, Vol. 42(9), pp. 2917–2933.
 16. Provis J.L. Modelling the formation of geopolymers. (PhD), 2006. University of Melbourne.

МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА

Петропавловская В.Б., канд. техн. наук, доцент,

Бардов Н.П., студент,

Матвейчук В.В., студент

Тверской государственной технической университет

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc3ad41d4.31814792

Аннотация. Современное состояние производства вяжущих веществ требует переориентации на вяжущие, обладающие наименьшей ресурсо- и энергоемкостью, что повышает перспективность развития гипсовой отрасли. В данной статье рассмотрены способы улучшения свойств гипсовых вяжущих за счет введения в них современных минеральных добавок, пластификаторов или их комплексов.

Ключевые слова: полугидрат сульфата кальция, свойства, добавки, отходы, прочность, плотность, водостойкость.

По данным о сырьевой базе гипса на территории РФ, приведенной в таблице, гипсовый камень является весьма распространенным ресурсом и имеется в больших объемах, что позволяет ориентироваться на его использование по многим направлениям в строительстве и не только [1, 9, 12-14, 16, 18, 21].

Способы улучшения технических характеристик полугидрата путем введения добавок, способствующих изменению структуры гипсового камня, а не только физически заполняющих пустоты, являются недостаточно изученными. Следует выделять из них наиболее простые по технологии и эффективные с точки зрения их затратности. Решение проблем низкой водостойкости гипсового камня гидратационного твердения, его невысокой прочности и повышенной ползучести необходимо рассматривать в единстве с обеспечением низкой стоимости вяжущего и малой энергопотребностью [5, 8, 17, 19, 20].

Особенности гипсового камня, которые учитываются при его использовании, могут регулироваться следующим образом [2, 7]:

1) *Использованием пластифицирующих добавок*

Добавление пластификаторов снижает водопроницаемость, а также способствует повышению прочности и водостойкости. Для снижения водопотребности применяются добавки поверхностно-активных веществ ВРП -1, СНВ, ЛСТ, супер- и гиперпластификаторы. В настоящее время установлено, что для повышения водостойкости строительного гипса в него могут вводиться вещества, вступающие в

химическое взаимодействие между собой и с гипсовым вяжущим, с образованием твердеющих в воде водостойких продуктов. Такими веществами являются молотые гранулированные доменные шлаки, известь в сочетании с активными минеральными добавками, портландцемент. Самой оптимальной считается композиция, в состав которой входят гипсовое вяжущее (полугидрат сульфата кальция), портландцемент и активная минеральная добавка – гипсоцементно-пуццолановое вяжущее (ГЦПВ). Наиболее часто применяемые ГЦПВ имеют состав, в котором следующее процентное содержание компонентов, масс: вяжущее на основе гипса 55–70 %, портландцемент 15–20 %, активная минеральная добавка (АМД) 10–20 %. В качестве такой добавки в нашей стране обычно используются природные компоненты – опоки, трепел, диатомит и т.д. В других странах применяется попутные продукты, например, от сгорания бурых углей [11, 15].

Таблица 1- Ресурсный объем гипсового камня [5]

Федеральный округ	Количество месторождений, штук		Запасы	
	всего	эксплуатируемое	млн. т	доля от запасов России, %
Центральный	6	1	1850,7	56,5
Приволжский	38	12	851,8	26,0
Южный	20	6	308,6	9,4
Сибирский	11	3	163,4	5,0
Северо-западный	3	-	47,1	1,4
Уральский	4	1	35,3	1,1
Дальневосточный	4	1	19,0	0,6
Всего	86	24	3275,9	100

2) *Создадим в структуре гипсового камня нерастворимых в воде соединений*

Растворимость сульфата кальция в воде ограничивается обеспечением условий для создания нерастворимых соединений, которые защищают дигидрат сульфата кальция. Например, сочетанием гидравлических компонентов, таких как портландцемент, известь с различными активными минеральными добавками [6].

3) *Применением гидрофобизаторов*

Гидрофобизаторы – это специальные растворы, которые могут быть соединены с водой, либо другими растворителями органического происхождения.

В качестве подобных добавок применяют низко- и высокомолекулярные кремнийорганические соединения, соли жирных кислот, некоторых металлов (алюминий, медь, цирконий и т.д.), а также катионоактивные поверхностно – активные вещества ПАВ [3, 10]. Применение гидрофобизаторов приводит к резкому падению показателя водопоглощения, росту прочности и водостойкости гипсового камня. Так, например [], предел прочности при изгибе гидрофобизированного гипсового камня повысился на 60 %, а при сжатии – на 70 %, а водопоглощение уменьшилось в 10 раз.

Для повышения механических характеристик гипса используют различные добавки, способные влиять как на прочность, так и на деформативность гипсовых структур – с различными (положительными и отрицательными) эффектами. К ним относят [4, 6, 9]:

1) микрокремнезем или тонкодисперсный кремнеземсодержащий компонент – увеличивающий прочность, трещиностойкость и долговечность. Однако подобные материалы могут характеризоваться низкой прочностью на сжатие и низкая текучестью суспензии;

2) отходы промышленности или попутные продукты, в том числе используют: золу-уноса, золу рисовой или гречневой шелухи, золу от сжигания отходов оливкового и пальмового производства, золу и шлаки ТЭЦ, керамическую пыль, отходы производства кирпича или других керамических изделий, соединений алюминия, мелкий кварцевый песок, пемзу, стеклянный бой, кремнегель, туф, диатомит, белую сажу, аэросил или их смесь в любой пропорции – они также увеличивают прочностные свойства гипсовых композиций. Но недостатком подобных добавок заключается в том, что в затвердевшем камне не образуются нерастворимые в воде соединения, приводящие к повышению водостойкости материала. При этом такие компоненты могут не обладать антисептическими свойствами, что при длительном хранении может привести к проникновению в добавку вредных для здоровья человека и разрушительных для готового материала микроорганизмов.

3) перечисленные выше гидрофобные добавки;

4) портландцемент совместно с пуццолановыми (гидравлическими) добавками – уменьшающие ползучесть гипса и повышающие его водостойкость и прочность.

Таким образом, проведенный анализ литературных источников показывает, что применение минеральных добавок, в первую очередь отходов промышленности в композициях с современными пластификаторами, обеспечивает регулирование физико-механических свойств гипсовых вяжущих. Помимо производства гипсокартонных листов, гипсоволокнистых и гипсостружечных плит, а также пазогребневых плит и других изделий на основе строительного гипса, возможно распространение на ответственные конструкционные элементы, отделочные изделия и сухие строительные смеси более широкого применения.

Список литературы:

1. Масляницын А.П., Чудненко Е.А. Модернизация технологического производства высокопрочного гипса // Традиции и инновации в строительной архитектуре СГТУ. Самара. 2017. С.473-475.
2. Коровяков В.Ф. Повышение водостойкости гипсовых вяжущих веществ и расширение областей их применения // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. 2005. №3. С.30-33.
3. Иброхимов А.А., Крамаренко А.В. Некоторые аспекты гидрофобизации изделий из гипсовых вяжущих // Аллея науки ТГУ. Тольятти. 2017. №16. С. 615-617.
4. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия: справочник М.: Изд-во АСВ, 2004. 488 с.
5. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б. Малоэнергоемкие гипсовые строительные композиты: монография. Тверь: ТвГТУ, 2014. 136 с.
6. Лесовик В.С., Погорелов С.А., Строкова В.В. Гипсовые материалы и изделия: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2004. 224 с.
7. Зинченко С.М., Пешкова Д.А. Способы повышения водостойкости гипсовых вяжущих // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона СГТУ имени Гагарина Ю.А.. Саратов. 2017. №8. С.155-157.
8. Чернышева Н.В., Нарышкина М.Б. Влияние микроармирующих волокон на свойства гипсосодержащих композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2010. № 1. С. 73–76.
9. Потенциал применения гипса в промышленности строительных материалов / В.Б. Тросницкий [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. 2005. №7. С.27-28.
10. Сураев В.Г. Гидрофобизация. Теория и практика // Технология строительства. 2002. №1 С.119-122.
11. Федорова В.В., Сычева Л.И. Влияние пластифицирующих добавок на свойства гипса // Успехи в химии и химической технологии РХТУ им. Д. И. Менделеева. Москва. 2015. №7. С.78-80.

12. Ногайбекова М.Т., Испанова З.Ш. Классические и современные строительные растворы // Механика и технологии ТГУ имени М.Х. Дулати. Тараз, Казахстан. 2017. №2. С.126-139.
13. Дворкин Л., Дворкин О. Современные отделочные и облицовочные материалы: справочник. М.: Классик Рипол, 2010. 575 с.
14. Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Германия: Lap Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2013. 127 с.
15. Гаркави М.С., Шленкина С.С. К вопросу о применении пластифицирующих добавок для гипсовых вяжущих. Материалы V Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий»/Под научной редакцией А.Ф. Бурьянова. Казань, 2010. 290 с.
16. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Применение композиционных вяжущих в технологии ячеистого бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 2. С. 10–16.
17. 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
18. Петров К.С. Федоряка А.В. Использование гипса в ремонте и реконструкции зданий и сооружений // ПГУ имени Шолом-Алейхема. Биробиджан. 2018. №2. 40 с.
19. Бархатов В.И., Добровольский И.П. Отходы производств и потребления – резерв строительного материала. М.: Издательство ЧГУ. 2017. 477 с.
20. Иващенко Ю.Г., Евстигнеев С.А., Страхов А.В. Роль наполнителей и модификаторов в формировании структуры и свойств композитов на основе гипсового вяжущего. Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов: Материалы.VI Международной научно-технической конференции. Волгоград. 2011. С. 159-162.
21. Гипс в малоэтажном строительстве. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2008. 240 с.

ДЕФОРМАЦИИ ПОЛЗУЧЕСТИ ГИПСОВЫХ КОМПОЗИТОВ

Петропавловская В.Б. канд. техн. наук, доцент,
Новиченкова Т.Б., канд. техн. наук, доцент,
Белов Д.В., магистрант,
Баркая А.Т., студентка

Тверской государственный технический университет
DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc3bc1066.56536029

Аннотация. В данной статье описана природа явления ползучести гипсовых материалов гидратационного твердения, приведен обзор литературных источников по данной теме, а также выполнен анализ эффективности применения добавок, способствующих снижению таких деформаций, а также повышающих водостойкость и прочность гипсовых композитов.

Ключевые слова: деформации, жидкостные пленки, минеральные добавки, пластификаторы, свойства.

Ввиду низкой стоимости производства и несложной технологии формования, гипсовые вяжущие и смеси на их основе широко применяются в строительстве, несмотря на то, что их механические показатели не позволяют им иметь высокую несущую способность. Механические свойства гипсового раствора связаны с его микроструктурой (пористостью, габитусом кристаллов гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в его структуре, их средним размером, сцеплением и т.д.), а также степенью когезии между кристаллами гипса (межкристаллическими силами). Помимо строительства гипсовые материалы находят хорошее применение и в современной 3D печати продукции других отраслей промышленности [1,2], тем самым расширяя область их использования.

Данная тематика исследований является актуальной, поскольку материалы из гипса являются достаточно доступным строительным материалом, но в виду высокой ползучести под воздействием влажности, данный материал без гидравлических добавок практически не применяется для несущих конструкций.

Исследуя данный вопрос можно столкнуться с очевидной проблемой – недостаточностью исследований по данному вопросу, посвященных современным композициям на основе гипсовых вяжущих.

Ввиду того, что ползучесть гипсовых материалов растет при насыщении их водой, в работе приведен обзор применения добавок, повышающих водостойкость, а также прочность гипсовых композиционных вяжущих. Необходимо отметить, что, несмотря на то,

что негативное воздействие воды на гипсовый раствор хорошо известно, механизм, который отвечает за увеличение ползучести гипса во влажной среде, еще до конца не определен. Тогда как в бетоноведении, под ползучестью понимают способность бетонного камня деформироваться во времени под действием постоянной нагрузки, вызывающей деформации, которые возрастают со временем [3].

Интересна гипотеза о рекристаллизационной ползучести штукатурного раствора, проанализированная авторами [4]. Она базируется на механизме растворения/пересадения. По мнению авторов, этот процесс происходит в жидкой пленке раствора, разделяющей кристаллы гипса. Такая высокая чувствительность штукатурного раствора к влажности объясняется ими влиянием воды на когезию в микроструктуре материала. Авторы считают, что полярные жидкости, например, вода, с высокой диэлектрической постоянной, образующие водородные связи с гипсом, в особенности те, в которых гипс растворяется, могут проникать между его кристаллами. Жидкость снижает межповерхностную свободную энергию кристаллов гипса, что, по всей вероятности, приводит к разупрочнению структуры и снижению механических показателей штукатурного раствора. Следовательно, воздействуя на характер связей в образующейся структуре, можно регулировать показатели ползучести гипсового модифицированного камня.

Для исследований ползучести можно использовать методику определения и прогнозирования ползучести, разработанную [5] с учётом предложений П.И. Васильева и Ли Гуанцзуна. Предлагаемая авторами методика позволяет построить кривую ползучести (рис.) гипсокерамзитобетона, продолжительность которой может на несколько порядков превышать продолжительность короткого ряда наблюдений.

Близкое размещение кривых деформаций ползучести, образованных из короткого и длинного рядов наблюдений, приведенные авторами [5], могут указывать на возможность использования короткого ряда для прогнозирования ползучести гипсокерамзитобетона. Анализ проведен авторами [4] по результатам серии механических испытаний, проведенных на образцах-балочках штукатурного раствора размером 180 x 20 x 20 мм², изготовленных на основе β-полугидрата сульфата кальция с добавкой из расчета 0,231 % добавки от массы вяжущего. Водогипсовое отношение В/Г = 0,8. Полученная пористость составила в среднем 57 %. Подтверждение наличия связи между механическим поведением на трехточечный изгиб

и кинетикой растворения проводились на увлажненных образцах гипсового раствора, содержащего добавки для снижения ползучести. В качестве добавки для испытаний авторами [4] использовалась смесь винной и борной кислот, оказавшаяся наиболее эффективной, натриевая

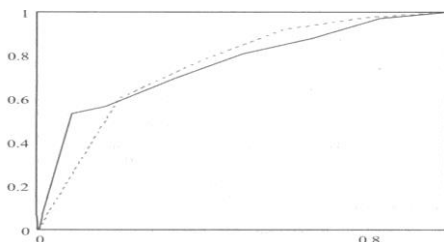


Рис. Кривая приведённых деформаций ползучести гипсобетона при относительном уровне напряжений 0.5: - длинный ряд наблюдений; - -- короткий ряд наблюдений

соль полиаминокарбоксильной кислоты, а также фосфонат калиевой соли, фосфат натрия. Последние две не показали должного эффекта.

Ввиду того, что в настоящее время не существует единого национального стандарта, регулирующего методику определения ползучести гипсовых материалов, то мог бы быть использован ГОСТ 24544 "Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести" для контроля ползучести и гипсобетонов, после его проверки на работоспособность, но приведенная в нем методика не соответствует сегодняшним представлениям о ползучести бетона и требует существенной переработки.

Что касается уменьшения ползучести путем повышения водостойкости гипсовых материалов, то, по мнению ряда авторов, для этого [6,7,8,9] могут быть использованы отдельные минеральные, органо-минеральные или органические добавки [6] и комплексы. В работе [9] приведена рецептура водостойких гипсовых смесей с комплексным составом, включающим золошлаковые отходы ТЭЦ. В работе [8] предлагается вводить в строительный гипс комплексную добавку в составе керамзитовой пыли, извести и пластификатора Полипласт СП-1ВП. Это приводит к увеличению водостойкости и прочности камня. И, наконец, повышение водостойкости гипса установлено при использовании добавок силикагеля и щелочного активатора [7]. Другим способом повышения показателей ползучести является предложение воздействовать на ползучесть через повышенную структурную прочность гипсовых материалов [8, 10, 11, 12].

Использовались добавки пенообразователей [10], молотого мрамора [11]. Причем введение структурообразующей добавки [11] не оказывает существенного влияния на плотность гипсового материала. В качестве модифицирующих добавок в ряде работ использовались и гиперпластификатор Melflux 2641F [12], и редиспергируемый полимерный порошок Vinnapas LL 5999/2, а также эфир целлюлозы Mecellose 7117. Установлено, что содержание Melflux увеличивает прочность, а добавки Vinnapas – ее уменьшает. Наибольшей прочностью характеризуется состав ГЦПВ, содержащий Mecellose и Vinnapas. Введение в строительный гипс [8] комплексной добавки на основе керамзитовой пыли, извести и суперпластификатора Полипласт СП-1ВП способствует повышению всех основных эксплуатационных характеристик. Еще одним их перспективных направлений является модификация гипсовых матриц комплексными системами, содержащими метаксаолин и известь [13,14]. Модификация гипсового композиция комплексным модификатором, по мнению [13], приводит к изменению морфологии, уменьшению размеров кристаллов и увеличение площади межфазной поверхности за счет формирования аморфных продуктов гидратации, что обеспечивает уплотнение структуры гипсовой матрицы. Совместное введение в гипс извести и метаксаолина помимо увеличения прочностных показателей, повышает и среднюю плотность, и пористость, а значит влияет и на характер структуры гипсового камня.

Таким образом, оценка ползучести возможна прямым путем – измерением приведенных деформаций, а также косвенным путем, на основе структурных исследований гипсовых композиций.

Список литературы:

1. Торшин А.О., Потапова Е.Н.. Перспективы использования 3d-принтера в строительстве // Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXX. 2016. № 7. С. 117-119
2. Лысыч М.Н., Шабанов М.Л., Воронцов Р.В. Материалы, доступные в рамках различных технологий 3d печати. Современные наукоемкие технологии. 2015. № 5. С. 20-25.
3. Галкин Ю.Ю. Оценка влияния ползучести цементных бетонов на современном этапе развития бетоноведения. Новые технологии и проблемы технических наук // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. . г. Красноярск, 2016. 184 с
4. Пачон-Родригез Е.А., Коломбани Ж. Механизм ползучести гипсокартона под воздействием влаги // ALITinform. Цемент. Бетон.

- Сухие смеси. 2012 № 1. С. 106-112.
5. Бычков А.С. Ползучесть керамзитобетона на основе гипсового вяжущего повышенной водостойкости из фосфогипса // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI в. 2005. № 12. С. 26-27.
 6. Самигов Н.А., Атакузиев Т.А., Асаматдинов М.О., Ахунджанова С.Р. Физико-химическая структура и свойства водостойких и высокопрочных композиционных гипсовых вяжущих. Universum: технические науки. 2015. № 10 (21). С. 4.
 7. Конушева В.В., Сыркин О.О., Стешенко А.Б., Кудяков А.И. Влияние модифицирующих добавок на водостойкость гипса. В сборнике: Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении. Сборник Международной научно-технической конференции. Новосибирский государственный аграрный университет. 2017. С. 161-163.
 8. Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и молотой керамзитовой пыли // Вестник МГСУ. 2013. № 12. С. 109-117.
 9. Аласханов А.Х., Алиев С.А., Муртазаев С.А.Ю., Успанова А.С. рецептура водостойких композиционных гипсовых вяжущих с компонентами техногенного происхождения // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2015. № 4 (39). С. 63-76.
 10. Морозова Н.Н., Майсурадзе Н.В., Галиев Т.Ф., Потапова Л.И. Эффективность применения воздухововлекающих добавок в гипсовых материалах // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №2.
 11. Петропавловская В.Б., Бурьянов А.Ф., Новиченкова Т.Б. Модифицированные гипсовые системы конденсационного твердения // Сухие строительные смеси. 2014. № 3. С. 14-16.
 12. А. М. Ахметжанов, А. В. Урбанов, Е. Н. Потапова. Применение методов планирования эксперимента при изучении комплексного влияния добавок на свойства вяжущего // Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXX. 2016. № 7. С. 14-16
 13. Батова, М.Д. Гипсовые композиции с комплексным модификатором на основе извести и метаксаолина // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сборник статей по материалам LI международной студ. науч.-практ. конф. № 3(50).
 14. Сафонова, Т.Ю. Влияние вида кремнеземистой добавки на свойства смешанного воздушного вяжущего в системе "гипс - известь - пуццолан" // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2012. № 2 (31). С. 93-98.

НАПОЛНЕННЫЕ ГИПСОВЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ КОМПОЗИТЫ

Петропавловская В. Б.¹, канд. техн. наук, доцент,
Завадько М. Ю.¹, магистрант,
Петропавловский К. С.², инженер

¹*Тверской государственный технический университет*

²*НИУ Московский государственный строительный университет*

DOI: 0.12737/conferencearticle_5cecedc3c98586.07223715

Аннотация. Исследование направлено на решение проблемы ресурсосбережения в области гипсового производства. Описаны сравнительные эксперименты по снижению водопотребности модифицированных гипсовых смесей. Введение в состав гипсовых смесей дисперсного модификатора и пластификатора способствует сокращению водосодержания и росту прочности гипсового камня.

Ключевые слова: гипсовые вяжущие, минеральные добавки, отходы пылеочистки, водопотребность, пластификация, свойства.

Строительная отрасль является наиболее материалоемкой, поэтому вопросы внедрения ресурсосберегающих технологий именно в строительстве всегда остаются актуальными. Наиболее привлекательной является идея использования промышленных отходов в качестве компонентов строительных материалов [1].

Одним из промышленных отходов, образующихся в большом объеме, является отход пылеудаления строительных производств, в том числе – предприятий по выпуску базальтовых изделий [2-4].

Применение базальта в различном состоянии достаточно изучено [5-14], однако состав промышленной пыли сложный, включает не только минеральную, но и органическую составляющую, что отражается на его применении в качестве добавки в строительные смеси и требует дополнительных исследований.

В целях вовлечения промышленной базальтовой пыли в промышленное производство в работе изучена возможность получения модифицированных гипсовых материалов с улучшенными физическими и механическими показателями.

В исследованиях применялось гипсовое вяжущее марок Г-16 и Г-5 и наполнитель – отход пылеочистки базальтового предприятия, а также ряд наиболее часто применяемых в настоящее время химических добавок-пластификаторов. Для исследования свойств композитов были использованы образцы-кубы размером 20x20x20 мм и образцы-балочки

размером 20x20x160 мм, которые были испытаны на 7-е сутки твердения.

В первой серии опытов в качестве добавки-пластификатора использовали органоминеральный комплекс Санкт-Петербургского производства – Лахта. Опыты были произведены на равно подвижных гипсовых смесях. Результаты исследований по водопотребности для добавки-пластификатора Лахта приведены на рис. 1.

Во второй серии опытов качестве добавки-пластификатора применяли также отечественную добавку Омского производства – Фрипласт.

График зависимости прочности гипсовых составов от количества добавки-пластификатора (рис.2) показал, введение добавки Лахты ведет к снижению водопотребности рабочей смеси, и, следовательно, к повышению прочности гипса при ее процентном содержании в смеси до 7 %.

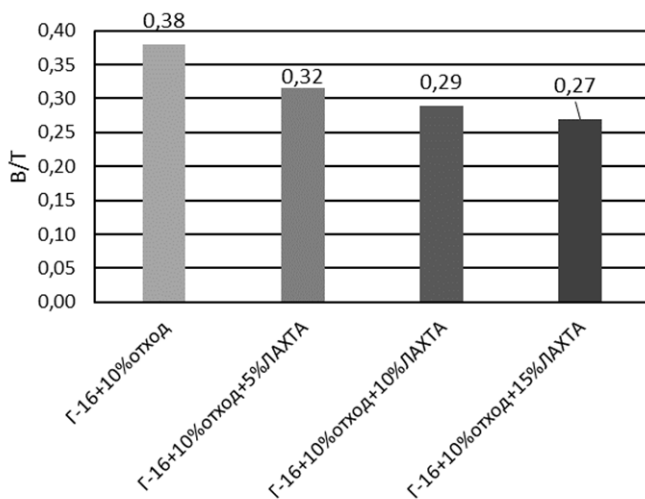


Рисунок 1 - Влияние добавки-пластификатора на водосодержание смеси

Оптимальное водотвердое отношение для составов второй серии опытов показано на рисунке 3. Зависимость прочности от количества добавки-пластификатора, приведенная на рис. 4, показала, что прочность растет и достигает отметки 21 МПа для максимального

количества введенной добавки (3 %), что, более чем в 3 раза превышает прочность бездобавочных образцов.

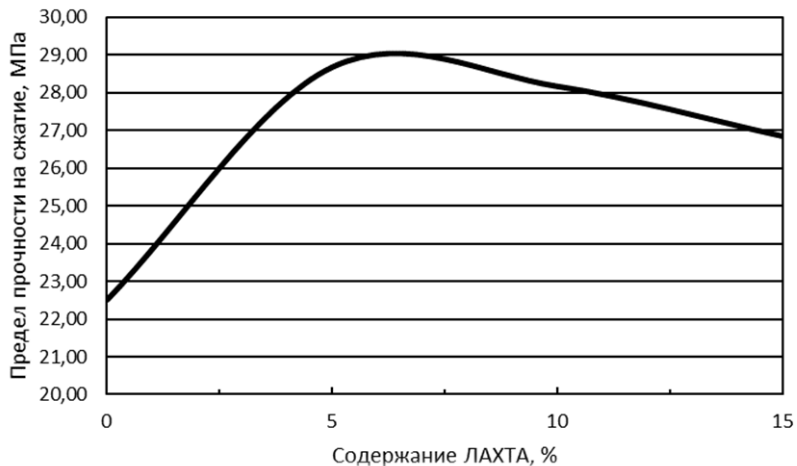


Рисунок 2 - Влияние добавки-пластификатора на прочность гипса

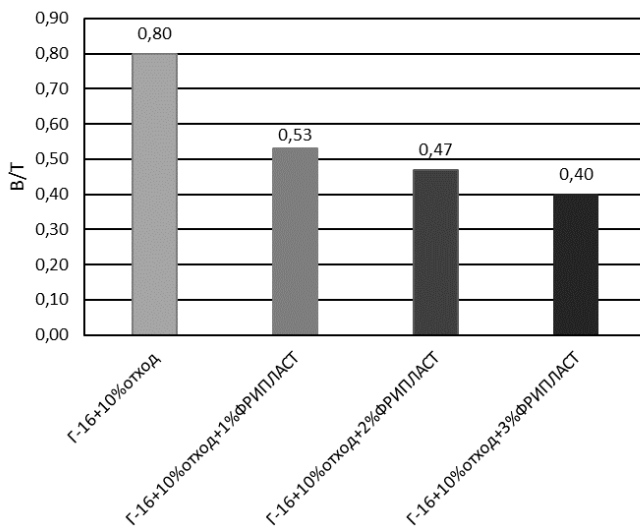


Рисунок 3 - Влияние содержания добавки Фрипласт на В/Т отношение



Рисунок 4 - Влияние содержания добавки Фрипласт на прочности при сжатии

Таким образом, в ходе исследований выявлено:

1. Применение добавки-пластификатора Санкт-Петербургского производства целесообразно в количестве 7 % от массы гипсового вяжущего, что способствует снижению водопотребности на 7 % и повышению прочности при сжатии, в среднем, на 20 %.

2. Применение добавки Фрипласт в составе модифицированных гипсовых композитов обуславливает снижение водопотребности смеси на 50 % и повышение прочности при сжатии в среднем на 66 %.

3. Полученные составы наполненных гипсовых композитов могут быть рекомендованы для изготовления на их основе сухих строительных смесей по малоотходной энергосберегающей технологии.

Список литературы:

1. Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Н., Петропавловский К.С. Утилизация отходов минерального волокна в производстве гипсовых изделий // Вестник МГСУ. 2017. № 12 (111). С. 1392-1398.
2. Petropavlovskaya V., Khozin M., Zavadko M. Application of pulverized waste from production of basalt fiber as part of gypsum composites and their influence // 21.Internationale Baustofftagung. Weimar, 2017. P. 184-188.
3. Petropavlovskaya V., Zavadko M. Possibility of utilization of dust-like wastes of basalt fiber production with their application in the production of

- gypsum materials//22.Internationale Baustofftagung. Weimar, 2018. P. 184-188.
4. Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Завадько М.Ю. Модифицированные гипсовые композиты гидратационного твердения // Инновации и моделирование в строительстве материаловедении и образовании: мат-лы межд. научно-практ. конф. Тверь: ТвГТУ, 2017. С. 80-87.
 5. Александров Д.Ю. Перспектива использования отходов базальтовых волокон в дорожной отрасли // В сб.: Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых: мат-лы межд. научно-практ. Конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2017. С. 17-20.
 6. Пагина Л.В., Дадунашвили Д.А. Модификация цементного вяжущего тонкомолотым базальтовым порошком // Master's Journal. 2016. №2. С. 391-396.
 7. Ерошкина Н.А., Коровкин М.А. Свойства геополимерных вяжущих на основе дисперсных отходов добычи и переработки базальта // Строительство, наука и образование. 2015. №1 (1). С. 25-28.
 8. Сизов Ю.В., Абрамов Д.Г. Использование базальтовых отходов в качестве упрочняющей добавки для мелкозернистых бетонов // В сб.: Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии: Сборник научных трудов и материалов III Международной научно-практической конференции с научной школой для молодежи. ТвГТУ. 2017. С. 309-312.
 9. Петропавловская В.Б., Новиченков Г.В., Чубисов И.Е. Об использовании отходов базальтового волокна в производстве гипсовых изделий // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий: мат-лы IX Межд. научно-практ. конференции. М.: Де Нова. 2018. С. 138-142.
 10. Лесовик В. С. Ильинская Г. Г. Базальтовое волокно как армирующий материал для сухих строительных смесей// Белгород: БГТУ , 2010. С. 109-193.
 11. Buryanov A.F., Novichenkova T.B., Petropavlovskaya V.B., Petropavlovskii K.S. Simulating the structure of gypsum composites using pulverized basalt waste // MATEC Web Conf. 2017. Vol. 117: RSP 2017
 12. Аблесимов Н.Е., Малова Ю.Г. Каменное (базальтовое) волокно: исследования и научные школы // Научное обозрение. Технические науки. 2016. № 6. С. 5-9.
 13. I международный базальтовый форум: оценка реалий и возможностей базальтовой индустрии Рациональное освоение недр. 2016. № 5-6. С. 117-119.
 14. Рахимова Г.М., Аринова А.С., Рахимова А.М., Хан М.А. Перспективы применения базальтового волокна в бетон с использованием нанокремнезема // Труды Университета. 2016. № 2 (63). С. 72-75.

ВЛИЯНИЕ ВИДА ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ПЕНОГИПСОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Пыкин А.А., канд. техн. наук, доцент,

Шкловец И.А., студент,

Березняк И.Ю., студент

*Брянский государственный инженерно-технологический
Университет*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc3d6d560.69209555

Аннотация. Исследованы средняя плотность и прочность на сжатие пеногипсовых композиций с использованием синтетического и белкового пенообразователей, а также кратность пен в зависимости от времени получения, вида и концентрации пенообразователя. Установлено, что синтетический пенообразователь позволяет снизить в 4 раза плотность пеногипсовых композиций, а белковый пенообразователь – повысить в 1,9 раза прочность поризуемого гипсового камня.

Ключевые слова: пеногипсовая композиция, синтетический пенообразователь, белковый пенообразователь, кратность пены, средняя плотность, прочность на сжатие.

Современные тенденции развития строительного материаловедения связаны с необходимостью разработки новых энергосберегающих материалов поризованной и крупнопористой структуры [1], в том числе на основе гипсовых вяжущих, обладающих высокой прочностью, низкой плотностью и хорошими теплоизоляционными свойствами.

При создании высокопористых структур наибольшее распространение получила технология поризации с помощью газообразователей. Однако специфические свойства гипсовых вяжущих и композиций на их основе, в частности быстрое схватывание и твердение, затрудняют протекание совместных процессов газовойделения и структурообразования [2].

Обзорный анализ современной научно-технической литературы показывает, что в настоящее время именно пенная технология получения поризованных гипсовых композиций вызывает большой научно-технический интерес ввиду сравнительной простоты осуществления, широкого ассортимента пенообразователей нового поколения, наличия теоретических основ регулирования структуры и свойств гипсовой матрицы полифункциональными активными

наноматериалами [3], в том числе нанодисперсными модификаторами на основе диоксидов кремния [4] и титана [5], метакаолина [6], серпентинита [7], волластонита [8], микрокристаллической целлюлозы [9], биосилифицированных [10] и галлуазитовых [11] нанотрубок и других источников сырьевой базы с высокой эколого-экономической эффективностью [12].

Целью работы является экспериментальное исследование влияния синтетического и белкового пенообразователей на свойства пеногипсовых композиций (ПГК), приготавливаемых в условиях сухой минерализации пен гипсовым вяжущим. Для достижения поставленной цели решались задачи по определению: кратности пены в зависимости от времени получения, вида и концентрации пенообразователя; средней плотности и прочности на сжатие ПГК в зависимости от количества рабочего раствора пенообразователя разного вида. Обработка экспериментальных данных осуществлялась с помощью программы Interp.sce на базе Scilab [13].

В качестве сырьевых материалов для приготовления ПГК применялись: высокопрочный гипс марки Г16 (ЗАО «Самарский гипсовый комбинат», Россия); синтетический пенообразователь (ПО) «Пеностром» (ООО «Щит», Белгородская область, Россия); белковый пенообразователь «Foam X» (Италия); вода затворения.

Установлено, что изменение кратности пены носит экстремальный характер. Увеличение концентрации ПО «Пеностром» от 0,1 до 0,9 % (от объема воды затворения) приводит к повышению кратности пены от 3,1 до 5 при ее получении в течение 0,5 мин, от 3,2 до 5,6 – 1 мин, от 4,3 до 7,2 – 1,5 мин. Максимальное значение кратности пены (9) достигается через 1,5 мин приготовления при концентрации ПО «Пеностром», равной 0,84 % (рис. 1).

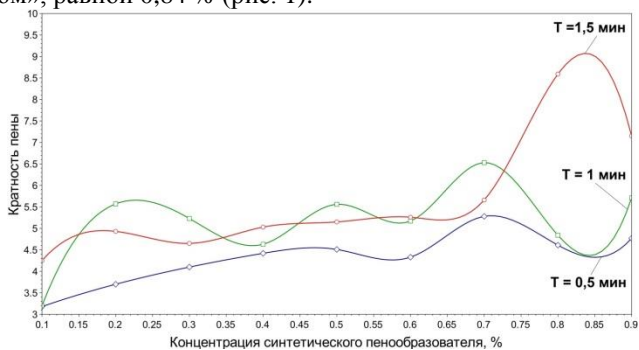


Рисунок 1 - Изменение кратности пены с ПО «Пеностром»

Разнозначное изменение концентрации ПО «Foam X» способствует повышению кратности пены от 1,9 до 2,4 при ее получении в течение 0,5 мин, от 2,4 до 4,5 – 1 мин, от 2,9 до 3,8 – 1,5 мин. Максимальное значение кратности пены (5) также наблюдается через 1,5 мин приготовления при концентрации ПО «Foam X», равной 0,86 % (рис. 2).

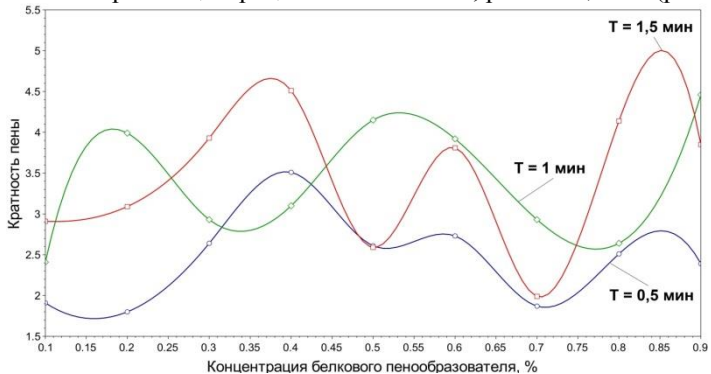


Рисунок 2 - Изменение кратности пены с ПО «Foam X»

Результаты испытаний показали, что при изменении количества рабочего раствора ПО «Пеностром» от 0 до 0,2 % средняя плотность образцов пеногипсовых композиций снижается от 1330 до 330 кг/м³ (рис. 3), а прочность на сжатие (через 2 часа твердения в воздушно-сухих условиях) – от 8,8 до 1,4 МПа.

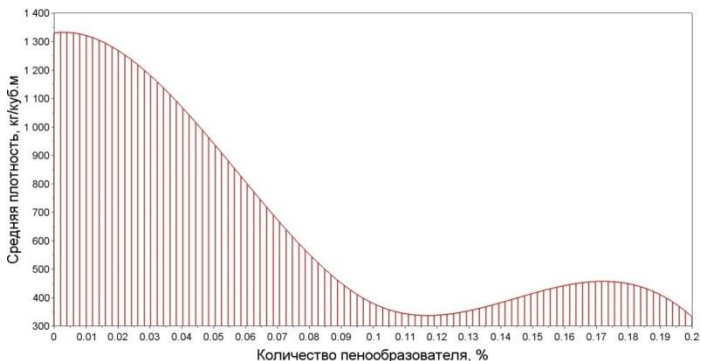


Рисунок 3 - Зависимость средней плотности ПГК от количества ПО

«Пеностром»

В то же время, равнозначное изменение количества рабочего раствора ПО «Foam X» приводит к повышению средней плотности образцов ПГК от 1330 до 1422 кг/м³, то есть в 1,1 раза, а прочности на сжатие – от 8,8 до 17 МПа, то есть в 1,9 раза (рис. 4).

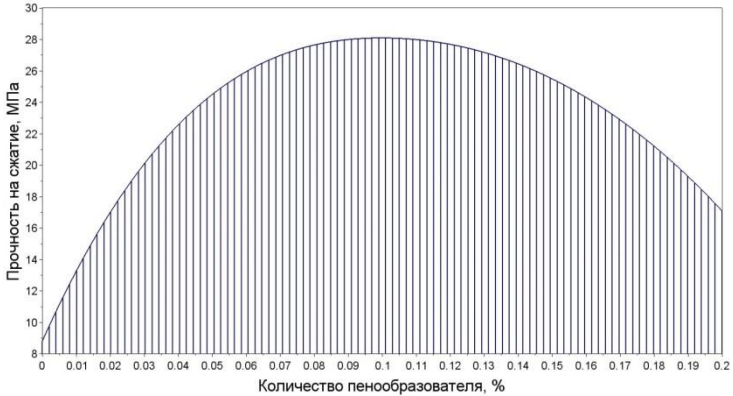


Рисунок 4 - Зависимость прочности на сжатие ПГК от количества ПО «Foam X»

Заключение

На основании выполненных экспериментальных исследований установлен характер влияния синтетического и белкового пенообразователей на изменение средней плотности и прочности на сжатие пеногипсовых композиций, приготавливаемых в условиях сухой минерализации пен гипсовым вяжущим. Выявлено, что при равнозначном количестве рабочего раствора (0,2 % от объема воды затворения) и при кратности образующихся пен, равной 3, синтетический пенообразователь «Пеностром» позволяет существенно снизить (в 4 раза, до 330 кг/м³) плотность образцов пеногипсовых композиций с обеспечиваемой прочностью 1,4 МПа, а белковый пенообразователь «Foam X» – повысить в 1,9 раза (до 17 МПа) прочность поризуемого гипсового камня, плотность которого при этом составляет 1422 кг/м³.

Список литературы:

1. Повышение эффективности крупнопористого керамзитобетона

- нанодисперсными добавками / А.А. Пыкин [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 20-23.
2. Особенности влияния пенообразователей нового поколения на пеногипсовые композиции / К.С. Петропавловский [и др.] // Интернет-Вестник ВОЛГГАСУ. 2013. № 4 (29). С. 1-7.
 3. Lukuttsova N. Water films (nanofilms) in cement concrete deformations // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 15. С. 35120-35124.
 4. Лукутцова Н.П. Наномодифицированные композиционные строительные материалы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию строит. фак. и 85-летию БГИТУ (Брянск, 1-2 дек. 2015 г.). Брянск: Изд-во БГИТУ. 2015. Т. 1. С. 94-100.
 5. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 5-8.
 6. Lukuttsova N.P., Pykin A.A. Stability of nanodisperse additives based on metakaolin // Glass and Ceramics. 2015. № 11-12. P. 383-386.
 7. Изучение свойств мелкозернистого бетона, модифицированного нанодисперсной добавкой серпентинита / А.П. Пустовгар [и др.] // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 155-162.
 8. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength / N.P. Lukutsova [et al.] // Solid State Phenomena. 2018. Т. 284. P. 1005-1011.
 9. Свойства и структура строительного гипса с микрокристаллической целлюлозой / А.А. Пыкин [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 55-61.
 10. Лукутцова Н.П., Устинов А.Г. Мелкозернистый бетон, модифицированный нанодисперсной добавкой биосилифицированных нанотрубок // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 396-400.
 11. Лукутцова Н.П., Головин С.Н. Агрегативная устойчивость водных суспензий галлаузитовых нанотрубок // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 4-10.
 12. Лукутцова Н.П., Кожухар В.М. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8 (548). С. 70-75.
 13. Экстремальное моделирование оптимального состава и содержания микронаполнителя в бетоне / Е.Г. Карпиков [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 9-12.

ВЛИЯНИЕ ВИДА И СОДЕРЖАНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ПОРОШКОВЫХ БЕТОНОВ

Рахимбаев Ш.М., д-р техн. наук, профессор,

Толыпина Н.М., д-р техн. наук, профессор,

Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доцент,

Толыпин Д.А., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г.Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc3e55057.37073178

Аннотация. Исследовано влияние мраморного и кварцевого наполнителей на коррозионную стойкость порошковых бетонов. Установлено, что кварцевый наполнитель способствует росту стойкости порошковых бетонов, что может быть обусловлено повышением его активной поверхности при тонком измельчении.

Ключевые слова: порошковый бетон, минеральный наполнитель, коэффициент стойкости

Коррозионная стойкость порошковых бетонов малоизучена, в основном на тампонажных цементах [1-2]. Большое преимущество порошковых бетонов перед тяжелыми заключается в том, что у них соотношение $R_{сж}/R_{изг}$ близко к единице, в то время как у тяжелых бетонов может доходить до 10, а также меньше плотность и гораздо более высокая долговечность. Недостатком таких бетонов является повышенный расход цемента, из-за чего их не используют. Но в последнее десятилетие предложены пути снижения стоимости, в частности за счет применения наполнителей [3] Для порошковых бетонов характерна большая усадка, что вызывает вопрос об их трещиностойкости в условиях воздействия агрессивных сред. Вопросу влияния минеральных наполнителей различной природы на долговечность порошковых бетонов посвящается данная работа.

В качестве тонкоизмельченных наполнителей использовали кварцевый песок и мрамор с различными электроповерхностными свойствами. Так как наполнитель оказывает влияние на электроповерхностные свойства стенок капилляров, то можно предположить, что кварцевый песок с электроотрицательным поверхностным зарядом повышает величину отрицательного электрокинетического потенциала поверхности капилляров, что будет тормозить проникновение сульфат-ионов SO_4^{2-} , но усиливать продвижение положительных ионов Mg^{2+} . Мраморный наполнитель с

положительным знаком заряда поверхности повышает положительный электрокинетический заряд поверхности пор и капилляров, соответственно, результат оказывает противоположный кварцевому песку: будет замедлять проникновение ионов магния и способствовать продвижению сульфат-ионов. В этой связи можно предположить, что кварцевый наполнитель будет повышать коррозионную стойкость порошковых бетонов в сульфатных средах, а мраморный наполнитель – в магниезальных растворах.

Для проверки данной гипотезы были выполнены следующие эксперименты. Использовали порошковые бетоны следующих составов: цемент : наполнитель = 70:30 (В/Ц=0,3); цемент : наполнитель = 90:10 (В/Ц=0,3); цемент : кварцевый наполнитель : мраморный наполнитель = 70:15:15 (В/Ц=0,3). Из приведенных составов формовали образцы размером 2,5x2,5x10 см, которые после предварительного твердения в воде (14 сут) помещали в агрессивные растворы $MgCl_2$ и Na_2SO_4 1%-ной концентрации. Расход раствора на один образец составлял 250 мл. Через 3, 6 и 10 мес образцы испытывали на прочность при изгибе и сжатии, определяли фазовый состав (РФА) и микроструктуру бетона (РЭМ). Результаты испытаний приведены на рис. 1.

В качестве основного критерия использовали предел прочности при изгибе [4-10], как наиболее чувствительного показателя к коррозионным повреждениям структуры цементного камня. Следует отметить, что прочность образцов порошковых бетонов составов 70:30 и 90:10 мало отличалась, что обусловлено их низкой проницаемостью. Прочность при изгибе у образцов всех составов сначала увеличивалась (до 6 мес), а затем уменьшалась (к 10 мес). У образцов, содержащих 10 % наполнителя, вид минерального порошка (мрамор или кв. песок) не оказывал заметного влияния на твердение независимо от вида агрессивной среды. По-видимому, содержание наполнителя в количестве 10 % не влияет на формирование знака и величины дзета-потенциала цементной матрицы.

Прочность образцов состава 30П (ПЦ: молотый кв.песок=70:30) в растворе Na_2SO_4 снижается медленнее, чем в растворе $MgCl_2$, в то время как у образцов состава 30М (ПЦ: молотый мрамор=70:30) разница по прочности как в растворе Na_2SO_4 так и в растворе $MgCl_2$ незначительна. Порошковые бетоны с 30 % наполнителя из молотого кварцевого песка характеризуются некоторым превышением стойкости по сравнению с образцами бетона с 30 % наполнителя из молотого мрамора.

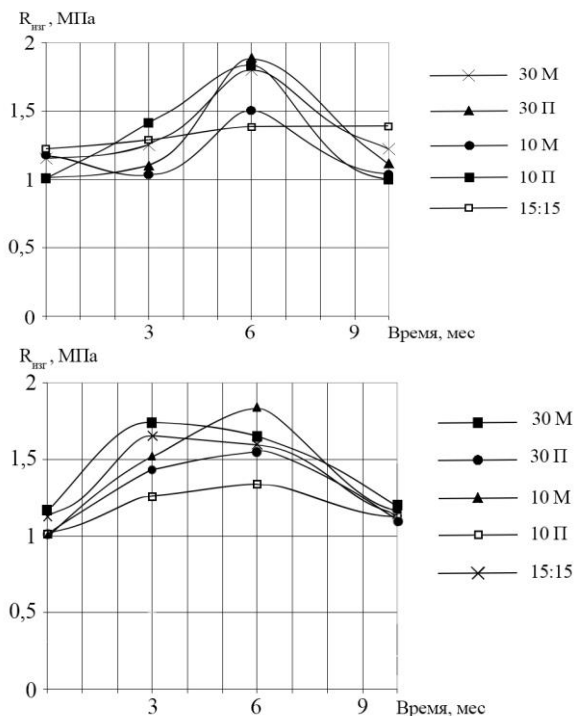


Рисунок 1 – Кинетика твердения образцов бетона в 1%-ных растворах $MgCl_2$ (а) и Na_2SO_4 (б): 15:15 – (ПЦ:молотый мрамор: молотый кв. песок=70:15:15); 10М – (ПЦ:молотый мрамор=90:10); 10 П – (ПЦ:молотый кв. песок=90:10); 30М – (ПЦ:молотый мрамор=90:30); 30 П – (ПЦ:молотый кв. песок=90:30)

Наибольшую стойкость показали образцы порошкового бетона состава ПЦ : молотый мрамор: молотый кв. песок=70:15:15, затем следуют порошковые бетоны с наполнителем в количестве 10 % (ПЦ:молотый мрамор=90:10; ПЦ:молотый кв. песок=90:10) с небольшой разницей по стойкости. Меньшей стойкостью обладают образцы с тонкоизмельченным порошком в количестве 30 % (ПЦ:молотый кв. песок=70:30; ПЦ:молотый мрамор=70:30), преимущество по стойкости дают составы с 30 % молотого кварцевого песка (рис. 2).

Необходимо учесть, что вид наполнителя оказывает влияние не только на электроповерхностные свойства стенок капилляров, но и на

формирование структуры цементной матрицы, ее пористости. С этой точки зрения необходимо рассмотреть результаты, полученные с добавкой смеси двух наполнителей ПЦ : 15 мрамор :15 кв.песок, которые показали наилучшую стойкость по сравнению с другими составами порошковых композитов с одним видом наполнителя, как в среде $MgCl_2$, так и Na_2SO_4 . Если вводить одновременно в цемент 15 % кварцевого порошка и 15 % мраморного, электрокинетический потенциал поверхности пор мало меняется, но благодаря противоположным электроповерхностным зарядам, наблюдается взаимное их электростатическое притяжение, что способствует формированию плотной цементной матрицы.

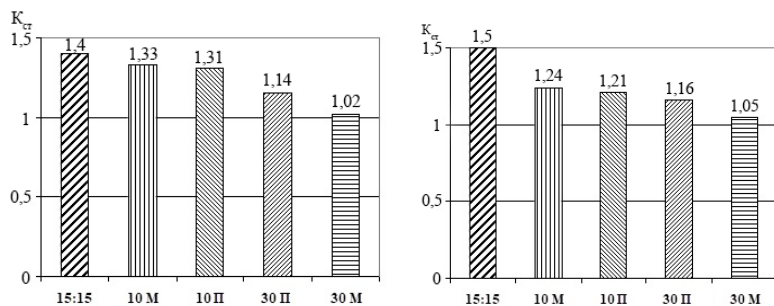


Рисунок 2 – Коэффициент стойкости образцов (по $R_{изг}$) в растворе Na_2SO_4 (а) и $MgCl_2$ (б): 15:15 – (ПЦ:молотый мрамор: молотый кв. песок=70:15:15); 10М – (ПЦ:молотый мрамор=90:10); 10П – (ПЦ:молотый кв. песок=90:10); 30М – (ПЦ:молотый мрамор=70:30); 30П – (ПЦ:молотый кв. песок=70:30)

Этот фактор является очень важным, так как такой способ позволяет существенно экономить вяжущее, что очень важно для порошковых бетонов с повышенным расходом цемента, и при этом обеспечивать его повышенную стойкость и сохранность в химически-агрессивных средах.

Исходя из теории электрокинетических явлений, можно предположить, что при использовании мраморного наполнителя стойкость образцов в растворе Na_2SO_4 должна быть ниже, чем в $MgCl_2$ в сравнении с молотым кварцевым песком. Фактически во всех случаях коэффициенты стойкости образцов порошкового бетона с молотым кварцевым песком мало отличаются от коэффициента стойкости образцов бетона с мраморным наполнителем. Это противоречит данным

[11], в которых показано, что проницаемость образцов из ППЦ для ионов Cl^- ниже, чем у чистого ПЦ, хотя В/Ц и пористость первых значительно больше. Указанное противоречие обусловлено тем, что ион Mg^{2+} , в отличие от иона Na^+ , значительно сильнее притягивается к отрицательно заряженным центрам кварцевого порошка, поэтому на стенках капилляров образуется «запорный» слой из иона Mg^{2+} , который затрудняет диффузию ионов разного состава.

Изложенные данные и теоретические соображения будут полезны при выборе рациональных составов порошковых бетонов при использовании в агрессивных средах.

Выводы.

Результаты показали, что наполнитель оказывает влияние не только на электроповерхностные свойства стенок капилляров, но и на формирование структуры цементной матрицы, ее пористости. При использовании мраморного наполнителя происходит осаждение на его поверхности частиц коллоидного объемного слоя гидросиликатов кальция, образующихся при гидратации цемента. Повышенная стойкость порошковых бетонов на кварцевом наполнителе может быть обусловлена тем, что при тонком измельчении кварцевого песка повышается его активная поверхность, что обуславливает взаимодействие силанольных групп $-\text{Si}-\text{OH}$, находящихся на поверхности частиц кварцевого песка с ионами кальция с образованием гидросиликатов кальция, что способствует срастанию поверхности частиц с цементной матрицей.

Список литературы:

1. Рахимбаев Ш.М., Рябова Л.И., Агзамов Ф.А., Авершина Н.М. Прогнозирование долговечности цементного камня в коррозионно-активных средах // Экспресс-информация. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. Москва, 1991. Вып. 8. С.22–30.
2. Кравцов В. М., Мавлютов М. Ф. Исследование коррозионной стойкости мономинеральных цементов в условиях сероводородной агрессии // Изв. вузов: нефть и газ. 1981. № 5. С.22–26.
3. Калашников В.И., Москвин Р.Н., Белякова Е.А., Белякова В.С., Петухов А.В. Высокодисперсные наполнители для порошково-активированных бетонов нового поколения // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 2(22). С.113–118.
4. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземосодержащего компонента / Белгород, 2016.

5. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
6. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
7. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.
8. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф., Глаголев Е.С. Несущая способность сталебетонных плит по нормальному сечению // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 42–44.
9. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Глаголев Е.С., Статинов В.В., Статинов В.Ф. Несущая способность сталебетонных полигональных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 102–105.
10. Севостьянов В.С., Перельгин Д.Н., Уральский В.И., Горлов А.С., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Разработка и исследования энергосберегающего помольного оборудования для высокодисперсного измельчения материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 76–80.
11. Савич Е.Г. Исследование диффузии растворов хлористых солей в цементном камне и бетоне//Автореф. на соиск. ..к.т.н., Ростов-на-Дону. 1982. 20 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТОНКОМОЛОТЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ БАРХАННЫХ ПЕСКОВ

Саламанова М.Ш., канд. техн. наук, доцент,

Узаева А.А., аспирант,

Муртазаева Э.Д., магистрант,

Ахматов А.Р., магистрант,

Грозненский государственный нефтяной

технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc400a134.67571802

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования барханных песков и рациональные возможности использования их в производстве многокомпонентных вяжущих. Разработаны рецептуры виброактивированных тонкомолотых цементов на основе барханных песков, изучены свойства полученных вяжущих, и определена перспектива получения ремонтных модифицированных составов на их основе.

Ключевые слова: барханные пески, ремонтные составы, тонкомолотые вяжущие, удельная поверхность, виброактивация, Водоотделение, поровое пространство.

Сложная геологическая история сказалась на формировании разнообразного рельефа поверхности Чеченской Республики. Здесь можно наблюдать самые всевозможные формы песчаного рельефа. Широко распространены заросшие травянистой растительностью грядовые и бугристые пески. А в северной и восточной частях Терского массива встречаются участки сыпучих барханных песков, они занимают примерно 2 тыс. км², и что составляет 50-60 % от сельскохозяйственных угодий. Образовались барханные пески вследствие развеивания грядовых песков [1-3]. Барханные пески могли бы стать огромным сырьевым ресурсом в производстве строительных материалов, но применяются в основном в незначительных объемах в качестве заполнителей для бетонов.

В данной работе представлены результаты исследования барханных песков и рациональные возможности использования их в производстве тонкомолотых вяжущих (ТМВ). Изучение барханных песков показало, что в гранулометрическом составе в основном преобладают частицы размером меньше 0,1 мм, модуль крупности меньше единицы, относя данные пески к разряду тонких песков. Минеральный состав барханных песков отличается тем, что суммарно

они могут содержать до 50 % полевых шпатов, карбонатов и глинистых примесей.

Визуальный анализ с помощью бинокулярного микроскопа установил, что данные пески светлого, а местами серовато-желтоватого цвета. Преимущественно они представлены зернами белого, прозрачного и замутненного кварца. Изучение частиц барханного песка методом сканирующей электронной микроскопии (рисунок 1), показало, наличие зерен неправильной формы с овальными, сглаженными контурами, в небольшом количестве присутствуют остроугольные обломки. Энергодисперсионный микроанализ и физико-механические свойства исследуемых барханных песков представлены на рисунке 2 и в таблице 1.

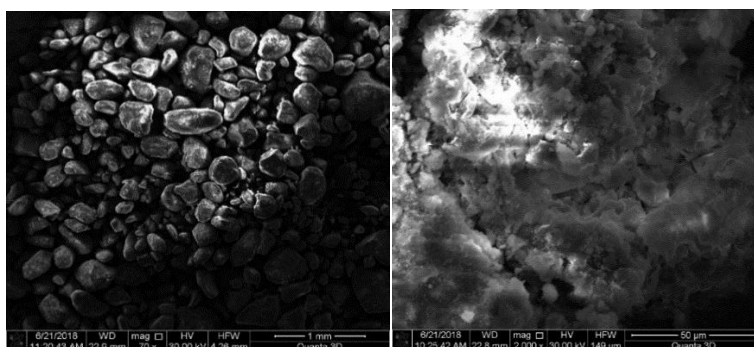


Рисунок 1 – Микрофотография зерен барханного песка

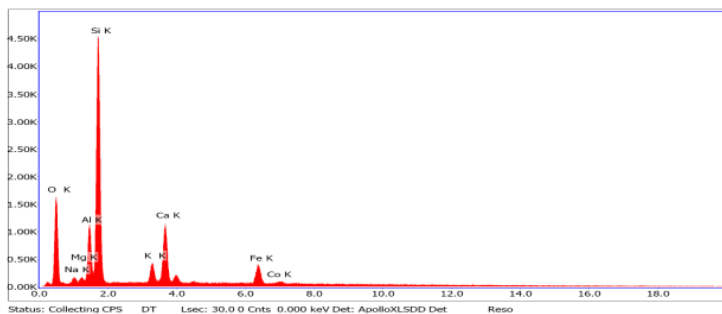


Рисунок 2 – Энергодисперсионный анализ барханного песка, Чеченская Республика

Таблица 1 – Основные физико-механические характеристики барханных песков

Размер сит, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	Остаток на дне сит
Частные остатки, %	-	3,5	2,7	3,1	31,7	59
Полные остатки, %	-	3,5	6,2	9,3	41,0	
Модуль крупности	0,6					
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	5,4					
Истинная плотность зерен, кг/м ³	2650					
Средняя насыпная плотность, кг/м ³	1390					
Пустотность песка, %	48					
Водопотребность, %	12					

Для разработки составов тонкомолотых активированных вяжущих на основе барханных песков приготавливались различные композиции многокомпонентных связок, которые потом смешивались в определенном соотношении и подвергались механоактивации мельнице в течение 10 и 20 минут (таблица 2).

Для исследования свойств виброактивированных тонкомолотых вяжущих изучались физико-механические характеристики, для этого приготавливались образцы-балочки размером 40x40x160 мм из цементно-песчаного раствора консистенции 1:3 на стандартном монофракционном Вольском песке с модулем крупности 2,3 и испытывали их после нормального 28 суточного твердения. Исследование порового пространства цементного камня с использованием тонкомолотых виброактивированных в течение 10 и 20 минут вяжущих на основе барханных песков осуществляли методом ртутной порометрии, результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Рецептуры тонкомолотых вяжущих

№ состава	Способ активации	Условное обозначение	Содержание компонентов тонкомолотого вяжущего, %		
			ПЦ	Барханный песок	С-3
1	Совместная виброактивация в мельнице	ПЦ	100	-	-
2		ТМВ-85	84	15	1,0
3		ТМВ-75	74	25	1,0

4	ВМ-20	ТМВ-65	64	35	1,0
---	-------	--------	----	----	-----

Примечание: ТМВ –тонкомолотое вяжущее; ПЦ – портландцемент

Водопоглощение цементного камня характеризует способность впитывать и удерживать в порах воду. Вода заполняет открытые поры, поэтому по водопоглощению можно судить об открытой пористости материала.

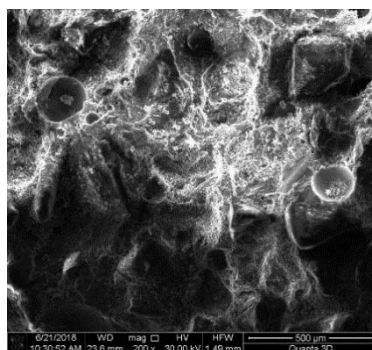
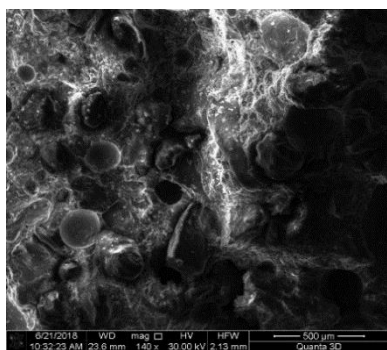
Таблица 3 – Суммарный объем пор и распределение их по размерам

Наименование вяжущего	НГ, %	Водопоглощение, %	Пористость, см ³ /г	Радиус пор, мкм и их содержание, см ³ /г				Активность, МПа, 28 сут.
				более 1	1-0,1	0,1-0,01	0,01-0,001	
Виброактивация в течение 10 минут								
ПЦ	27,5	12,6	0,122	0,0093	0,0692	0,0319	0,0116	48,6
ТМВ-85	18	6,4	0,0636	0,0018	0,0023	0,0463	0,0132	52,3
ТМВ-75	19,1	6,0	0,0597	0,0014	0,0020	0,0443	0,0120	51,8
ТМВ-65	20,3	10,1	0,1010	0,0100	0,0524	0,0268	0,0118	44,5
Виброактивация в течение 20 минут								
ПЦ	29,6	13,6	0,134	0,0098	0,0699	0,0321	0,0119	46,7
ТМВ-85	20,8	6,8	0,0647	0,0020	0,0028	0,0468	0,0135	50,8
ТМВ-75	22,1	6,3	0,0604	0,0017	0,0026	0,0445	0,0123	50,0
ТМВ-65	23,5	11,3	0,1016	0,0110	0,0531	0,0272	0,0124	43,1

Анализируя результаты исследований, необходимо отметить, что по сравнению с ненаполненным вяжущим в тонкомолотых наблюдается

4-5 кратное снижение количества пор с радиусом больше 1 мкм, на порядок уменьшилось количество капиллярных пор радиусом 1-0,1 мкм, появляется сдвиг радиуса пор в сторону мельчайших капилляров. Суммарный объем пор цементного камня на ТМВ примерно в 2 раза меньше по сравнению с объемом пор ненаполненного виброактивированного портландцемента.

Исследование цементного камня с применением тонкомолотого подвергнутого виброактивации в течение 10 минут вяжущего со степенью наполнения 25 % барханных песков осуществлялось на растровом электронном микроскопе Quanta 3D 200 i с интегрированной системой микроанализа Genesis Apex 2 EDS от EDAX (рисунок 3). Было выявлено, что полученный образец обладает более плотной упаковкой гидратов и соединений в цементном камне. Это обусловлено присутствием мельчайших прослоек воды между зернами новообразований и характерное формирование низкоосновных гидросиликатов в стесненном объеме. Можно отметить в зонах микротрещин и дислокаций избирательное точечное расположение, а не эффект «припудривания» частиц поверхностно-активного вещества на зернах цемента. Именно это и является причиной того, что количество ПАВ для получения ТМВ составляет совсем незначительную величину от общей суммарной поверхности частиц портландцемента.



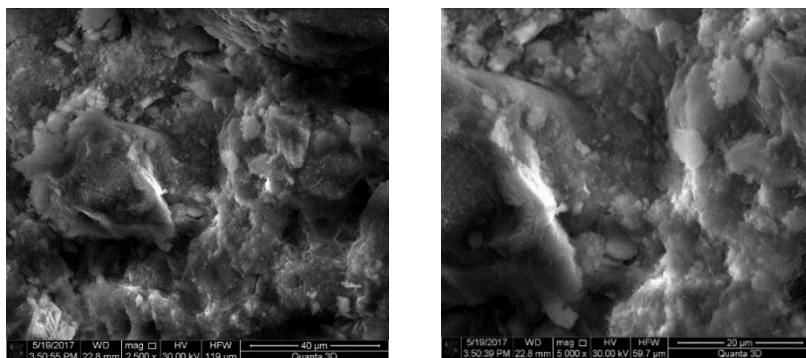


Рисунок 3 – Микрофотографии исследования цементного камня на виброактивированном ТМВ-75 при различном увеличении

Такое расположение поверхностно-активного вещества на поверхностных слоях цемента способствует увеличению сроков схватывания тонкомолотых вяжущих [1,2,8,9]. Можно отметить, что процесс взаимодействия предлагаемых вяжущих с водой начинается значительно медленнее, так как поверхность клинкерных минералов защищена ПАВ и воде нужно какое-то время, чтобы проникнуть к микротрещинам и дефектам. Поверхность клинкерных минералов, которая не имеет этих микротрещин, в реакцию с водой вступает значительно медленнее. Но в активированном совместно с минеральным компонентом портландцементе процесс растворения частичек ПАВ и взаимодействия воды с клинкерным зерном резко ускоряется. Это и является объяснением существенному снижению водопотребности ТМВ-75, нормальная густота которых может достигать минимальных значений.

Исследование водоудерживающей способности проводили по определению водоотделению цементного теста тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков, так как этот параметр характеризует негативную форму седиментации, при которой определенное количество воды из смеси затворенного вяжущего стремится подняться на поверхность бетонной смеси. Расслоению способствует невозможность частицами вяжущего при их осаждении удерживания всей воды затворения. Процесс водоотделения, влияющий на расслоение смеси, можно вычислить количественно как суммарное осаждение на единицу толщины бетона [2,4,9-11].

Водоотделение смеси приводит к тому, что поверхность верхнего слоя цементного камня окажется достаточно влажной и последующие слои бетона будут пористыми, слабыми и недолговечными. Если отделяющаяся вода вновь перемешивается при окончательной обработке поверхности верхнего слоя, то образуется недолговечная поверхность. Для того чтобы предотвратить это явление необходимо не делать окончательной отделки изделий пока не испарится отделяющаяся вода, желательнее пользоваться деревянными мастерками при отделке поверхности. Если же вода испаряется с поверхности значительно быстрее, чем заканчивается процесс водоотделения, то это приведет к растрескиванию цементного камня и пластической усадке. В соответствии с ГОСТ 310.6-85 проводились исследования водоотделения виброактивированных тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков, результаты показаны в таблице на рисунке 4.

Таблица 4 – Исследование водоотделения тонкомолотых вяжущих

Наименование вяжущего	НГ, %	Водопоглощение, %	Первоначальный объем цементного теста $V_1, \text{см}^3$	Объем осевшего ТМВ $V_2, \text{см}^3$	Коэффициент водоотделения (объемный) $K_B, \%$
Виброактивация в течение 10 минут					
ПЦ	27,5	12,6	380	313	17,6
ТМВ-85	18	6,4	380	315	17,1
ТМВ-75	19,1	6,0	380	317	16,5
ТМВ-65	20,3	10,1	380	310	18,4
Виброактивация в течение 20 минут					
ПЦ	29,6	13,6	380	309	18,6
ТМВ-85	20,8	6,8	380	313	17,6
ТМВ-75	22,1	6,3	380	312	17,8
ТМВ-65	23,5	11,3	380	308	18,9

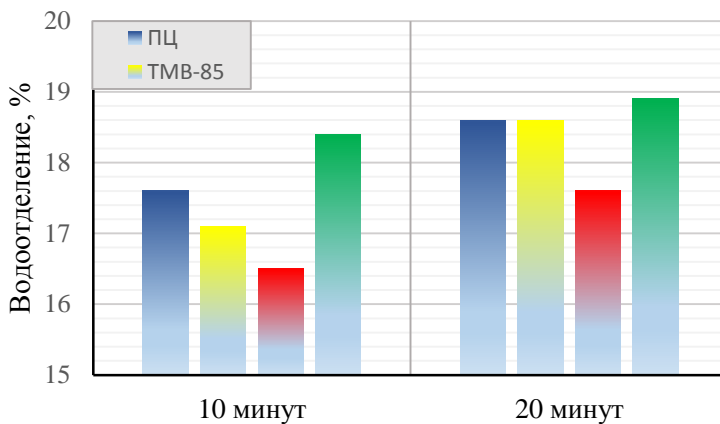


Рисунок 4 – Зависимость изменения водоотделения ТМВ от степени наполнения и продолжительности вибромеханоактивации

Результаты исследований показали, что вибромеханоактивация вяжущих положительно сказывается на седиментационных процессах цементного теста, мы наблюдаем снижение водоотделения в наполненных системах. Но продолжительность активации способствует повышению этого показателя, при 20 минутах измельчения, вяжущие увеличивают значения водоотделения, поэтому целесообразней механоактивация 10 минут.

Наиболее минимальные показатели водоотделения мы отмечаем у тонкомолотых вяжущих со степенью наполнения 75:25 %. Вероятно, это обусловлено тем, что тонкодисперсная минеральная добавка барханного песка при такой степени наполнения имеет самые выгодные условия для оседания и удерживания всей воды затворения, что в дальнейшем отразится на свойствах мелкозернистого бетона.

Таким образом, использование предлагаемых виброактивированных тонкомолотых вяжущих на основе барханных песков дает нам перспективу получать эффективные ремонтные модифицированные составы из мелкозернистых бетонов с классом прочности от В40 до В60, за счет снижения водопотребности бетонной смеси, при этом показатели удобоукладываемости не изменяются, улучшения физико-механических свойств и при помощи химических модификаторов мы сможем регулировать процессом формирования структуры бетонного композита.

Список литературы:

1. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. Киев: Выща шк., 1989. 210 с.
2. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 1(23). С.23-28.
3. Муртазаев, С-А.Ю., Саламанова, М.Ш., Бисултанов, Р.Г, Муртазаева, Т.С-А. Высококачественные модифицированные бетоны с использованием вяжущего на основе реакционно-активного минерального компонента // Строительные материалы. 2016. № 8. С.74-80.
4. Батаев Д.К-С., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С-А. [и др.] Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», 12-13 октября 2017 г. Грозный: Бисултанова П.Ш., 2017. С.109-117.
5. Удодов С.А., Черных В.Ф., Черный Д.В. Применение пористого заполнителя в отделочных составах для ячеистого бетона // Сухие строительные смеси. 2008. № 3. С.70.
6. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T. On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete //В сборнике: MATEC Web of Conferences 27. Сер. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018" 2018. С. 04018.
7. Stelmakh S.A., Nazhiev M.P., Shcherban E.M., Yanovskaya A.V., Cherpakov, A.V. Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. С. 337.
8. Shuisky A., Stelmakh, S., Shcherban, E., Torlina, E. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete // MATEC Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 2017. С. 05011.
9. Солдатов, А.А., Сариев, И.В., Жаров, М.А., Абдураимова, М.А. Строительные материалы на основе жидкого стекла // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального

- университета. Н.И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. С. 192-195.
10. Лесовик В.С., Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С. Строительные композиты на основе отсевов дробления бетонного лома и горных пород: научное издание. Грозный: МУП «Типография», 2012. 192 с.
 11. Афонина М.И., Иванов С.В. Опыт и перспектива использования покрытий-заменителей снега в зимних рекреационных и спортивных комплексах // Экономика строительства и природопользования. 2016. № 1. С. 66-72.

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИИ И ВИДА ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА РЕМОНТНЫХ СОСТАВОВ

Саламанова М.Ш., канд. техн. наук, доцент,

Узаева А.А., аспирант,

Муртазаева Э.Д., магистрант,

Ахматов А.Р., магистрант

*Грозненский государственный нефтяной
технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова
DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc40eafc8.07426207*

Аннотация. В работе исследуется влияние гранулометрического состава и вида мелкого заполнителя на свойства ремонтных составов. Предлагаются технологические мероприятия, дающие возможность расположить кривые просеивания полученных смешанных песков к рекомендуемой зоне оптимального гранулометрического состава, тем самым снижается водопотребность и межзерновую пустотность заолнителя. Представлены результаты испытаний ремонтных составов на основе обогащенного барханным песком заполнителя.

Ключевые слова: гранулометрический состав, обогащение песков, пустотность, ремонтный состав, барханные пески, мелкозернистый бетон, кривая просеивания, кинетика набора прочности.

Проектируемые рецептуры ремонтных составов из мелкозернистого бетона на основе многокомпонентных тонкомолотых вяжущих должны, в конечном счете, создать такую однородную среду, в которой будут плотно упаковываться частицы портландцемента, минеральной добавки из барханных песков, ПАВ и заполнителя. Вероятность получения качественной и долговечной композиции высокой прочности и плотности возможна только при корректном подборе всех компонентов бетонной смеси [1-5].

Так как в состав ремонтных составов из мелкозернистого бетона входят только два компонента вяжущее и заполнитель, то именно от качества песка, его минералогического, химического и гранулометрического состава будут зависеть реологические, технологические и прочностные параметры композита. Модуль крупности, размер и форма поверхности, межзерновая пустотность, водопотребность и другие важные свойства оказывают влияние на показатели бетонной смеси, цементного камня и, конечно же, мелкозернистого бетона [6-8].

Для получения ремонтных модифицированных составов из

мелкозернистых бетонов были изучены свойства трех видов природных песков: барханные пески Шелковского месторождения, отсева дробления валунно-песчаных горных пород Аргунского месторождения и кварцевые пески Червленского месторождения использовались для проведения сравнительного анализа. Все исследованные в работе пески существенно отличаются по своему химическому, минералогическому и гранулометрическому составу, свойствам и характеристике их приведены подробно во второй главе. Барханные пески относятся к классу тонких с модулем крупности $M_k = 0,6$, водопотребность их довольно высокая 12 %, межзерновая пустотность так же имеет высокий показатель 48 %, поэтому для получения прочных и долговечных мелкозернистых бетонов необходимо обогащать данные пески высевками от дробления горных пород, которые относятся к категории очень крупных песков с модулем крупности 3,58. На рисунке 1 мы наблюдаем, что ни одна из кривых просеивания не легла в допустимую зону, барханные пески, находятся в зоне мелких песков, а отсева дробления в зоне крупных песков.

Поэтому для того чтобы получить качественные композиции, необходимо укрупнять зерновой состав барханных песков, для чего можно использовать такие технологические мероприятия, как фракционирование барханных песков и отсева дробления, изъятие более крупных фракций, добавление более мелких фракций и обогащение недостающими фракциями. Используемые технологические мероприятия (таблица 1) дали возможность расположить или приблизить кривые просеивания полученных смешанных песков к рекомендуемой зоне оптимального гранулометрического состава, а также снизить водопотребность и межзерновую пустотность.

Фракционированием отсева дробления Аргунского месторождения и тонких барханных песков мы получили различные композиции обогащенных песков, результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

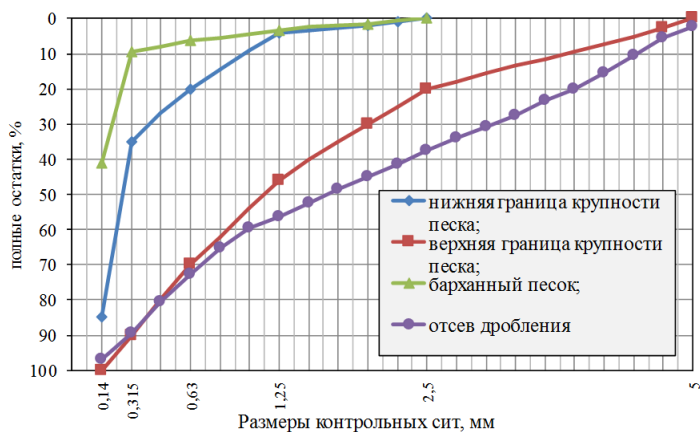


Рисунок 1 – График кривых просеивания исследуемых песков

Таблица 1 – Технологические приемы обогащения песков

Шифр обогащенного песка	Соотношение отсева дробления: барханный песок	Количество изъятной фракции отсева дробления 5-2,5 мм, %	Количество изъятной фракции отсева дробления 1,25-0,63 мм, %	Количество добавленной фракции отсева дробления 0,63-0,315 мм, %	Количество добавленной фракции обогащенного песка 0,14-0,315 мм, %
1	40/60	50	10	-	60
2	60/40	60	-	20	40
3	30/70	70	-	-	70
3	50/50	40	10	-	50
5	80/20	-	80	60	20

Результаты получения оптимального зернового состава мелкого заполнителя показали, что технологические приемы, применённые в рецептурах обогащенных песков № 1 и 2 являются наиболее эффективными, так как наблюдается снижение пустотности, водопотребности, что в дальнейшем положительно отразится на свойствах ремонтных модифицированных составов из мелкозернистого бетона.

Таблица 2 – Гранулометрический состав обогащенных песков

Шифр песка	Полные остатки (%) на ситах, мм						Модуль крупности	Насыпная плотность, кг/м ³	Пустотность, %	Водопоглощаемость, %
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14				
1	2,2	20,8	35,3	53	65,9	96,8	2,70	1500	41,5	6,9
2	2,2	18,6	38,1	59,8	75,9	96,8	2,91	1510	38,8	6,5
3	2,2	11,4	30,9	52,6	68,7	96,8	2,60	1460	42,7	7,4
4	-	22,2	34,5	49	65,1	96,8	2,67	1470	43,1	7,0
5	2,2	41,4	60,9	67,1	83,2	96,8	3,51	1540	44,2	5,9

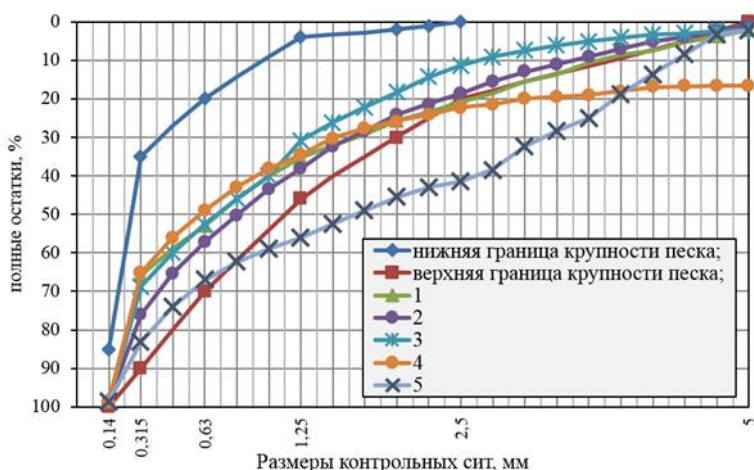


Рисунок 2 – График кривых просеивания обогащенных песков

Для подтверждения выдвинутой гипотезы и оценки влияния гранулометрического состава заполнителя на свойства бетона, были приготовлены образцы кубы размером 10х10х10 см из бетонной смеси с классом по подвижности П3 с использованием портландцемента, не домолотого без добавочного и обогащенных песков, рецептуры которых показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние зернового состава песка на свойства ремонтных модифицированных составов

Шифр песка	Расход материалов, кг/м ³			В/Ц	Свойства ремонтного бетона		
	ПЦ	П	В		Средняя плотность, кг/м ³	Прочность, МПа в возрасте 28 сут	Водопоглощение, %
1	535	1520	214	0,40	2250	43,4	7,8
2	530	1530	201	0,38	2240	46,2	6,7
3	545	1510	223	0,41	2255	42,8	7,6
4	540	1510	210	0,39	2240	39,7	8,2
5	525	1530	204	0,39	2235	38,5	9,4

Полученные результаты подтверждают мнение, что гранулометрический состав заполнителя влияет на свойства ремонтного бетона, можно отметить, что со снижением пустотности песка (состав №2) наблюдается прирост прочности, к тому же расход цементного теста уменьшается, улучшение свойств можно объяснить оптимальным присутствием в составе заполнителя зерен барханного песка окатанной формы. Так же можно отметить, что с уменьшением модуля крупности песка водопотребность бетонной смеси увеличивается, вероятно, это связано с увеличением водопотребности заполнителя [3,9-11].

На следующем этапе исследовано влияние гранулометрического состава полученных обогащенных заполнителей на свойства ремонтных модифицированных составов с применением виброактивированного тонкомолотого вяжущего на основе барханных песков в качестве минерального наполнителя. Для получения составов бетонов была приготовлена бетонная смесь с использованием ТМВ-75 виброактивированного в течение 10 минут и обогащенных песков (шифр 2), подвижность смеси увеличилась, так как в состав тонкомолотого вяжущего входит ПАВ, а водопотребность уменьшилась. Были изготовлены образцы кубы размером 10x10x10 см, которые твердели в камере выдерживания при температуре 20 ± 2 °С и влажности 95 %. Изучалась кинетика набора прочности на 3, 7 и 28 суток твердения, результаты испытаний приведены на рисунке 3.

Результаты испытаний ремонтных модифицированных составов из мелкозернистого бетона показали, что использование тонкомолотого вяжущего ТМВ -75 благоприятно сказалось на прочностных

характеристиках композитов с применением обогащенных песков всех исследуемых составов, в сравнении с образцами на традиционном портландцементе. Можно отметить, что использование многокомпонентного вяжущего, в составе которого суперпластификатор С-3, находится в комплексе с портландцементом и минеральной добавкой барханного песка, заметно снижает водопотребность бетонной смеси.

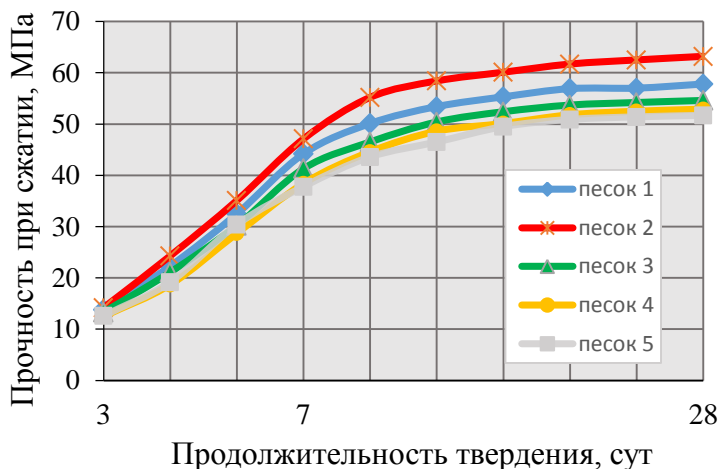


Рисунок 3 – Зависимость прочности от гранулометрического состава песка

Так же отмечается, что при фракционировании заполнителя можно добиться наименьших показателей межзерновой пустотности, что положительно сказывается на свойствах ремонтного бетона, при этом соотношение заполнителей отсева дробления к барханному песку 60/40 % является наиболее выгодным, что подтверждается результатами испытаний приведенных на рисунке 4.

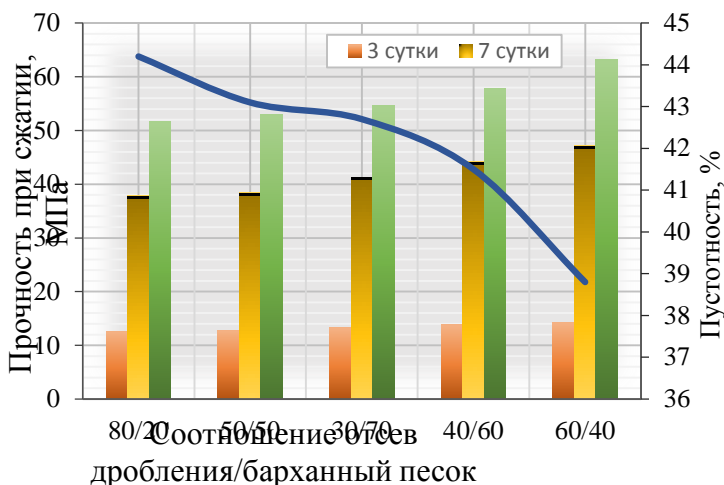


Рисунок 4 – Диаграммы зависимости прочности бетона и пустотности от соотношения фракций заполнителя

Таким образом, определена оптимальная рецептура обогащенного песка (шифр песка 2), в которой удаление 60 % фракции 2,5 – 1,25 мм отсева дробления и добавление 40 % фракции 0,315 – 0,14 мм барханного песка, позволяет существенно снижает пустотность заполнителя до 38,8 % и водопотребность до 6,5 %, значительно улучшая свойства полученного с их использованием ремонтного модифицированного состава.

Список литературы:

1. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. Киев: Выща шк., 1989. 210 с.
2. Муртазаев С-А.Ю. Саламанова М.Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 1(23). С.23-28.
3. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г, Муртазаева Т.С-А. Высококачественные модифицированные бетоны с использованием вяжущего на основе реакционно-активного минерального компонента // Строительные материалы. 2016. № 8. С.74-80.
4. Батаев Д.К-С., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С-А. [и др.] Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье //

- Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», 12-13 октября 2017 г. –Грозный: Бисултанова П.Ш., 2017. С.109-117.
5. Удодов С.А., Черных В.Ф., Черный Д.В. Применение пористого заполнителя в отделочных составах для ячеистого бетона // Сухие строительные смеси. 2008. № 3. С.70.
 6. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete //В сборнике: MATEC Web of Conferences 27. Сер. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018" 2018. С. 04018.
 7. Stelmakh S.A., Nazhuev M.P., Shcherban E.M., Yanovskaya A.V., Cherpakov A.V. Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. С. 337.
 8. Shuisky A., Stelmakh S., Shcherban E., Torlina E. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete // MATEC Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTME 2017" 2017. С. 05011.
 9. Солдатов А.А., Сариев И.В., Жаров М.А., Абдураимова М.А. Строительные материалы на основе жидкого стекла // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. – С. – 192-195.
 10. Сайдумов М.С., Мургазаева Т.С.А., Дускаев М.З., Хубаев М.С.М. Современное состояние и перспективы применения высокопрочных бетонов в строительстве // В сборнике: Молодежь, наука, инновации Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. 2018. -С. 59-62.
 11. Афонина М.И., Иванов С.В. Опыт и перспектива использования покрытий-заменителей снега в зимних рекреационных и спортивных комплексах // Экономика строительства и природопользования. 2016. № 1. С. 66-72.

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА БАКТЕРИЙ, КАК КОМПОНЕНТА САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ

Строкова В.В., д-р техн. наук, профессор,
Вициенко М.И.,
Духанина У.Н.,
Балицкий Д.А.

Белгородский государственный технологический
университет имени В.Г. Шухова

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc41f7aa1.51637467

Аннотация. В статье представлены результаты краткого обзора особенностей ряда микроорганизмов, используемых в качестве одного из основных компонентов материалов, способных самопроизвольно восстанавливаться. Приведены критерии, по которым проводился выбор микроорганизмов для исследований. Приведены основные признаки и особенности метаболизма, присущие отдельным штаммам рода *Bacillus*.

Ключевые слова: самовосстанавливающийся материал, биоминерализация, бактерии, род *Bacillus*, метаболизм

На основе анализа отечественной и зарубежной литературы можно сказать, что в основе подавляющего большинства материалов, способных к самовосстановлению используются биотехнологии. В частности, широкий отклик нашла биоминерализация – это процесс образования минералов при участии живых организмов (например, бактерий, грибов). В практическом аспекте, это метод, способствующий «заживлению» трещин строительных материалов [1, 2].

По представленным исследовательским методикам наиболее распространена бактериальная биоминерализация. Для такого рода «заживляющих» материал методик хорошо подходят бактерии рода *Bacillus*. Их использование определяется многими факторами: повсеместное распространение представителей рода, оптимальный цикл развития, необычайная устойчивость спор этих бактерий к физическим и химическим воздействиям и сочетанием некоторых полезных способностей, например, инсектицидного воздействия. Сфера коммерческого применения *Bacillus* затрагивает многие отрасли производства. Наиболее широко эти бактерии используют для производства ферментов, антибиотиков, инсектицидов и высокоочищенных биопрепаратов.

Кроме того данный род бактерий применяется в индустрии строительных материалов. Бактерии принимают участие в

формировании карбоната кальция, который, в свою очередь, частично может выполнять роль связующего. В строительном композите карбонат кальция может сократить количество капиллярных пор, увеличить его прочность на сжатие и срок службы бетонной конструкции.

С целью разработки самозалечивающихся материалов используются различные штаммы спорообразующих бактерий рода *Bacillus*: *Bacillus pasteurii*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus pseudofirmus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus Alkalinitrilicus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus pumilus* и некоторые другие [1–5].

Отличительные черты рода *Bacillus* определяют условия, которые необходимо соблюдать для того, чтобы ввести подходящие штаммы в работу по самовосстановлению материала. Прежде всего, это аэробные спорообразующие бактерии. Кроме того данный род является хемоорганотрофами. Метаболизм представителей *Bacillus* можно разделить следующим способом: строго дыхательный, строго бродильный и смешанный (и дыхательный и бродильный в определенных условиях среды) [1, 2].

Рассмотрим некоторые отдельные штаммы бактерий, которым отдается предпочтение в процессе разработки самовосстанавливающихся материалов. Все приведенные ниже штаммы рода *Bacillus* можно получить из почвы путем экстракции, что также облегчает экономический аспект решения проблемы.

Bacillus sphaericus является грамположительной бактерией, строго аэробной и не способной использовать сахара в качестве источника углерода и энергии. Она требует питательных сред, содержащих белки и ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} для осуществления процесса споруляции. Имеет палочковидные эндоспоры, обладает инсектицидными свойствами [3, 4].

Bacillus pasteurii – аэробные грамположительные палочки. Относятся к уробактериям, так как обладают уреазной активностью. В ходе своего метаболизма разлагают мочевины до аммиака и углекислого газа. В связи с этим, наиболее благоприятными для них являются условия с поддержанием щелочной среды. Являются птеритрихами – бактериями, у которых большое количество жгутиков по всей поверхности оболочки для передвижения [2].

Bacillus megaterium – аэробные грамположительные палочковидные бактерии, располагающиеся в виде цепочки – стрептобацилл, спорообразующие. Участвуют в процессах амонификации, то есть непосредственно являются частью круговорота

азота в природе. Участвуют в восстановлении железа. Являются самыми крупными из представителей *Bacillus* и наиболее изучены по этой причине [2].

Bacillus cereus – грамположительные спорообразующие палочковидные бактерии. Размер колеблется от 0,5–2,5 до 1,2–10 мкм. Птеритрихи, поэтому весьма подвижные. Преимущественное расположение – цепочка. Проявляют аэробный или факультативно анаэробный характер жизнедеятельности. Патогенная природа препятствует использованию этих бактерий в разработках [5].

Таким образом, в данной статье кратко описаны основные критерии, по которым стоит отбирать бактерии для реализации процесса биоминерализации в строительных материалах. Основными преимуществами являются возможность получения бактерий рода *Bacillus* даже из почвы, их неприхотливость к питательным средам для выделения чистой культуры в ходе исследований.

Работа выполнена в рамках реализации гранта РФФИ, договор 18-29-12011.

Список литературы:

1. Балицкий Д.А., Духанина У.Н., Вициенко М.И. К вопросу о применении микроорганизмов в строительных материалах / Образование. Наука. Производство: сб. материалов X Международного молодежного форума // Белгор. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова (Белгород, 21–27 сент. 2018 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2018.
2. Andalib R., Zaimi Abd Majid M., Keyvanfar A., Talaiekhazan A., Warid Hussin M., Shafaghat A., Mohd Zin R., Tin Lee C., Ali Fulazzaky M., Haidar Ismail H. Durability improvement assessment in different high strength bacterial structural concrete grades against different types of acids // *Sādhanā*. 2014. Vol. 39 (6). P. 1509–1522.
3. Luna-Finkler C.L., Finkler L. *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* to Insect Control: Process Development of Small Scale Production to Pilot-Plant-Fermenters // *Insecticides – Advances in Integrated Pest Management*. 2001. P. 613–626.
4. Poopathi S., Abidha S. Mosquitocidal bacterial toxins (*Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* serovar israelensis): Mode of action, cytopathological effects and mechanism of resistance // *Global Journal of Anatomy and Physiology*. 2013. Vol. 1(1). P. 053–069.
5. Васильев Д.А., Калдыркаев А.И., Феоктистова Н.А., Алешкин А.В. Идентификация бактерий *Bacillus Cereus* на основе их фенотипической характеристики. Ульяновск: Изд-во ООО «Колор-Принт», 2013. 98 с.

АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЖАРОПРОЧНОСТИ И БЕТОНОВ

Тимохин Р.А., канд. техн. наук

Дальневосточный федеральный университет

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc42d1a88.76061853

Аннотация. Классифицированы жаропрочные бетоны и огнеупорные материалы для их изготовления. Рассмотрены аспекты проектирования бетонов повышенной термостойкости.

Ключевые слова: жаропрочность, огнеупорность, бетон.

На современном этапе развития бетоноведения известен ряд композитов обладающих повышенной жаропрочностью и огнестойкостью. Данные композиты актуальны, в частности, для ракетных шахт, для которых применяется жаростойкий бетон.

Огнестойкость конструкции – это способность строительной конструкции сохранять несущие и ограждающие функции в условиях пожара. Жаростойкость бетона - стойкость к постоянному и длительному воздействию высокой температуры. Бетоны подразделяются в соответствии с предельно допустимой температурой применения на классы от И3 до И18. Для класса И3 предельно допустимая температура составляет +300°С, а для И18 - +1800 °С. При эксплуатации бетонов в условиях резких теплосмен особую роль играет их термическая стойкость – способность противостоять изменениям температуры, не разрушаясь при термических изменениях [1-2]. Данное свойство для бетона определяется, прежде всего, исходя из расчетов количества циклов нагрева и последующего охлаждения, которое в свою очередь бетон способен выдерживать до полного его разрушения [3]. Термостойкость бетона зависит также от его теплопроводности - способности материала передавать теплоту при перепаде температур по всему объему.

Огнестойкость сталефибробетонов исследована в [4], где было доказано, что стандартные методы определения предела огнестойкости для железобетонных конструкций не подходят для расчета фибробетонных конструкций.

У геобетона хорошая огнестойкость. Для подтверждения данной теории был проведен научный эксперимент. Блок из геополимера раскалили до более 200 градусов, продержав его в таком состоянии двое суток. Когда же бетонный блок остыл, на нем не обнаружилось ни одного малейшего повреждения [5].

Практические перспективы открывает нижеприведенная

классификация огнеупорных материалов (табл. 1).

Таблица 1 - Классификация огнеупорных материалов

1. Кремнезёмистые	1.1. Из кварцевого стекла 1.2. Динасовые 1.3. Динасовые с добавками 1.4. Кварцевые (бетонные и безобжиговые)
2. Алюмосиликатные	2.1. Полукислые 2.2. Шамотные 2.3. Муллитокремнезёмистые 2.4. Муллитовые 2.5. Муллитокорундовые 2.6. Из глинозёмокремнезёмистого стекла (волокнистые)
3. Глинозёмистые	3.1. Корундовые
4. Глинозёмо-известковые	4.1. Алюминаткальциевые
5. Магнезиальные	5.1. Периклазовые
6. Известковые	6.1. Известковые
7. Магнезиально-шпинелидные	7.1. Периклазохромитовые 7.2. Хромитопериклазовые 7.3. Хромитовые 7.4. Периклазошпинелидные 7.5. Периклазошпинельные 7.6. Шпинельные
8. Хромистые	8.1. Хромокислые
9. Цирконистые	9.1. Бадделеитовые 9.2. Бадделеитокорундовые 9.3. Цирконовые
10. Оксидные	10.1. Специальные из огнеупорных оксидов: BeO, MgO, CaO, Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃ , Y ₂ O ₃ , Sc ₂ O ₃ , SnO ₂ , HfO ₂ , ThO ₂ , UO ₂ , Sc ₂ O и др.
11. Углеродистые	11.1. Графитированные 11.2. Угольные 11.3. Углеродсодержащие
12. Бескислородные	Из нитридов, боридов, карбидов, силицидов и других бескислородных соединений (кроме углеродистых)

Для повышения огнестойкости конструкций считается

перспективным применение изделий вариатропной структуры, характеризующихся наличием железобетонного ядра – т.е. несущего слоя и слоя из бетона повышенной термостойкости. Эффективно применение бетона с изменяющимися показателями плотности и термостойкости по мере роста величины температурного воздействия [6].

Исследованиями структуры бетона на разных масштабных уровнях доказано, что введение молотого шунгита как компонента вяжущего вещества бетона повышенной термостойкости в сочетании с хризотил-асбестовыми волокнами и каркасообразующим компонентом - гранулированным шлаком - обеспечивает повышение предела огнестойкости конструкций за счет динамического изменения теплофизических характеристик слоя из указанного бетона в вариатропных изделиях [6].

Выбор компонентов бетона осуществлялся исходя из двух положений:

- первое - обеспечение несгораемости, а также избежание растрескивания и взрывообразного «хрупкого» разрушения защитного слоя бетона при пожаре, являющихся основными причинами, приводящими к преждевременному наступлению предела огнестойкости строительной конструкции вследствие уменьшения размера бетонного сечения конструкции, уменьшения толщины или полной ликвидации защитного слоя рабочей стальной арматуры;

- второе - обеспечение совместимости компонентов бетона с термодинамических позиций.

Рекомендуется использование бетона повышенной термостойкости, обладающего, как уже отмечалось, следующими показателями свойств: требуемой усадкой как при твердении, так и при огневом воздействии, высокой адгезией к несущему конструкционному слою, высокой стойкостью к огневому воздействию, возможностью изменять плотность и теплотехнические показатели - теплопроводность, термостойкость - по мере роста температуры огневого воздействия. Для обеспечения необходимой прочности и адгезии бетона представляется целесообразным применение портландцемента высокой марки, в том числе исходя из условий, что это обеспечит бетону повышенную прочность [7]. Снижение усадочных деформаций при твердении и при огневом воздействии предполагается достигать за счет создания каркаса с применением гранулированного шлака [7]. Для повышения прочности на растяжение и термостойкости цементного камня и бетона осуществлялось микроармирование хризотил-асбестовым волокном [8-

9]. Традиционно в качестве такого компонента применяют также минеральную вату, стекловолокно, базальтовое волокно и др.

Важным составляющим бетона повышенной термостойкости является компонент, который обеспечивает синхронное снижение плотности и теплопроводности за счет его вспучивания при нагреве [10-14]. Традиционно в качестве такого компонента применяют вспученные материалы: шунгизит, вермикулит, перлит, керамзит (табл. 2).

Таблица 2 - Состав бетона повышенной термостойкости

Расход материалов, кг/м ³				Средняя плотность бетона, кг/м ³
цемент	шунгит	асбест	граншлак	
390	44	13	950	1447

Список литературы:

1. Загоруйко Т.В. К вопросу о термостойкости и огнестойкости строительных материалов: материалы IV международной научно-практической конференции. Воронеж, 2009. С. 85-87.
2. Загоруйко Т.В. Пути повышения термо и огнестойкости строительных материалов и конструкций из них [Электронный ресурс] / Итоги 64-й всероссийской научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов университета с участием представителей исследовательских, проектно-конструкторских, строительных и общественных организаций «Инновации в сфере науки, образования и высоких технологий». – Воронеж, 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486 +; Windows95; дисковод CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.
3. ГОСТ 20910-90. Бетоны жаростойкие. Технические условия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sk-info.ru/gost/id.180/>.
4. Chowdhury E.U., Eedson R., Green M.F., Bisby L.A., Benichou N. Mechanical characterization of fiber reinforced polymers materials at high temperature. Fire Technol 47(4) (2011), pp.1063–1080.
5. Тольпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущих и заполнителей. дисс. ...д.т.н. 05.23.05. Белгород, 2014. - 434 с.
6. Загоруйко Т.В. Бетон повышенной термостойкости для огнестойких железобетонных изделий: дисс. ... канд. техн. наук. 05.23.05. – Воронеж, 2015. 163 с.
7. Хежев Т.А. Технология армоцементных конструкций высокой огнестойкости с теплозащитным слоем из эффективного легкого

- бетона: автореф. дис. ... доктора техн. наук : 05.23.05 / Рост. гос. строит. ун-т Ростов-на-Дону, 2007 - 39 с.
8. Рикошинский А. Огнестойкость материалов и конструкций для строительства складских комплексов / А. Рикошинский // Склад и Техника, 2006. №9 [Электронный ресурс]. URL: http://www.sitmag.ru/article/buildsklad/2006_09_A_2007_02_02-18_31_06/.
 9. Страхов В.Л. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования / В.Л. Страхов, А.Н. Гарашенко // Строительные материалы, 2002.- №6. - С. 2-5.
 10. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Тимохин Р.А., Ханхабаев Л.Р., Лесовик В.С. Высокопрочные композиты для специальных сооружений // Теоретические основы создания эффективных композитов Сборник материалов Российской онлайн-конференции, посвященной Дню науки. 2018. С. 297-303.
 11. Fediuk R.S., Teleshev A.A., Khankhabaev L.R., Ivanov A.S., Ibragimov R.A., Akopian A.K., Lesovik V.S. Application of cementitious composites in mechanical engineering // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Material Science in Mechanical Engineering" 2018. С. 032021.
 12. Fediuk R.S., Pak A.A., Krylov V.V., Poleschuk M.M., Stoyushko N.Y., Gladkova N.A., Ibragimov R.A., Lesovik V.S. Processing equipment for grinding of building powders // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042029.
 13. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Feduk R.S. Nature similar technologies in construction industry // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Т. 14. № 4. С. 98-108.
 14. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С. Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей (обзор) // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 4 (37). С. 85-99.

СТОЙКОСТЬ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА НА РАЗЛИЧНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ В СРЕДЕ СЕРОВОДОРОДА

Толыпина Н.М., д-р техн. наук, профессор,
Толыпин Д.А., студент,
Щигорев Д.С., аспирант,
Адонин С.В., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г.Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc4388248.82018109

Аннотация. В работе приведены результаты исследований коррозионной стойкости мелкозернистого бетона на активных и неактивных заполнителях в условиях сероводородной агрессии. Результаты показали, применение активных заполнителей целесообразно, когда используется нестойкое в данной агрессивной среде вяжущее. При использовании стойких низкоосновных вяжущих применение активных заполнителей менее эффективно.

Ключевые слова: бетон, сероводород, агрессия, заполнители, коррозионная стойкость

К основным способам повышения долговечности строительных материалов гидратационного твердения относятся правильный выбор вяжущего [1-3] с учетом его основности и повышение плотности бетона. Наиболее слабым звеном у материалов конгломератной структуры являются контактные поверхности между заполнителем и цементной матрицей [4-8]. Они обладают наибольшей проводимостью для агрессивных агентов, проникающих вглубь материала. Для того, чтобы предотвратить интенсивную диффузию агрессивных ионов по контактными поверхностям, целесообразно использовать химически активные заполнители. Их активность обусловлена тем, что они взаимодействуют с гидроксидом кальция жидкой фазы бетона с образованием гидросиликатов кальция тоберморитовой группы [9]. Это приводит к химическому срастанию поверхностных слоев заполнителя с цементной матрицей бетона в контактной зоне.

Целью работы является исследование коррозионной стойкости цементных бетонов с обычным и химически активным заполнителем в условиях газовой сероводородной агрессии.

Для испытаний коррозионной стойкости мелкозернистого бетона в газообразном сероводороде применяли образцы 2х2х2 см. В качестве активных заполнителей I типа использовали: доменный

гранулированный шлак, отход минераловатного производства (ОМВ), дробленый гранит. Состав смеси Ц:П=1:2, фракционный состав заполнителей подбирали по методу плотнейшей упаковки [10]: (2,5–5) : (0–2,5) мм = 2:1. В качестве вяжущих использовали ЦЕМ I 32,5 Н и ЦЕМ III/A 32,5 Н.

Результаты экспериментов показали, что если используется стойкое вяжущее типа ЦЕМ III/A32,5 Н, то вид заполнителя мало влияет на стойкость мелкозернистого бетона (табл. 1, табл.2). Если в качестве вяжущего используется обычный портландцемент ЦЕМ I 32,5 Н, то влияние вида заполнителя на стойкость выражено сильнее: более стойки образцы бетона на активном шлаковом заполнителе и отходе минераловатного производства, менее стойки на неактивном – гранитном. После 90 сут испытаний в среде газообразного сероводорода образцы мелкозернистого бетона на гранитном заполнителе показали резкое падение прочности (табл. 1).

Таблица 1 – Кинетика набора прочности образцов мелкозернистого бетона в среде H₂S

Тип ПЦ	Заполнитель	В/Ц	Время испытаний, сут			КС
			30	90	285	
ЦЕМ I 32,5	ОМВ	0,34	35,8	38,9	12,1	0,27
ЦЕМ I 32,5	ДГШ	0,41	42,8	45,9	31,2	0,81
ЦЕМ I 32,5	Гранит	0,36	54,8	37,6	0	0,20
ЦЕМ III/A 32,5	ОМВ	0,34	39,7	35,6	44,1	1,10
ЦЕМ III/A 32,5	ДГШ	0,43	42,8	46,7	38,5	0,95
ЦЕМ III/A 32,5	Гранит	0,36	57,7	66,7	53,9	1,05

Это обусловлено тем, что портландцемент ЦЕМ I 32,5 Н не стоек в среде газообразного сероводорода, поэтому главную роль играет вид заполнителя и сила сцепления между поверхностью заполнителя и цементной матрицей бетона. Цементный камень из шлакопортландцемента ЦЕМ III/A32,5 Н характеризуется высокой стойкостью в среде сероводорода, поэтому вид применяемого заполнителя играет второстепенную роль [11-15]. Это подтверждается данными, приведенными в табл 2. Образцы на ЦЕМ III/A32,5 Н видимых признаков разрушения не имеют, независимо от вида

заполнителя. Образцы мелкозернистого бетона на портландцементе ЦЕМ I 32,5 Н содержат трещины, деформации, на гранитном заполнителе разрушились ЦЕМ I 32,5 Н (табл. 2).

Параллельно проводили испытания в среде растворенного сероводорода на образцах мелкозернистого бетона размером 2,5x2,5x10 см с теми же видами заполнителей. Через 165 сут испытаний прочность и микротвердость были достаточно высокими, практически одинаковыми по всей длине образца. В торцевой части образцов четко выделяются участки темно-серого цвета, что вызвано коррозионными изменениями в результате взаимодействия цементного камня с сероводородом (рис.1).

Таблица 2–Внешний вид образцов мелкозернистого бетона после 90 сут в среде H₂S (газ)

ЦЕМШ/А32,5		
ДГШ	ОМВ	Гранит
ЦЕМ I 32,5		
		Полное разрушение

Как видно из рис.1 наибольшая глубина продвижения фронта коррозии наблюдается у образцов с заполнителем из гранита, затем у образцов с заполнителем из отхода минераловатного производства, и наименьшая с заполнителем из доменного гранулированного шлака.

Эксперимент подтвердил, что бетон с заполнителем из доменного гранулированного шлака оказывает большее сопротивление продвижению фронта коррозии, чем бетон на инертном заполнителе из гранита, что хорошо согласуется с данными по газовой сероводородной коррозии.

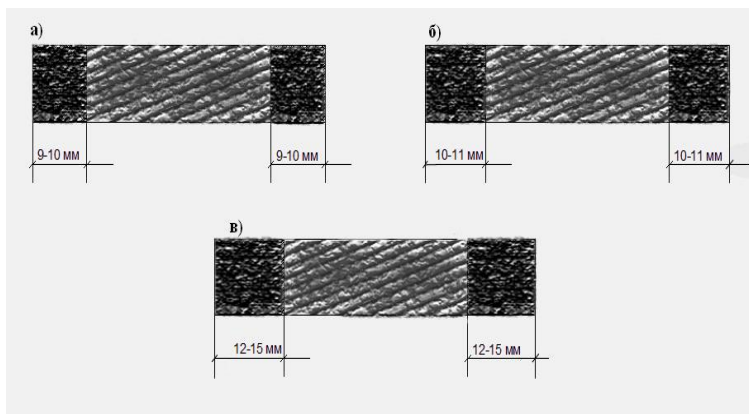


Рисунок 1 – Глубина коррозионного повреждения образцов на шлаковом заполнителе (а), ОМВ(б) и гранитном заполнителе (в) в среде растворенного сероводорода

Таким образом, в тех случаях, когда используется нестойкое в данной агрессивной среде вяжущее, целесообразно применение активных заполнителей (доменных гранулированных шлаков, отхода минераловатного производства и др.). При использовании стойких низкоосновных вяжущих применение активных заполнителей менее эффективно. Стойкость мелкозернистого бетона в среде сероводорода в большей степени зависит от основности вяжущего. Использование шлакопортландцемента, а также ввод активных минеральных добавок (более 20 %), существенно повышает стойкость бетона в среде сероводорода, при этом роль заполнителя отходит на второй план.

Список литературы:

1. Воронцов В.М., Лесовик В.С., Помошников Д.Д. Композиционное вяжущее на основе портландцемента и хвостов мокроймагнитной сепарации железистых кварцитов КМА // В сборнике: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПЗИТЫ ДЛЯ ЗЕЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика. 2016. С. 179-183.
2. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю., Эльян И.Ж.И. Тяжелый бетон на основе эффективного композиционного гипсового вяжущего // В сборнике: Научное развитие технологий и

- инновации сборник докладов международной научно-практической конференции. 2016. С. 472-477.
3. Глаголев Е.С., Лесовик В.С., Толстой А.Д., Крымова А.И., Кузьмина Т.С. Теоретические аспекты применения техногенного сырья в плотных композиционных материалах // В сборнике: Научные технологии и инновации Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 74-83.
 4. Glagolev E., Suleimanova L., Lesovik V. High reaction activity of nano-size phase of silica composite binder // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. С. 12383-12389.
 5. Севостьянов В.С., Перелыгин Д.Н., Уральский В.И., Горлов А.С., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Разработка и исследования энергосберегающего помольного оборудования для высокодисперсного измельчения материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 76–80.
 6. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17–22.
 7. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.
 8. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
 9. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущего и заполнителей: монография / Белгород: Изд-во БГТУ. 2015. 321 с.
 10. Хархардин А.Н., Смирнов В.А., Лень Л.И. Расчет состава многофракционного заполнителя для тяжелого бетона // Известия Сев.-Кав. НЦВШ. Технические науки. 1978. №4. С.86–88.
 11. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
 12. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
 13. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.

14. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
15. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.

ФИБРОБЕТОН НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН, КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ И НАНОКРЕМНЕЗЕМА

**Урханова Л.А., д-р техн. наук, профессор,
Лхасаранов С.А., канд. техн. наук, доцент,
Буянтуев С.Л., д-р техн. наук, профессор,
Ветошкин И.В., магистрант
Логинова А.Б., студент**

*Восточно-Сибирский государственный университет
технологий и управления,*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc449be36.68290024

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по получению фибробетона с использованием минеральных волокон, полученных в плазменном реакторе, композиционных вяжущих и наномодифицирующих добавок. Дифференциальный термический анализ цементных систем показал изменение фазового состава и основности образующихся гидросиликатов кальция при введении в состав вяжущего золы уноса и нанокремнезема.

Ключевые слова: Фибробетон, минеральное волокно, композиционные вяжущие, портландцемент, нанокремнезем

Использование минеральных, в частности базальтовых волокон, для дисперсного армирования бетона является актуальным из-за высоких физико-механических свойств базальтовых волокон и меньшей плотностью этих волокон, по сравнению со сталью. В целом можно отметить, что базальтовые волокна по причине их химического сродства с цементом, необходимо защитить от негативного воздействия щелочной среды для сохранения эффекта дисперсного армирования фибробетонов [1-6].

Для защиты минерального волокна от негативного воздействия среды портландцемента, в исследовании было решено использовать нанокремнезем для модифицирования цемента и золу уноса для получения композиционного вяжущего. Композиционные вяжущие получали совместным измельчением золы уноса (0-50 мас. %) с портландцементом.

В проводимых исследованиях были использованы: портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 32,5 Н ГОСТ 31108-2016, базальтовое волокно на основе базальтов Селендумского месторождения Республики Бурятия [7], зола уноса, нанодисперсный кремнезем Таркосил-05[®] [8]. Минеральные

волокна имеют следующие характеристики: средний диаметр волокна - 10 мкм, прочность на растяжение - 1350 МПа, термостойкость - 600°С.

Получение фибробетона с использованием композиционного вяжущего с содержанием золы уноса 30% по массе и нанокремнезема Таркосил-05® (0,1 мас. %) привело к увеличению прочности при сжатии и изгибе на 10-15% для состава с золой уноса и на 15-20% для состава с нанокремнеземом (рис. 1, 2).

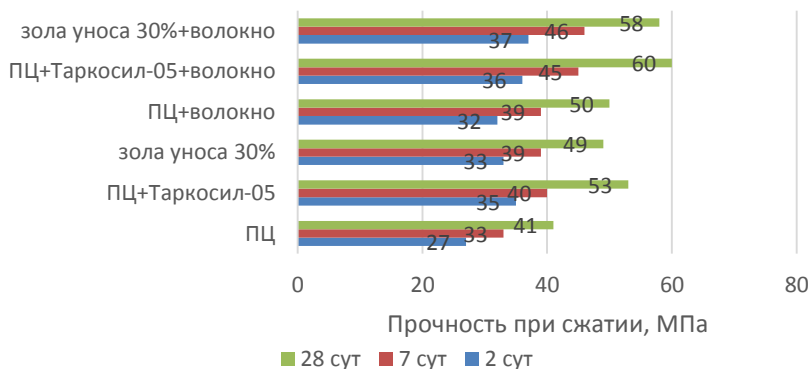


Рисунок 2 – Влияние минерального волокна на прочность при сжатии фибробетона

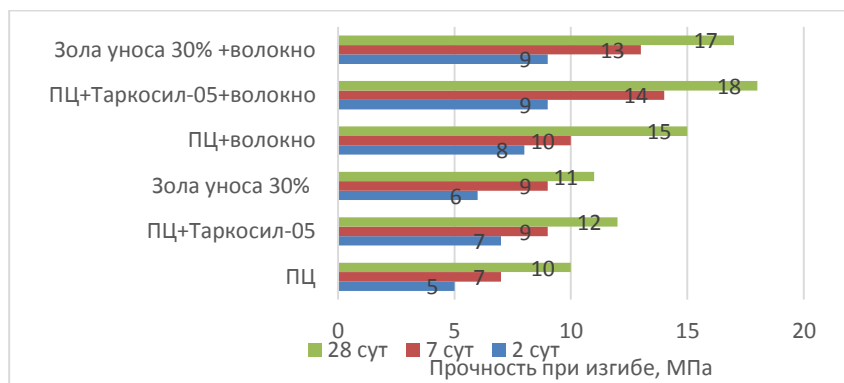
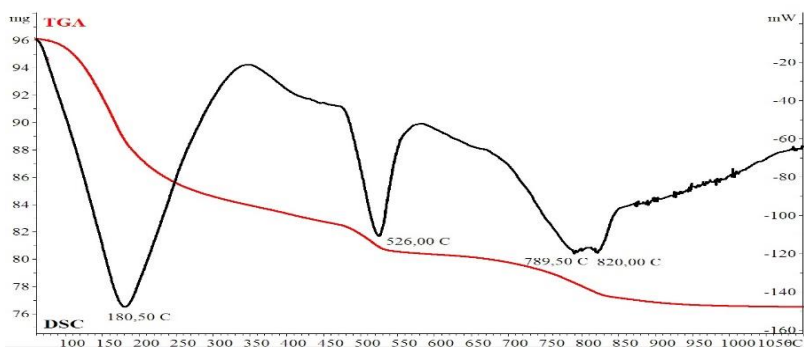


Рисунок 3 – Влияние минерального волокна на прочность при изгибе фибробетона

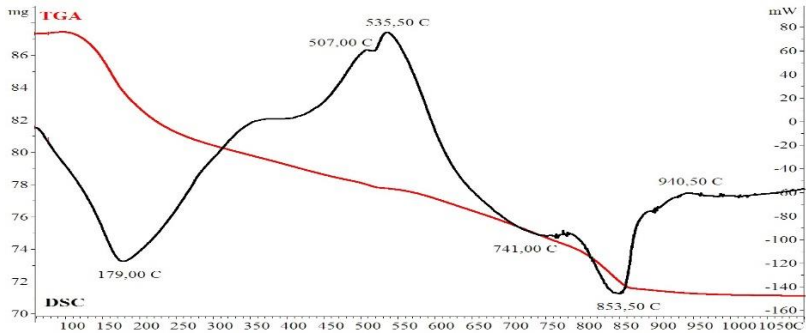
Изменение физико-механических свойств фибробетона происходит за счет направленного формирования структуры и повышения коррозионной стойкости волокна за счет снижения щелочности вяжущего.

Результаты дифференциально-термического анализа (рис. 3) цементной матрицы свидетельствуют об изменении эндоэффекта в области температуры 515-520°C у обычного портландцемента на экзоэффект у композиционного вяжущего с золой уноса. Это говорит о связывании гидроксида кальция активными компонентами, содержащимися в золе уноса. При сравнении кривых портландцемента и композиционного вяжущего наблюдается изменение основности образующихся гидросиликатов кальция: эндотермический эффект в области температур 815-820°C смещается вправо, в сторону повышения температуры до 853 °C. Широкий интервал температур связан с тем, что введение золы уноса приводит к образованию дополнительного количества гидросиликатов кальция, отличающихся от традиционных.

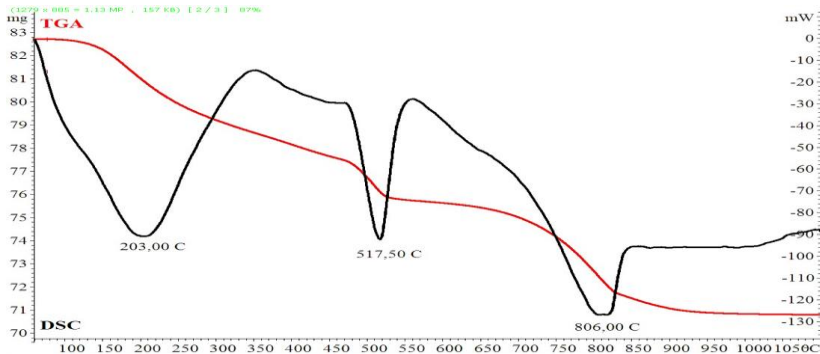
Введение нанокремнезема приводит к изменению основности образующихся гидросиликатов кальция: эндотермический эффект в области температур 800-840°C смещается вправо, в сторону снижения температуры от 838°C до 806°C. Таким образом, в цементном камне, модифицированном нанокремнеземом, образуются большее количество гидросиликатов кальция структурированные по поверхности твердой фазы с образованием более плотного композита с улучшенными физико-механическими свойствами.



а



б



в

Рисунок 3 – Кривые дифференциально-сканирующей калориметрии портландцемента (а) и композиционного вяжущего (б, зола уноса – 30%), портландцемента с нанокремнеземом (в)

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- составы фибробетона с использованием золы уноса и нанокремнезема показали более высокую прочность на сжатие и изгиб благодаря связыванию дополнительного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и снижению отрицательного воздействия щелочной среды на минеральное волокно;
- дифференциально-термический анализ показал, что введение золы уноса и нанокремнезема способствует направленному формированию высокопрочной структуры камня из низкоосновных гидросиликатов кальция и понижению содержания гидроксида кальция.

**Статья подготовлена в рамках выполнения базовой части государственного задания в сфере научной деятельности № 13.6716.2017 по теме «Инновационные ресурсо- и энергосберегающие технологии с применением плазменно-энергетических процессов и технологий» ВСГУТУ.*

Список литературы:

1. Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Структура и свойства цемента, армированного тонким базальтовым волокном // *Материаловедение*. 2015. № 1. С. 34-39.
2. Степанова В.Ф., Бучкин А.В., Юрин Е.Ю. Исследование свойств тяжелого бетона на крупном заполнителе, армированного неметаллической базальтовой фиброй // *Строительные материалы*. 2018. № 9. С. 46-53.
3. Морозов В.И., Опбул Э.К.О., Пухаренко Ю.В., Хегай О.С. Проблемы создания новых конструкций из дисперсно-армированных бетонов // *Вестник НИЦ Строительство*. 2018. № 1 (16). С. 101-105.
4. Бабаев В.Б., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Базальтовое волокно как компонент для микроармирования цементных композитов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2012. № 4. С. 58–61.
5. Сарайкина К.А., Голубев В.А., Яковлев Г.И., Сеньков С.А., Политаева А.И. Наноструктурирование цементного камня при дисперсном армировании базальтовым волокном // *Строительные материалы*. 2015. № 2. С. 34-38.
6. Fediuk R., Smoliakov A., Muraviov A. Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Concrete Using Composite Binders // *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2017, Article ID 2316347, 13 pages, 2017.
7. Буянтуев С.Л., Кондратенко А.С. Исследование физико-химических свойств минеральных волокон, полученных с помощью электромагнитного технологического реактора // *Вестник ВСГУТУ*. 2013. № 5 (44). С. 123-129.
8. Бардаханов С.П., Корчагин А.И., Куксанов Н.К., Лаврухин А.В., Салимов Р.А., Фадеев С.Н., Черепков В.В. Получение нанопорошков испарением исходных веществ на ускорителе электронов при атмосферном давлении // *Доклады Академии Наук*. 2006. Т. 409. №3. С. 320-323.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ БЕТОНА

Урханова Л.А., д-р техн. наук, профессор,
Смирнягина Н.Н., д-р техн. наук, доцент,
Урханова А.А., аспирант,
Лхасаранов С.А., канд. техн. наук, доцент,
Ардашова Г.Р., студент

*Восточно-Сибирский государственный университет
технологий и управления,*

*Институт физического материаловедения
СО РАН (ИФМ СО РАН)*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc458db48.87393373

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы получения электропроводящих специальных бетонов с использованием углеродных наноматериалов, полученных разными способами. Проведен обзор существующих способов получения электропроводящих материалов, которые характеризуются нестабильностью свойств.

Ключевые слова: углеродные наноматериалы, портландцемент, растровая электронная микроскопия, бетон, электропроводящие свойства

Использование в составе композиции углеродных наноматериалов, в результате их комплексного физико-химического воздействия на стадии образования и твердения цементного вяжущего, приводит к повышению прочностных показателей конечного продукта [1-4].

Большое внимание уделяется в настоящее время не только исследованию физико-механических свойств бетона, но и его электротехническим характеристикам, разработке состава с заранее заданными электрическими характеристиками. Интерес к этой работе обусловлен большими перспективами, которые откроются перед строительством, электроэнергетикой и другими отраслями техники в том случае, если будут найдены надежные пути превращения бетона в электропроводящий материал.

Изучение электрических свойств бетонов и создание новых типов электропроводящих бетонов идет в двух направлениях:

1. Создание электропроводящих бетонов с малым удельным электрическим сопротивлением и стабильностью электрических параметров во времени при изменяющихся условиях эксплуатации.

2. Изучение электрических свойств существующих бетонов и создание бетонов с улучшенными электроизоляционными свойствами: высоким удельным электрическим сопротивлением, малым значением диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости, высокой электрической прочностью [5, 6].

В проводимых исследованиях были использованы портландцемент ЦЕМ I 32.5Н, углеродный наномодификатор (УНМ), полученный на высокопроизводительной установке для синтеза нанодисперсных веществ на основе углерода.

Углеродный наномодификатор получен на высокопроизводительной установке для синтеза нанодисперсных веществ на основе углерода [7, 8]. Установка ранее успешно апробирована для синтеза фуллереновой смеси при препарировании мишеней, распыляемых ионным и испаряемых электронным пучками. Мишени использовались при синтезе покрытий производных фуллеренов [9].

Микроструктура образцов с использованием портландцемента и УНМ более плотная по сравнению с контрольным составом (рис. 1).

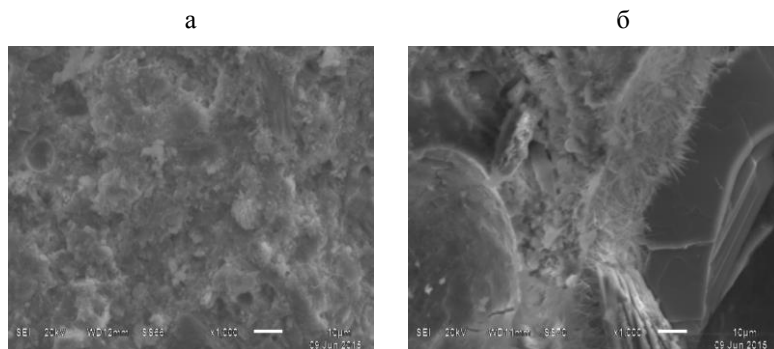


Рисунок 1 – Микроснимки скола цементного камня (x1000): а – контрольный состав, б – ПЦ + УНМ 0,05%

В контрольном составе наблюдается большее количество пор, которые в процессе твердения заполняются кристаллами извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Введение УНМ приводит к снижению капиллярной пористости, к увеличению количества мельчайших гелевых пор, входящих в состав кальциевосиликатного гидрогеля. При наблюдении контактной зоны образовавшегося портландита отмечается густое

микроармирование и связывание его в дополнительные гидросиликаты кальция, что приводит к повышению плотности и прочности композита. В модифицированном составе просматривается прорастание и утолщение игольчатых спицеобразных кристаллов гидросиликатов кальция. Структура характеризуется однородным плотным строением, которые скреплены со всех сторон продуктами гидратации, отмечается наличие плотных новообразований. Введение ФСС приводит к снижению пористости цементного камня за счет образования гелевидных продуктов гидратации, заполняющих межпоровое пространство. Все это благоприятным образом сказывается на изменении физико-механических характеристик модифицированного цементного камня.

Положительное влияние УНМ на свойства портландцемента приводит к улучшению свойств модифицированного бетона. При подборе состава модифицированного бетона класса В20 использован УНМ с оптимальной концентрацией 0,01% от массы вяжущего, расход которого составил 300 кг/м³. Были определены основные технологические, физико-механические и эксплуатационные свойства бетона (табл. 1).

Таблица 2 – Технологические и физико-механические свойства модифицированных бетонов

Характеристика	Показатели	
	Контрольный	УНМ
Прочность при сжатии, МПа, в возрасте		
3 сут	8,9	10,6
7 сут	17,7	18,9
28 сут	24,5	32,8
Водостойкость, К _{разм}	0,86	0,91
Водопоглощение по массе, %	1,4	1,1
Морозостойкость, циклы	100	150
Электрическое сопротивление, МОм*см	9,8	5,8

Введение УНМ увеличивает прочность при сжатии бетона на 15-20% по сравнению с контрольным бездобавочным составом. Комплексное воздействие УНМ на разных этапах твердения бетона способствует созданию высокоплотной структуры, изменению

характера пористости и улучшению гидрофизических и эксплуатационных показателей модифицированного бетона. Как показали результаты, электрическое сопротивление бетона уменьшилось в два раза при введении УНМ в небольшом количестве по сравнению с известными электропроводящими добавками. Таким образом, стоимость электропроводящего материала на основе УНМ будет немного отличаться от обычного бетона, а его долговечность будет выше.

В результате проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

- введение УНМ приводит к улучшению физико-механических свойств цемента;
- изменение микроструктуры портландцемента происходит благодаря комплексному воздействию УНМ на процессы гидратации и твердения цементного камня;
- введение УНМ приводит к улучшению физико-механических, гидрофизических и электрических свойств тяжелого бетона.

**Статья подготовлена в рамках выполнения базовой части государственного задания в сфере научной деятельности № 13.6716.2017 по теме «Инновационные ресурсо- и энергосберегающие технологии с применением плазменно-энергетических процессов и технологий» ВСГУТУ.*

Список литературы:

1. Артамонова О.В., Сергуткина О.Р. Строительные наноматериалы: тенденции развития и перспективы // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. Вып. 6. С. 13-23.
2. Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Никитин В.А., Староверов В.Д. Структура и свойства наномодифицированных цементных систем // Междунар. конгресс «Наука и инновации в строительстве «SIB-2008». Современные проблемы строительного материаловедения и технологии. Воронеж. 2008. Т. 1. Кн. 2. С. 424-429.
3. Толмачев С.Н., Беличенко Е.А. Особенности влияния углеродных наночастиц на реологические свойства цементного теста и технологические свойства мелкозернистых бетонов // Нанотехнологии в строительстве. 2014. Том 6, № 5. С. 13–29.
4. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Керене Я., Полянских И.С., Пудов И.А., Хазеев Д.Р., Сеньков С.А. Комплексная добавка на основе углеродных нанотрубок и микрокремнезем для модификации

- газосиликата автоклавного твердения // Строительные материалы. 2014. № 1-2. С. 3-7
5. Большаков В.И., Савицкий Н.В. Электропроводящие нанокompозиты для систем диагностики технического состояния герметизирующих оболочек АЭС // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2016. № 5 (218). С. 16-34.
 6. Лопанов А.Н., Семейкин А.Ю., Фанина Е.А. Реология электропроводящих цементных паст и дисперсий графита // Цемент и его применение. 2009. №5. С. 110-112.
 7. Чурилов Г.Н. Способ синтеза фуллереновой смеси в плазме при атмосферном давлении // Патент RU 2320536 С2, 27.03.2008. МПК С01В31/00, В82В3/00.
 9. Чурилов Г.Н., Булина Н.В., Федоров А.С.; Фуллерены: синтез и теория образования: монография. Под ред. В. Ф. Шабанов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 227 с.
 10. Семенов А.П., Семенова И.А. Способ синтеза покрытий производных фуллеренов // Патент на изобретение RU № 2517706 С1. Бюл. № 15 от 27.05.2014.

КГВ С МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ ИЗ БЕТОННОГО ЛОМА

Чернышева Н.В. д-р техн. наук, профессор,
Аласханов А.Х., канд. техн. наук,
Лесниченко Е.Н., аспирант,
Шаталова С.В., аспирант,
Евсюкова А., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc467b0c6.53016785

Композиционные гипсовые вяжущие (КГВ) с точки зрения экологической безопасности для окружающей среды и для человека относятся к материалам нового поколения и соответствуют всемирной концепции «устойчивого развития» – «устойчивого строительства». Для получения высокоэффективных КГВ необходимо использование компонентов со сложными составами (гипсовых вяжущих, портландцемента, а так же минеральных добавок, понижающих концентрацию $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в жидкой фазе твердеющей системы, когда образуются низкоосновные гидросиликаты кальция и другие слаборастворимые соединения). Целью получения композитов высокого качества и различного функционального назначения с повышенными, а порой и с абсолютной новыми свойствами и определенной, запланированной структурой [1-4]. Наличие природного гипсового сырья и гипсосодержащих отходов, простота технологии изготовления гипсовых материалов с понижением расходов топлива и электроэнергии (к примеру, при производстве цемента в 4 и 5 раз выше), а также в гораздо меньшей степени выделяющиеся в окружающую среду CO_2 и иные вредоносные вещества, выше перечисленное позволяет их отнести к экологически чистым строительным материалам.

В работе КГВ получали с использовались гипсовых вяжущих α -модификации с маркой ГВВС-16 (ТУ 21-РСФСР-153-90, ЗАО «Самарский гипсовый комбинат»), портландцемент типа ЦЕМ I 42,5 Н (ПАО «Мордовцемент»), а в качестве нового вида активной минеральной добавки – тонкомолотого бетонного лома.

Известно [5-7], что вяжущая часть бетонного лома состоит из гидросиликатов кальция группы C_2SH_2 по номенклатуре Богда, а так же гидроксида кальция и остатков не прогидратированных клинкерных минералов, в основном белита, и обладает заметными вторичными вяжущими свойствами.

Для активации процессов гидратации [8-14] КГВ в лабораторной шаровидной мельнице был осуществлен помол бетонного лома до высокой удельной плоскости, около 500 м²/кг, с последующим смешиванием с портландцементом и гипсовым вяжущим для общего домола. На базе полученных результатов, при определении активности минеральной добавки осуществлялся подбор состава КГВ. Было установлено, что рациональное количество тонкомолотого бетонного лома в составе КГВ (при отношении бетонный лом/цемент=1:1) способствует снижению концентрации СаО в водной суспензии вяжущего до необходимых пределов (согласно ТУ 21-31-62-89), а так же стабильности его свойств и качеств.

В ходе проведения изучения была определена, как подвижность смеси (расплыв вискозиметра Суттарда), так и прочность затвердевшего КГВ. Проведя исследования было доказано, что при диаметре расплыва смеси 120 мм наиболее высокую прочность показало затвердевшее вяжущее с добавлением минеральной добавки, порядка 25%. Для последующих исследований использовали следующие компоненты вяжущего в соотношении: гипс Г-16 – 50%, портландцемент – 25%, минеральная добавка – 25%. Активность КГВ определяли на образцах-кубах, размером 30х30х30 мм.

Таблица 1 - Состав и основные свойства КГВ

Состав КГВ, % по массе			В/В _{вяж}	Расплыв, мм	Сроки схватывания мин, с		R _{сж} , МПа, в сроки			Кр
Г-16	ПЦ	Бет. лом			начало	конец	2 ч	7 сут	28 сут	
50	25	25	0,42	180	10	11	9,1	12,6	25,7	0,65

При изучении фазового состава композиционного вяжущего с добавлением тонкомолотого бетонного лома, на 28 сутки твердения были установлены следующие содержания продуктов гидратации (рис. 1):

-двуводный сульфат кальция (d=7,64; 4,29; 3,81; 3,071; 2,879; 2,686...Å); частично закристаллизованный тоберморитоподобный гидросиликат кальция (d=3,07; 2,79; 2,4; 2,1; 1,81...Å); следы гексагонального восьмиводного гидроалюмината кальция (d=10,1; 3,49; 2,87; 2,55...Å); следы этtringита (d=5,61; 3,88; 2,57...Å); кварц

($d=3,35; 2,46; 2,22; 2,28; 2,133; 2,089 \dots \text{Å}$); портландит ($d=4,93; 3,18; 2,63; 1,78 \dots \text{Å}$).

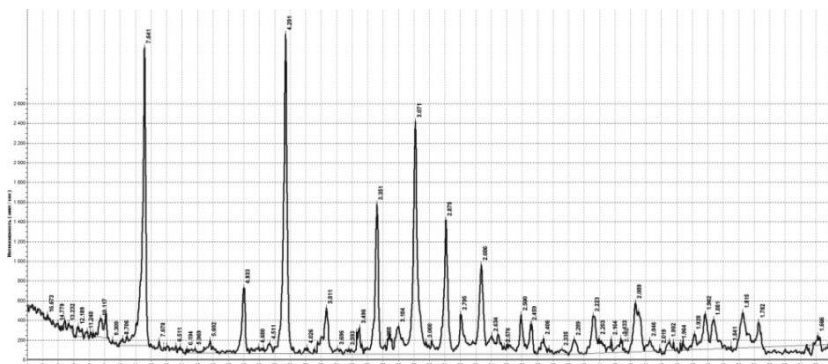


Рисунок 1 – Рентгенограмма затвердевшего КГВ с минеральной добавкой бетонного лома

Особенности микроструктуры КГВ описываемого состава представлены на рис. 2.

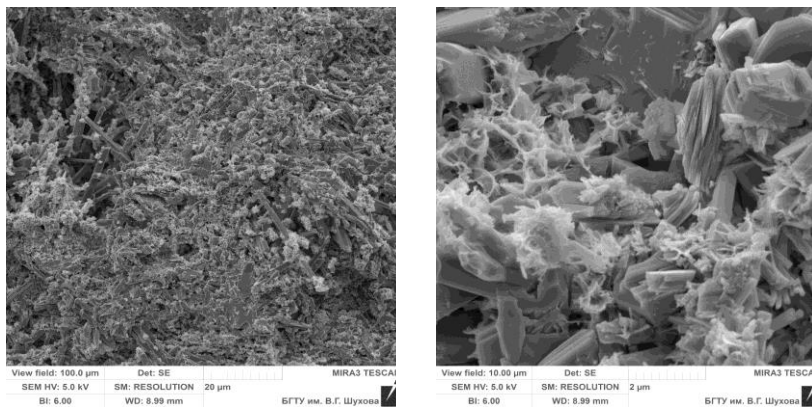


Рисунок 2 – Микроструктура затвердевшего КГВ с минеральной добавкой бетонного лома

Анализ микроструктуры показал, что в КГВ с тонкомолотым бетонным ломом, возникающие гидросиликаты кальция буквально

полностью заполняют имеющиеся поры, что и способствует набору оптимальной прочности. На 28 сутки твердения их частицы объединяются в непрерывную структуру и упрочняют связи между кристаллами гипса.

Таким образом, итогом проведенных исследований, был подобран состав КГВ. Выявлена целесообразность использования тонкомолотого бетонного лома в качестве активной минеральной добавки.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Архитектурная геоника. Взгляд в будущее // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета // Серия: Строительство и архитектура .2013. № 31-1(50). С. 131-136.
2. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю., Герасимов А.В., Фишер Х.-Б. Особенности формирования структуры композиционного гипсового вяжущего с минеральными добавками разного генезиса // Междунар. науч.-практ. конф. «Научные технологии и инновации» (XXII научные чтения), Белгород, 6–7 октября 2016 г. / БГТУ. Белгород, 2016. С. 457 – 471.
3. Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Шаталова С.В. Композиционное гипсовое вяжущее с многокомпонентными минеральными добавками разного генезиса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 27–34.
4. Murtazaiev S.A.Y., Saidumov M.S., Lesovik V.S., Chernysheva N.V., Bataiev D.K.S. Fine-grained cellular concrete creep analysis technique with consideration for carbonation // Modern Applied Science. 2015. Т. 9. № 4. С. 233 – 245.
5. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. Gipshaltige kompositbindemittel – zukunfft des ökologischen bauens* В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL (Weimar, 16-18 сентября 2015 г.), Weimar: Institut für Baustoffkunde der Bauhaus-Universität, 2015. С. 699 – 706.
6. Коровяков, В.Ф. Структура твердеющего камня из композиционных гипсовых вяжущих / В.Ф. Коровяков // Сухие строительные смеси. – 2013. № 1. С. 16 – 19.
7. Козлов Н.В., Панченко А.И., Бурьянов А.Ф. Микроструктура гипсового вяжущего повышенной водостойкости // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 72 – 75.
8. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству / Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.

9. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
10. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.
11. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
12. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон - эффективный армированный композит будущего / Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81-84.
13. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавногазобетона к строительной 3d печати // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 6–11.
14. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. Теоретические подходы к созданию оптимальных структур сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 6–11.

К ВОПРОСУ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-МАТЕРИАЛ- СРЕДА ОБИТАНИЯ»

Шаталова С.В., аспирант,

Чуриков А.С., студент

Охрименко С.А., студент

Косоногова Е.М., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc4757b15.54484044

Аннотация. Практическая реализация задач по оптимизации системы «человек – материал – среда обитания» возможна за счёт включения строительных конструкций в активное формирование благоприятного для человека микроклимата. Рассмотрено влияние мела в составе гипсовых композитов на процесс лучистого теплообмена.

Ключевые слова: гипсовые композиты, мел, ИК-излучение.

Одновременно с развитием новых технологий стремительно менялись и продолжают меняться стандарты качества жизни.

В настоящее время требования населения к уровню организации городской среды стали гораздо выше. В итоге это вылилось в формирование новой теории организации человеческой жизнедеятельности, названной *устойчивым развитием*. В строительстве это породило новые требования к качеству возводимых объектов, таких как комфортность, энергосбережение и экологичность [1-5].

Необходимость практического решения соответствующих проблем, в том числе и связанных с внедрением норм «зелёного» строительства, ознаменовалась бурным развитием такого научного направления как Геоника, которую можно считать связующим звеном экологической науки со строительной практикой.

С позиции Геоники предлагается рассматривать систему «человек – материал – среда обитания» как единое целое. Главной целью ученых всего мира, декларируется, обеспечение комфортного существования человека именно в этой системе. Выбор строительных материалов или требования при создании новых, для строительства жилого дома, должен осуществляться через прогнозирование его воздействие на организм человека [8-9].

С данной точки зрения весьма интересным является изучение свойств строительных материалов по взаимодействию с ИК излучением,

а также разработка принципов проектирования строительных композитов с требуемыми свойствами.

Системы лучистого отопления помещений не являются новинками, однако широкого распространения в своё время они не получили, применяясь в основном для решения специальных задач.

Свойства композиционных материалов зависят от принятой матрицы, заполнителя и структуры [10-14]. Степень влияния этих компонентов на отдельные показатели варьируется в значительных пределах.

Для внутренних работ наиболее востребованными являются композиции на основе гипса. Расчетная степень черноты минерала гипс по отношению к спектру источника с температурой 300°C составила 0,94, что предполагает хорошее усвоение падающего на поверхность излучения.

Как было показано ранее [15], на фактический показатель степени черноты влияет большое количество факторов, главным из которых является структурный. Поэтому были изготовлены образцы (цилиндры $\varnothing 150$ мм, толщиной 20 мм) гипсового камня с различной пористостью, которая обеспечивалась изменением В/Г отношения от 0,35 до 0,65. Кривые изменения температуры образцов представлены на рисунке 3.

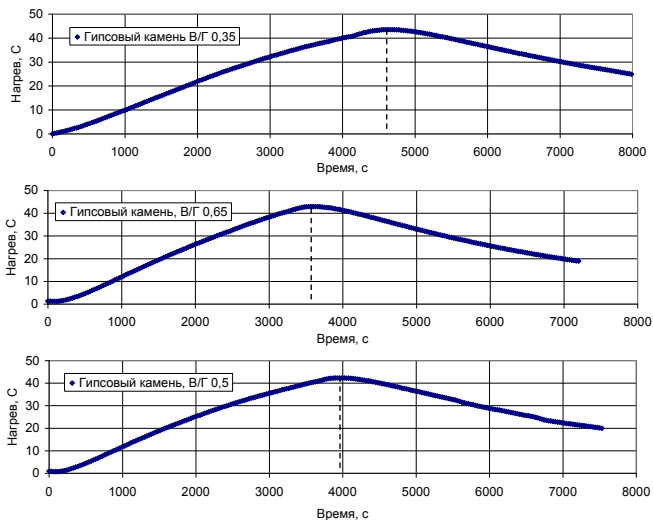


Рисунок 1 – Кривые нагрева и охлаждения гипсового камня с различным В/Г

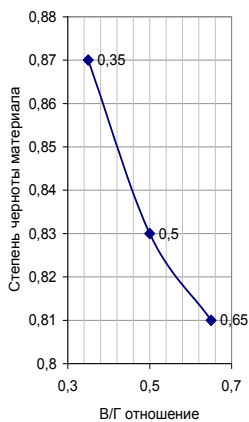


Рисунок 2 – Зависимость показателя черноты гипса от В/Г отношения

Как видно из графиков, повышение водогипсового отношения сокращает время нагрева гипсового камня до одинаковой температуры. Наиболее значимым фактором, в данном случае является снижение теплоёмкости материала при повышении пористости.

Степень черноты гипсового камня снижается по мере повышения водогипсового отношения. Таким образом, поверхности, покрытые гипсовыми отделочными композициями с повышенным количеством воды затворения, более выгодны при использовании систем ИК обогрева. Причиной этого являются их меньшая теплоёмкость, при прочих равных условиях обеспечивающая более быстрый и менее энергозатратный нагрев до комфортных температур, и более высокий коэффициент

отражения, позволяющий перенаправить поток энергии излучателя другим поверхностям, предметам или человеку. Это позволяет улучшить равномерность распределения излучения в обогреваемом объёме, снизить мощность излучателя (или коэффициент его работы во времени), т.е. экономить энергию без понижения температуры поверхностей.

Были изготовлены образцы по аналогии с испытаниями гипсовой матрицы. Состав во всех случаях принимался одинаковый, соотношение гипсовое вяжущее – наполнитель (наполнитель) 1:1 по массе. В/Т отношение было принято 0,35, за исключением образца с использованием мела в качестве наполнителя, для которого В/Т составило 0,48, ввиду невозможности приготовить пластичное тесто из за высокой водопотребности добавки.

После затвердевания в течение 2 сут, все образцы были высушены, их поверхность была зачищена абразивным материалом для выравнивания и обнажения наполнителя (наполнителя), и после они подвергались облучению спектром излучателя.

Параметры протекания лучистого теплообмена гипсовых композитов представлены в таблице 2.

Как видно из представленных данных, величина показателя черноты наполнителя (наполнителя) находит отражение в аналогичном

показателе композитов с их применением. С высокой степенью отражения энергии первичного источника излучения – состав с мелом в качестве наполнителя. Отделочный композит данного состава отражает более 60% поступающей к нему энергии излучателя. Как уже упоминалось ранее, подобные свойства могут быть использованы для перераспределения излучения ИК обогревателей особенно в горизонтальной плоскости, с одновременным снижением плотности потока для повышения комфортности их работы. Отделка поверхностей такими составами позволит уменьшить количество используемых обогревателей без ущерба для равномерности облучения помещения.

Таблица 1 - Параметры протекания лучистого теплообмена композитов на основе гипса

№	Композит	Масса обр., г	Средняя плотность, кг/м ³	Величина потоков энергии на 1 м ² поверхности, Дж/с			Степень черноты расчетная
				Испускаемой	Усваиваемой (затраченной на нагрев)	Отражаемой	
1	Гипс – Известняк	545	1542	189,8	233	40,7	0,912
2	Гипс – Мел	445	1259	17,6	141,7	304,2	0,344

На основе результатов представленных в работе, можно сделать следующие выводы:

1. Практическая реализация задач по оптимизации системы «человек – материал – среда обитания» возможна за счёт включения строительных конструкций в активное формирование благоприятного для человека микроклимата.

2. Одним из перспективных способов обогрева является применение инфракрасных систем. Залогом обеспечения эффективности их работы являет учёт при проектировании не только параметров излучателей, но и свойств материалов, воспринимающих поток излучения.

3. Формирование свойств поверхностей по взаимодействию с ИК излучением, целесообразно осуществлять за счёт создания на основных конструкциях отделочных слоёв с определённым показателем степени черноты по отношению к спектру применяемых обогревательных приборов.

4. Свойства материалов по взаимодействию с ИК излучением, закладываются основными породообразующими минералами, подвергаются большому влиянию со стороны строения частиц и их

поверхности при переходе к сыпучим материалам, и в значительной степени наследуются композитами на их основе, комбинируясь со свойствами применяемой матрицы.

Список литературы:

1. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Милькина А.С. Применение техногенного сырья в технологии высокопрочных твердеющих композиций // В сборнике: Актуальные проблемы современной строительной науки и образования Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 140-144.
2. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Милькина А.С., Лашина И.В. Искусственные конгломераты с использованием техногенного сырья В сборнике: Актуальные проблемы современной строительной науки и образования Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 144-148.
3. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Ермолаева А.Э. Геолого-литологические предпосылки развития 3-d аддитивных технологических процессов // В сборнике: Актуальные проблемы современной строительной науки и образования Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 152-156.
4. Фомин А.Е., Лесовик В.С., Глаголев Е.В. Повышение активности кварцсодержащего сырья различного генезиса при помолу // В книге: Инновационные материалы и технологии в дизайне сборник тезисов докладов III Всероссийской научно-технической конференции с участием молодых ученых. 2017. С. 104-105.
5. Мотин Н.В., Лесовик В.С. Проблемы экологии и композиционные материалы на основе серы // В сборнике: Инновационные технологии в науке и образовании Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Отв. ред. Е.Р. Урмакшинова, С.Л. Буянтуев. 2017. С. 63-71.
6. Лесовик В.С., Перькова М.В., Бабаев В.Б. Архитектурная геоника как междисциплинарное направление в архитектурной науке и практике // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 74–79.
7. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Практика использования закона сродства структур для проектирования эффективных композитов // В сборнике: Научное развитие технологий и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 156-163.
8. Лесовик, В.С. Новая парадигма создания композитов для стройиндустрии // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". Федеральное

- государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 17-24.
9. Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Евсюкова А.С., Кузьмина Т.С., Бурьянов А.Ф. Композиционные гипсовые вяжущие для "зеленого" строительства: // В сборнике: Научно-практические технологии и инновации международной научно-практической конференции. 2016. С. 443-449.
 10. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научно-практические технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
 11. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству / Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
 12. Севостьянов В.С., Перельгин Д.Н., Уральский В.И., Горлов А.С., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Разработка и исследования энергосберегающего помольного оборудования для высокодисперсного измельчения материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 76–80.
 13. Glagolev E., Suleimanova L., Lesovik V. High reaction activity of nano-size phase of silica composite binder // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. С. 12383-12389.
 14. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17–22.
 15. Толмачева М.М., Елистраткин М.Ю., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Строительные материалы для оптимизации взаимодействия с системами лучистого обогрева В сборнике: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика: В 3 частях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 147-156.

РОЛЬ РЕЮНИВАТОРОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ЗАЩИТНО-ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ СЛОЕВ НА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ

Шеховцова С.Ю., ст. преподаватель, канд. техн. наук,
Наимов Ф.О., студент

*НИУ Московский государственный
строительный университет*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc4844a49.36890625

Аннотация. В работе представлен анализ научно-технической информации о защитно-восстанавливающих материалах (реюниваторов), представленной в отечественной и зарубежной литературе. Произведен анализ и обобщение научно-технических предпосылок производства реюниваторов для дорожной отрасли. Указаны преимущества и недостатки указанных материалов. Рассмотрены методики исследования свойств таких материалов.

Ключевые слова: защитно-восстанавливающие материалы, реюниваторы, реверсинг, асфальтобетон.

Введение

Автомобильные дороги являются важной частью дорожной инфраструктуры страны и в значительной мере влияют на его социально-экономическое развитие. Постоянный рост интенсивности движения автотранспорта и в особенности, доли большегрузных транспортных средств приводит к существенному ускорению износа дорожных покрытий, в связи с чем увеличивается потребность в ремонтно-восстановительных работах [1]. Поэтому, в настоящее время повышение качества и увеличение сроков службы асфальтобетонных покрытий, снижение затрат на их содержание и ремонтно-восстановительные работы представляют собой актуальные задачи.

Асфальтобетон является наиболее распространённым материалом покрытия автомобильных дорог. Под воздействием климатических условий и эксплуатационных факторов в битуме протекают окислительные процессы, приводящие к его старению, сопровождающиеся переходом в хрупкое состояние и растрескиванием, в результате чего происходит нарушение целостности покрытия минерального остова. Внешне эти процессы проявляются в последовательном образовании отдельных микротрещин с последующим формированием макротрещин, сетки трещин, шелушением поверхности, и как следствие, образованием критических

дефектов. Эффективным методом предотвращения прогрессирующего разрушения асфальтобетонного покрытия является его обработка защитно-восстанавливающими пропиточными составами – реюнивателями.

Они широко представлены на строительном рынке, однако в научно-технической литературе отсутствует информация о механизме их действия, методах исследования, а также их влияния на показатели качества асфальтобетонного покрытия.

В связи с вышеизложенным, разработка эффективных модифицированных материалов для защиты и восстановления асфальтобетонных покрытий, позволяющих обеспечивать их более продолжительный срок службы, представляет собой актуальную задачу.

Основная часть

В настоящее время широко распространены технологии защиты асфальтобетонных покрытий водоземulsionными пропитками [2...4]. Для данных эмульсий, которые представляют собой дисперсную систему, состоящую из двух лиофобных жидкостей (нефтяного битума и воды), характерен ряд недостатков: наличие ПАВ, сложность контроля скорости распада, длительность формирования защитной пленки на обрабатываемом покрытии. Это затрудняет своевременное открытие движения транспортных средств, а также недостаточную безопасность дорожного движения вследствие низкого сцепления автомобильного колеса с обработанной поверхностью. Технологическим решением, лишенным указанных недостатков, позволяющим защитить асфальтобетонные покрытия от негативных воздействий природного и техногенного характера и обеспечивающим снижение ресурсоемкость их эксплуатации, является применение безводных пропиточных композиций.

Материалы, предназначенные для регулирования свойств органического вяжущего и/или защиты покрытия от воздействия эксплуатационных факторов, получили наименование защитно-восстанавливающие материалы (ЗВМ). Классификация ЗВМ в соответствии с ОДМ 218.3.073-2016 представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Разновидности ЗВМ

Наименование	Направленность воздействия
Омоложивающий	Изменяет свойства битума в покрытии
Защищающий	Обеспечивает защиту покрытий от внешних воздействий
Комбинированный	Сочетающий свойства омолаживающего

	и защищающего составов
--	------------------------

По составу защитно-восстанавливающие материалы классифицируют [5]:

- на основе эмульсий;

- на основе растворителей (разжижителей): содержащие или не содержащие минеральный материал.

Использование защитно-восстанавливающих материалов не должно приводить к снижению эксплуатационных свойств асфальтобетона и сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием (табл. 2).

Таблица 2 - Параметры качества ЗВМ различных стран

№	Наименование показателя	РФ	США	Голландия	Китай
1	Внешний вид	+	-	-	-
2	Условная вязкость по вискозиметру типа ВУБ-1 с диаметром отверстия 5 мм при 20°C, сек	+	-	-	-
3	Содержание нелетучих веществ, %	+	-	-	-
4	Однородность	+	-	-	-
5	Плотность**, г/см ³	+	-	-	-
6	Адгезия*, балл	+	-	-	-
7	Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	+	-	-	-
8	Время высыхания**, ч	+	+	+	+
9	Содержание остатка после выпаривания, %	+	-	-	-
10	Остаток на сите № 014, %	+	-	-	-
11	Адгезия*, балл	+	-	-	-
12	Пенетрация, дмм	-	+	-	-
13	Вязкость по Брукфильду, Па·с	-	+	+	+
14	Температура размягчения, °С	-	-	+	+

Примечания: * – для ЗВМ, содержащих битум; ** – для ЗВМ, содержащих минеральных материал.

Показатели качества, определяющие влияние защитно-восстанавливающих материалов на обрабатываемую поверхность асфальтобетонного покрытия, представлены в табл.3.

Таблица 3 - Показатели качества асфальтобетона, обработанного ЗВМ

№	Наименование показателя	РФ	США	Голландия	Китай
1	Предел прочности при сжатии при 50 °С (до и после обработки ЗВМ), МПа	+	-	-	-
2	Водонасыщение (до и после обработки ЗВМ), %	+	-	-	-
3	Устойчивость к износу на круге истирания ЛКИ, %	+	-	-	-
4	Глубина колеи от абразивного износа шипованным колесом, мм	-	+	+	+
5	Комплексный модуль упругости, МПа	-	+	+	+
6	Глубина проникновения ЗВМ в асфальтобетонное покрытие, мм	-	+	+	+
7	Жесткость при изгибе, МПа	-		+	
8	Сопротивление асфальтобетонного покрытия выкрашиванию и потере отдельных зерен минерального материала, %	-	+	+	+
9	Прочность на разрыв при непрямом растяжении (трещиностойкость), МПа	-	-	+	+
10	Остаточная пористость (содержание воздушных пустот), %	-	-	+	+
11	Толщина пленки вяжущего на асфальтобетонном покрытии после нанесения ЗВМ, мм	-	-	+	+
12	Сцепление колеса с поверхностью асфальтобетонного покрытия	-	-	-	+

Продолж. табл. 3

13	Фазовый гол уплотненного асфальтобетона, град	-	+	+	+
14	Устойчивость к колееобразованию, мм	-	-	+	+
15	Деформация ползучести, мм	-	-	+	+

Анализ табл.2 и 3 показывает, что в РФ имеется значительное количество испытаний самого защитно-восстанавливающего материала и практически отсутствуют методики испытаний, определяющие его влияние на асфальтобетонное покрытие. Последнее не позволяет исследователю адекватно производить оценку эффективности ЗВМ.

Отечественные исследования в данном направлении в основном направлены на подбор оптимального соотношения компонентов пропиточного состава. Так, Ефимовым М.В., Новиковым С.Н., Миленьким А.В. [6] установлено, что существенное влияние на эффективность процесса нанесения пропитывающей композиции на поверхность асфальтобетона оказывает выбор органического растворителя и его количества по отношению к используемому вяжущему. В качестве разжижителей в битумных композициях применяются различные органические растворители, такие как: этилвалерат, этилизовалерат, этил-2-метилбутират, н-пропилбутират, изопропилбутират, н-бутилпропионат, изобутилпропионат, бензол, толуол, ксилол, а также галоген-углеводородные растворители, например, трихлорэтан, дихлорметан [7,8]. Недостаток применения таких растворителей заключается в том, что сложные эфиры и ароматические углеводородные растворители обладают высокой токсичностью с достаточно выраженным нейротоксическим эффектом [9].

Булатицкий К.К., Глушко А.Н. и другие установили, что наиболее оптимальная температура кипения применяемых органических растворителей должна быть в интервале 155-200°C, что соответствует таким растворителям, как: уайт-спирит, Тиккурила, Лотоксан (Lotoxane FAST), петролейный эфир. Данные растворители относятся к категории экологически безопасных и быстросохнущих.

Глушко А. Н., Разинов А. Л., Рябенко В. С. [10] установили, что использование пропиточных веществ, не содержащих полимерные компоненты, обладают неудовлетворительными эксплуатационными показателями качества. Для улучшения качества битумных вяжущих в отечественной и зарубежной практике предлагается использовать

полимерные добавки: термопластичные каучуки (термоэластопласты), синтетический полибутадиеновый каучук [11], резиновый термоэластопласт РТЭП [12], сополимеры, выбранные из группы бутадиен-стирольный сополимер [13], этилен-винилацетатный сополимер (EVA) с содержанием винила в пределах 20-35 % от массы сополимера [14] и другие. Основное внимание в данных работах уделено подбору оптимального соотношения компонентов: величина пенетрации при 25°C предпочтительно находилась в пределах от 20 до 75 дмм (метод ASTM D5 [14]. Также в качестве полимерных компонентов используют различные смолы: наиболее распространенным решением является использование каменноугольной и нефтеполимерной смол [15, 16], причем первая получила широкое распространение за рубежом.

Исследователи Беляев Н.Н., Паневин Н.И. [17] изучали влияние пропиток на устойчивость к износу асфальтобетона шипованными шинами по методике асфальтовой шаровой мельницы и резиновыми (не шипованными) шинами на круге истирания ЛКИ-3 по ГОСТ 13087-81. В ходе исследования установлен прирост устойчивости, обработанных пропиткой, образцов асфальтобетона к износу шипованными шинами на 21-29 %, и резиновыми шинами на 26-33 %. Также на основании полученных результатов была выполнена прогнозная оценка глубины колеи, которая может образоваться в результате износа покрытия автомобильных дорог. Установлено, что использование пропиток может уменьшать колею износа в среднем в 1,5 раза.

Первые зарубежные исследования омолаживающих составов относятся к 70-м годам XX столетия [18]. Так, американскими исследователями в период с 1971-1975 гг. были проведены исследования по установлению глубины проникновения некоторых омолаживающих составов в плотную поверхность асфальтобетонного покрытия. Глубину оценивали по величине пенетрации и вязкости битума, извлеченного из асфальтобетонных образцов. В другом независимом исследовании [19] показало, что «омолаживатель» значительно уменьшил комплексный модуль упругости асфальтобетонных образцов с остаточной пористостью 10-12 %. Этот результат был положен в основу рекомендаций о запрете нанесения омолаживающих средств на асфальтобетонные покрытия с остаточной пористостью ниже 7-8 %.

Представленные результаты исследований были использованы при разработке Федеральным управлением гражданской авиации США стандарта для аэродромных покрытий [20.]. Согласно указанному

документу реюниваторм (восстанавливающим агентом) является продукт, обладающий способностью омоложения битумного связующего и проникающий в покрытие на глубину не менее 9,5 мм. Реюниватор должен обеспечивать определенные изменения свойств битумного вяжущего, такие как снижение вязкости и комплексного модуля сдвига.

Заключение

1. Использование защитно-восстанавливающих пропиточных составов (реюниваторм) приводит к восстановлению упруго-вязкопластических свойств органических вяжущих, улучшает трещиностойкость асфальтобетона, используемого в верхних слоях покрытий автомобильных дорог.

2. В научно-технической литературе информация о механизме действия реюниваторм содержит противоречия, а информация о методах исследования является разрозненной и не систематизированной, что требует дальнейших исследований.

3. Необходимо проводить комплексные исследования по данному направлению для обобщения возможности эффективного применения реюниваторм.

4. Необходимо обобщить и сформулировать технические требования к защитно-восстанавливающим материалам.

Список литературы:

1. Продлеваем молодость дорог Автомобильные дороги №3(1000). 2015 С. 34-35.
2. Немчинов М.В. Устройство шероховатых слоев износа. Наука и техника в дорожной отрасли. 2001.№2. С. 13-14.
3. Васильев А.П., Шамбар П. Поверхностная обработка с синхронным распределением материалов. М.: Трансдорнаука. 1999. 80с.
4. Муса С.С. Рудакова В.В. Перспективы применения дорожных битумных эмульсий. Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. №3(5). 2015. С. 17-26.
5. ОДМ 218.3.073-2016.Рекомендации по применению пропиточныхсоставов для повышения долговечностиасфальтобетонных покрытий. Росавтодор. 2016. 57 с.
6. Патент РФ 2538251. Ефимов М.В., Новиков С.Н., Миленский А. В.Смесь для защиты дорожных покрытий и способ ее получения.Заявл. 23.04.2013.Опубл. 10.01.2015.
7. Патент РФ 2314325. Дейгу Ф.Ж. (FR). Битумная композиция, способ получения и ее применение. Заявл. 10.10.2003.Опубл. 10.10.2005.

8. Патент РФ 2516605. Санду Р. А., Глушко А. Н., Булатицкий К. К. [и др.]. Способ обработки асфальтобетонных дорожных покрытий. Заявл. 11.12.2012. Опубл. 20.05.2014.
9. Тиньков О.В., Полищук П.Г., Артеменко А.Г., Кузьмин В.Е., Огниченко Л.Н. Исследование острой токсичности сложных эфиров на основе 2D-симплексного представления молекулярной структуры. Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2013. №6. (1) С. 65-75.
10. Патент РФ 2610510. Глушко А. Н., Разинов А. Л., Рябенко В. С. Способ получения пропиточной композиции на основе модифицированного битума, применяемой для поверхностной обработки асфальтобетонных покрытий. Заявл. 13.11.2015. Опубл. 13.11.2016.
11. Патент РФ 2148063. Илиополов С.К., Безродный О.К., Углова Е.В., Мардиросова И.В., Меркулова С.А., Кучеров В.А., Шитиков С.В. Вяжущее для дорожного строительства. Заявл. 1998.06.30. Опубл. 27.04.2000.
12. Патент РФ 2186044. Илиополов С.К., Болдырев В.И., Мардиросова И.В., Углова Е.В., Котов В.Л., Задорожний Д.В. Вяжущее для дорожного строительства. Заявл. 2000.11.17. Опубл. 27.07.2002.
13. Патент РФ 2226203. Битумная композиция. Глуховской В.С., Самоцветов А.Р., Степанов В.Ф., Ситникова В.В., Брехов П.П., Нечиненный В.А., Дубина С.И., Якимова Л.А., Яковлева Т.А. ЗАО «Техпрогресс». Заявл. 24.12.2001. Опубл. 27.03.2004.
14. Patent CN101300306B. Asphalt binder for porous pavements. ErikJanScholten. Declared 05. 11.2008. Published on 31. 08.2011.
15. Меркулов В.В., Ибатов М.К., Измаилова Г.Г., Жаксыбаева Г.Ш., Мантлер С.Н. Применение модифицированной коксохимической смолы для обработки асфальтобетонных дорожных покрытий. Современные наукоемкие технологии. 2016. № 10 (2) С. 267-270.
16. Bergendahl J. Environmental Effects of Coal Tar-Based Pavement Rejuvenators. 2017. 76 p.
17. Беляев Н.Н., Паневин Н.И. Новая роль пропиток. Автомобильные дороги. №11. 2016. С. 82-86.
18. Brown E.R., Johnson R.R. Evaluation of rejuvenators for bituminous pavements. AFCEC-TR-76-3. Air Force Civil Engineering Centre. Tyndall Air Force Base. Florida. 1976.
19. Estakhri C.K., Agarwal H. Effectiveness of fog seals and rejuvenators for bituminous pavement surfaces. Report TX-91/1156-1F. Texas Transportation Institute. Texas A&M University. Texas. 1991.
20. Federal Aviation Administration. Standards for specifying construction of airports. AC 150/5370-10G, Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation. 2014. P. 662..

ЗАВИСИМОСТЬ РАЗЖИЖАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КАТИОНАТИВНЫХ ДОБАВОК ОТ ВИДА МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Щигорев Д.С., аспирант,

Толыпин Д.А., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

DOI: 10.12737/conferencearticle_5cecedc4928893.22888118

Аннотация. Установлено, что разжижающая способность СП зависит от вида мелкого заполнителя, что обусловлено наличием активных заряженных центров на поверхности зерен заполнителя. Для получения максимального снижения В/Ц с использованием добавки анионного типа с отрицательно заряженными функциональными группами, целесообразно использование мелких заполнителей, имеющих в основном положительно заряженные активные центры, что обусловлено повышенной адсорбцией молекул модификатора на поверхности зерен заполнителя.

Ключевые слова: бетон, мелкий заполнитель, суперпластификатор, активные центры

В технологии бетона наиболее широко применяются анионоактивные ПАВ, на их долю приходится около 75% добавок пластифицирующего действия. Эффективность суперпластификаторов снижать водопотребность зависит от таких факторов, как расход и минералогический состав цемента, его удельная поверхность, В/Ц, pH среды, свойств активных минеральных добавок и т.д. Молекулы добавок СП в основном адсорбируются на гидроалюминатных фазах, обладающих положительным зарядом поверхности, при этом разжижающее действие анионных суперпластификаторов возрастает по мере увеличения содержания в цементе трехкальциевого алюмината.

Суперпластификаторы могут адсорбироваться на других компонентах бетонной смеси: щебне, песке [1-5]. Функциональные группы анионных поверхностно-активных веществ могут взаимодействовать с положительно заряженными участками поверхности зерен заполнителей, что понижает заряд на их поверхности. Анионоактивные суперпластификаторы плохо адсорбируются на поверхности зерен кварцевого песка, содержащих отрицательно заряженные активные центры. В этой связи, для тощих бетонных смесей, содержащих гранит, кварцевый песок или другой

мелкий наполнитель с отрицательно заряженной поверхностью, наилучшими добавками являются катионоактивные органические соединения [6-8]. Этим исследованиям посвящена данная работа.

Для экспериментов использовали цемент ЦЕМ I 42,5 Н ЗАО «Белгородский цемент», анионоактивный суперпластификатор С-3, катионоактивные добавки «Катапав», «Катинол». Применяли в качестве мелкого наполнителя использовали мрамор с положительным знаком заряда поверхности, кварцевый песок с отрицательным зарядом поверхности, доменный гранулированный шлак с нейтральным дзета-потенциалом. Разжижающую способность добавок определяли на цементно-песчаных смесях состава 1:3 по распылу конуса (РК) (ГОСТ 310.4-81).

Результаты исследований показали, что с ростом дозировки добавок от 0,25 % до 0,5 % РК у смесей на кварцевом песке с катионоактивной добавкой превосходил на 16,32 % и 17,64 %, по сравнению с добавкой С-3. При дозировке 1% разница в разжижении смесей в зависимости от типа применяемой добавки составила 25,13% (рис. 1.).

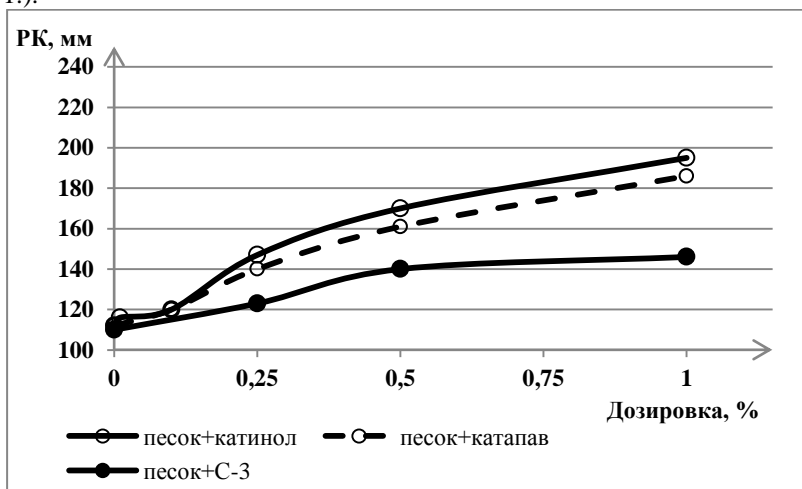


Рисунок 1 - Разжижающая способность добавок С-3, «Катапав», «Катинол» в смесях 1:3

Результаты подтверждают, что молекулы модификатора, с положительно заряженной функциональной группой, лучше

адсорбируются на поверхности частиц с отрицательно заряженными активными центрами.

Для оценки восприимчивости катионактивной добавки «Катапав» к различным видам заполнителей использовали цементно-песчаные смеси с мрамором и доменным гранулированным доменным шлаком (рис.2). Результаты исследований показали, что смеси на шлаковом и мраморном песке разжижаются сильнее добавкой «Катапав» (на 23 – 25 %), чем на кварцевом песке в области малых дозировок (0,25 %). Максимальное разжижение наблюдалось на мраморном заполнителе (при малых дозировках до 0,25 %), при дальнейшем увеличении дозировок (до 1 %) разжижение мало менялось.

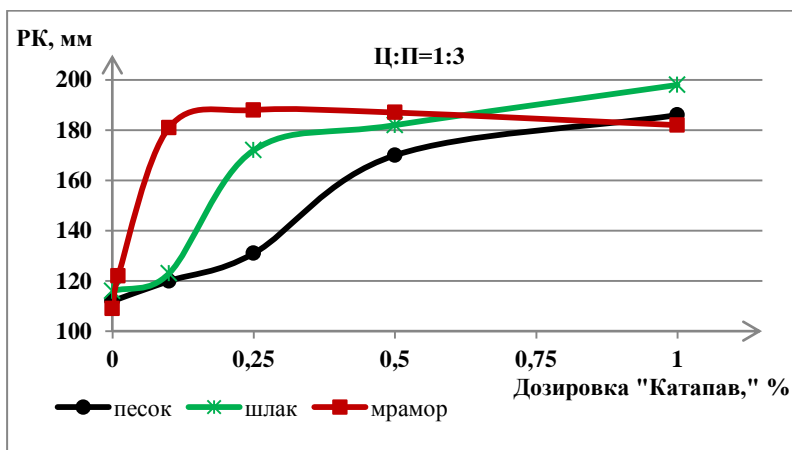


Рисунок 2 - Эффективность катионактивной добавки в зависимости от вида заполнителя

При использовании мраморного песка катионактивные добавки «Катинол» и «Катапав» эффективно разжижают только при малых дозировках (0,25 %), с дальнейшим ростом дозировок разжижение не меняется (рис. 3).

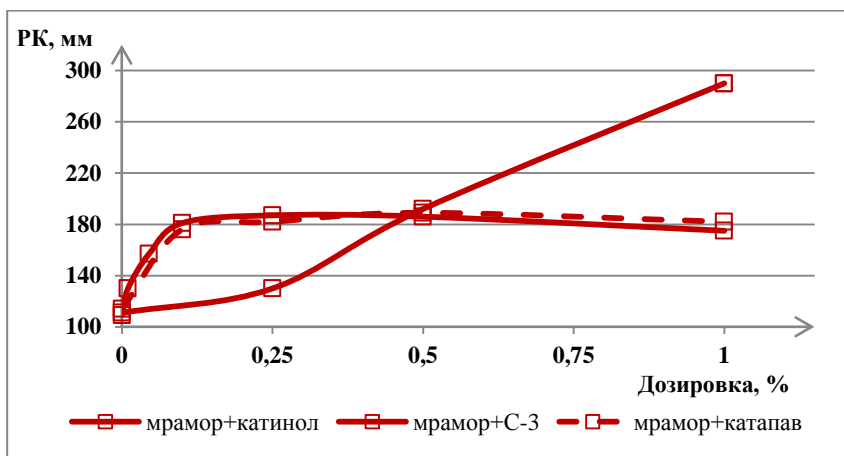


Рисунок 3 - Разжижающая способность анион- и катионактивных добавок

Исследования подтвердили, что восприимчивость к действию разжижителя зависит от вида мелкого заполнителя. Использование катионактивных добавок в мелкозернистых бетонах на мраморном песке экономически целесообразно при малых дозировках добавок. В смесях на кварцевом песке наибольший пластифицирующий эффект достигается при использовании катионактивной добавки. В таких случаях добавка катионного типа разжижает не только цементное тесто, но и заполнитель.

Список литературы:

1. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента / Белгород, 2016.
2. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим / В сборнике: Научные технологии и инновации // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
3. Шаповалов Н.А., Романович Л.Г., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Опыт реализации практико-ориентированной модели обучения студентов инновационному предпринимательству / Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 65-72.
4. Севостьянов В.С., Перельгин Д.Н., Уральский В.И., Горлов А.С., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Разработка и исследования

- энергосберегающего помольного оборудования для высокодисперсного измельчения материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 76–80.
5. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф., Глаголев Е.С. Несущая способность сталебетонных плит по нормальному сечению // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 42–44.
 6. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М. О влиянии знака поверхностного заряда заполнителя на разжижающую способность суперпластификаторов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 2 . С.2 2–26.
 7. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М., Карпачева Е.Н. Катионактивная добавка для разжжения цемента-песчаных смесей // Бетон и железобетон. 2013 .№ 6. С. 9–10.
 8. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущего и заполнителей: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 321 с.