

СОДЕРЖАНИЕ

Абуханов А.З., Хадисов В.Х., Хаджиев М.Р. Теплотехнические и физико-механические характеристики легких керамокомпозиционных материалов на основе вторичных заполнителей из кирпичного боя.....	7
Алфимова Н.И., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Ерофеева И.В. К вопросу о сохраняемости арматуры в бетонах на композиционных вяжущих	14
Ахмет, Лесовик В.С., Толстой А.Д., Крымова А.И. Саад Кхалил Шадид, Алмама Хишам Применение порошковых бетонов для ремонтных целей в ираке	19
Богусевич Г.Г., Магомедов З.Г., Арманулы Н.Р., Абсиметов М.В., Кузьмина Т.С. Перспективы использования техногенного сырья КМА в производстве сухих строительных смесей.....	27
Бондаренко Д.О., Баскаков П.С., Строкова В.В., Макущенко И.С., Рыкунов А.М. Исследование основных характеристик стирол-акриловых дисперсий.....	33
Боцман Л.Н., Ищенко А.В., Огурцова Ю.Н., Угримов Д.Г. Уровни оценки техногенных отходов для производства строительных материалов	37
Боцман А.Н., Лютенко П.Ю. Роль добавок в композиционных вяжущих.....	42
Володченко А.Н. Газосиликат на основе нетрадиционного сырья	47
Володченко А.Н., Жигалова Н.А., Абсиметов М.В. К вопросу оптимизации процесса порообразования газобетонной смеси	52
Володченко А.А., Городецкий И.В., Ермолаева А.Э., Гокова Е.Н. Силикатные материалы для зеленого строительства с использованием отходов горнодобывающей промышленности.....	57
Володченко А.А., Городецкий И.В., Герасимов А.В., Хахалева Е.Н. Нетрадиционные глинистые породы как сырье для производства "зеленых" строительных композитов	62

Воронцов В.М., Лесовик Р.В., Помошников Д.Д., Магомедов З.Г., Воронов В.В. Пенобетон на основе высокоэффективного композиционного вяжущего	68
Глаголев Е.С., Лесовик В.С., Толстой А.Д., Крымова А.И., Кузьмина Т.С. Теоретические аспекты применения техногенного сырья в плотных композиционных материалах	74
Губарева Е.Н., Огурцова Ю.Н., Строкова В.В., Балицкий Д.А., Колбасин И.С. Способы получения фотокаталитических покрытий для самоочищающихся строительных материалов и их эффективность.....	84
Данилов В.Е., Айзенштадт А.М. Определение размерных характеристик кремнеземсодержащего компонента композиционного вяжущего	89
Дмитриев Ю.А., Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Куприна А.А., Ковтун М.М. Композиционные вяжущие для ремонта и восстановления строительных конструкций	94
Загороднюк Л.Х., Гридчин А.М., Дмитриев Ю.А., Лесовик Г.А., Мельников М.Ю. Теоретические основы проектирования ремонтных растворов	99
Загороднюк Л.Х., Кучерова А.С., Аль-Машрафи Али Нассер Али, Науменко Н.А. Эффективные растворы для дренажных систем.....	105
Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим.....	110
Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Кучерова А.С., Аль Каифи Хашем Халед Абдуллах, Магомедов З.Г., Науменко Н.А. Теоретические предпосылки для создания фильтрующих строительных растворов.....	117
Загороднюк Л.Х., Шаповалов Н.А., Щекина А.Ю., Павленко О.А. Сухие строительные смеси для самовыравнивающихся напольных покрытий с использованием техногенного сырья	122
Загороднюк Л.Х., Шаповалов Н.А., Щекина А.Ю., Павленко О.А. Отходы обогащения железных руд эффективный компонент композиционных вяжущих	128
Звонарев С.В., Алтынник Н.И., Чикин А.В., Санников П.П., Рябинина М.В. Влияние примеси хрома на структуру и люминесценцию наноразмерной керамики оксида алюминия.....	133

Золотых С.В., Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Толмачева М.М., Дементьев Ю.А. Теплозащитные системы ограждающих конструкций	138
Золотых С.В., Загороднюк Л.Х., Канева Е.В., Шакарна Махмуд Хусни Ибрахим К вопросу теплоизоляции стеновых конструкций зданий.....	147
Золотых С.В., Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Толмачева М.М., Кучерова А.С., Канева Е.В., Дементьев Ю.А. Состояние и перспективы обеспечения теплозащиты строительного комплекса страны	153
Исмаилова З.Х., Алиев С.А., Хубаев М.С.-М. Известняковая мука как тонкомолотый наполнитель для высокопрочных фибробетонов	161
Канева Е.В., Загороднюк Л.Х., Кучерова А.С., Лесовик Г.А., Ахмед Ахмед Анис Ахмед Влияние минерального наполнителя на свойства строительных растворов	173
Канева Е.В., Гридчин А.М., Загороднюк Л.Х., Лесовик Р.В., Мельников М.Ю. Ресурсосберегающие технологии при производстве бетонных и железобетонных изделий и конструкций	178
Ковальченко О.В., Шадский Е.Е. Эффективность применения композиционных вяжущих	186
Ковальченко О.В., Никифорова Н.А. Оценка эффективности использования сырья различного генезиса как компонента композиционного вяжущего	192
Кожухова Н.И., Чижов Р.В., Веприк А.А., Войтович Е.В. Особенности структурообразования щелочеактивированных алюмосиликатных материалов со скрытокристаллической структурой»	198
Костина Е.В., Юраков Н.С. Новые композиционные материалы в «зеленом» строительстве.....	203
Лабузова М.В., Огурцова Ю.Н., Балицкий Д.А., Стрельцова Т.П. Аспекты применения пигментов различного происхождения в строительных материалах.....	209
Лебедев А.А., Челядник М.С. Техногенное сырье в производстве стеновых материалов.....	214
Левицкая К.М., Пучка О.В. Стеклофибробетон как «зеленый» композит в современном строительстве	220
Левицкая К.М., Юраков Н.С. Применение композитов в строительстве	225

Лесовик Р.В., Агеева М.С., Никулина А.С., Матюхина А.А., Попов Д.Ю. Особенности получения текстиль-бетонов	232
Лесовик В.С., Толстой А.Д., Сованн Ч., Вырмаскин А.В., Образцов В.В. Исследование структурных характеристик фибробетонов с использованием сырья камбоджи	236
Логанина В.И., Стрельцова Т.П., Нелюбова В.В. Научные основы модификации сырья для получения пигментов	245
Лунёв Р.С., Боцман Л.Н., Лунёва Е.В. Современные способы борьбы с высолами на вибропрессованных изделиях	248
Мирыук О.А. Способы формирования ячеистой структуры магниезиальных композиций	252
Морозова М.В., Фролова М.А. Высокоэффективный мелкозернистый бетон для строительства на арктических и приарктических территориях	258
Муртазаев С-А.Ю., Батаев Д.К-С., Абдуллаев А.М. Комплексные добавки с наноструктурированными минеральными компонентами для высокопрочных бетонных композитов	265
Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С., Аласханов А.Х. Бетоны мелкозернистой структуры на основе рециклирования отсевов дробления бетонного лома	279
Нелюбова В.В., Молчанов А.О., Кузьмина Н.О., Переверзев М.О. Реотехнические характеристики цементного теста в зависимости от вида пластификатора	287
Нелюбова В.В., Осадчий Е.Г., Либерова А.В., Безродных А.А. Структура автоклавного композита и ее влияние на его свойства	291
Нелюбова В.В., Попов А.Л., Строкова В.В. Исследование активности кремнеземсодержащего сырья с учетом его состава и способа механоактивации	295
Нецвет Д.Д., Нелюбова В.В., Серенков И.В. Особенности пенообразующих добавок для производства ячеистых бетонов	300
Нуртдинов М.Р., Бурьянов А.Ф. Композитная фибра. Знакомство и первичный анализ материала	306
Осадчая М.С., Череватова А.В. Кислотостойкие композиты на основе алюмосиликатного вяжущего	311
Попов Д.Ю., Лесовик В.С., Мещерин В.С., Глаголев Е.С. Сокращения пластической усадки в цементных материалах на ранней стадии твердения	318
Рахимбаев Ш.М., Половнева А.В., Рахимбаев И.Ш. Влияние температуры и содержания сульфатов на устойчивость этtringита при тепловой обработке цементных систем	324

Рыкунова М.Д., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Структурные особенности цементного камня с биоцидными компонентами	330
Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г., Муртазаева Т. С-А. Вяжущие вещества с реакционно-активным минеральным компонентом для модифицированных бетонов	336
Саламанова М.Ш., Сайдумов М.С., Тулаев З.А. Композиционные вяжущие на основе вулканического пепла	349
Сивальнева М.Н., Капуста И.Н. Влияние фибры на кинетику твердения бесцементного наноструктурированного вяжущего	355
Сивальнева М.Н., Кобзев В.А., Еременко С.А. Структурные особенности высококонцентрированных алюмосиликатных вяжущих систем	359
Сованн Ч., Лесовик В.С., Толстой А.Д., Вырмаскин А.В., Баранов А.В. Твердение высоконаполненных порошковых бетонов в условиях жаркого климата камбоджи	363
Соколова Ю.В., Айзенштадт А.М., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Оптимизация состава органоминеральной добавки для укрепления песчаных грунтов	371
Строкова В.В., Баскаков П.С., Мальцева К.П., Сайделов С.Р. Предпосылки разработки метода объемной идентификации наночастиц в покрытиях.....	376
Строкова В.В., Маркова И.Ю., Марков А.Ю., Шиман А.А., Дмитриева Т.В., Степаненко М.А. Отходы ТЭС как перспективное алюмосиликатное сырье для модификации дорожно-строительных композитов.....	381
Сумской Д.А., Канева Е.В., Загороднюк Л.Х., Фомин А.Е., Мохамад Альфажр Абдулкарим Особенности свойств композиционных вяжущих, полученных в вихревой струйной мельнице	387
Сумской Д.А., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Воронов В.В., Канева Е.В., Науменко Н.А., Туцкая И.Н. Эффективные теплоизоляционные растворы на основе композиционных вяжущих с отходами перлитового производства	393
Сумской Д.А., Баженов Ю.М., Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Воронов В.В., Ермолаева А.Э. Физико-химические основы проектирования теплоизоляционных растворов	399
Толстой А.Д., Крымова А.И., Милош Савич, Хахалева Е.Н., Богусевич Г.Г. Бетоны с наноструктурированным модификатором на сырьевых материалах юго-восточной европы.....	406

Толстой А.Д., Лесовик В.С., Новиков К.Ю., Крымова А.И., Аллахам Я.С., Вырмакин А.В. Возможности применения техногенного сырья для изготовления порошковых бетонов	413
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	420
Федоренко А.В., Черникова И.С. К проблеме комплексного использования техногенного сырья	426
Хамидов М.А., Нахаев М.Р., Хасиев Р.М. Общие тенденции развития современного монолитного строительства.....	431
Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Евсюкова А.С., Бурьянов А.Ф., Кузьмина Т.С. Композиционные гипсовые вяжущие для «зеленого» строительства.....	443
Чхин Сованн, Лесовик В.С., Новиков К.Ю., Крымова А.И., Толстой А.Д., Баранов А.В., Масанин О.О. Повышение строительно-технических свойств мелкозернистого фибробетона для монолитного строительства в камбодже.....	450
Чхин Сованн, Лесовик В.С., Толстой А.Д., Герасимов А.В., Новиков К.Ю., Магомедов З.Г. Повышение эффективности фибробетонов с использованием техногенного сырья	461
Юраков Н.С. «Зеленые» композиты в современном строительстве	470
Ююкина О.А., Юраков Н.С. Водоземulsionные краски в «зеленом» строительстве.....	475

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕГКИХ КЕРАМОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ КИРПИЧНОГО БОЯ

Абуханов А.З., канд. техн. наук, проф.,

Хадисов В.Х., канд. техн. наук, доц.,

Хаджиев М.Р., канд. техн. наук, доц.

*Грозненский государственный нефтяной технический
университет имени акад. М.Д. Миллионщикова*

В настоящее время во всем мире в целом, и в СКФО, в частности, наблюдается процесс интенсивного накопления строительных отходов в связи с ликвидацией развалин, образованных сносом аварийных зданий и сооружений из кирпича, бетона и железобетона. По данным различных источников [3,4] ежегодно в России образуются около 20 млн. тонн отходов строительства и сноса зданий и сооружений с темпами их накопления более 25 % каждый год, при этом более 60-ти процентов этих отходов представляют собой кирпичный бой и бетонный лом.

Из всего многотоннажного объема твердых отходов, имеющих в отвалах в России, ежегодно вторично используется лишь 25-30 % от общего объема их ежегодного образования [1].

Только в одной Чеченской Республике, по данным [5] о состоянии и охране окружающей среды Чеченской Республики в результате деятельности предприятий, внесенных в региональный реестр республики, ежегодное образование сырья техногенного происхождения составляет более 1,5 млн. тонн [6].

Из некондиционного бетона заводов ЖБИ и отходов строительства и сноса зданий в виде бетонного лома получают крупный и мелкий заполнители для бетонов путем их переработки на различных дробильно-сортировочных комплексах [7].

В работах [7,8] разработана технология вторичного использования отходов разборки зданий и сооружений, в том числе и кирпичного боя, а также предложены оптимальные составы обычных (тяжелых) и легких бетонов на основе вторичных заполнителей из керамического кирпичного боя (ККБ) и бетонного лома.

Однако физико-механические, теплофизические и другие основные показатели данных видов бетонов на основе ККБ не до конца исследованы. В связи с этим авторами работы проведены

экспериментальные исследования по изучению вышеперечисленных свойств указанных бетонов.

Разрабатываемые составы легких керамобетонов на основе вторичных заполнителей из ККБ предназначены, в основном, для изготовления изделий и конструкций стенового назначения. Составы керамобетонов с более высокой плотностью и прочностью, получаемые с использованием вместо кирпичного песка плотных кварцевых песков, могут быть использованы в производстве армируемых изделий иной номенклатуры.

К основным характеристикам стеновых материалов относят плотность, масса, теплопроводность, морозостойкость, водопоглощение, предел прочности при сжатии. Все эти характеристики имеют значительное влияние не только на прочность стеновой конструкции и ее долговечность, но и на такие показатели как сопротивление теплопередаче и стоимость квадратного метра стеновой конструкции.

В ряде регионов страны, где отсутствует мелкий заполнитель, широко распространено производства стеновых изделий из крупнопористого бетона.

Крупнопористый (беспесчаный) бетон – бетон, получаемый из смеси плотного или пористого (преимущественно однофракционного) гравия или щебня, вяжущего (портландцемента или шлакопортландцемента) и воды. Отсутствие песка в смеси и ограниченный расход цемента обуславливают крупнопористую структуру бетона, пониженную объёмную массу и незначительный показатель теплопроводности.

Таким образом, важно исследовать теплопроводность, плотность и другие свойства предлагаемых керамобетонов, в том числе и крупнопористых, и получать взаимозависимости их друг с другом.

Эти и другие свойства легких керамобетонов исследовались на различных составах, которые отличались разным видом (легкий бетон и крупнопористый бетон), плотностью и прочностью (таблица 1).

На плотность легкого бетона огромное влияние оказывает плотность самого цементного камня, который занимает до 40 % объема бетона. Основное количество цементного теста в бетонной смеси находится в межзерновом пространстве, размеры отдельных пор и полостей которого могут изменяться от 1 до 50 мкм и больше. А создание крупнопористой структуры бетона позволяет уменьшить расход цементного теста, сэкономить дорогой компонент бетона – цемент, снижая при этом его вес и теплопроводность соответственно.

Таблица 1 – Теплопроводность, плотность и морозостойкость керамобетонов на основе вторичных заполнителей

№ состава	Расход материалов, кг, на 1 м ³ керамобетона						В/Ц	ρ бетона, кг/м ³	R ²⁸ _{сж} , МПа,	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Класс по морозостойкости, F
	Ц	Щ	П	В	Добавка (%)						
					С-3	«Хидетал»					
Обычный легкий керамобетон											
1	250	800	550	280	-	-	1,1	1675	11,5	0,49	50
2	340	740	525	295	-	-	0,93	1702	20,8	0,51	50
3	310	795	550	232	6,2 (2)	-	0,75	1734	24,8	0,53	50
4	310	795	540	238	-	4,7 (1,5)	0,78	1742	24,1	0,52	50
5	400	750	505	235	8,0 (2)	-	0,59	1758	35,8	0,53	75
6	400	750	115+400*	227	8,0 (2)	-	0,57	1834	41,0	0,98	100
Крупнопористый легкий керамобетон											
7	250	980	-	280	-	-	1,1	1310	7,2	0,35	25
8	400	915	-	283	-	-	0,80	1398	17,2	0,37	25
9	400	948	-	265	8,0 (2)	-	0,66	1413	18,8	0,37	35

Примечание: * - смесь двух видов песков (115 – песок из ККБ, а 400 – плотный кварцевый песок Червленского месторождения); Ц – цемент марки М500; Щ – щебень из ККБ; П – песок из ККБ; В – вода; С-3 – суперпластификатор; Хидетал – гиперпластификатор; В/Ц – водоцементное отношение; ρ – плотность бетона; R²⁸_{сж} – прочность бетона на сжатие в возрасте 28 суток

Это объясняется тем, что, в структуре крупнопористой бетонной смеси цементного теста мало, оно только обмазывает зерна заполнителя слоем небольшой толщины, а поры между зернами заполняет лишь частично.

По результатам исследований установлено, что разработанные составы обычных легких керамобетонов имеют достаточно низкие показатели теплопроводности в пределах 0,49-0,98 Вт/(м·°С) по

сравнению с обычным бетоном, теплопроводность которого составляет 1,4-1,86 Вт/(м·°С).

Теплопроводность полученных керамобетонов на основе заполнителей из ККБ и ПБК изучали на образцах 250х250х30 мм с помощью измерителя теплопроводности ИТП-МГ4 "250".

Класс керамобетона по морозостойкости этих составов находится в пределах от F50 до F100.

Самый высокий показатель морозостойкости F100 имеет состав с плотным кварцевым песком (состав 6, см. таблицу 1), однако теплопроводность и плотность у этого состава также заметно выше по сравнению с другими составами.

Крупнопористые легкие керамобетоны характеризуются самыми лучшими показателями теплопроводности – около 0,35 Вт/(м·°С), и плотности – 1300-1400 кг/м³. Однако из-за больших открытых пор и пустотности крупнопористые легкие керамобетоны имеют невысокую морозостойкость и прочность.

Результаты исследований натуральных значений теплотехнических свойств показали, что теплопроводность легких керамобетонов зависит как от плотности самих бетонов, так и типа его структуры. При изменении структуры от плотной с мелкими порами до крупнопористой с большими порами теплопроводность уменьшается с 0,53 до 0,35 Вт/(м·°С).

Таким образом, на основании полученных результатов можно констатировать, что крупнопористый легкий керамобетон будет широко применяться в строительстве, главным образом, для возведения наружных стен (монолитных или крупноблочных) зданий.

Крупнопористый бетон известного состава [9] на пористом заполнителе (керамзитовый гравий, отсеянный шлак и т.п.) уже широко используется в ограждающих конструкциях зданий как теплоизоляционный материал (при многослойной конструкции) и как теплоизоляционно-конструкционный бетон для их монолитного возведения. При этом рекомендуется оштукатуривать стены из крупнопористого бетона с двух сторон для предохранения от продуваемости и архитектурной выразительности.

В работе также определялись прочностные и деформативные характеристики легких керамобетонов в 28-суточном возрасте, используемые в расчете конструкций – призмная прочность, модуль упругости и коэффициент Пуассона и другие (таблица 2).

Результаты испытаний показали, что при твердении легкого керамобетона из подвижных бетонных смесей приведенного состава в

течение 28-ми суток на воздухе с температурой 20 ± 2 °С и относительной влажностью 60-70 % показатель призмной прочности находится в пределах 10-30 МПа. Показатель модуля упругости колеблется в широком диапазоне в зависимости от значения кубиковой прочности и находится в пределах $9 \cdot 10^3$ МПа.

Отношение (коэффициент) призмной прочности к кубиковой ($R_{ПР}/R_{КУБ}$) находится в пределах от 0,78 до 0,84. Эти отношения достаточно выше, чем для керамзитобетонов на основе портландцемента и имеет меньший разброс, что свидетельствует о более высокой однородности свойств и повышенной хрупкости материала. Причем с увеличением класса керамобетона по прочности на сжатие это соотношение уменьшается.

Таблица 2 – Прочностные и деформативные свойства легких керамобетонов на основе вторичных заполнителей

№п/п	№ состава из табл. 1	ρ бетона, кг/м ³	$R_{КУБ}$, МПа	$R_{ПР}$, МПа	$\frac{R_{ПР}}{R_{КУБ}}$	$E_B \cdot 10^3$, МПа	μ	Усадка, мм/м	K_p	W_M , %массе
1	1	1675	11,5	9,66	0,84	12,0	0,24	0,6	0,73	2,7
2	3	1734	24,8	20,1	0,81	23,3	0,22	0,5	0,76	
3	6	1834	41,0	32,0	0,78	30,1	0,21	0,4	0,82	
4	9	1413	18,8	15,4	0,82	8,9	0,22	0,6	0,73	

Примечание: ρ – плотность бетона; $R_{КУБ}$ – кубиковая прочность; $R_{ПР}$ – призмная прочность; E_B – Модуль упругости; W_M – влажность бетона на момент испытания; μ – коэффициент Пуассона; K_p – коэффициент размягчения

Показатель коэффициента Пуассона, показывающее во сколько раз относительное уменьшение поперечного размера деформируемого образца больше относительного увеличения его длины, при его растяжении, равная 0,21-0,24, свидетельствует о более хрупком строении материала. У обычного бетона известного состава, для сравнения, этот показатель находится в пределах 0,20-0,22.

Показатели деформаций усадки керамобетона находятся в пределах требований нормативов и не превышает 0,6 мм/м. Это достаточно хороший показатель по сравнению с легкими бетонами известных составов. Например, для керамзитобетона деформации усадки

составляют 0,3-1 мм/м, аглопоритобетона — 0,5-0,9, шлакопемзобетона — 0,25-0,85, для бетона на топливном шлаке — 0,3-2,3 мм/м.

Коэффициент размягчения исследованных составов легкого керамобетона (показатель водостойкости бетона), характеризующий значение изменения прочности образца при насыщении его водой и определяющий как отношение прочности на сжатие насыщенного водой образца к прочности на сжатие сухого бетона, составляет 0,73-0,82. Такой показатель водостойкости позволяет отнести легких керамобетонов к водостойким материалам.

Таким образом, исследованы теплотехнические и физико-механические характеристики легких керамобетонов на основе вторичных заполнителей из ККБ, в том числе и крупнопористых. Установлено, что разработанные составы легких керамобетонов имеют достаточно высокие физико-механические показатели, позволяющие использовать их в ограждающих конструкциях, для теплоизоляции, и низкие показатели теплопроводности в пределах 0,35-0,98 Вт/(м•°С) по сравнению с обычным бетоном, теплопроводность которого составляет 1,40-1,86 Вт/(м•°С).

При этом, класс керамобетона по морозостойкости находится в широком диапазоне от F25 до F100 в зависимости от типа структуры бетона, вида заполнителя, марки керамобетона и т.д.

Список литературы:

1. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие /Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. С.5-7.
2. Муртазаев С-А. Ю. Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах /С-А.Ю. Муртазаев, З.Х. Исмаилова // Строительные материалы. 2008. № 3. С.57-61.
3. Александров А.В. Снос зданий и переработка строительного мусора // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. 2003. №1. С.50.
4. Попов К.Н. Новые строительные материалы и материалы из промышленных отходов / К.Н. Попов [и др.]. - М.: Логос-Развитие, 2002. 152 с.
5. Шахтамиров И.Я. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Чеченской Республики в 2010 г. / И.Я. Шахтамиров. Грозный. 2011. 181 с.
6. Баженов Ю.М. Мелкозернистые бетоны из техногенного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю.М.

- Баженов, Д.К.-С. Батаев, С.-А.Ю. Муртазаев [и др.]. Грозный, 2011. 342с.
7. Муртазаев С.-А.Ю. Эффективные бетоны и растворы на основе техногенного сырья для ремонтно-строительных работ: автореф. дис... докт. тех. наук: 05.23.05 /С.-А.Ю.Муртазаев. Грозный: 2009. 43 с.
 8. Хадисов В.Х. Легкие бетоны с использованием керамического кирпичного боя и производственного брака / В.Х. Хадисов, М.С. Сайдумов // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф. (9-10 апреля 2013 г. Брянск) в 2-х томах. Т.1/ Брян. гос. инженер.-технол. акад.; ред.кол.: А.В. Алексейцев, Н.П. Лукутцова, В.С. Янченко, М.А. Сенющенко - Брянск, 2013. С.189-194.
 9. Баженов Ю.М. Технология бетона. - М.: Изд-во АСВ, 2007. 528 с.

К ВОПРОСУ О СОХРАНЯЕМОСТИ АРМАТУРЫ В БЕТОНАХ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.,

Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.,

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

Ерофеева И.В., аспирант

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

Решение проблем реализации приоритетного национального проекта по жилищному строительству требует от цементной промышленности и стройиндустрии дальнейшего увеличения выпуска вяжущих и бетонов на их основе. Решение этой задачи тесно связано с такими вопросами, как постепенное исчерпание запасов наиболее качественного сырья, возрастающая острота экологических проблем.

Ранее были разработаны принципы повышения эффективности мелкозернистых бетонов и композиционных вяжущих за счет рационального использования энергетики геологических и техногенных процессов, участвующих в формировании техногенных песков, заключающиеся в выборе кремнеземистых компонентов минералообразующей среды, дефектов кристаллической структуры, которые в техногенных условиях в процессе добычи и дезинтеграции сырья, воздействия физических полей при обогащении формируют активную поверхность, определяющую рациональные условия гидратации и создающую оптимальную структуру высококачественного композита [1–26 и др.]. Многообразие размеров и форм частиц дезинтегрированного сырья приводит к разнообразию физико-химических условий синтеза новообразований, которые могут оказывать влияние на долговечность и защитные свойства бетонов на основе композиционных вяжущих с использованием техногенных кремнеземистых компонентов по отношению к арматуре. Вопрос этот столь важен, что зачастую может стать основным при определении областей их применения, так как имманентным свойством таких вяжущих является связывание гидроксида кальция активными составляющими минеральных компонентов с образованием преимущественно низкоосновных гидросиликатов. Этот процесс наряду с упрочнением структуры бетона инициирует также снижение щелочности его жидкой фазы. Известно, что щелочность жидкой фазы

обычных бетонов обеспечивается в основном только клинкерным компонентом вяжущего.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что ключевым вопросом в области оценки защитного действия бетонов на композиционных вяжущих по отношению к арматуре является определение минимально допустимого содержания клинкерной составляющей из условия обеспечения первичной пассивации и длительной сохранности стальной арматуры.

Критериями оценки коррозионного состояния стали в бетоне является щелочность жидкой фазы бетона, характеризующаяся значением рН не ниже 11,8, обеспечивающая первичную пассивацию стальной арматуры, а также параметры проницаемости бетонов, т.е. их способность сохранять первичную пассивацию на полный срок эксплуатации, характеризующаяся, в частности, коэффициентом диффузии углекислого газа в бетоне.

С целью определения параметров коррозионного состояния стальной арматуры в бетонах на композиционных вяжущих, были проведены коррозионные испытания на составах бетонов классов В10-В40 с различными видами КВ и с различным расходом клинкерной составляющей. В качестве вяжущих были рассмотрены тонкомолотые многокомпонентные цементы и вяжущие низкой водопотребности с использованием отсевов дробления кварцитопесчаника (ТМЦ-50 (КВП), ВНВ-50 (КВП)) и кварцевого песка (ТМЦ-50 (П), ВНВ-50 (П)), а также портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н Белгородского цементного завода (контрольный состав). В качестве суперпластификатора для изготовления ВНВ использовалась добавка «Полипласт СП-1» в количестве 0,7 % от массы цемента.

Образцы через 1 сутки после формирования распалубливались и далее хранились в камере нормального твердения до момента испытаний. Оценка состояния стальной арматуры в бетоне проводилась в соответствии с ГОСТ 31383-2008 путём ускоренных электрохимических испытаний, то есть снятием анодных поляризационных кривых стали в бетоне до и после выдерживания в режиме переменного увлажнения и высушивания.

Для оценки коррозионного состояния стали в бетоне нами применялся комплекс электрохимических критериев, включающий в себя: определение стационарного потенциала, снятие анодных поляризационных кривых, снятие кривых спада потенциала после прекращения анодной поляризации, а также определялась площадь

коррозионных поражений на стальных стержнях и величина рН исследуемых бетонов (табл. 1).

Характер поляризационных кривых показывают, что сталь в бетоне исследуемых составов вяжущих пассивна во все сроки испытаний, коррозионные поражения арматуры отсутствуют при содержании клинкерной составляющей от 110 до 230 кг/м³ бетона, за исключением состава ТМЦ-50 на природном песке с расходом вяжущего 220 кг/м³ бетонной смеси.

Об этом свидетельствует слабые коррозионные поражения на стержнях арматуры после вскрытия образцов через 6 месяцев испытаний. Слабое коррозионное поражение арматуры подтверждается величиной рН водной вытяжки из указанного состава, которая снизилась до рН=11,62 (ниже критического значения 11,8).

С целью определения длительности защитного действия бетонов на основе композиционных вяжущих по отношению к стали были проведены исследования его диффузионной проницаемости путем определения скорости нейтрализации (карбонизации) углекислым газом при хранении образцов в атмосфере с влажностью 75 % и содержанием 10 % CO₂ в течение 3-х и 7-ми суток, по ускоренной методике, изложенной в ГОСТ 31383 -2008

Анализ полученных данных позволяет установить, что увеличение доли клинкерной составляющей в композиционных вяжущих благоприятно отражается на снижении проницаемости бетонов.

На основании полученных данных можно заключить, что главенствующим фактором в свете защитных свойств бетонов на КВ по отношению к арматуре является вид дисперсной минеральной добавки, наличие суперпластификатора в вяжущем и расход клинкерной составляющей в бетоне.

Список литературы:

1. Лесовик Р.В. Использование техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 78.
2. Лесовик Р.В., Жерновский И.В. Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 78–79.
3. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 56-59.
4. Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrücken. Изд-во LAP. 2013.127 с.

5. Кара К.А. Изучение размолоспособности кварцсодержащих добавок как компонента композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 45–52.
6. Ильинская Г.Г., Сопин Д.М., Богусевич В.А., Лесовик Г.А., Черкесов М.Ф. Сухие отделочные строительные смеси на основе композиционных вяжущих для устройства теплоизоляционных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 139–143.
7. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Вишневская Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа помола на энергоемкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 37–39.
8. 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. V. 9. (11). P. 745–748.
9. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10-20.
10. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Advances in Environmental Biology. 2014. T. 8. № 13. С. 134-138. 2014. № 5(5). P. 1586–1591.
11. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Кара К.А. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих для энергоэффективного строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 47-52.
12. Вишневская Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 53–56.
13. Алфимова Н.И., Жерновский И.В., Яковлев Е.А., Юракова Т.Г., Лесовик Г.А. Влиянии генезиса минерального наполнителя на свойства композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 91-94.
14. Ключе С.В., Лесовик Р.В., Ключев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционные вяжущие для промышленного и гражданского строительства: монография. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.
15. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства: автореф. ... канд. техн. наук. Белгород, 2011. 25 с.
16. Алфимова Н.И., Калатози В.В., Карацупа С.В., Вишневская Я.Ю., Шейченко М.С. Механоактивация как способ повышения эффективности использования сырья различного генезиса в

- строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 85-89.
17. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 79–79.
 18. Клюев С.В. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон на техногенном сырье и композиционных вяжущих с использованием нанодисперсного порошка // Бетон и железобетон. 2014. №4. С. 14–16.
 19. Агеева М.С., Сопин Д.М., Гинзбург А.В., Калашников Н.В., Лесовик Г.А. Разработка композиционных вяжущих для закладочных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. 2013. № 4. С. 43-47.
 20. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. 2011. № 3. С. 29-32.
 21. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник БГТУ им. В.Г.2011. № 4. С. 52-54.
 22. Клюев С.В., Клюев А.В. Техногенное сырье – эффективный наполнитель для фибробетонов // Успехи современной науки. 2015. № 1. С. 33 – 35.
 23. Клюев С.В., Клюев А.В., Сопин Д.М., Нетребенко А.В., Казлитин С.А. Тяжелонагруженные полы на основе мелкозернистых фибробетонов // Инженерно-строительный журнал. 2013. №3. С. 7–14.
 24. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые камни из мелкозернистого бетона на основе техногенного сырья // Известия вузов. Строительство. 2007. №11. С. 46–49.
 25. Курбатов В.Л., Лесовик Р.В., Комарова Н.Д., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые блоки из мелкозернистого бетона на основе техногенного песка Северного Кавказа // Строительные материалы. 2006. № 11. С. 87–89.
 26. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов* // Региональная архитектура и строительство. 2008. №2. С. 10–15.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ ЦЕЛЕЙ В ИРАКЕ

Ахмет, Ирак

Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,

Толстой А.Д., канд. техн. наук, доц.,

Крымова А.И., студент,

Саад Кхалил Шаид

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

Алмама Хишам, проф.

Университет Дамаска (Сирия)

В конце семидесятых годов прошлого столетия Ирак был государством одной из самых сильных экономик в регионе, с современными технологиями и научной базой.

Транспортная система Ирака развивалась в основном в XX веке протяженность автомобильных дорог составляла 45500 км, из них с твердым покрытием 38400 км. Автодороги проложены были в основном в меридианном направлении. Лучшие дороги вели из Багдада к границам Турции, Саудовской Аравии, Иордании, Сирии и Ирана. Основные автодороги: Багдад – Дивания – Басра; Багдад – Кут – Амара – Басра; Басра – Умм – Каср; Басра – Сафван (к границе с Кувейтом); Багдад – Мосул – Телль-Кочек граница с Сирией; Багдад – Мосул – Захо граница с Турцией; Багдад – Ханекин и Багдад – Киркук – Эрбиль граница с Ираном.

После восьмилетней войны с Ираном Ирак пережил множество санкций, вторжений и оккупацию иностранными войсками, борьбу с терроризмом. Это оставило глубокий след в иракской обществе, экономике и инфраструктуре. Транспортная инфраструктура была значительно разрушена.

После введения санкций «дорогой жизни» называлась автодорога Багдад – Рамади – Рутба граница с Иорданией. Именно через Амман и эту автодорогу прибывали в грузы из-за рубежа, в основном из Европы, Америки, РФ ввиду закрытия аэропортов Ирака, после начала действия санкций.

В последние годы в республике Ирак возобновился рост объема грузовых перевозок, осуществляемых автомобильным транспортом. Увеличивалось количество автомобильного транспорта в крупных

городах и населенных пунктах. Это ведет к необходимости интенсивного строительства сети автомобильных дорог.

В республике Ирак существует программа правительства по совершенствованию и модернизации дорожной инфраструктуры государства, так как в результате

Широкое строительство автомобильных дорог требует развития промышленности по производству дорожно-строительных материалов. Возрастающая потребность в щебне, песке, минеральном порошке и смесях, производимых на их основе, может быть в значительной мере удовлетворена за счет масштабного использования техногенного сырья и вторичных ресурсов. [1-7] Утилизация этих материалов является важным источником получения высококачественного сырья для дорожного строительства.

Важной задачей строительства в странах Ближнего Востока является обеспечение материалами и изделиями с преимущественным использованием для их изготовления местного природного и техногенного сырья.

В последние десятилетия в результате массовых разрушений зданий на Ближнем Востоке (в Ираке, в Сирии и др.) образуются большие объемы бетонного лома. Его рациональная утилизация позволит обеспечить ценным сырьем строительно-восстановительные работы и во многом решить экологические проблемы, связанные с захоронением больших объемов строительных отходов.

Таким образом, применение этого вида техногенного сырья в дорожном строительстве решает одновременно несколько актуальных проблем:

- улучшаются условия охраны окружающей среды;
- повышается производительность работ и рационально используются местные сырьевые ресурсы.

Территория Ирака обладает богатейшими сырьевыми ресурсами: в южных и северных регионах находятся большие запасы нефти и газа; в западных – богатейшие месторождения извести, гипса, кремнезема, фосфата и др.

Эти запасы является основой для развития промышленности строительных материалов.

Перед Правительством Ирака стоят огромные задачи и оно готово к масштабной реконструкции и строительству разрушенных войной зданий и сооружений различного назначения. В связи с этим назрела необходимость привлекать в проекты строительства новые эффективные разработки, шире применять местные строительные

материалы, использовать эффективные строительные системы быстровозводимых сооружений.

При рациональном использовании имеющейся минерально-сырьевой базы на основе передовых технологии можно получить конкурентоспособную продукцию для дорожного строительства, не уступающую зарубежным аналогам. [8-19] Поэтому необходимо проводить исследования природного и техногенного сырья, что даст возможность изучить их характеристики и создать широкую номенклатуру строительных композитов, способных обеспечить экологическую безопасность окружающей среды дорожная отрасль является составной частью экономического развития государства, активно влияющей на рост экономики, играет важнейшую роль в развитии транспортно-коммуникационной системы, в улучшении социальной сферы крупных и мелких городов, сельских поселений и прочих населенных пунктов. Типы и технические характеристики дорог зависят от многих факторов: назначение дороги, учитывающее транспортную нагрузку и плотность транспортного потока; погодноклиматические условия; характера грунта; уровня грунтовых вод; имеющегося сырья, оборудования для производства дорожных работ, стоимости выполняемых работ. В зависимости от категории дороги, толщины и применяемых материалов устройство дорожного покрытия осуществляется по серповидному, полукорытному или корытному профилю. Серповидный профиль применяют на дорогах низших категорий. Для устройства подобных покрытий используются местные материалы: гравий, грунт и др., укрепленные различными добавками. Этот профиль дорожной одежды устраивается на всю ширину земляного полотна.

прочность дорожной одежды зависит от интенсивности и состава движения, грузонапряженности, расчетной скорости и должна отвечать следующим требованиям: обеспечивать трещиностойкость и высокое сопротивление износу; ровность поверхности должна обеспечивать возможность движения с высокими скоростями; шероховатость поверхности должна обеспечивать хорошее сцепление колес автомобиля с покрытием коэффициент сцепления автомобильной шины с поверхностью покрытия во влажном состоянии не менее 0,5 для создания шероховатости покрытия осуществляют поверхностную обработку.

Дорожная одежда может состоять из одного или несколько слоев. При наличии нескольких слоев дорожная одежда включает: покрытие верхний слой дорожной одежды, который состоит из слоя износа.

Определяющего эксплуатационные свойства покрытия; основание - несущая часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием передачу нагрузок на грунт земляного полотна. основание как правило состоит из двух или более прочных слоев, из которых верхние часто укрепленные.

Главными факторами, от которых зависит выбор конструкции дорожной одежды являются интенсивность и состав движения. в зависимости от этого устраивается более и ли менее капитальное

В республике Ирак существует программа правительства по совершенствованию и модернизации дорожной инфраструктуры государства, так как в результате

Широкое строительство автомобильных дорог требует развития промышленности по производству дорожно-строительных материалов. Возрастающая потребность в щебне, песке, минеральном порошке и смесях, производимых на их основе, может быть в значительной мере удовлетворена за счет масштабного использования техногенного сырья и вторичных ресурсов. Утилизация этих материалов является важным источником получения высококачественного сырья для дорожного строительства.

Важной задачей строительства в странах Ближнего Востока является обеспечение материалами и изделиями с преимущественным использованием для их изготовления местного природного и техногенного сырья.

В последние десятилетия в результате массовых разрушений зданий на Ближнем Востоке (в Ираке, в Сирии и др.) образуются большие объемы бетонного лома. Его рациональная утилизация позволит обеспечить ценным сырьем строительно-восстановительные работы и во многом решить экологические проблемы, связанные с захоронением больших объемов строительных отходов.

Таким образом, применение этого вида техногенного сырья в дорожном строительстве решает одновременно несколько актуальных проблем:

- улучшаются условия охраны окружающей среды;
- повышается производительность работ и рационально используются местные сырьевые ресурсы.

Территория Ирака обладает богатейшими сырьевыми ресурсами: в южных и северных регионах находятся большие запасы нефти и газа; в западных – богатейшие месторождения извести, гипса, кремнезема, фосфата и др.

Применение вторичного щебня.

Вторичный щебень используется:

- при строительстве дорог;
- в качестве сырья для строительных материалов, в том числе как наполнитель для бетонов классом до В25;
- для замены грунта при засыпке;
- под фундаментное основание;
- в ландшафтной архитектуре.

Наибольшим спросом на рынке пользуется щебень фракций 5-20 мм, реже 5-15 мм, применяемый в производстве асфальта, бетона и железобетонных конструкций. Бетоны, приготовленные на бетонном щебне, могут применяться для изготовления большой номенклатуры бетонных и железобетонных конструкций: фундаментные блоки, плиты перекрытий, перемычки, ригели, лестничные марши и площадки и т.д. Положительным моментом использования вторичного щебня в производстве железобетонных изделий является то, что он обеспечивает минимальный расход цемента.

Щебень фракций 20-40 мм, 20-65 мм, 25-60 мм, 40-70 мм также востребован — в строительстве и ремонте железнодорожных насыпей, трамвайных линий, подушек автомобильных дорог, в строительстве зданий при закладке фундамента. Можно использовать щебень под основания площадок (например, под гаражи), в качестве подсыпки пешеходных дорожек, временных дорог.

ПЕРЕРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Проблема утилизации строительных отходов остро стоит во всем цивилизованном мире. По данным международной организации RILEM в странах ЕС, США и Японии. ежегодный объем только бетонного лома должен составить более 360 млн. т. Начиная с 70-х годов во многих странах ведутся широкомасштабные исследования в области переработки бетонных и железобетонных отходов, изучения технико-экономических, социальных и экологических аспектов использования получаемых вторичных продуктов. По сведениям из иностранных источников энергозатраты при добыче природного щебня в 8 раз выше, чем при получении щебня из бетона, а себестоимость бетона, приготавливаемого на вторичном щебне, снижается на 25 %.

В бывшем СССР внимание к этому вопросу было привлечено в конце 70-х годов. Тогда считалось, что утилизация имеющихся отходов позволила бы вовлечь в хозяйственный оборот около 40 млн. т. бетонного лома и около 1,2 млн. т. металла. Однако реальных мер для решения проблемы принято не было.

При сносе панельных домов первого периода индустриального домостроения, при производстве строительного-монтажных и сопутствующих работ образуется значительное количество строительных отходов, большая часть которых вывозится на полигоны и свалки.

В то же время, отходы строительного производства представляют собой вторичное сырье, использование которого после переработки на вторичный щебень и песчано-гравийную смесь может снизить затраты на новое строительство объектов в городе и одновременно позволяет уменьшить нагрузку на городские полигоны, исключить образование несанкционированных свалок.

Вывод

В результате проведения вышеуказанных работ получен бетон с высокими эксплуатационными характеристиками (по долговечности, водонепроницаемости, морозостойкости, химической стойкости, прочности на изгиб и сжатие), высокой ранней прочностью для сборного железобетона с ранним отделением опалубки и с сокращением сроков строительства; а также перекачиваемый бетон оптимальных свойств для перекачивания и укладки, со сниженной потребностью в воде, обеспечивающий уменьшение износа перекачивающего оборудования.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Строкова В.В., Воронцов В.М., Лесовик Р.В. Гранулированный заполнитель для силикатных стеновых изделий на основе кремнистых цеолитовых пород, состав сырьевой смеси для изготовления силикатных стеновых изделий, способ получения силикатных стеновых изделий и силикатное стеновое изделие // патент на изобретение RUS 2361839 15.11.2007
2. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Строкова В.В., Воронцов В.М., Лесовик Р.В., Ходькин Е.И. Гранулированный композиционный заполнитель для силикатных стеновых изделий на основе трепела, диатомита и опоки, состав сырьевой смеси для изготовления силикатных стеновых изделий, способ получения силикатных стеновых изделий и силикатное стеновое изделие // патент на изобретение RUS 2365555 15.11.2007
3. Лесовик В.С., Савин Д.В., Толыпина Н.М. Модифицированный безгипсовый портландцемент для монолитного строительства // монография / Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород, 2009.

4. Лесовик В.С., Толстой А.Д. Способ ускоренных сравнительных испытаний цемента и бетона на сульфатостойкость // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 55-60.
5. Алфимова Н.И., Лесовик В.С. Технология отделочных, кровельных и гидроизоляционных материалов и изделий // Белгород, 2011.
6. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Кузнецов В.А. Асфальтоцементобетон на композиционном гипсовом вяжущем // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 125-127.
7. Лесовик В.С., Аксёнова Л.Л. К проблеме повышения эффективности эксплуатационных характеристик бетонов // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 122-124.
8. Лесовик В.С., Тутыгин А.С. Природные сырьевые материалы строительного назначения в северо-арктическом регионе. Минерально-сырьевая база архангельской области // Архангельск, 2013.
9. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Кузнецов В.А. Быстротвердеющие смеси для укрепления конструкций дорожных одежд // В сборнике: Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 248-252.
10. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Соловьева Л.Н. Строительные материалы и изделия // Лабораторный практикум. Учебное пособие / Белгород, 2013.
11. Лесовик В.С., Попов М.А. Воздействие излучения на укрепленные фиброй полимерцементные системы // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 146-150.
12. Кузнецов В.А., Лесовик В.С. Техногенное сырье для дорожных покрытий // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 115-118.
13. Лесовик В.С., Муртазаев С.А.Ю., Сайдумов М.С., Исмаилова З.Х. Утилизация отсевов дробления бетонного лома для получения многокомпонентных вяжущих и мелкозернистых бетонов // В сборнике: Актуальные проблемы защиты окружающей среды и

- техносферной безопасности в меняющихся антропогенных условиях – Белые ночи-2014 Материалы Международной научно-практической конференции. Ответственные редакторы: О.Н. Русак, И.Д. Алборов, Д.К.-С. Батаев. 2014. С. 577-583.
14. Лесовик В.С., Воронцов В.М., Ахмед А.А.А. Особенности сырьевых ресурсов ирака и характеристика его цементного производства // 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. 2014. С. 293-298.
 15. Лесовик В.С., Попов М.А., Потапов В.В., Махмуд Ш. Фиброармированные полимерцементные бетоны // В сборнике: Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова. 2014. С. 299-304.
 16. Фролова М.А., Лесовик В.С. Колористика как фактор архитектурной геоники для северо-арктического региона // В сборнике: Инновационные материалы и технологии для строительства в экстремальных климатических условиях Материалы I Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2014. С. 201-207.
 17. Аксёнова Л.Л., Лесовик В.С., Ахмед А.А.А. Возможности использования сырьевых ресурсов ирака в производстве композитов нового поколения // 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. 21-27.
 18. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Гинзбург А.В. Совершенствование структуры высокопрочных материалов для декоративных целей // 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. 369-374.
 19. Лесовик В.С., Гридчина А.А. К вопросу о долговечности монолитных железобетонных конструкций // 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. 230-236.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ КМА В ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

**Богусевич Г.Г., канд. техн. наук, доц.,
Магомедов З.Г., магистрант,
Арманулы Н.Р.,
Абсиметов М.В., аспирант,
Кузьмина Т.С., студент**

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

Проблема обращения с отходами возникла практически вместе с появлением на Земле человека. С нарастающими темпами шло увеличение количества отходов в окружающей среде. Но до определенного периода объемы отходов не вызвали ярко выраженной опасности. В настоящий же момент человеческое общество достигло таких вершин своего развития, что количество отходов производства и потребления приобрело угрожающие масштабы [1-9].

Из огромных объемов добываемого в мире минерального сырья, исчисляемого десятками миллиардов тонн, используется лишь 5–10%. Остальное количество представляет собой отходы горнодобывающего и горно-перерабатывающего производств, или так называемые техногенные образования. [10-17] Они представлены отвалами некондиционных полезных ископаемых, вскрышных и вмещающих пород, отходами обогащательного (хвосты, шламы), металлургического (шлаки, золы), энергетического (золы, пыли) и других производств, что составляет большую часть (70–80%) суммарной массы твердых, газопылевых отходов всех имеющихся производств (рис. 1).



Рисунок 1 – Отходы горнодобывающего
и горно-перерабатывающего производств

Ежегодно на территории России накапливается 3,5 млрд. т техногенных отходов. Уровень использования минерального сырья техногенных образований продолжает оставаться крайне низким.

По прогнозным оценкам, утилизация отходов позволила бы на 15–20% расширить сырьевую базу горно-металлургической, угольной и горно-химической промышленности.

Во многих видах техногенного минерального сырья содержание ценных компонентов в ряде случаев находится на том же уровне или даже превышает их концентрацию в рудах природных разрабатываемых месторождений.

Для производства различных строительных материалов возможна утилизация до 30% извлекаемых из недр вскрышных и вмещающих пород, а также отходов обогащения. Однако фактическое их использование не превышает 4% [18-24].

Многообразие состава и свойств техногенных ресурсов, сосредоточенных в отвалах и хвостохранилищах, определяет широкий диапазон возможных направлений их утилизации. Техногенные минеральные отходы используются различными отраслями (рис. 2).



Рисунок 2 – Эффективные области использования техногенного минеральных отходов

Следует подчеркнуть, что использование отходов в строительной индустрии значительно эффективнее с точки зрения охраны окружающей среды. Снижается нагрузка на полигоны и уменьшается риск вторичного загрязнения окружающей среды. Это обусловлено тем, что исключается непосредственный контакт отходов с окружающей средой, а производимые материалы и изделия с использованием отходов соответствуют требованиям эколого-гигиенической безопасности, так

как цементный камень и бетон являются детоксикантами для многих вредных ингредиентов, включая даже и золы от мусоросжигания, содержащие диоксины. При таком подходе к использованию отходов в промышленной индустрии будут инвестироваться либо технологии переработки отходов с целью получения вторичного сырья, либо создание наукоёмких технологий производства строительных материалов с использованием отходов. При этом предприятия строительной индустрии выступают участниками рынка экологических работ, товаров и услуг и характеризуются как предприятия, производящие ресурсосберегающую технологию и природосберегающую продукцию.

Широкое применение сухих строительных смесей в России началось в начале 90-х годов. За небольшой период времени сухие смеси завоевали высокий авторитет у строителей, значительно потеснили смеси готовые к употреблению при проведении многих видов строительных работ, таких как облицовочные, штукатурные, ремонтные и т.п. Это способствовало бурному развитию отечественного производства сухих смесей. Увеличиваются объемы производства, растет номенклатура смесей, совершенствуется и укрупняется производственная база, растет количество научно-исследовательских работ и т.п. На сегодняшний день можно уверенно утверждать, что в России создана новая отрасль строительной индустрии, которая в настоящее время переживает бурный рост.

Сухие строительные смеси представляют собой порошкообразные композиции, состоящие из минерального вяжущего или полимерного связующего, наполнителей и заполнителей, добавок (модификаторов, полимеров противоморозных, красителей и т. п.), приготавливаемые в заводских условиях.

Использование природного кварцевого песка в сухих строительных смесях в качестве заполнителя и наполнителя является нецелесообразным, так как многие карьеры закрываются.

Исследования, проведенные нами, показали возможность замены природного кварцевого песка на техногенное сырье, в том числе отходы обогащения Курской Магнитной Аномалии (КМА).

Применение данных отходов в сухих строительных смесях не приводят к снижению показателей конечного продукта, а в некоторых случаях улучшают их. При этом, получаемая готовая продукция, в которой применяется техногенное сырье, будет легализовано, экологически чистой, так как производство её будет осуществляться с учетом требований экологической безопасности на всех этапах

технологического процесса, а также будет снижаться нагрузка на окружающую среду и значительный экономический и социальный эффект.

Предлагаемый подход к использованию отходов КМА позволит вывести из тени существующие ресурсосберегающие технологии производства сухих строительных смесей, бетонных и железобетонных изделий с применением промышленных отходов или техногенного минерального сырья.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.
2. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
3. Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород, 2005.
4. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
5. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
6. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
7. 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.

8. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В. Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
9. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
10. Лесовик В.С., Володченко А.А. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.
11. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., 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. T. 24. № 11. С. 1496-1502.
12. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.
13. Вишнева Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53-56.
14. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Елистраткин М.Ю., Прасолова Е.О., Воронов В.В., Глаголев Е.С. Эффективные зеленые композиты с использованием неорганических пластификаторов // 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. 85-89.
15. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
16. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
17. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата

- технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
18. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья: монография. / Германия: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015. 75 с.
 19. Чернышева Н.В. Использование техногенного сырья для повышения водостойкости композиционного гипсового вяжущего / Строительные материалы. 2014. № 7. С. 53-56.
 20. Ильинская Г.Г. Сухие отделочные строительные смеси на композиционных вяжущих диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.05 / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2012.
 21. Ильинская Г.Г., Сопин Д.М., Богусевич В.А., Лесовик Г.А., Черкесов М.Ф. Сухие отделочные строительные смеси на основе композиционных вяжущих для устройства теплоизоляционных систем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 139-143.
 22. Ильинская Г.Г., Лесовик Г.А., Черкесов М.Ф., Смальченко М.Ю. Сухие строительные смеси для "зеленого" строительства // Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 164-168. материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 85-89.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТИРОЛ-АКРИЛОВЫХ ДИСПЕРСИЙ

**Бондаренко Д.О., аспирант,
Баскаков П.С., ст. преподаватель,
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Макущенко И.С., магистрант,
Рыкунов А.М., магистрант**

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

Лакокрасочные материалы (ЛКМ) нашли свое применение еще до возникновения промышленности. В современном обществе они используются для обеспечения защитных свойств, придания изделиям декоративного и товарного вида. Крупнейшими потребителями лакокрасочной и полимерной промышленности являются строительство, автомобилестроение, мебельная промышленность, бытовое хозяйство и т.д. [1–5].

В настоящее время изучение высокомолекулярных соединений позволило вывести производство лаков и красок на новый уровень за счет синтетических материалов [6]. Применение полимерных материалов дало возможность разработать новые виды покрытий, не требующих применения растворителей – покрытия из непердежных полиэфирных смол, эмульсионные и латексные краски.

В качестве сырья для пленкообразующих веществ могут служить в основном органические составы, как природного, так и синтетического происхождения. При изготовлении красок, как правило, в качестве основы берут дисперсии, которые обеспечивают хорошую адгезию к материалу, обладают высокой атмосферостойкостью, «дышащей» поверхностью и придают хорошую эластичность краски с пленкой.

Акриловые дисперсии в наибольшей степени удовлетворяют данным требованиям и включают в себя весь комплекс перечисленных свойств. Они используются как концентраты или разбавленные растворы и предназначаются в качестве связующего при производстве водных ЛКМ [7].

К главным показателям, характеризующим акриловые дисперсии, можно отнести содержание нелетучих веществ, вязкость, запах, рН-значение, размеры частиц и т.д.

В данной работе были рассмотрены стирол-акриловые дисперсии с различным размером частиц. Для установления визуальной характеристики качества был определен внешний вид продукта (рис. 1).

Таблица 1 – Внешний вид дисперсий

Вид дисперсии	Средний размер частиц, мкм	Внешний вид и механические примеси дисперсий	Вид пленки на стекле
1 вид дисперсии	0,0868	молочно-белая жидкость без механических примесей, с допустимой опалесценцией	прозрачная, бесцветная, с легким отливом
2 вид дисперсии	0,1898	молочно-белая жидкость без механических примесей, с допустимой опалесценцией	прозрачная, бесцветная, без остаточной липкости
3 вид дисперсии	0,1425	молочно-белая жидкость без механических примесей	прозрачная, бесцветная, без остаточной липкости

В ходе анализа было установлено, что дисперсии соответствуют требованиям, установленным ТУ.

Дисперсии редко бывают монодисперсными, распределение по размерам варьируется в широких пределах. Известно, что размер и распределение частиц влияют на вязкость системы.

При контроле качества определяют условную вязкость – продолжительность истечения материала через калиброванное сопло резервуара при температуре 20 °С. Вязкость лакокрасочных материалов имеет важное практическое значение. Она оказывает существенное влияние на растекаемость материалов и качество покрытия. Условную вязкость стирол-акриловых дисперсий определяли с использованием вискозиметра ВЗ-4. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Условная вязкость дисперсий

Вид дисперсии	Значение вязкости, с	Оптимальный диапазон времени истечения, с
1 вид дисперсии	12	20–200
2 вид дисперсии	26	
3 вид дисперсии	31	

Изучаемые виды дисперсий удовлетворяют оптимальному значению истечения, согласно ГОСТ 8420-74 допускается измерять вискозиметром с диаметром сопла 4 мм время истечения от 12 до 200 с. С увеличением диаметра частиц вязкость дисперсии возрастает.

Для определения содержания летучих и нелетучих веществ образцы выдерживались в сушильном шкафу при температуре 120 °С. Затем через равные промежутки времени проводилось измерение веса до тех пор, пока вес не переставал изменяться. Результаты исследований внесены в таблицу 3.

Таблица 3 – Содержание летучих и нелетучих веществ в дисперсии

Вид дисперсии	Содержание летучих веществ, %	Содержание нелетучих веществ, %
1 вид дисперсии	65,9	34,1
2 вид дисперсии	50,67	49,33
3 вид дисперсии	50	50

Наименьшие показатели содержания летучих веществ выявлены у дисперсий второго и третьего вида.

В ходе проведенных исследований можно прийти к выводу, что данные дисперсии соответствуют заявленным требованиям ТУ. Первый вид дисперсии благодаря малому размеру частиц можно рекомендовать для производства глубоко проникающих в пористые основания грунтовок. Второй и третий вид целесообразнее применять для производства водно-дисперсионных красок строительного назначения как для наружного, так и внутреннего применения.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Оноприенко Н.Н., Рахимбаев Ш.М. Влияние вязкости водорастворимых полимеров на их эффективность как компонентов строительных растворов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 62–66.
2. Чеботарева Е.Г., Владимирова В.А., Огрель Л.Ю., Строкова В.В. Наномодифицированные эпоксидные связующие с повышенными характеристиками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 120–124.
3. Баскаков П.С., Строкова В.В., Мальцева К.П. К вопросу о выборе полиакрилатов, акриловых и стиролакриловых сополимеров для водно- дисперсионных лакокрасочных материалов // Междисциплинарные подходы в материаловедении и технологии. Теория и практика: сб. трудов Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии материалов. Белгород: БГТУ, 2015. С. 24–28.

4. Баскаков П.С., Строкова В.В., Мальцева К.П. Влияние щелочного воздействия на свойства акриловых и стирол-акриловых дисперсий для водных лакокрасочных материалов // Строительные материалы. 2015. № 12. С. 81–84.
5. Берлина А.А. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. СПб.: Профессия, 2008. 557 с.
6. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: учебник для вузов. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. 448 с.
7. Ермилов П.И., Индейкин Е.А., Толмачев И.А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. Л.: Химия, 1987. 200 с.

УРОВНИ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Боцман Л.Н., канд. техн. наук, доц.,
Ищенко А.В., аспирант,
Огурцова Ю.Н., канд. техн. наук, доц.,
Угримов Д.Г., студент

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

Природная сырьевая база России весьма разнообразна. В настоящее время особое внимание уделяется переработке техногенных отходов и созданию ресурсосберегающих технологий. Богатым источником сырья для промышленности строительных материалов являются отвалы отходов, так как многие из них по своему составу и свойствам близки к природному сырью. Установлено, что использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах, а также на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья. Кроме того, из промышленных отходов можно создать новые строительные материалы с высокими технико-экономическими показателями [1].

Все отходы разделяют на две большие группы: минеральные и органические. При этом преимуществом обладают минеральные отходы: их больше, они лучше изучены и имеют огромное значение для производства строительных материалов. Основными параметрами, характеризующими любой промышленный отход, являются: химико-минералогический состав; агрегатное состояние и объем образования.

Для выбора направления использования отхода каждый его вид должен пройти несколько уровней оценки по различным критериям с учетом основных параметров [2]:

1. Оценка токсичности;
2. Оценка по химико-минералогическому составу;
3. Выбор из отходов готовых строительных материалов или их компонентов;
4. Выбор из отходов готовых сырьевых смесей (шихт) для производства стройматериалов;
5. Оценка по агрегатному состоянию;
6. Оценка по объему образования.

Токсичность отхода оценивается путем сравнения состава с ПДК канцерогенных (токсичных) веществ и элементов. При наличии в составе отхода примесей тяжелых металлов можно рекомендовать использовать его в обжиговых технологиях при условии образования в массе достаточного для консервации (капсулирования) количества тяжелых металлов расплава [3]. В этом случае не только обеспечивается их надежное захоронение, но и значительно возрастает прочность керамического материала посредством выполнения примесями тяжелых металлов роли гетерогенных катализаторов, способствующих кристаллизации расплава и соответственно повышению прочности материала [4].

Оценка по химико-минералогическому составу является определяющим фактором выбора направления использования отхода.

Для объективной оценки необходимо определить органическую и минеральную часть, вид органики (масла, смолы, битумы, дегти, растительные остатки и др.). В минеральной части, кроме содержания основных оксидов (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O), необходимо знать элементный состав с целью выявления редкоземельных металлов, а также наличие и количество аморфных компонентов [5–7].

После оценки отхода по содержанию органической и минеральной части, содержанию активных компонентов и количеству преобладающих минералов его рекомендуют к следующему уровню оценки. Первый и второй уровни оценки следует считать подготовительными, раскрывающими основную специфику анализируемого отхода. Конкретные же рекомендации по применению в строительных материалах можно получить на следующих уровнях [8].

В случае, когда отход по химико-минералогическому составу является готовым строительным материалом, в первую очередь выявляется критерий его активности. Отходы, попавшие в группу «активный» или «инертноактивный», рекомендуются в качестве активной минеральной добавки в составы пуццоланового портландцемента и смешанных вяжущих. В качестве оценочных критериев всех остальных групп выступает минеральный состав традиционных строительных минералов. Химико-минералогический состав в этом случае сопоставляется с составом традиционных строительных материалов из соответствующей группы по количеству преобладающих минералов [9].

На данном этапе оценки в случае совпадения параметров отход оценивается как готовый строительный материал, в противном случае отход направляется для дальнейшей оценки.

Выбор из отходов готовых сырьевых смесей (шихт) для производства стройматериалов осуществляется путем сопоставления химических составов отходов и сырьевых смесей [10].

Если анализируемый отход по химико-минералогическому составу не соответствует известным строительным материалам, его следует рассматривать как компонент сырьевых смесей, а выпуск строительных материалов на его основе возможен только при работе на искусственных, в достаточной степени гомогенизированных, шихтах [11].

Агрегатное состояние должно учитываться при выборе технологии производства строительного материала. Так, высокопластичные свойства истинных шламов должны быть использованы для улучшения технологических свойств строительных материалов, а значительное их водосодержание – для получения гомогенных масс, например, по технологии фильтр-прессования [12, 13].

При этом все отходы делят на многотоннажные и малотоннажные. Объем образования определяет функциональное назначение отхода: многотоннажным отводится роль основного сырья, а малотоннажным – роль корректирующих добавок [14].

Качество строительных материалов на основе промышленных отходов также должно определяться показателями однородности. Обычно показатели неоднородности состава отходов выше неоднородности природного полиминерального сырья (глин, трепелов). Применению отхода в технологии производства строительных материалов должна предшествовать подготовка, направленная преимущественно на усреднение и гомогенизацию состава до уровня минерального сырья. Отход со значительным разбросом состава должен быть доведен до стабильного, что можно сделать путем помола (с целью разрушения агрегированных частиц), корректировки состава, нагревания и определенных методов хранения сырья [15].

Таким образом, применением многоуровневой оценки позволяет правильно организовать производство строительных материалов с использованием техногенных отходов различного происхождения, тем самым выделив их в самостоятельную подотрасль стройиндустрии [16].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №14-41-08024, а также в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова

Список литературы:

1. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве// Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113–116.
2. Кожевников В.П., Токач Ю.Е., Огнев М.Н. Современные решения по переработке твердых бытовых отходов в БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 172–174.
3. Алфимова Н.И., Строкова В.В., Наваретте В.Ф.А. Мелкозернистые бетоны на основе вулканического сырья. Германия: LAPLAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2014. 94 с.
4. Сулейманова Л.А., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Сопин Д.М. Высококачественные бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 34–37.
5. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Газизулин В.М. [и др.] Эффективный путь утилизации ультрадисперсных продуктов газоочистки печей// Сталь. 1992. № 5. С. 83–85.
6. Нечаев А.Ф., Стрельцова Т.П. Промышленная утилизация отходов скважинной гидродобычи (СГД) железных руд для стройиндустрии Маркшейдерский вестник. 2009. № 3. С. 55–57.
7. Клюев А.В., Клюев С.В., Лесовик Р.В., Михайлова О.Н. Отходы горнодобывающих предприятий как сырье для производства мелкозернистого бетона армированного фибрами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 81–84.
8. Фомина Е.В., Войтович Е.В., Фомин А.Е., Лебедев М.С., Кожухова Н.И. Оценка радиационного качества шлака ОЭМК для применения его в строительных композитах// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 130–133.
9. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья/ Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. 75 с.

10. Матросов А.С. Управление отходами / А.С. Матросов. М: Гардарики, 1999. 480 с.
11. Крючкова Л.Я., Иванков С.И. Техногенное минеральное сырье России и направления его использования // «Ресурсосберегающие технологии»: Экспресс-информация. 1995. № 20.С. 2–34.
12. Pal. 1165337 Canada. IC4 C 04 B 7/14. Binder / V. D. Glukhovskj, P. V. Kilvenko, G. S. Rostovskaja. – Publ. 8.10.84.
13. Лесовик Р.В., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И. Комплексное использование отходов алмазобогащения // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 30–31.
14. Чистяков Б.З., Ляпиков А.Н. Использование минеральных отходов промышленности. Л.: Стройиздат, 1984. 152 с.
15. Лебедев В.Н., Бальчугов Б.А. Изготовление бесцементных строительных материалов на основе утилизации промышленных и коммунальных отходов // Метроном: российско-германский экологический журн. 1993. № 5–6. С. 55–57.
16. Курбатов В.Л., Комарова Н.Д., Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые блоки из мелкозернистого бетона на основе техногенного песка северного Кавказа //Строительные материалы. 2006. № 11. С. 87–89.

РОЛЬ ДОБАВОК В КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

**Боцман А.Н., аспирант,
Лютенко П.Ю., аспирант**

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

За последние годы в современной России наблюдается рост промышленного производства. Получение любого продукта тяжелой промышленности, как правило, ведет к образованию отходов. Большинство из них негативно влияют на экологическое состояние окружающей среды. Чаще всего отходы подлежат утилизации с предварительной очисткой до нормативного уровня ПДК. Но существует возможность их использования в других целях. В частности при приготовлении композиционных вяжущих, в качестве минеральных добавок [1-4]. Происхождение и качество наполнителя очень сильно влияют на качество комплексного вяжущего [5-7].

Простым и дешевым путем для снижения расхода цемента без ухудшения качества выпускаемой продукции является использование в качестве наполнителей отходов промышленности, попутных и вторичных продуктов, в которые уже вложены затраты труда, топлива, электроэнергии и других ресурсов с целью их утилизации и рационального применения [1].

Доказано, что использование заполнителей и наполнителей с дефектной структурой интенсифицирует процесс твердения бетонных и растворных смесей, уплотняет структуру и упрочняет изделия на основе цементных композиций.

Активные минеральные добавки-наполнители — это вещества естественного происхождения или промышленные отходы, находящиеся в тонкодисперсном состоянии или измельченные до тонкости помола цемента и состоящие в основном из аморфного кремнезема (SiO_2 более 50%), обладающие гидравлической активностью или пуццоланическим действием [8-9].

Важнейшими факторами, влияющими на прочность вяжущего, являются дисперсность и содержание наполнителя в вяжущем. Введение наполнителей требуемой дисперсности и активности позволяет экономить до 60 % и более цемента без ущерба для механических свойств изделий с одновременным повышением стойкости и других эксплуатационных свойств [7-12].

Известно, что при введении минеральных заполнителей и наполнителей в цементные системы интенсифицируются процессы гидратации клинкерных минералов. При гидратации портландцементов в присутствии минералов добавок наблюдается сдвиг на более ранние сроки начала формирования гидратных образований. Возрастает интенсивность процессов накопления гидратов.

Введение наполнителей, которые можно представить как частицы дисперсной фазы с другими показателями поверхностного натяжения, чем элементарные структурные элементы вяжущего, изменяют энергетическое состояние дисперсной системы. Цементный камень на их основе отличается высокой плотностью и прочностью за счет максимального сближения частиц твердой фазы и увеличения адгезионной прочности новообразований, что дает предпосылки использовать КВ в широком диапазоне [8-12].

Необходимо отметить активизирующую роль в процессах гидратации и твердения вяжущего добавки железа [10]. Известно, что введение малых количеств ряда веществ с металлической связью в вяжущие системы приводит к интенсификации процессов гидратации силикатных и алюминатных фаз, росту количества новообразований и содержания химически связанной воды, что связано с активацией поверхности твердых фаз и поликонденсационными процессами [11].

Механизм действия гидравлически активных добавок в основном обусловлен их химическим взаимодействием с известью, образующейся в результате гидролиза C_3S при гидратации цемента. При этом, в основном, образуются низкоосновные гидросиликаты кальция типа С-S-H(B), гидроалюминаты- и гидроферриты кальция, которые увеличивая гелевую составляющую цементного камня, улучшают прочностные и деформативные свойства бетона.

Минеральные пластифицирующие добавки – это высокодисперсные минеральные вещества, которые вводят в смеси с целью обеспечения требуемой удобоукладываемости и водоудерживающей способности смеси при минимальном расходе клинкерного материала.

Минеральными пластификаторами — отходами промышленности – являются следующие продукты:

- минеральные остатки дистиллерной жидкости ДЖ — отходы содового производства, представляющие собой сметанообразную тонкодисперсную массу, состоящую из мела, гидроксида кальция, хлористого кальция,

сернокислого кальция, углекислого магния, хлористого натрия, окиси кремния и других веществ;

- шламы химводоочистки ТЭЦ — смеси частиц коллоидно-молекулярного и ионного размера, образованные в результате выпадения осадка из раствора.

Механизм действия этих добавок связан с их высокой дисперсностью, за счет чего они и проявляют высокий пластифицирующий эффект, а также при смешивании с водой образуют коллоидный клей, физически связывая большое количество воды, уплотняя и упрочняя структуру. Вместе с этим ее частицы, являясь подложками, центрами кристаллизации и затравками, ускоряют процессы гидратации и, как следствие, твердения самого комплексного вяжущего[8-10].

При этом после формирования в начальном процессе гидратации частички добавки адсорбируют значительное количество воды, тем самым снижая водовяжущее отношение, а это приводит к активизации процессов структурообразования и синтезу более мелких кристаллов гидросиликатов кальция, что несомненно отражается на оптимизации микроструктуры цементного камня (рис.1).

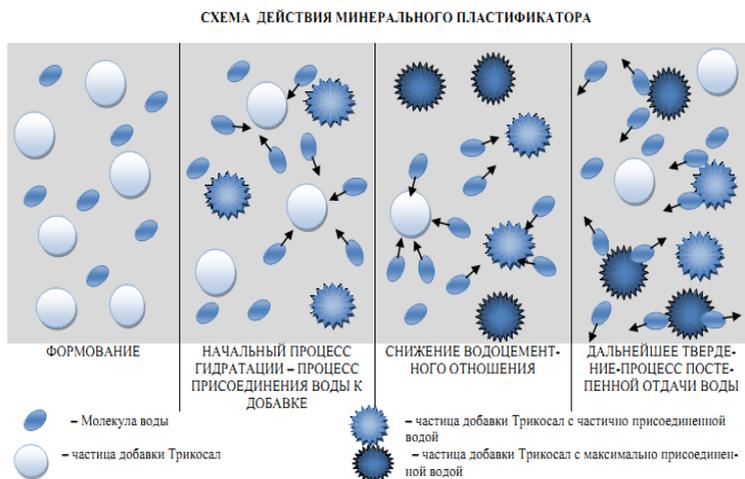


Рисунок 1 – Схема действия минерального пластификатора

Таким образом, развитие высоких технологий в строительстве, создание особо плотных и прочных бетонов стало возможно за счет

использования новых добавок, специальных комплексных вяжущих, в составе которых зачастую используются в качестве активных минеральных добавок – отходы промышленности.

Однако поскольку эффективность вяжущих сильно зависит от удельной поверхности цемента, его минералогического состава и от физико-химических особенностей наполнителей, на практике необходимы предварительные испытания этих добавок.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. «Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов». // «Строительные материалы», №12, 2011 г.
2. Лесовик В.С. Geonics. Subject and objectives (монография) Уч. пособие. Белгород: Из-во БГТУ, 2012. 100 с.
3. Lesovik R.V., Leshchev S. I., Ageeva M.S., Karatsupa S. V., Alfimova N. I. The Use Of Zeolite-Containing Rottenstone Powder For The Composite Binding Production / International Journal of Applied Engineering Research (IAER) // Volume 10, Number 24 (2015) pp 44889-44895
4. Агеева М.С., Шаповалов С.М., Боцман А.Н., Ищенко А.В. к вопросу использования промышленных отходов в производстве вяжущих веществ // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 9. С. 58-62.
5. Ageeva M.S., Lesovik R.V., Erofeev V.T., Sopin D.M., Lesovik G.A. The efficient composite building materials of the iron and steel industry waste // В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 1433-1435.
6. Alfimova N.I., Shadskiy E.E., Lesovik R.V., Ageeva M.S. Organic-Mineral Modifier On The Basis Of Volcanogenic-Sedimentary Rocks pp 45131-45136
7. Агеева М.С., Шаталова С.В., Головина Т.А., Капустина А.А., Минаков С.В. Влияние времени хранения композиционных вяжущих на их активность // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 3-10.
8. Алфимова Н.И., Вишнева Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. // Saarbruken. Изд-во LAP. 2013. 127 с. ISBN 978-3-659-35755-8.
9. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья: монография. // Saarbruken. Изд-во LAP. 2015. 100 с.

10. Агеева М.С., Карацупа С.В., Помошников Д.Д. Регулирование свойств шлако-цементного вяжущего // В сборнике: Современные тенденции в образовании и науке сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 26 частях. 2013. С. 8-9.
11. Alfimova N.I., Shadskiy E.E., Lesovik R.V., Ageeva M.S. Organic-Mineral Modifier On The Basis Of Volcanogenic-Sedimentary Rocks/ International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) //Volume 10, Number 24 (2015) pp 45131-45136
12. Сулейманова Л.А., Агеева М.С., Малокова М.В., Анучкин Я.А., Шураков И.М. Оптимизация параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 56-60.

ГАЗОСИЛИКАТ НА ОСНОВЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

Володченко А.Н., канд. тех. наук, доц.

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

В основе производства газосиликата автоклавного твердения лежит энергосберегающая технология. Для производства этих материалов используются кварцевые пески, запасы которых истощаются. В настоящее время проводятся исследования в направлении совершенствования технологии путем возможности замены чистых кварцевых песков более дешевыми рядовыми, полного или частичного исключения из технологии помола кремнеземистой составляющей за счет использования промышленных тонкодисперсных отходов, а также использования новых вяжущих веществ.

В связи с этим представляет интерес технология получения газосиликата автоклавного твердения на основе вскрышных пород горнодобывающей промышленности. Установлено, что в качестве сырья для производства автоклавных силикатных материалов можно использовать нетрадиционные для стройиндустрии глинистые породы, спецификой которых является незавершенность процессов минералообразования [1–22].

В настоящей работе изучено влияние технологических параметров производства на физико-механические свойства газосиликата, полученного с использованием песчано-глинистых пород незавершенной стадии минералообразования. Для изучения использовали супесь месторождения Курской магнитной аномалии (КМА). Пелитовая фракция представлена гидрослюдой, смешаннослойными образованиями, рентгеноаморфными минералами, тонкодисперсным кварцем и в небольшом количестве монтмориллонитом и каолинитом.

Сырьевую смесь готовили из супеси и вяжущего, полученного путем совместного помола части породы и извести до удельной поверхности $500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Высокая дисперсность супеси ($S_{\text{уд}} = 140 \text{ м}^2/\text{г}$) позволила исключить ее предварительный помол. В качестве газообразователя использовали алюминиевую пудру. Автоклавную обработку проводили по режиму: подъем давления – 1,5 ч, изотермическая выдержка – 2–8 ч, сброс давления – 1,5 ч. Получен газосиликат со средней плотностью $700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Исследования проведены с использованием метода математического планирования. Получена математическая модель, описывающая влияние содержания $\text{CaO}_{\text{акт}}$ (мас. %), давления автоклавирования (МПа) и времени изотермической выдержки (ч), на предел прочности при сжатии газосиликата, зависимость которой в графическом виде представлена на рис. 1.

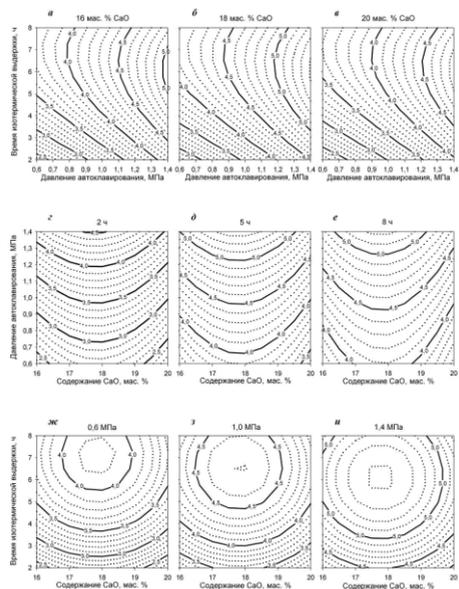


Рисунок 1 – Предел прочности при сжатии газосиликата в зависимости от содержания $\text{CaO}_{\text{акт}}$ (а–в), времени изотермической выдержки (z–e) и давления (ж–и) в автоклаве

При увеличении содержания извести в сырьевой смеси с 16 до 18 мас. % прочность повышается с 4,15 до 4,6 МПа и с 4,8 до 5,3 МПа при давлении 1 и 1,4 МПа соответственно (см. рис. 1). Можно сделать вывод, что содержание извести 18 мас. % является достаточным для образования максимального количества новообразований и формирования оптимальной микроструктуры цементирующего соединения.

За счет высокой реакционной способности песчано-глинистой породы оптимальное время изотермической выдержки составляет 5 ч, что в 1,5 раза меньше, чем для изделий на основе традиционного сырья.

Повышение давления в автоклаве выше 0,8–1 МПа при данной продолжительности запаривания нецелесообразно, поскольку наблюдаемый при этом прирост прочности незначителен.

Результаты микроскопических исследований образцов ячеистого бетона показывают, что при 5 ч изотермической выдержки образуются гидросиликаты кальция группы тоберморита, имеющие вид тонких пластинок (рис. 2, *а*).

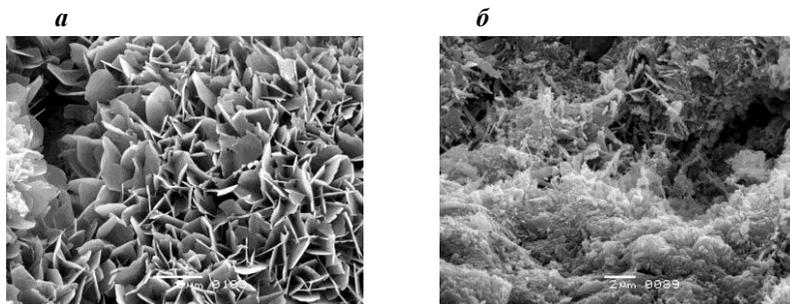


Рисунок 2 – Микроструктура образцов на основе супеси:
а – 5 ч изотермической выдержки; *б* – 8 ч изотермической выдержки

Наряду с гидросиликатами кальция в составе новообразований фиксируются гидрогранаты. Цементирующие соединения образуются в результате взаимодействия $\text{Ca}(\text{OH})_2$ преимущественно с глинистыми минералами и лишь частично с тонкодисперсным кварцем.

При увеличении длительности гидротермальной обработки структура цементирующего соединения становится более рыхлой (рис. 1, *б*). Перекристаллизация первоначально возникшего сростка гидросиликата происходит в уже затвердевшем материале, что, очевидно, и приводит к понижению прочности. Следовательно, 5 ч изотермической выдержки достаточно для образования оптимальной структуры новообразований.

Таким образом, установлено, что глинистые породы можно использовать в качестве сырья для получения автоклавных ячеистых бетонов и, тем самым, существенно расширена сырьевая база производства. За счет высокой реакционной способности метастабильных минералов породы ускоряется синтез новообразований и формируется оптимальная микроструктура цементирующего соединения, что позволяет сократить время автоклавной обработки.

Кроме того, вследствие высокой дисперсности супеси, возможно исключение из технологического процесса такой энергоемкой операции, как помол кремнеземистого компонента. За счет этого экономия энергозатрат на производство ячеистых бетонов составит 25–30 %.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород, 2014.
2. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 3. С. 10-20.
3. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., 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.
4. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние глинистого сырья на микроструктуру безавтоклавных силикатных материалов // Научные труды SWorld. 2012. Т. 30. № 3. С. 42-44.
5. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.
6. Лесовик В.С., Володченко А.А. К проблеме техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 38-41.
7. Володченко А.А. Влияние режима гидротермальной обработки на свойства силикатных материалов // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-6. С. 1333-1337.
8. 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.
9. Володченко А.А. Формирование микроструктуры безавтоклавных силикатных материалов на основе песчано-глинистых пород // Инновации в науке. 2012. № 14-1. С. 61-67.
10. 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.

11. Лесовик В.С., Володченко А.А. Безавтоклавные стеновые материалы на основе природного наноразмерного сырья // Научные труды SWorld. 2012. Т. 47. № 4. С. 36-40.
12. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х. Нетрадиционное сырье для стеновых материалов // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 9 (28). С. 27-29.
13. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние песчано-глинистого сырья на долговечность безавтоклавных силикатных материалов // Научные труды SWorld. 2012. Т. 26. № 2. С. 15-18.
14. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Стеновые материалы на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 53-57.
15. Ямб Э., Чему Ж., Лесовик В.С., Володченко А.Н. Строительные материалы на основе латеритных пород Камеруна и цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 27-33.
16. Volodchenko A.N., Olegovna E., Prasolova, Lesovik V.S., Kuprina A.A., Lukusova N.P. Sand-Clay Raw Materials for Silicate Materials Production // *Advances in Environmental Biology*. 2014, T.8. № 10. С. 949–955.
17. Эммануэль Я., Франсуа Н., Володченко А.Н. Стеновые материалы на основе латеритов Камеруна // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 43-46.
18. 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.
19. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 10. С. 4-10.
20. Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Svinarev A.V., Kalashnikov N.V., Rjapuhin N.V. Reducing energy intensity of production of non autoclave wall materials // *World Applied Sciences Journal*. 2014. Т. 31. № 9. С. 1601-1606.
21. 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.
22. Володченко А.А. Свойства безавтоклавных стеновых материалов на основе песчано-глинистых пород // технические науки – от теории к практике. 2013. № 17-2. С. 7–12.

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОРООБРАЗОВАНИЯ ГАЗОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Володченко А.Н., канд. тех. наук, доц.,

Жигалова Н.А., студент,

Абсиметов М.В., аспирант

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

В производстве газобетона по традиционной технологии качестве кремнеземистого компонента используется кварцевый песок. Однако при этом сложно обеспечить необходимое соотношение между скоростью газообразования и изменением вязкости для нормального процесса формирования ячеистой структуры газобетона, так как это сырье не позволяет получить необходимые пластические свойства газобетонной смеси.

Обеспечить необходимые условия получения ячеистой структуры газобетона, при которых процесс максимальной интенсивности газовыделения совпадает с необходимыми значениями пластично-вязких свойств газобетонной смеси, можно за счет использования нетрадиционных песчано-глинистых пород незавершенной фазы минералообразования, которые широко распространены, а также в больших количествах попадают в зону горных работ при добыче полезных ископаемых. Было установлено, что эти породы можно использовать в качестве сырья для производства автоклавных силикатных материалов [1-25].

Целью работы является исследование влияния нетрадиционного сырья на пластично-вязкие свойства газобетонных смесей.

Для проведения исследований использовали глинистые породы месторождений Курской магнитной аномалии (КМА) и Архангельской алмазонасной провинции (ААП). Для изготовления традиционной известково-песчаной сырьевой смеси и смеси с содержанием магнезиальной глины использовали кварцевый песок. В качестве вяжущего использовали негашеную известь, активность которой составляла 78,3 %. В качестве газообразователя использовали алюминиевую пудру марки ПАП-1.

На основе изучаемых песчано-глинистых пород готовили вяжущее, полученное совместным помолом породы и извести в соотношении 1:1 до удельной поверхности $500 \text{ м}^2/\text{кг}$. На основе известково-глинистого вяжущего и исходной породы готовили сырьевую газобетонную смесь с

активностью 14 мас. %. Высокая дисперсность супеси КМА, супеси ААП и песка ААП ($S_{уд} = 110-140 \text{ м}^2/\text{кг}$) позволила исключить предварительный помол при приготовлении сырьевой смеси. Контрольную известково-песчаную газобетонную смесь готовили по традиционной технологии.

Установлено, что в сравнении с традиционной известково-песчаной смесью газобетонные на основе песчано-глинистых пород характеризуются повышенной пластической вязкостью, которая обуславливает их высокую газоудерживающую способность.

Процесс структурообразования газобетонных смесей проводили с помощью конического пластометра по мгновенному замеру величины предельного напряжения сдвига по методике П.И. Ребиндера (рис. 1).

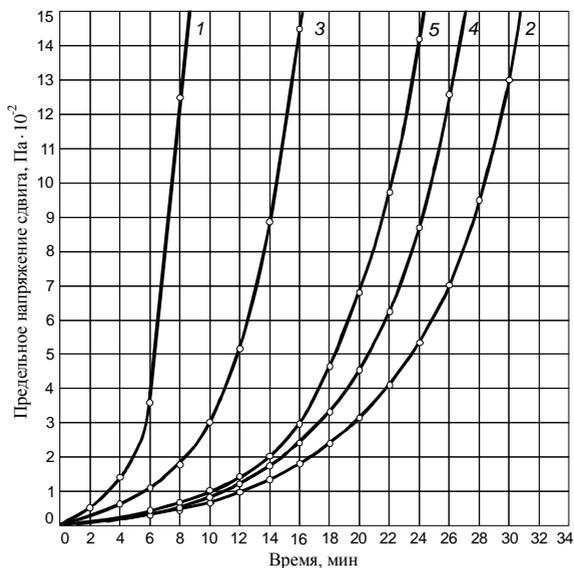


Рисунок 1 – Кинетика изменения предельного напряжения сдвига газобетонных смесей на основе:

- 1 – кварцевого песка; 2 – песка, с содержанием 15 мас. % магнезиальной глины;
3 – песка ААП; 4 – супеси ААП; 5 – супеси КМА

Установлено, что процессы структурообразования в традиционной известково-песчаной газобетонной смеси, которые проявляются с началом нарастания прочности структуры, начинаются после 2–3 мин с момента заливки смеси в форму. Кинетическая кривая предельного напряжения сдвига для малопластичного материала на основе кварцевого песка имеет небольшой наклон к оси абсцисс (см. рис. 1, *кривая 1*). Этого времени индукционного периода структурообразования недостаточно для нормального вспучивания формовочной массы и схватывание наступает до окончания интенсивного газовыделения, что приводит к деструктивным явлениям газобетона.

Использование песчано-глинистых пород существенно повышает пластичность газобетонных смесей при относительно небольших значениях предельного напряжения сдвига. Повышение прочности структуры при этом не носит лавинообразный характер, и кинетические кривые характеризуются плавным изгибом (рис. 1, *кривые 2–5*). Длительность индукционного периода возрастает в 2–3 раза. Высокая пластическая вязкость смеси в период индукции препятствует объединению пузырьков газа. При этом формируется однородная мелкопористая структура с плотными межпоровыми перегородками, что повышает прочностные характеристики газобетона.

Таким образом, использование в качестве сырья нетрадиционных песчано-глинистых пород незавершенной стадии минералообразования для получения газобетона оказывает положительное влияние на пластично-вязкие свойства газобетонной сырьевой смеси. Это позволяет улучшить газоудерживающую способность сырьевой смеси при сохранении небольших значений предельного напряжения сдвига в первоначальный период структурообразования, что обеспечивает существенное повышение физико-механических характеристик газобетона.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород, 2014.
2. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 526 с.
3. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., 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.
4. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние глинистого сырья на микроструктуру безавтоклавных силикатных материалов // *Научные труды SWorld*. 2012. Т. 30. № 3. С. 42-44.
 5. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Стеновые материалы на основе нетрадиционного сырья // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2014. № 5. С. 53-57.
 6. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние песчано-глинистого сырья на долговечность безавтоклавных силикатных материалов // *Научные труды SWorld*. 2012. Т. 26. № 2. С. 15-18.
 7. Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Svinarev A.V., Kalashnikov N.V., Rjapuhin N.V. Reducing energy intensity of production of non autoclave wall materials // *World Applied Sciences Journal*. 2014. Т. 31. № 9. С. 1601-1606.
 8. Прасолова Е.О., Володченко А.А., Попов М.А., Гинзбург А.В. Анализ сырья для получения наномодификатора // В сборнике: *Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения)*. 2014. С. 297-301.
 9. 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.
 10. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2011. № 2. С. 56-59.
 11. Лесовик В.С., Володченко А.А. Безавтоклавные стеновые материалы на основе природного наноразмерного сырья // *Научные труды SWorld*. 2012. Т. 47. № 4. С. 36-40.
 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. Т. 10. № 19. С. 40617-40622.
 13. 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.
 14. Лесовик В.С., Володченко А.А. К проблеме техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2015. № 4. С. 38-41.

15. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н., Абросимова О.С. Эксплуатационные характеристики силикатного кирпича, изготовленного с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 3. – С. 11–14.
16. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород / Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 10. С. 4-10.
17. Volodchenko A.N., Olegovna E., Prasolova, Lesovik V.S., Kuprina A.A., Lukusova N.P. Sand-Clay Raw Materials for Silicate Materials Production // Advances in Environmental Biology. 2014. Т. 8. № 10. С. 949–955.
18. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Volodchenko A.N., Zagorodnjuk L.N. 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.
19. Эммануэль Я., Франсуа Н., Володченко А.Н. Стеновые материалы на основе латеритов Камеруна // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 43-46.
20. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на морозостойкость автоклавных силикатных материалов // Научные труды SWorld. 2013. Т. 50. № 3. С. 8-13.
21. Володченко А.А. Свойства безавтоклавных стеновых материалов на основе песчано-глинистых пород // технические науки – от теории к практике. 2013. № 17-2. С. 7–12.
22. Володченко А.А. Формирование микроструктуры безавтоклавных силикатных материалов на основе песчано-глинистых пород // Инновации в науке. 2012. № 14-1. С. 61-67.
23. Ямб Э., Чему Ж., Лесовик В.С., Володченко А.Н. Строительные материалы на основе латеритных пород Камеруна и цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 27-33.
24. Лесовик В.С., Володченко А.А. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.
25. Володченко А.А. Использование нетрадиционного глинистого сырья для получения силикатных материалов по энергосберегающей технологии // Успехи современного естествознания. 2015. № 1-4. С. 644-647.

СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗЕЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ*

**Володченко А.А., канд. техн. наук, доц.,
Городецкий И.В., магистрант,
Ермолаева А.Э., магистрант,
Гокова Е.Н., магистрант**

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

Исследование проблемы рационального природопользования, использование природного и экологически безопасного техногенного сырья, внедрение новых современных, энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий, направлено на решение актуально значимой задачи по повышению эффективности производства новых строительных композитов.

На первый план выходят задачи разработки и внедрения энергосберегающих технологий производства строительных материалов, что соответствует современным тенденциям развития «зеленых» технологий, которые позволяют сохранить окружающую среду и обеспечить комфортные условия для жизни человека.

Среди возможных источников сырья для производства строительных материалов могут быть рассмотрены нетрадиционные для стройиндустрии глинистые породы, которые являются продуктами одной из заключительных фаз выветривания алюмосиликатных пород, сотни млн. тонн которых попадают в зону горных работ при добыче железистых кварцитов. Пелитовая фракция данных пород представлена термодинамически неустойчивыми соединениями, такими как смешаннослойные минералы, тонкодисперсный слабоокатанный кварц, несовершенной структуры гидрослюда, Са²⁺-монтмориллонит, каолинит, а также рентгеноаморфные минералы. Эти термодинамически неустойчивые соединения, обладающие свойствами природных наноразмерных частиц, позволяют изменить морфологию новообразований и оптимизировать структуру цементирующего соединения. Современный анализ нетрадиционного глинистого сырья на предмет его применения, с использованием последних достижений науки, даст серьезный толчок в разработке новых видов строительных материалов и технологий производств

Производство силикатных материалов во всем мире базируется на традиционной технологии, в которой главным сырьевым компонентом является кварцевый песок, запасы которого ограничены. Особую сложность на традиционном сырье вызывает получение эффективных высокопустотных изделий, вследствие низкой прочности сырца и неоптимальной структурой матрицы.

Для решение этой задачи необходим новый подход к технологии получения силикатных материалов, заключающийся в переходе от традиционного сырья к получению композиционного вяжущего на основе нанодисперсного сырья, способствующее целенаправленному синтезу цементирующих веществ с оптимальной микроструктурой [23].

С этой целью было изучено взаимодействие в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ и установлено, что наряду с гидросиликатами кальция, образуются гидрогранаты, обеспечивающие цементирующему соединению высокую плотность и низкую деформативность.

Цель настоящей работы – изучение процессов структурообразования в системе глинистые минералы–известь–цемент в условиях пропарки и получение эффективных стеновых строительных материалов по энергосберегающей технологии.

Для исследований было использовано природное наноразмерное сырье, представленное образцами песчано-глинистых пород региона Курской магнитной аномалии. По значению числа пластичности они были классифицированы как супесь, суглинок и глина ($I_p = 6, 7$ и $17,5$). Визуально исходное сырье представляет собой рыхлые породы коричневого цвета. Основная масса глинистого материала имеет пелитоморфномикрочешуйчатое строение, неравномерно окрашена органическим веществом и гидроокислами железа.

Исходя из данных термографического и рентгенофазового анализов, пелитовая фракция представлена кварцем, монтмориллонитом, гидрослюдой, каолинитом и смешаннослойными образованиями типа гидрослюда-монтмориллонит.

Исследования проводились на образцах, полученных методом литьевого формования и полусухого прессования. Новообразования изучали методами термографического и рентгенофазового анализов, а также электронной микроскопии.

Было установлено, что изучаемые породы в условиях пропарки при температуре $90\text{--}95^\circ\text{C}$ активно взаимодействуют с известью и продуктами гидратации портландцемента. При этом протекают физико-химические процессы, которые приводят к синтезу комплексного вяжущего, образующего прочный каркас. Наличие в породах

тонкодисперсного кварца и метастабильных глинистых минералов, обладающих свойствами природных наноразмерных частиц, приводит к образованию кристаллических тоберморитоподобных соединений гидросиликата кальция – CSH(B) и C_2SH_2 , а также гидрогранатов из ряда твердых растворов C_3AH_6 – $C_3AS_2H_2$, что обеспечивает получаемому материалу прочность и водостойкость.

Физико-механические свойства силикатных материалов на основе исследуемого нанодисперсного сырья приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики силикатных материалов на основе извести

Показатель	Композит с содержанием		
	супеси	суглинка	глины
<i>Литьевой способ формования</i>			
Предел прочности при сжатии, МПа	2,79	3,53	4,10
Средняя плотность, кг/м ³	1390	1475	1345
Водопоглощение, %	29,32	23,70	29,55
Коэффициент размягчения	0,88	0,79	1,10
<i>Полусухой способ прессования</i>			
Предел прочности при сжатии, МПа	11,82	15,35	13,79
Средняя плотность, кг/м ³	1665	1660	1535
Водопоглощение, %	19,02	19,04	24,22
Коэффициент размягчения	0,65	0,79	0,70

Таким образом, на основе изучаемого сырья можно получать атмосферостойкие безавтоклавные силикатные материалы, прочность которых в процессе эксплуатации может даже повышаться за счет гидравлических свойств цементирующего соединения. Морозостойкость составляет 15 циклов, что соответствует показателям рядового кирпича.

Применение во внутренних конструкциях зданий и сооружений камней на основе изучаемого сырья, взамен широко распространенного силикатного кирпича, позволит существенно сократить стоимость строительства.

* *Статья подготовлена в рамках выполнения научного проекта РФФИ №14-41-08002 «Теоретические основы проектирования и создания интеллектуальных композитов с заданными свойствами».*

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород, 2014.
2. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние глинистого сырья на микроструктуру безавтоклавных силикатных материалов // Научные труды SWorld. 2012. Т. 30. № 3. С. 42-44.
3. Лесовик В.С., Володченко А.А. К проблеме техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 38-41.
4. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Стеновые материалы на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 53-57.
5. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2011. № 2. С. 56-59.
6. 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.
7. 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.
8. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н., Абросимова О.С. Эксплуатационные характеристики силикатного кирпича, изготовленного с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 3. – С. 11–14.
9. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород / Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 10. С. 4-10.
10. 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.
11. 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.

12. Volodchenko A.N., Olegovna E., Prasolova, Lesovik V.S., Kuprina A.A., Lukusova N.P. Sand-Clay Raw Materials for Silicate Materials Production // *Advances in Environmental Biology*. 2014, Т.8. № 10. С. 949–955.
13. Ямб Э., Чему Ж., Лесовик В.С., Володченко А.Н. Строительные материалы на основе латеритных пород Камеруна и цемента // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2010. № 1. С. 27-33.
14. Эммануэль Я., Франсуа Н., Володченко А.Н. Стеновые материалы на основе латеритов Камеруна // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2010. № 2. С. 43-46.
15. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2012. № 3. С. 45-48.
16. Володченко А.Н. Идентификация продуктов автоклавной обработки вяжущего на основе магнезиальных глин // *Научные труды SWorld*. 2014. Т. 19. № 1. С. 24-29.
17. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на морозостойкость автоклавных силикатных материалов // *Научные труды SWorld*. 2013. Т. 50. № 3. С. 8-13.
18. Володченко А.Н. Реакционная способность магнезиальной глины с известью в гидротермальных условиях // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2014. № 10-2 (29). С. 7-10.
19. Володченко А.Н. Объемное окрашивание автоклавных силикатных материалов глинистыми породами // *Научные труды SWorld*. 2014. Т. 19. № 1. С. 18-24.
20. Володченко А.Н., Ходыкин Е.И., Строкова В.В. К проблеме использования попутно добываемого сырья угольных месторождений для производства автоклавных силикатных материалов // *Технологии бетонов*. 2013. № 6 (83). С. 40-41.
21. Володченко А.Н. Алюмосиликатное сырье для получения ячеистых бетонов // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2014. № 7-1 (26). С. 36–38.
22. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2012. № 5. С. 14-21.
23. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Алфимов С.И. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазонасной провинции // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки*. 2006. № 3. С. 67-70.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА "ЗЕЛЕНых" СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ*

**Володченко А.А., канд. техн. наук, доц.,
Городецкий И.В., магистрант,
Герасимов А.В., магистрант,
Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В современных условиях особую актуальность приобретают задачи использования отходов горнодобывающей промышленности, образующиеся при добыче полезных ископаемых. Наиболее рациональной областью использования этих отходов является производство строительных материалов. Решение этой проблемы позволит существенно улучшить технико-экономические показатели строительной индустрии, а также снизит отрицательное воздействие отходов на локальные экологические системы. Увеличение объемов горнорудного производства к концу XX века привело к тому, что ежегодно мы перемещаем около 300 млрд. тонн горных пород, а используем всего при этом около 5-7 %. Важным направлением является использование так называемых техногенных месторождений – накопленных за прошлые годы отходов горнодобывающих производств. Исследование проблемы рационального природопользования, использование природного и экологически безопасного техногенного сырья, внедрение новых современных, энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий, направлено на решение актуально значимой задачи по повышению эффективности производства новых строительных композитов. Успешная разработка эффективных составов сырьевых смесей с применением промышленных отходов может осуществляться лишь на основе глубоких и разносторонних исследований физико-химических и технологических процессов твердения. Так использование нетрадиционного глинистого сырья, в производстве строительных композитов для «Зеленого строительства», позволяет теоретически обосновать и экспериментально подтвердить возможность перехода от традиционного сырья к получению композиционных материалов на основе нетрадиционного сырья.

Современный анализ данных исследований сырьевой базы промышленности строительных материалов позволяет теоретически

обосновать и экспериментально подтвердить возможность управления процессами структурообразования для получения материалов с заданными свойствами путем введения в сырьевую массу нетрадиционных для стройиндустрии глинистых пород [1–25].

За счет использования нетрадиционного глинистого сырья, в качестве неорганических пластифицирующих систем, в производстве строительных материалов возможен переход от традиционного сырья к получению композиционных материалов на основе природного полифункционального сырья, что позволит ускорить синтез новообразований, изменить их морфологию, оптимизировать микроструктуру цементирующих соединений и, соответственно улучшить эксплуатационные характеристики изделий.

Полиминеральный состав песчано-глинистых пород и их термодинамическая неустойчивость определяют возможность взаимодействия с известью с образованием цементирующих соединений при гидротермальной обработке без давления и, соответственно, получения стеновых силикатных материалов с низкими энергозатратами.

Цель настоящей работы – изучение влияния глинистых пород, в качестве полифункциональных модификаторов, на процессы структурообразования в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ в условиях гидротермального синтеза и получение эффективных стеновых строительных материалов по энергосберегающей технологии.

Для исследований были использованы три наиболее распространенные на территории КМА эолово-элювиально-делювиальные глинистые породы четвертичного возраста, отличающиеся по составу и свойствам. Число пластичности пород меняется от 6 (супесь) до 11,5 (суглинок № 1 и суглинок № 2).

В качестве известкового компонента использовали негашеную комовую известь ОАО «Стройматериалы» (г. Белгород). Активность извести составляла 78,3 %, температура гашения 97,5 °С, время гашения – 4 мин 30 сек.

Задачей проводимых экспериментов является разработка составов композитов, с использованием неорганических пластифицирующих систем, обеспечивающих оптимальное структурообразование и получение изделий с высокими физико-механическими показателями.

Образцы готовили методом литьевого способа формования и полусухого прессования. Предварительно измельченную известь и изучаемую породу перемешивали в заданном соотношении, увлажняли необходимым количеством воды и выдерживали в герметичной камере

до полного гашения извести. Содержание извести в глино-известковой смеси составляло 5, 10, 15, 20 и 25 мас. %. Формовочная влажность смеси литьевого способа формования, в зависимости от содержания извести, составила от 40 до 55 %, полусухого прессования – 10–12 %. Прессование проводили при давлении 20 МПа. Образцы пропаривали при 90–95 °С в течение 12 час.

Исходя из полученных данных образцы литьевого способа формования на основе супеси имеют максимальную прочность 2,73–2,79 МПа при содержании извести 10–15 мас. %. Далее прочность снижается. Образцы всех составов имеют высокую водостойкость. Коэффициент размягчения составляет в пределах выше 0,8–1,0.

Прочность образцов на основе суглинка повышается с 2,85 до 3,95 МПа. Однако самая высокая водостойкость у образцов с 15 мас. % извести (коэффициент размягчения 0,79). Максимальную прочность (4,1 МПа) и водостойкость (коэффициент размягчения 1,02) обеспечивает 15 мас. % извести и на основе глины. Средняя плотность для всех исследуемых глинистых пород уменьшается с повышением содержания извести и находится в пределах 1260–1560 кг/м³.

Прочность образцов полусухого способа прессования существенно выше, чем литьевого. Для супеси максимальная прочность 14,06 МПа соответствует содержанию извести 10 мас. %. Для суглинка наиболее существенное увеличение прочности с 9,13 до 14,38 МПа происходит с изменением содержания извести с 5 до 10 мас. %. Далее прочность увеличивается незначительно и достигает максимума 16,52 МПа с 20 мас. % извести. Для глины самая высокая прочность 13,79 МПа достигается при содержании извести 10 мас. %. По численному значению коэффициента размягчения образцы с 10–20 мас. % извести являются водостойкими.

Сравнение изменения прочностных показателей для всех изучаемых глинистых пород показывает, что максимальной прочности, почти во всех случаях, образцы достигают при содержании извести 10–15 мас. %. Причем при 10 мас. % извести численные значения прочностей практически одинаковые. Для образцов литьевого способа формования на основе супеси, суглинка и глины они составляют соответственно 2,73, 3,40 и 2,84 МПа, для полусухого прессования – 14,06, 14,38 и 13,79 МПа. Образцы с 15 мас. % извести так же имеют близкие между собой значения прочности.

Изучаемые глинистые породы существенно отличаются между собой по вещественному составу. Однако для всех этих пород оптимальное содержание извести составляет 10–15 мас. %. Это имеет

важное практическое значение, так как при колебаниях вещественного состава сырья, которое неизбежно в процессе реального производства, можно получать строительные материалы с заданными физико-механическими свойствами.

При использовании нетрадиционных глинистых пород для синтеза «зеленых» композитов, образуется прочная микроструктура цементирующего вещества с образованием слабоокристаллизованных низкоосновных гидросиликатов кальция, водного основного карбосиликата кальция ориентировочного состава $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и гидрогранатов, что приводит к возникновению прочной конденсационно-кристаллизационной и кристаллизационной структуры материала, обеспечивающей высокие физико-механические показатели силикатных изделий.

Изучаемое нетрадиционное глинистое сырье за счет содержащихся в них метастабильных глинистых минералов наноразмерного уровня активно взаимодействует с известью в условиях тепловлажностной обработки при температуре 90–95 °С с образованием слабоокристаллизованных низкоосновных гидросиликатов кальция и гидрогранатов, что приводит к возникновению прочной коагуляционно-кристаллизационной и кристаллизационной структуры материала, обеспечивающей высокие физико-механические показатели силикатных изделий. На основе нетрадиционного глинистого сырья, используемого в качестве неорганического пластификатора, можно получать эффективные, энергосберегающие высокопустотные окрашенные стеновые строительные материалы с низкими энергозатратами.

**Статья подготовлена в рамках выполнения научного проекта РФФИ №14-41-08002 «Теоретические основы проектирования и создания интеллектуальных композитов с заданными свойствами».*

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород, 2014.
2. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 3. С. 10-20.
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. Лесовик В.С., Володченко А.А. Безавтоклавные стеновые материалы на основе природного наноразмерного сырья // Научные труды SWorld. 2012. Т. 47. № 4. С. 36-40.
5. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2011. № 2. С. 56-59.
6. 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.
7. Ямб Э., Чему Ж., Лесовик В.С., Володченко А.Н. Строительные материалы на основе латеритных пород Камеруна и цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 27-33.
8. Эммануэль Я., Франсуа Н., Володченко А.Н. Стеновые материалы на основе латеритов Камеруна // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 43-46.
9. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н., Абросимова О.С. Эксплуатационные характеристики силикатного кирпича, изготовленного с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 11-14.
10. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25-31.
11. Володченко А.Н. Влияние состава сырья на пластическую прочность газобетонной смеси // Научные труды SWorld. 2013. Т. 39. № 2. С. 45-49.
12. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 5. С. 14-21.
13. 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.
14. Володченко А.Н. Алюмосиликатное сырье для получения ячеистых бетонов // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 7-1 (26). С. 36-38.
15. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе

- песчано-глинистых пород / Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 10. С. 4-10.
16. 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.
 17. 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.
 18. Volodchenko A.N., Olegovna E., Prasolova, Lesovik V.S., Kuprina A.A., Lukusova N.P. Sand-Clay Raw Materials for Silicate Materials Production // Advances in Environmental Biology. 2014, Т.8. № 10. С. 949–955.
 19. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 45-48.
 20. Володченко А.Н. Идентификация продуктов автоклавной обработки вяжущего на основе магнезиальных глин // Научные труды SWorld. 2014. Т. 19. № 1. С. 24-29.
 21. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на морозостойкость автоклавных силикатных материалов // Научные труды SWorld. 2013. Т. 50. № 3. С. 8-13.
 22. Володченко А.Н. Реакционная способность магнезиальной глины с известью в гидротермальных условиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 10-2 (29). С. 7-10.
 23. Володченко А.Н. Объемное окрашивание автоклавных силикатных материалов глинистыми породами // Научные труды SWorld. 2014. Т. 19. № 1. С. 18-24.
 24. Володченко А.Н., Ходыкин Е.И., Строкова В.В. К проблеме использования попутно добываемого сырья угольных месторождений для производства автоклавных силикатных материалов // Технологии бетонов. 2013. № 6 (83). С. 40-41.
 25. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Алфимов С.И. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазонасной провинции // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2006. № 3. С. 67-70.

ПЕНОБЕТОН НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО

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

Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.,

Помошников Д.Д., магистрант,

Магомедов З.Г.,

Воронов В.В., аспирант

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

Реализация теоретических положений и системный подход к решению проблем, сформулированных в рамках геоники, позволили разработать методологические основы создания эффективных строительных композитов [1-3]. Сегодня перед учеными стоят задачи по разработке композиционных материалов, обладающих улучшенными теплотехническими параметрами. Ограждающие конструкции зданий и сооружений должны отвечать повышенным требованиям к сопротивлению теплопередаче, что позволит сократить потери тепла, а значит, и снизит потребление энергоресурсов. Немаловажное значение имеет и звукопоглощающая способность таких материалов. Сравнительная характеристика наиболее распространенных теплоизоляционных и акустических материалов свидетельствует о том, что по комплексу свойств наиболее перспективно применение композиционных теплоизоляционных и акустических материалов на основе пенобетона.

В настоящее время во всех регионах России интенсивно увеличивается выпуск пенобетонов. Этому способствуют простота технологии, доступность сырьевых материалов, относительно невысокая себестоимость, хорошие физико-механические и теплофизические свойства. Причем, из безавтоклавного пенобетона можно изготавливать крупные блоки, а также применять его для монолитного домостроения, при этом стоимость жилых малоэтажных домов можно снизить в 2–3 раза [4-8].

Задача получения пенобетона для энергоэффективного строительства с одновременным повышением его физико-механических свойств может быть решена за счет применения композиционных вяжущих с удельной поверхностью 500–600 м²/кг оптимального гранулометрического состава с усовершенствованной морфологией и характером поверхности частиц, с модификаторами и ультратонкими

наполнителями [9-13]. Разработка специального композиционного вяжущего, обладающего свойствами, обеспечивающими стабильность технологических процессов, протекающих на всех стадиях производства пенобетона – это реальная возможность существенно снизить производственные удельные затраты топлива и электроэнергии, увеличить объем производства и повысить качество вяжущего с минимальными капиталовложениями и обеспечить производство высокоэффективных пенобетонов.

В связи с этим актуально проведение исследований, направленных на получение композиционных вяжущих для пенобетонов.

Для проведения научно-исследовательской работы выбирались сырьевые материалы в соответствии с их доступностью, технологическими характеристиками и экономическими показателями, благоприятно влияющими на качество и себестоимость готовой продукции. В работе использовались местные вяжущие, техногенные наполнители и различные функциональные добавки:

1. Портландцемент марки ЦЕМ I 42,5н, Воронежский филиал «Евроцемент групп».

2. Отходы обогащения мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ОММС) Стойленского горно-обогатительного комбината.

3. Добавки: гиперпластификатор Mupoplast, пенообразователь ПБ-Формула 2012.

Получение композиционных вяжущих веществ осуществлялось в два этапа:

1. Получение ВНВ-100 путем совместного помола цемента с гиперпластификатором.

2. Введение в ВНВ-100 отходов ММС с различной удельной поверхностью.

«Контрольное» вяжущее (объект сравнения) было получено введением в портландцемент исходной дисперсности ОММС с различной удельной поверхностью. Помол ОММС производился отдельно и доводился до значений удельной поверхности 300, 500 и 700 м²/кг.

ВНВ получали путем помола в вибрационной мельнице в течение 15–20 минут до удельной поверхности 550 м²/кг. Дозировка ОММС составляла 1, 3, 5, и 7% от массы цемента. При замешивании вяжущего теста с водой фиксировалось водоцементное отношение (В/Ц). Вяжущее тесто после тщательного перемешивания помещалось в металлические формы. Образцы извлекались из форм после суточного твердения в естественных условиях. Далее они подвергались тепловлажностной

обработке в лабораторной пропарочной камере при температуре 90°С в течение 6 ч. После пропаривания образцы высушивались в сушильном шкафу до постоянной массы (во избежание влияния фактора влажности на результаты). На высушенных образцах определялись значения плотности и прочности. Составы образцов и их физико-механические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты физико-механических испытаний образцов композиционных вяжущих

№ состава	Состав вяжущего	В/Ц	Плотность, кг/м ³	Прочность При сжатии, МПа
1	А	0,145	2317	88,56
2	А+5 % ОММС-300	0,147	2339	92,09
3	А+7 % ОММС-300	0,155	2297	123,73
4	А+3 % ОММС-500	0,140	2312	113,48
5	А+5 % ОММС-500	0,145	2385	109,30
6	А+1% ОММС-700	0,137	2286	104,38
7	А+3% ОММС-700	0,140	2331	103,46

Обозначения: А – ВНВ-100 (ПЦ+0,3 % Мулопласт); 300, 500 и 700 – значения удельной поверхности ОММС, м²/кг

Аализ приведенных результатов установил, что образцы, изготовленные на вяжущем, модифицированном отходами ММС, имеют более высокие показатели механической прочности при практически неизменной величине средней плотности. При этом состав № 3 показал наибольшую прочность – 123,73 МПа, что соответствует приросту прочности по сравнению с контрольным составом в 1,4 раза.

Приведенные результаты выявили, что отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов модифицировали взятое за основу ВНВ-100, улучшив таким образом его физико-механические характеристики. Эти составы были в дальнейшем использованы для получения конструкционно-теплоизоляционного пенобетона.

Для получения пенобетона были взяты составы вяжущих №№3 и 4 предыдущего эксперимента, показавшие наилучший результат, и ВНВ-100, использованного в образцах контрольного состава. Образцы пенобетона получали по следующей технологии:

1. Производился помол вяжущего в шаровой мельнице;
2. В течение одной минуты осуществлялся подъем пены в смесителе;

3. В течении двух минут малыми порциями при перемешивании вводилось сухое вяжущее в пену для максимально равномерного распределения его в пене и во избежание его осаждения на дне смесителя;

4. Пенобетонная смесь заливалась в формы-кубы с длиной ребра 7,07 см.

Через сутки естественного твердения образцы извлекались из формы и проходили обработку в пропарочной камере (по режиму предыдущего эксперимента), затем высушивались в сушильном шкафу. После этого с образцов снимали линейные размеры и измеряли их массу. Затем на гидравлическом прессе они испытывались на прочность. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов пенобетона

№ состава	Состав вяжущего	Плотность, кг/м ³	Прочность, при сжатии, МПа
1	ВНВ-100	373	1,55
2	ВНВ-100+7% ОММС-300	433	2,55
3	ВНВ-100+3 % ОММС-500	432	3,55

В эксперименте В/Ц принималось равным 0,33, содержание пенообразователя (в пересчете на сухое вещество) составляло 1 % от массы вяжущего, соотношение вода : пена 70:30.

Исходя из полученных данных, был сделан вывод о том, что лучшие характеристики проявил состав №3, так как показал наибольшую прочность.

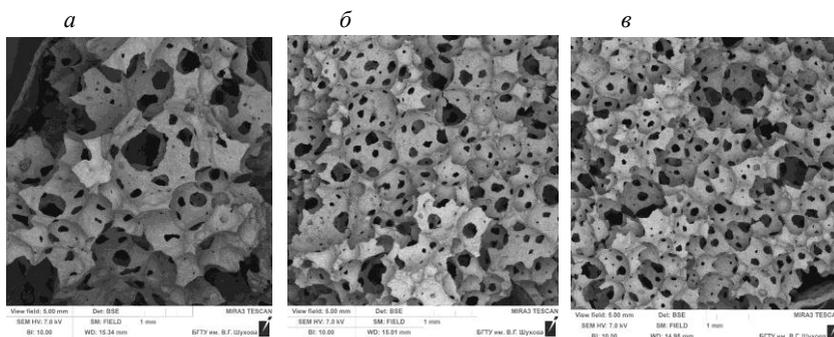


Рисунок 1 – Фотографии микроструктуры образцов состава: а – № 1, б – № 2, в – № 3.

Исследования микроструктуры образцов пенобетона выполнялись на растровом электронном микроскопе высокого разрешения MIRA 3 LM. Фотоснимки приведены на рис. 1.

Как показали исследования (рис. 1), образец состава № 1 (контрольный состав) имеет рваную поровую структуру с большим разбросом размеров пор, чем объясняется низкая прочность контрольных образцов. Образцы составов №№ 2 и 3 характеризуются большим количеством пор с малым их разбросом по размерам и более равномерной структурой, что приводит к более высоким прочностным показателям.

На основе разработанного композиционного вяжущего был получен пенобетон с плотностью 430 кг/м³ и прочностью на сжатие 2,55–3,55 МПа. Такие характеристики соответствуют действующим стандартам по производству и применению ячеистых бетонов конструкционно-теплоизоляционного назначения.

Таким образом, проведенные исследования показали эффективность использования отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов в качестве модификатора вяжущего при получении неавтоклавного пенобетона. Прочностные характеристики соответствуют показателям автоклавных газобетонов равных значений плотности.

Использование отходов ММС даст возможность расширить сырьевую базу производства ячеистых бетонов, и одновременно утилизировать скопившиеся промышленные отходы, наносящие экологический вред окружающей среде. Разработанные составы могут быть рекомендованы для практического внедрения в плане создания новых высокоэффективных композитов с целью оптимизации системы «Человек-материал-среда обитания».

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (Геомиметика) и проблемы строительного материаловедения / В.С. Лесовик // В сборнике: «Научные технологии и инновации». Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения), 2014. С. 224-229.
2. Лесовик В.С. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов / В.С. Лесовик, А.А. Володченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.

3. Лесовик В.С. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья / В.С. Лесовик, А.А. Володченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.
4. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., 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. P. 1496-1502.
5. Сулейманова Л.А. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих: монография / Л.А. Сулейманова, В.С. Лесовик, А.Г. Сулейманов. Белгород, 2010. 151 с.
6. Патент РФ № 2264268. 05.08.2004. Вихреакустический классификатор / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Зубков Д.Э., Шаталов А.В., Нечаев С.П.
7. Патент РФ № 2402583. 01.07.2009. Способ получения железоокисных пигментов / Лесовик В.С., Строкова В.В., Нечаев А.Ф., Стрельцова Т.П.
8. Патент РФ № 2427688. 05.04.2010. Энергосберегающий зимний сад / Гридчин А.М., Лесовик В.С., Кожевников В.П., Коняхин А.В.
9. Патент РФ № 2412920. 02.04.2009. Вяжущее / Лесовик В.С., Строкова В.В., Ходыкин Е.И., Кривенкова А.Н
10. Лесовик В.С. Изучение основных моментов в создании текстиль-бетона / В.С. Лесовик, Д.Ю. Попов, D. Nicke // В сборнике: «Наукоемкие технологии и инновации». Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения), 2014. С. 237-241.
11. Bessmertnyi V.S., Lesovik V.S., Krokhin V.P., Puchka O.V., Nikiforova E.P. The reducing effect of argon in the plasma treatment of high-melting nonmetallic materials (a review) // Glass and Ceramics. 2002. Т. 58. № 9-10. P. 362-364.
12. Лесовик В.С. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства / В.С. Лесовик, А.В. Мосьпан, Ю.А. Беленцов, Н.В. Ряпухин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
13. Лесовик В.С. Архитектурная геоника. взгляд в будущее / В.С. Лесовик // Вестник Волгоградского ГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31-1 (50). С. 131-136.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ В ПЛОТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доц.,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Толстой А.Д., канд. техн. наук, доц.,
Крымова А.И., студент,
Кузьмина Т.С., студент

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

Получить эффективные материалы и долговечные изделия возможно, целенаправленным изменением их свойств, как бесцементных, так и цементосодержащих. Существует множество способов управления формированием структуры материалов, что влечет за собой изменение свойств. Воздействие на материал должно быть эффективным и экономным и базироваться на научно обоснованных методах и рекомендациях. Получение изделий с высокими строительно-техническими характеристиками путем регулирования процессов структурообразования, является актуальной научной проблемой. [1-9]

Для повышения эффективности фибробетона существенное значение имеет наиболее полное использование возможностей вяжущих веществ, создание оптимальной структуры искусственного камня в бетоне. Этой цели отвечают высокоактивные композиционные вяжущие. [10-15]

Композиционные вяжущие – это продукт механохимической активации в определенных условиях обычного портландцемента или вяжущего другого вида совместно с добавками-модификаторами, имеющими в своем составе компонент или компоненты, обеспечивающие водоредуцирующий эффект.

С целью получения таких вяжущих был проведен ряд испытаний по следующей методике: сначала разрабатывали вяжущие композиции, состоящие из оптимального соотношения гидравлического вяжущего (цемента) и наноструктурированного модификатора, который получали путем совместного помола базальта, глинистой породы и мела.

В начальной стадии работ с целью уменьшения энергоемкости материала и упрощения подготовительных работ была произведена оценка энергоэффективности сырья [16,17], которое в результате

генезиса «подготовлено» геологическими процессами для оптимизации процессов структурообразования.

Расчет величины энергоплотности производили, исходя из значения энергии атомизации вещества:

$$E = E_0 / V, \text{ Дж/см}^3 \quad (3.1)$$

где V – мольный объем соединения, $\text{м}^3/\text{кмоль}$, определяемый по значениям формульной (молярной) массы соединения (M , кг/м^3) и плотности образца (ρ , кг/м^3):

$$V = M / \rho, \text{ м}^3 \quad (3.2)$$

Полученные результаты показали (табл. 3.1), что величина энергоплотности является критерием, который можно использовать при создании энергетической классификации сырьевых материалов по количественному признаку, что может стать основой оценки энергетического состояния сырья конкретных месторождений.

Таблица 3.1 – Расчетные данные энергетических характеристик горных пород

Горная порода	Характеристика	ρ , кг/м^3	E_0 , кДж/моль	E_v , кДж/см^3
<i>Осадочные породы</i>				
Мел	Стадия диагенеза, раннего катагенеза	1900	1851,39	60,00
Глина	Стадия седиментогенеза	2000	1904,77	57,82

Специфика их генезиса, техногенная обработка дают эффект активизации горной породы, как потенциального сырья для производства строительных материалов. Процесс активизации приводит к увеличению степени дефектности кристаллической решетки породообразующих минералов, а также к некоторой аморфизации породы и ее структурных зерен с частичной или полной деструкцией и увеличением удельной поверхности. [18-21]

Установлено, что реакционная способность глинистых частиц при деструкции соответствующих им минералов значительно повышается вследствие возрастания неупорядоченности (энтропии) кристаллических решеток. Аналогичное явление характерно для тонкодисперсного кварца с коррозированной поверхностью. Между тем и то, и другое явления обусловлены соответствующим генезисом пород,

а производственный эффект выражается сокращением в 2–3 раза продолжительности изотермической выдержки в пропарочной камере при получении бетона.

Существует классификация активных минеральных добавок для композиционных вяжущих по генетическому признаку, расширяющая область их применения и сырьевую базу стройиндустрии в целом. Возможна разработка нетрадиционных технологий производства строительных материалов, которые позволяют получать искусственные композиты с заданными свойствами и снижать производственную энергоемкость.

Разработка высокоэффективных вяжущих веществ нового поколения невозможна без получения сложных составов материала и высококачественных бетонов различного функционального назначения.

Исследованные породы по химическому и минеральному составу относятся к эффузивным магматическим горным породам, запасы которых составляют от 25 до 38 % площади, занимаемой на Земле всеми магматическими породами. Базальтовые породы различаются по своему происхождению, условиям формирования, дальнейшего преобразования, химико-минеральному составу, строению и свойствам.

Основываясь на полученных результатах, в данной работе поставлена цель разработки эффективного мелкозернистого фибробетона на базе сырьевых ресурсов Камбоджи.

Это объясняется спецификой структуры комплексного наноструктурированного модификатора (НСМ), позволяющей активно формироваться новообразованиям за счет особенностей состава и строения глинистой породы. Глинистый компонент повышает реологию бетонной смеси, снижает водовяжущее отношение, а при синтезе новообразований «отдает» законсервированную часть жидкости при трещинообразовании, стимулируя «залечивание» микротрещин при эксплуатации бетона. Нано- и микродисперсные зерна базальта служат затравками при кристаллизации гидросиликатов кальция и связывают $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выделяющийся при гидратации алита. Мел способствует образованию гидрокарбоалюминатов кальция.

Результаты выполненных исследований, анализ полученных данных с учетом технико-экономической целесообразности работы позволили в дальнейших исследованиях принять наиболее оптимальным состав композиционного вяжущего на основе смешивания цемента (97 %), промышленной тонкости помола с суперпластификатором «Полипласт СП-1» (0,5 %), и НСМ, полученного совместным помолом компонентов в соотношении глина:базальт:мел =

2:2:1 в количестве 3 %, обеспечивающий в возрасте 28 суток активность 67,3 МПа.

Таким образом, вода, связанная в глинистых минералах в присутствии суперпластификатора способствует снижению водосодержания и В/В формовочной смеси при высокой пластичности. Микродисперсные зерна базальта при твердении служат затравками кристаллизации новообразований (гидросиликатов, гидроалюминатов и гидроалюмоферритов кальция) и связывают $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выделяющийся при гидратации алита. Карбонат кальция, участвуя в процессах гидратации, приводит к уплотнению системы, т. к. рост кристаллов гидрокарбоалюмината кальция сопровождается увеличением объема твердой фазы.

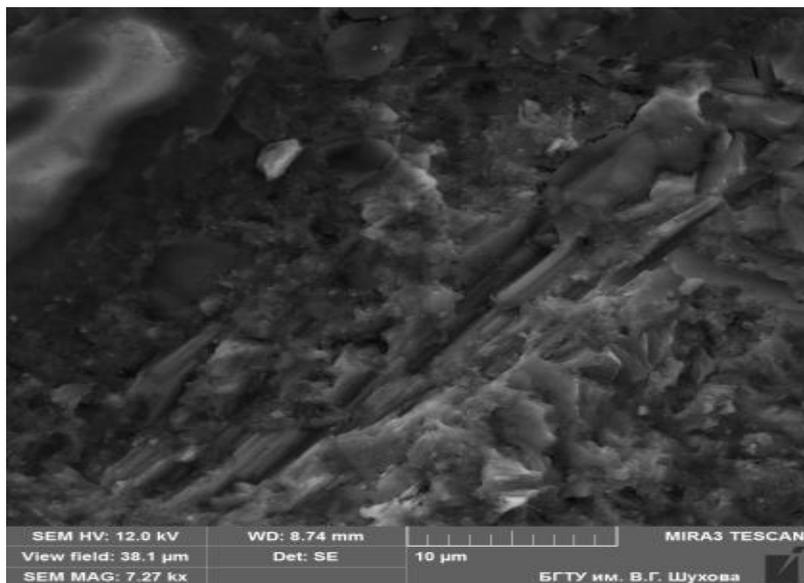
Установлен характер процессов структурообразования композиционного вяжущего, полученного путем введения в портландцемент суперпластификатора и наноструктурированного модификатора (с $S_{\text{вд}} = 600 \text{ м}^2/\text{кг}$), состоящего из базальта, мела, полиминеральной глинистой породы, смешанными в соотношении 2:2:1. Особенности состава и строения глинистой породы позволяют повысить реологию бетонной смеси; снизить водовязущее отношение, при синтезе новообразований; «отдавать» законсервированную часть жидкости при трещинообразовании, стимулируя «залечивание» микротрещин при эксплуатации бетона. Нано- и микродисперсные зерна базальта служат затравками при кристаллизации гидросиликатов кальция и, наряду с рентгеноаморфным глинистым веществом, связывают $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выделяющийся при гидратации алита. Мел способствует образованию гидрокарбоалюминатов кальция.

Введение в состав суперпластификатора «Полипласт СП-1» в присутствии НСМ существенно повышает водоудерживающую способность формовочной смеси и снижает ее расслаиваемость. Основное избирательное воздействие компонентов на процессы синтеза новообразований заключается в вытеснении ионов Ca^{+2} ионами Na^{+} в результате обменных реакций, протекающих одновременно с реакциями гидратации, что сопровождается существенным водоредуцирующим эффектом. При равной подвижности, смесь композиционного вяжущего с добавкой суперпластификатора отличается большей вязкостью, значительно меньшей расслаиваемостью и большей пластичностью по сравнению с традиционной бетонной смесью. Изготовление мелкозернистого бетона на таком вяжущем позволяет сократить время, и энерго- и материальные затраты на производство, получить бетоны с высокой водонепроницаемостью и морозостойкостью.

Микроструктура композиционного вяжущего с НСМ, полученного совместным помолом, характеризуется однородным составом с небольшим количеством пустот, заросших кристаллами размером 3-5 мкм, пронизывающих весь объем структуры материала (рис. 1, б).

Анализ микроструктуры показывает (рис. 1), что цементный камень с оптимальным содержанием НСМ имеет более плотную структуру, состоящую из низкоосновных гидросиликатов кальция. Структура цементного камня без добавки отличается высокоосновными гидросиликатами кальция и гексагональными пластинами портландита. Это обусловлено тем, что тонкодисперстные компоненты ускоренно связывают портландит, интенсифицируя протекание обменных реакций. Крупные же частицы НСМ, являющиеся центрами кристаллизации, играют роль микронаполнителя и уменьшают усадочные деформации. Существенной особенностью структуры цементного камня с НСМ является значительно меньшее наличие трещин.

а)



б)

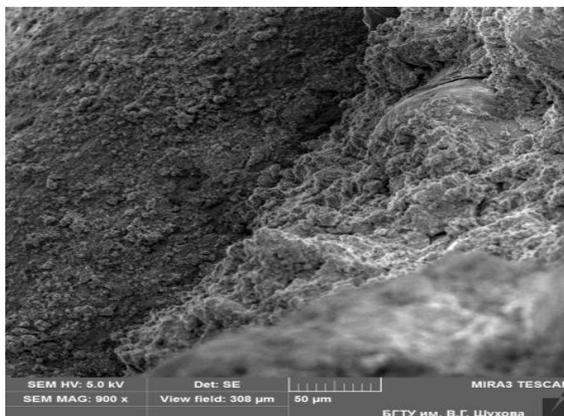


Рисунок 1 – Новообразования цементного камня: *a)* – чистый цементный камень; *б)* - цементный камень с оптимальной дозировкой НСМ

Добавка НСМ способствует как увеличению прочности материала при сжатии, так и ускорению набора прочности цементным камнем. Компоненты НСМ вступают в реакцию с гидроксидом кальция, высвобождаемым при гидратации портландцемента, что способствует ускоренному синтезу гидросиликата кальция. Высокая удельная поверхность также ускоряет протекание реакции новообразования, что уплотняет цементный камень, посредством заполнения пустот продуктами гидратации. Процессы синтеза новообразований приводят к упрочнению контактной зоны с заполнителем.

Заполнение пор быстрогидратирующимися гидроалюминатом и гидроалюмоферритом кальция обеспечивает уменьшение капиллярной пористости и водопроницаемости бетона. Высоконепроницаемый бетон можно получить при оптимальном содержании НСМ и сравнительно невысоком расходе портландцемента. Можно констатировать универсальность данной добавки как компонента, влияющего на тиксотропные свойства системы, посредством изменения размеров структурных ее элементов. Это обуславливает минимальное значение поверхностного натяжения между границами поверхностей, что способствует образованию большого числа точечных коагуляционных контактов и создания высоконаполненной системы с быстрым упрочнением. Влияние добавки распространяется на все стадии изготовления смеси и структурообразование твердеющего искусственного камня – от регулировки процесса схватывания и

твердения, до сокращения длительности технологического цикла производства изделий и ускорения твердения в монолитных конструкциях.

Выводы

Специфика их генезиса, техногенная обработка дают эффект активизации горной породы, как потенциального сырья для производства строительных материалов. Процесс активизации приводит к увеличению степени дефектности кристаллической решетки породообразующих минералов, а также к некоторой аморфизации породы и ее структурных зерен с частичной или полной деструкцией и увеличением удельной поверхности.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Nicke D. Изучение основных моментов в создании текстиль-бетона //В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 237-241.
2. Лесовик В.С., Ракитченко К.С., Петрухин В.А., Кулик Н.В. Применение современных высокоэффективных материалов при ремонте и реконструкции железобетонных градирен // В сборнике: Наука и образование в XXI веке сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции: в 8 частях. ООО «АР-Консалт». 2014. С. 150-152.
3. Бурьянов А.Ф., Фишер Х.Б., Рихерт Х., Новак С., Лесовик В.С., Строкова В.В. Упрочнение частиц гипса (дигидрата сульфата кальция) путем перекристаллизации // В сборнике: Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий VII Международная научно-практическая конференция. 2014. С. 214-220.
4. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х. Сродство структур - принцип проектирования составов ремонтных смесей // 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. 345-355.
5. Фишер Х.Б., Рихерт Х., Бурьянов А.Ф., Лесовик В.С., Строкова В.В. Перекристаллизация частиц гипса // 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. 248-253.
6. Лесовик В.С., Володченко А.А. Трансдисциплинарность - теоретическая основа создания интеллектуальных композитов // 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.В. Шухова. 2015. С. 218-226.
 7. Вайсера С.С., Пучка О.В., Лесовик В.С. Современные тенденции повышения качества и эффективности акустических и теплоизоляционных материалов // 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. 2015. С. 59-65.
 8. Дребезгова М.Ю., Лесовик В.С. Применение композиционного гипсового вяжущего в 3d-технологиях стройиндустрии // 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. 2015. С. 151-157.
 9. Прасолова Е.О., Лесовик В.С., Володченко А.А. Эффективное сырье для улучшения теплотехнических свойств ячеистых бетонов // 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. 2015. С. 531-536.
 10. 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. 2015. С. 537-542.

11. Фролова М.А., Лесовик В.С., Айзенштадт А.М. Термодинамическая совместимость компонентов строительных композитов на основе горных пород // В сборнике: Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия Материалы 8 международной научной конференции. Научно-издательский центр «Открытие». 2015. С. 151-155.
12. Wolodtschenko A.A., Lessowik W.S. HYDRAULISCH erhärtende "grüne" VERBUNDWERKSTOFFE AUF BASIS ENERGIE SPARENDER TONE // В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 1351-1356.
13. Lessowik W.S. Geonik. Geomimetikals grundlage für die synthese von intelligenten Verbundwerkstoffen // В сборнике: 19. INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL. 2015. С. 183-189.
14. Lesovik V., Frolova M., Mestnikov A. "Green" composites for north and arctic development // В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 1459-1463.
15. Лесовик В.С., Овсянников С.И., Федоренко А.В. Огнебиозащитные средства для деревянных строений и конструкций // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды международная научно-техническая конференция. 2015. С. 222-228.
16. Лесовик, Р.В. К проблеме использования техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов и изделий на их основе // Строительные материалы. 2007. № 10 С. 13-15.
17. Абрамовская И.Р., Айзенштадт А.М., Вишнякова Л.А., Лесовик В.С. Расчет энергоемкости горных пород как сырья для производства строительных материалов // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 10. С. 23–25.
18. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Новиков К.Ю. Совершенствование состава и свойств порошковых бетонов с техногенным сырьем // Вестник Белгородского государственного технологического института им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 19–24.
19. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С., Ковалева И.А., Баженова О.Г., Новиков К.Ю. К вопросу использования техногенного сырья в производстве порошковых бетонов на композиционных вяжущих // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды. Сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический институт им. В.Г. Шухова. 2015. С. 384–390.
20. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Присяжнюк А.П., Воронов В.В., Баженова О.Г., Якимович И.В., Саридис Я.В. Эффективные порошковые композиции на техногенном сырье // 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.406–411.
21. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья // Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 101–109.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ САМООЧИЩАЮЩИХСЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

**Губарева Е.Н., аспирант,
Огурцова Ю.Н., магистрант,
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Балицкий Д.А., студент,
Колбасин И.С., магистрант**

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

Одним из современных методов повышения архитектурной выразительности и экологической эффективности материалов с точки зрения устойчивости развития системы «человек – материал – среда обитания» является применение фотокатализаторов, обеспечивающих сохранение декоративных свойств поверхности отделочных и облицовочных материалов за счет ее очищения от органических загрязнителей различной природы [1]. На настоящий момент за рубежом фотокатализаторы применяются для широкого диапазона строительных материалов, как в виде покрытий, так и путем введения в матрицу материалов [2–4, 12–13]. Данное направление начинает развиваться и в России, как одно из инновационных, отвечающих современным требованиям экологичности композитов и обеспечивающих достижение принципиально новых свойств традиционных материалов, в данном случае, способности к самоочищению поверхности от загрязнений и очищению воздуха за счет использования наноматериалов и нанотехнологий [5–9].

Актуальным является применение фотокатализаторов для дорожных материалов. Во-первых, именно дорожные материалы в наибольшей степени подвержены загрязнению органическими веществами, источником которых являются выбросы дорожного транспорта. Во-вторых, значительная площадь дорожного полотна и непосредственный контакт с загрязнителями обуславливают эффективность применения фотокатализаторов для очищения воздуха. Стоит отметить, что стабильность фотокатализа во многом зависит от долговечности, целостности самого строительного материала. При этом, дорожное покрытие постоянно подвержено различным видам нагрузок, отрицательно влияющих на целостность дороги [10]. В настоящее время ведутся работы по возможности применения в дорожном строительстве

фотокаталитического бетона в составе дорожного полотна [11], а также в качестве пропитки пористого асфальта, в итоге представляющего собой полугибкую двухкомпонентную композицию [12]. Внедрение данного вида покрытия позволит повысить долговечность дорог за счет увеличения устойчивости к поверхностному износу и стойкой способности снижать концентрацию загрязнений.

Зарубежными исследователями был предложен способ получения фотокаталитического композиционного материала, содержащего титан и известняк, применяемого в составе цемента [3]. Одним из способов повышения самоочистки поверхности материалов, в частности стекол, является применение фотокаталитического диоксида титана, нанесение которого происходит методом катодного напыления на основу с последующей термической обработкой [4]. Предложен способ нанесения самоочищающегося покрытия, представляющего собой суспензию, в состав которой входят диоксид титана модификации анатаз, поверхностно-активное вещество, вода и пигментный порошок, на цементное изделие распылением [14]. В результате проведенных исследований обнаружено снижение интенсивности окраски органических красителей, имитирующих различные типы загрязняющих веществ.

В работе [15] фотокаталитический диоксид титана вводится в состав мелкозернистого бетона с оптимальной концентрацией 5 % по массе бетона. В ходе экспериментальной апробации разработанного фотокаталитического бетона установлено снижение концентрации загрязнителя атмосферного воздуха до 42 %.

Широко изучаются перспективы применения покрытий TiO_2 в виде пленок на различных подложках, например стеклах [16–18], полимерных субстратах – поликарбонате [19], а также в виде строительного раствора [12–13], наносимого в качестве краски, обрызга или штукатурки.

Несмотря на разнообразие способов получения фотокаталитических материалов каждый метод имеет недостатки, заключающиеся, в основном, в низкой фотокаталитической активности материалов, сложности получения покрытий, либо сложности распределения наночастиц в матрице материалов, повышением себестоимости материалов при невысокой способности к самоочищению. Кроме того, в исследованиях не уделяется значительного внимания долговечности данного процесса, т.е. сохранению способности к самоочищению при возможных деградационных процессах строительных материалов.

** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-3-50071.*

Список литературы:

1. Строкова В.В., Евстратов А.А., Огурцова Ю.Н., Кожухова М.И., Бондарева Е.Н. Перспективы производства и применения самоочищающихся строительных материалов в России // «Научные технологии и инновации» (XXI научные чтения): сборник Юбилейной международной научно-практ. конференции, посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. Ч. 3. С. 342–346.
2. Пат. 2503634 Российская федерация, МПКС 04 В 28/02, Е 01 С 7/35. Дорожное покрытие, обладающее способностью уменьшать загрязнения, и фотокаталитическая смесь для его приготовления [Текст] / Гуэррини Жан Лука, Грело Жан-Пьер; заявитель и патентообладатель ИТАЛЧЕМЕНТИ. № 2010148455/03; заявл. 28.04.2009; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. 13 с.: ил.
3. Пат. 2522370 Российская Федерация, МПК С 04 В 35/465, С 04 В 14/30, В 01 J 37/03. Фотокаталитические композиционные материалы, содержащие титан и известняк [Текст] / Анкора Ренато, Борса Массимо, Марки Маурицио Илер; заявитель и патентообладатель ИТАЛЧЕМЕНТИ С.П.А. № 2011103687/03; заявл. 31.07.2009; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19. 23 с.: ил.
4. Пат 2430897 Российская Федерация, МПК С 03 С 17/34. Незагрязняющий материал и способ его получения [Текст] / Нгьем Бернар, Загдун Жорж, Зондергард Элин, Гаррек Ронан, Ройер Эдди, Харченко Андрей, Лерарж Анн, Бартель Этьен; заявитель и патентообладатель СЭН-ГОБЭН ГЛАСС ФРАНС. № 2008120015/03; заявл. 20.01.2006; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28. 20 с.
5. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Головин С.Н., Боровик Е.Г. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16–20.
6. Череватова А.В., Кожухова Н.И., Осадчая М.С., Жерновский И.В. Особенности реотехнологических свойств наноструктурированного алюмосиликатного вяжущего в присутствии комплексных модификаторов различной природы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 9. С. 36–39.
7. Боцман Л.Н., Строкова В.В., Ищенко А.В., Боцман А.Н. Модифицирование бетона за счет введения различных добавок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 90–94.
8. Строкова В.В., Калатози Э.К., Нелюбова В.В. Разработка биостойкого материала строительного назначения // «Образование. Наука.

- Производство»: сборник докладов VII Международного молодежного форума. Белгород. 2015. С.604–608.
9. Костылёва О.А., Нелюбова В.В. Тенденции применения биоцидных добавок при производстве строительных материалов // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. Саратов. 2013. № 3. С. 136–138.
 10. Бабаев В.Б., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Расчет демпфирующей способности конструктивных слоев дорожной одежды с использованием методов моделирования // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. Саратов. 2014. № 4. С. 352–356.
 11. Ляпидевская О.Б., Фрайнт М.А. Фотокаталитический бетон для дорожного строительства // Вестник МГСУ 2014, №2. С. 125–130.
 12. Пат. 2465232 Российская Федерация, МПК С 04 В 28/00, С 04 В 22/04. Покрытия на основе гидравлического вяжущего с оптимальной реологией и высокой фотокаталитической активностью [Текст] / Алфани Роберт; заявитель и патентообладатель ИТАЛЧЕМЕНТИ С.П.А. № 2010107041/03; заявл. 24.07.2008; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30. 14 с.
 13. Заявка 2010107039 Российская Федерация, МПК С 04 В 28/02. Композиции цемента с высокой фотокаталитической активностью и улучшенной реологией [Текст] / ИТАЛЧЕМЕНТИ С.П.А.; заявитель Пепе Кармине, Гуэррини Джан Лука; № 2010107039/03; опубл. 24.07.2008; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. 3 с.
 14. Постникова О.А. Нанодисперсные добавки фотокаталитического и структурирующего действия для композиционных отделочных материалов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Постникова Ольга Андреевна. Воронеж, 2016. 166 с. Библиогр.: с. 145–161.
 15. Фрайнт М.А. Разработка фотокаталитического бетона для очистки атмосферного воздуха и обоснование экологической безопасности строительных конструкций на его основе [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.19 / Фрайнт Михаил Александрович. М. 2016. 105 с. Библиогр.: с. 97–104.
 16. Пат. 2477257 Российская Федерация, МПК С 01 G 23/047, В 01 J 21/06, В 01 J 19/12, В 01 J 35/10, В 82 В 1/00, В 82 В 3/00, В 01 J 37/02, В 01 J 37/34, С 03 С 25/10, С 03 С 25/16, С 03 С 25/42. Композиция на основе нанокристаллического диоксида титана, способ ее изготовления и способ применения композиции для получения фотокаталитического покрытия на стекле [Текст] / Зверева И.А., Калинкина Л.М., Родионов И.А., Санкович А.М.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ). № 2011152786/04; заявл. 26.12.2011; опубл. 10.03.2013, Бюл. № 7. 13 с.: ил.

17. Нарцев В.М., Осипенко Н.В., Зайцев С.В. и др. Исследование оптических свойств и оценка фотокаталитической активности TiO₂-покрытий, синтезированных методом магнетронного осаждения // Огнеупоры и техническая керамика. 2013. № 10. С. 3–8.
18. Нарцев В.М., Прохоренков Д.С., Осипенко Н.В. и др. Исследование свойств TiO₂-покрытий, формируемых с использованием вакуум-плазменных технологий // Фундаментальные исследования. 2012. № 11. С. 1195–1200.
19. Перменова Е.П. Пленки наноструктурированного диоксида титана для фотокаталитических и фотогальванических систем [Текст] : дис. ... канд. хим. наук : 02.00.04 / Перменова Елена Петровна. Воронеж. 2009. 104 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩЕГО КОМПОНЕНТА КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО

**Данилов В.Е., аспирант,
Айзенштадт А.М., д-р хим. наук, проф.**
*Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова*

Значительный интерес к исследованию наносистем на основе кремнеземсодержащих осадочных горных пород различного генезиса, отличающихся химическим и минералогическим составом, строением и морфологией поверхности, вызван необычными физико-химическими, механическими, теплофизическими и другими свойствами композитов, полученных с использованием этих образований. Данный факт открывает широкие перспективы их практического применения [1, 2]. В настоящее время создаются технологии производства наноматериалов и их применения, основанные на использовании нанодисперсного сырья и наносистем различного состава и строения, однако спектр подобных технологий в строительной индустрии пока не велик [3]. Области практического применения нанодисперсного вещества, полученного при обработке горных пород, только формируются [4]. Это связано в числе прочих причин и с тем, что получение достоверных данных по размерному распределению частиц, их морфологии, с учетом полидисперсности всей системы (с существенной долей вещества наноразмерного уровня) представляет значительную проблему. Можно подчеркнуть, что создание технологий производства материалов на основе нанопорошков невозможно без достоверных сведений об их размерных и структурных характеристиках.

Целью данной работы является сравнительный анализ результатов определения размеров частиц высокодисперсных образцов кремнеземсодержащих осадочных горных пород методом фотонно-корреляционной спектроскопии в различных дисперсионных средах после механического размола сырьевого материала.

В качестве объекта исследования был выбран речной полиминеральный песок (породообразующие минералы: кварц, кальцит, полевые шпаты, гипс, слюда) крупностью зерен от 1,6 до 1,8 мм, предварительно отмытый от глинистых включений. Образцы высушивали и доводили до постоянной массы при температуре 105 °С.

Среди различных дилуентов были выбраны вода, тетрагидрометан

(четырёххлористый углерод, CCl_4) и глицерин. Вода – сильно полярный растворитель с относительно низкой плотностью и вязкостью. Тетрахлорметан – неполярный растворитель с относительно высокой плотностью и низкой вязкостью. Глицерин – слабополярный растворитель с относительно высокой плотностью и вязкостью.

Диспергирование песка проводили путем механического сухого помола на планетарной шаровой мельнице Retsch PM100 размольными телами диаметром 2 см при скорости вращения ротора 420 об/мин в течении 40 минут. Размеры частиц определяли на анализаторе DelsaNano методом измерения динамического светорассеяния. Истинную плотность частиц песка находили пикнометрическим методом. Плотность дилуентов определяли ареометрическим методом. Показатель преломления находили рефрактометрическим методом на приборе РДУ. Динамическую вязкость определяли на вискозиметре Брукфильда. Удельную поверхность частиц порошка высокодисперсного материала определяли на приборе ПСХ-10а по методу газопроницаемости Козени и Кармана.

Скорость осаждения частиц высокодисперсного песка в воде определяли путем измерения расстояния пройденного слоем частиц за заданное время (рисунок 1).



Рисунок 1 – Определение скорости осаждения частиц в воде

Так за время 27 часов граница слоя частиц высокодисперсного песка сместилась вниз на 5 мм, следовательно скорость осаждения частиц составляет $5,1 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Экспериментально определенное значение скорости осаждения частиц высокодисперсного песка позволило рассчитать из закона Стокса (1) их средний диаметр, который равен 297 нм.

$$d = \sqrt{\frac{18\mu\omega_0}{(\gamma - \gamma_1)g}} \quad (1)$$

где ω_0 – скорость осаждения частиц, м/с - $5,1 \cdot 10^{-8}$;

γ – плотность осаждаемой частицы, кг/м³ - 2070;

γ_1 – плотность среды, кг/м³ - 998,2;

g – ускорение силы тяжести, м/с² - 9,81;

μ – динамическая вязкость среды, Па·с - $1,005 \cdot 10^{-3}$.

По результатам определения истинной плотности опытных образцов высокодисперсного песка получено следующее значение – 2070 кг/м³, что хорошо согласуется с литературными данными. По результатам определения удельной поверхности и среднемассового диаметра на приборе ПСХ-10а получены следующие значения: 1167 м²/кг и 2484 нм соответственно.

Результаты определения свойств дисперсионной среды и частиц дисперсионной фазы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты определения свойств растворов глицерина, размера и дзета-потенциала частиц песка (при 20°С)

Дильуэнт	ρ , г/см ³	n	μ , сП	ε [5]	m, Д	\bar{d}_n , нм	\bar{d}_w , нм
Вода	0,9982	1,3330	1,005	80,37	1,84	652±181	2245
ССl ₄	1,5954	1,4607	0,969	2,238	0	184±35	7736
Глицерин	1,2604	1,4729	1410	41,14	0,28	130±27	327

ρ – плотность, n – показатель преломления, μ – динамическая вязкость, ε – диэлектрическая проницаемость, m – дипольный момент молекулы, \bar{d}_n - среднечисленный размер частиц, \bar{d}_w - среднемассовый размер частиц.

Графики распределения частиц по размерам в различных дисперсионных средах представлены на рисунках 2, 3 и 4.

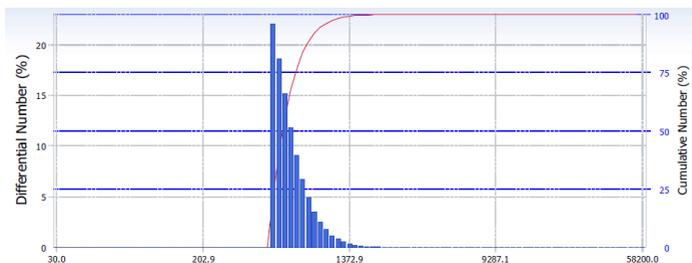


Рисунок 2 – График распределения по размерам частиц в воде

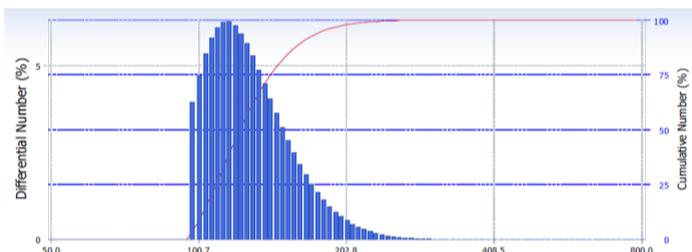


Рисунок 3 – График распределения по размерам частиц в глицерине



Рисунок 4 – График распределения по размерам частиц в CCl₄

Сопоставляя результаты исследований определения размера частиц высокодисперсного песка в различных дилюентах можно выделить следующие положения:

1. Результаты определения среднемассового диаметра частиц, полученные методом динамического рассеяния света в воде (2245 нм) хорошо согласуется с результатами, полученными по методу газопроницаемости Козени и Кармана (2484 нм).
2. В тоже время, рассчитанное из закона Стокса значение среднего диаметра частиц (297 нм) лучше всего согласуется с

результатами полученными в глицерине (327 нм). В этом случае график распределения по размерам частиц в глицерине имеет более симметричный вид.

3. Только комплексный подход к определению размеров частиц в полидисперсных системах с высоким содержанием ультрадисперсного вещества, базирующийся на методе динамического светорассеяния и использовании различных дилуентов, может дать надежную информацию о размерных характеристиках и фракционном распределении.

Список литературы:

1. Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А. Основные направления фундаментальных и ориентированных фундаментальных исследований в области наноматериалов // Альтернативная энергетика и экология. 2009. №6. С. 39–67.
2. Лесовик В.С., Строкова В.В. О развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» // Строительные материалы. 2006. № 9. / Наука № 8. С. 18–20.
3. Королев Е.В. Нанотехнология в строительном материаловедении. Анализ состояния и достижений. Пути развития // Строительные материалы. 2014. №11. С. 47–50.
4. Данилов В.Е., Айзенштадт А.М. Комплексный подход к оценке наноразмерных фракций полидисперсных систем измельченных горных пород // Нанотехнологии в строительстве, 2016, Том 8, № 3, с. 97-110.
5. Рабинович В.А., Хавин З.Я. "Краткий химический справочник" Л.: Химия, 1977 стр. 185-186.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Дмитриев Ю.А., магистрант,
Загороднюк Л.Х., д-р техн.наук, проф.,
Лесовик В.С., д-р техн.наук, проф.,
Куприна А.А., канд.техн.наук,
Ковтун М.М., канд.техн.наук**

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

Ремонт и реконструкция зданий и сооружений для многих государств является жизненно важной проблемой. Для проведения ремонтных работ и содержания строительных объектов в соответствии с современными требованиями, необходима разработка и использование ремонтных составов нового поколения. В настоящее время при данных видах работ используются материалы, которые не могут в полной мере удовлетворять требованиям по надежности и долговечности строительных конструкций. Это обеспечивает его высокую технико-экономическую эффективность при применении в строительстве, при ремонте и реконструкции.

При строительстве зданий и сооружений необходимо создавать прочные сочленения элементов конструкций, которые могут быть представлены кладкой из различных материалов. Проведение монтажа крупнопанельных, крупноблочных и монолитных зданий и сооружений, выполнение наружной отделки требуют создания прочного и надежного промежуточного слоя раствора, скрепляющего различные материалы, обеспечивающего защитное покрытие и долговечность конструкции в целом. Одной из основных причин разрушения контактного слоя основного и отделочного материалов является значительная разница в коэффициентах. Для создания надежной совместной работы базового и отделочного слоев необходимо их проектировать с учетом закона сродства структур. Разработка эффективных отделочных материалов на основе сухих строительных смесей и их рациональное применение при строительстве и ремонте зданий и сооружений в соответствии с законом сродства структур позволит коренным образом улучшить эксплуатационные характеристики и долговечность композитов. Сродство структур в материаловедении базируется на основных свойствах и закономерностях, присущих базовому и отделочному материалу и необходимой совокупности свойств, обеспечивающих

совместные гарантированные свойства контактному слою для надежной и долговечной эксплуатации конструкции. Рассматривая суть средств структур строительных композитов, в первую очередь, приняты во внимание минеральный, химический составы и генезис составляющих элементов, из которых созданы эти материалы. Существенное влияние на создание контактного слоя оказывают генетические особенности базового и отделочного материалов, в связи с этим следует подбирать сырье с учетом их генезиса, что позволит регулировать реакцию способность составляющих элементов в системе с учетом поставленных задач. Кроме того, за счет генезиса сырья можно формировать структуру отделочного слоя с требуемым к.т.р., приближающимся по показателю к базовому слою материала [1-5].

Использование закона средства структур при проектировании ремонтных смесей позволяет получить растворы с заданными технологическими, физико-механическими и эксплуатационными свойствами за счет формирования системы из составляющих его элементов: заполнителя, наполнителя, эффективного вяжущего и функциональных добавок, при твердении которой синтезируется композит, идентичный на нано-, микро- и макроуровне ремонтируемой матрице [6-12].

Традиционные бетоны имеют недостаточно высокие физико-механические показатели при изгибе, растяжении и разрыве, кроме того, желательны повысить и деформативность бетона. Поэтому рассмотрим применение такого композиционного вяжущего для ремонта и восстановления строительных конструкций как фибробетон. Композит имеет существенно более высокие показатели: прочность при растяжении, модуль упругости, призмную прочность, истираемость, водопоглощение. Это обеспечивает его высокую технико-экономическую эффективность при применении в строительстве, при ремонте и реконструкции. [13-20]

Для бетона, работающего в несущих конструкциях зданий и сооружений, требуется, чтобы достаточная механическая прочность сочеталась с деформационной устойчивостью, т.е. с его способностью противостоять возникновению и развитию необратимых деформаций, или появлению и росту микротрещин. Известно, что введение стальной фибры в бетон позволяет получить материал – сталефибробетон с высокими физико-механическими и деформативными характеристиками. Установлено, что контактная зона «цементный камень – фибра» характеризуется плотным обрастанием продуктами гидратации армирующих элементов, что свидетельствует о прочном

сцеплении волновой фибры и композиционного вяжущего. Выявлено, что армирующие элементы достаточно прочно остаются в теле образца после испытаний на разрыв, что свидетельствует о высокой адгезии композиционного вяжущего и фибры. Для реконструкции и ремонта зданий и сооружений применяется широкий спектр классов бетонов. В зависимости от назначения и использования бетонов в различных элементах конструкций и специфических условий его эксплуатации, был разработан номенклатурный ряд составов фибробетонов для разных видов ремонтных работ. Фибробетон, приготовленный на цементе, в отличие от фибробетона, приготовленного на композиционном вяжущем, имеет менее прочное сцепление фибры и цемента в контактной зоне, структура самой зоны контакта более рыхлая и пористая. Образцы фибробетона, приготовленные на цементе, имеют менее густое зарастание пор и пустот и менее плотное обрастание продуктами гидратации армирующих элементов. После испытаний образцов фибробетонов на разрыв фибра, находящаяся в фибробетоне, приготовленном на цементе, заметно отличается от фибры в образцах на основе композиционного вяжущего, так в образцах, приготовленных на цементе, после испытаний заметны явно выраженные волновые участки, свидетельствующие о нарушении сцепления фибры с цементным камнем, что не наблюдается в фибробетоне на композиционном вяжущем. Экономическая эффективность производства и применения высококачественных мелкозернистых фибробетонов на основе композиционных вяжущих, заключается в снижении себестоимости бетона по сравнению с традиционно применяемым бетоном. Применение высококачественного мелкозернистого фибробетона будет способствовать не только удешевлению строительства, но и улучшению экологической обстановки.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов // Вестник РААСН. 2014. № 18. С.112-119.
2. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267-271.
3. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов, А.Ю. Щекина, А.А. Куприна // Строительные материалы. 2014. № 7. С.82-85.

4. Лесовик В.С. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Р. Гайнутдинов // Вестник РААСН. 2014. С. 93-98.
5. Загороднюк Л.Х. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей / Л.Х.Загороднюк, В.С. Лесовик, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25-31.
6. LesovikV.S. Creating Effective Insulation Solutions, Takinginto Accountthe Lawof Affinity Structuresin Construction Materials /Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Shkarin A.V, Belikov D.A., Kuprina A.A..//World Applied Sciences Journal T.24 № 11, С.1496-1502, 2013.
7. 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, Shakarna M.H.I.// Life Sci J 2014;T.11№ 12, С.948-953.
8. Лесовик В.С. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих: монография / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк,Г.Г. Ильинская, Д.А. Беликов.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 147 с.
9. Лесовик В.С. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова, Л.Х. Загороднюк // Научные технологии и инновации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.- Ч. 3.- С. 242-246.
10. Загороднюк Л.Х. Практика использования закона сродства структур для проектирования эффективных композитов / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.Ю. Попов, Е.С. Глаголев // Научные технологии и инновации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 156-163.
11. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Володченко А.А., Воронов В.В., Кучерова А.С. Теоретические основы создания сухих строительных смесей. Вестник БГТУ. 2016. № 9. С. 40-52.
12. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Воронов В.В., Чулкова И.Л., Куприна А.А., Павленко О.А. Особенности твердения строительных растворов на основе сухих смесей. Вестник БГТУ. 2016. № 10. С. 32-36.
13. Глаголев Е.С., Лесовик Р.В., Ключев С.В., Богусевич В.А. Деформативные свойства мелкозернистого бетона // Строительные материалы. 2014. № 1-2. С. 113-115.
14. Гридчин А.М., Лесовик Г.А., Авилова Е.Н., Глаголев Е.С. Решение проблемы утилизации техногенного сырья кма // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 7-10.
15. Романович А.А., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Технология получения вяжущих с использованием техногенных отходов // Вестник

- Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 102-105.
16. 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 «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
 17. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В. Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
 18. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
 19. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
 20. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ РАСТВОРОВ

**Загороднюк Л.Х., д-р техн.наук, проф.,
Гридчин А.М., д-р техн.наук, проф.,
Дмитриев Ю.А., магистрант,
Лесовик Г.А., канд.техн., доц.,
Мельников М.Ю., аспирант**

*Белгородский государственный технологический
Университетим. В.Г. Шухова*

Мировой и отечественный опыт показал высокую эффективность применения сухих ремонтных смесей и их преимущества по сравнению с традиционными растворами на основе цемента и песка. Использование такого рода материалов позволяет с высокой производительностью и в сжатые сроки проводить ремонтные работы в различных отраслях. Предназначение сухих смесей, как и эксплуатационные особенности, напрямую зависит от состава. По назначению их можно разделить на несколько основных и специальных видов. К основным видам относятся, прежде всего, кладочные, плиточные, штукатурные смеси для внутренних и фасадных работ, смеси для устройства стяжек или наливных полов. В свою очередь, к числу специальных сухих строительных смесей относятся составы, используемые для укрепления основания, гидроизоляционные смеси, составы для работы на мокрых или засоленных поверхностях, смеси для заделки стыков, составы для фасадных работ, шпаклевочные, пескобетонные смеси. Дефекты бетонных и железобетонных изделий и конструкций, как правило, возникают в процессе эксплуатации под влиянием механических воздействий, вибраций, агрессивных сред, поэтому, для формирования безусадочной долговечной цементной матрицы ремонтного раствора в рецептурах этих материалов предпочтительней использовать цементы на основе клинкера нормированного состава.

Направленное структурообразование микро- и макроструктуры растворов осуществляется использованием комплекса добавок модификаторов и оптимальным фракционным составом заполнителей и наполнителей.[1-10] При выборе материалов для конструкционного ремонта всегда следует учитывать, что выбранный ремонтный материал должен обеспечить прочностные характеристики и совместимость с телом бетона существующей конструкции, что является гарантией

качества ремонта. Это соответствие является обязательным, так как ремонтная система должна выдерживать все усилия и напряжения, возникающие в процессе эксплуатации, не теряя своих заявленных характеристик, и не разрушаясь от воздействия внешних агрессивных факторов, действующих в конкретных условиях окружающей среды в течение заданного времени. Кроме этого, коэффициенты линейного расширения ремонтного состава и ремонтируемого бетона должны быть одинаковы, так как их различие более чем в 1,5 раза приводит к значительным напряжениям в контактной зоне и является причиной коробления, шелушения, растрескивания ремонтного материала.

Ремонт железобетонных конструкций предполагает создание композитной системы, основными элементами которой являются тело бетона существующей конструкции, контактная поверхность и ремонтный материал. В связи с этим главным свойством ремонтного материала на основе сухих строительных смесей является обеспечение совместимости, безупрочности и высокой адгезии с телом бетона существующей конструкции.

Использование сухих смесей при проведении строительно-отделочных и ремонтных работ, наконец-то, стало нормой и в нашей стране. Материалы для устройства полов, гидроизоляционные и ремонтные составы, клеи для керамической плитки и натурального камня, затирки для швов (фуговки), штукатурные смеси самого разного назначения - вот далеко не полный перечень продуктов, поставляемых в форме сухих смесей.

Современные сухие ремонтные смеси - это не просто цемент с песком, а продукт наукоемких технологий, применение которого позволяет не только значительно увеличить производительность труда, но и получить совершенно иные качественные результаты, недостижимые в случае использования традиционных цементно-песчаных смесей. Естественно, что производители хранят рецептуры своих смесей в глубочайшей тайне, но общие принципы формирования специфических характеристик материалов, а также компоненты, входящие в них, хорошо известны. В составе модифицированных сухих смесей можно выделить четыре основные группы компонентов: минеральные вяжущие, инертные наполнители, добавки для получения специальных свойств, в том числе, водоудерживающие, а также полимерные связующие, которые работают в том же направлении, что и минеральные, но имеют совершенно иной механизм действия.

По содержанию основных компонентов (вяжущих веществ, заполнителей, наполнителей) и добавок, в зависимости от

проектируемого уровня свойств и целевого назначения составы сухих строительных смесей находятся в широких пределах концентраций каждого из компонентов.

При проектировании составов сухих строительных смесей основными условиями обеспечения необходимого уровня свойств, как растворных смесей, так и затвердевших растворов, являются: выбор вяжущего, выбор вида и гранулометрии заполнителей и наполнителей и обоснование применения функциональных добавок. Эти три условия равноценны для гарантии получения заданного уровня свойств.

Большинство рецептур сухих строительных смесей базируется на применении портландцемента. К применению рекомендуются цементы высокопрочные (М500 и выше), быстротвердеющие (прочность за 2 сут > 25 МПа) и бездобавочные (ПЦ ДО) с удельной поверхностью $S_{уд} > 450$ м²/кг. Именно такие цементы обеспечивают необходимую кинетику формирования свойств в условиях тонкослойной технологии» при минимальном расходе дорогих функциональных добавок. Однако в ряде случаев используют и рядовые цементы с минеральными добавками. Значительное количество рецептур базируется на применении глиноземистых цементов, обеспечивающих быстрое нарастание прочности, а также смесей портландцемента и глиноземистого цемента как приема обеспечения быстрого схватывания и ранней прочности. В некоторых рецептурах применяют специальные цементы: декоративные, напрягающие и др.

Для получения сухих смесей и повышения эффективности использования цемента в бетоне применяют композиционные вяжущие вещества. В этих материалах к основному вяжущему компоненту добавляют специальные добавки и активные минеральные компоненты, в том числе обладающие вяжущими свойствами [11-20].

При этом добиваются как существенного улучшения реологических свойств цементного теста, так и прочности и других свойств вяжущего и бетонов на его основе. Реологические свойства цементного теста, оцениваемые по его нормальной густоте, оказывают существенное влияние не только на подвижность бетонной смеси, но и на прочность бетона, приготовленного на этом цементе. Цементы с меньшей нормальной густотой позволяют получать изопластичные бетонные смеси при пониженном водоцементном отношении, что обеспечивает большую плотность структуры бетона и его прочность. Для снижения нормальной густоты цемента в него вводят пластифицирующие добавки. Наиболее эффективно применение так называемых суперпластификаторов, уменьшающих нормальную

густоту цемента на 30...50%. Суперпластификаторы вводят при совместном помоле цемента с сухой добавкой, что обеспечивает как бы капсулирование зерен цемента суперпластификатором и позволяет эффективно вводить в цемент большее количество суперпластификатора, чем при его введении в бетонную смесь, когда молекулы воды, занимая часть поверхности зерен цемента, уменьшают дозу суперпластификатора на их поверхности.

Для создания ремонтных растворов с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами необходимо использовать существующие теоретические подходы к их проектированию.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
2. Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород, 2005.
3. 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.
4. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
5. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
6. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
7. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Елистраткин М.Ю., Прасолова Е.О., Воронов В.В., Глаголев Е.С. Эффективные зеленые композиты с использованием неорганических пластификаторов // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 85-89.

8. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
9. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
10. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
11. Лесовик В.С. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов // Вестник РААСН. 2014. № 18. С.112-119.
12. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267-271.
13. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов, А.Ю. Щекина, А.А. Куприна // Строительные материалы. 2014. № 7. С.82-85.
14. Лесовик В.С. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Р. Гайнутдинов // Вестник РААСН. 2014. С. 93-98.
15. Загороднюк Л.Х. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25-31.
16. 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 T. 24 №11. С. 1496-1502.
17. 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, Shakarna M.H.I.// Life Sci J 2014;T.11№ 12.C. 948-953] (ISSN:1097-8135).
18. Лесовик В.С. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих: монография / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Г.Г. Ильинская, Д.А. Беликов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 147 с.
19. Лесовик В.С. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова, Л.Х.

- Загороднюк // Научные технологии и новации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 242-246.
20. Загороднюк Л.Х. Практика использования закона сродства структур для проектирования эффективных композитов / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.Ю. Попов, Е.С. Глаголев // Научные технологии и новации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 156-163.

ЭФФЕКТИВНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

**Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Кучерова А.С., аспирант,
Аль-Машрафи Али Нассер Али, аспирант,
Науменко Н.А., студент,
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова**

Воздействие погодных условий и механические нагрузки предъявляют повышенные требования по устойчивости к покрытиям из природного камня на подъездных дорожках, террасах или балконах. Высокие термические нагрузки также оказывают сильное влияние на долговечность покрытия в целом. Если растворы для укладки или материалы для заполнения швов, являющиеся составными частями покрытия, недостаточно эластичны, повреждений не избежать [1-4].

Поэтому еще перед началом планирования строительных работ следует определить, каким нагрузкам будет подвергаться конкретная поверхность из природного камня. Чтобы на долгое время также избежать выцветаний или образования пятен, следует укладывать природный камень профессионально, с использованием соответствующих растворов для подстилающего слоя и заполнения швов. Кроме того, некоторые породы природных камней не обладают высокой стойкостью при промерзании и использовании солей для посыпания дорог. Такие породы могут использоваться снаружи только на поверхностях с пешеходными нагрузками, не подверженных транспортным нагрузкам. Необходимо следить за тем, чтобы на поверхностях из подобных пород не застаивалась вода. Уклон поверхности покрытий должен быть как можно больше и обеспечивать ее быстрое высыхание.

Общепринятым способом укладки природного камня сегодня является укладка на толстый слой раствора. Традиционная технология мощения из гранитной брусчатки и плит предполагает устройство подстилающего песчаного или пескоцементного слоя, укладку камней (плит) и заполнение швов между ними. Следует обратить внимание на следующие недостатки такого способа мощения. Подстилающий слой с течением времени подвержен перемешиванию с нижними слоями основания, вымыванию водой, проникающей через швы. В результате на мощении могут появляться провалы – нарушается горизонтальность покрытия. Во время эксплуатации, под действием внешних воздействий

(движение, атмосферные осадки), песок выносится из швов мощения, и они открываются. Дорожное покрытие становится не комфортным для ходьбы, а в швах между камнями собирается грязь, прорастают сорные травы, заводятся насекомые. Кроме того, отдельные камни под действием внешних нагрузок могут потерять устойчивое положение, начать расшатываться, что может привести к их выпадению из покрытия.

Избавиться от вышеперечисленных проблем можно за счет применения для устройства мощения специальных растворов на основе вяжущих. Среди растворов на основе вяжущих на рынке в России наиболее представлены растворы «tubag» компании «Квик-микс».

Растворы изготавливаются на основе трассово - цементных вяжущих, а также вяжущих их синтетических смол. Особенность растворов заключается в применении трасса, что улучшает его свойства. Трасс-горная порода из группы вулканических туфов. Трасс используется в качестве добавки к извести и цементу для изготовления вяжущих, с целью улучшения физических свойств строительных растворов.

Растворы tubag образуют комплексную систему для устройства дорожного покрытия. Для подстилающего слоя, во всех случаях, применяются водопроницаемые (дренажные) растворы. Для улучшения сцепных свойств элементов мощения с подстилающим слоем используются адгезионные составы. Растворы для заполнения швов могут быть водопроницаемые или водонепроницаемые. Водопроницаемые растворы для заполнения швов (вяжущее - реактивные смолы на основе эпоксидной смолы) отличаются пористой структурой, через которую жидкость свободно проходит в нижележащие слои, а далее отводится через дренажную систему. Водонепроницаемые растворы (вяжущее - цемент) могут быть песочного, каменно-серого или цвета базальта; водонепроницаемые – серого, светло-серого, антрацита или бежевого цвета. Применение шовного раствора определенного цвета в сочетании с камнями/плитами позволяет получить определенный эстетический эффект. Растворы оптимально подходят для природных камней (брусчатки, шашки, булыжника), клинкера, многоугольных и калиброванных плит. На объект строительства материалы могут поставляться в мешках в виде сухой смеси, в мешках в комплекте с отвердителями или в готовом виде в вакуумных упаковках (банках) небольшой емкости. Инструкция по применению приводится на упаковке. Сухая смесь затворяется водой в

необходимой пропорции и тщательно перемешивается до требуемой консистенции.

Растворы для мощения tubag обеспечивают надежную фиксацию камней/плит в покрытии и долговечное твердое заполнение швов различных размеров (от 3 мм до 50 мм). Материал заполнения швов не выносится с покрытия под действием внешних воздействий: нагрузок, воды под высоким давлением, уборки уличными пылесосами. Помимо значительного повышения долговечности покрытия, выполненного с применением растворов на основе вяжущих, повышаются его эстетические качества.

Большинство известных повреждений при укладке толстым слоем раствора возникают по причине недостаточного сцепления между раствором и покрытием (между раствором и основанием или раствором и плитой из природного камня). Зачастую свойства натурального камня при укладке не учитываются. Чем менее пористым является камень, тем сложнее достичь достаточного сцепления его с раствором и основой. Укладку магматических и метаморфических пород рекомендуется производить с помощью модифицированного раствора, такого как TNM-Vario FX. При укладке способом «свежее по свежему» используют раствор-шлам TNH-flex для повышения адгезии природного камня.

Для обеспечения прочного сцепления между покрытием из природного камня и слоем раствора следует очистить изнаночные стороны плит от растворимых веществ – пыли, патины, растворимых слоев камня или масляных покрытий. Гладким изнаночным поверхностям следует придавать шероховатость.

Следует обратить внимание на укладку плит из природного камня с точки зрения сцепления, однако необходимо учитывать, что при непрофессиональной укладке природного камня на толстый слой раствора возможно выцветание и изменение оттенков. Причиной возникновения подобных дефектов является наличие влажности в толстом слое раствора. Таких повреждений можно избежать, также используя герметизирующий, адгезионный и эластичный раствор-шлам TNH-flex.

Еще один важный аспект – предотвращение перемещения воды в несущем или подстилающем слое. Это достигается благодаря использованию дренажного раствора TDM, прерывающего капиллярный поток. Для приготовления подобных дренажных растворов также используются высокосортный щебень зернистостью 2–

4 мм и специальная трассовая смесь для дренажного раствора ТСЕ в качестве вяжущего.

Растворы для укладки природного камня NVL 300, TNM-Vario FX и высоководопроницаемые трассовые дренажные растворы TDMиТСЕ обладают большой прочностью и надежностью.

Для создания прочных, надежных и долговечных растворов для дренажных систем необходимо учитывать накопленный опыт по созданию эффективных строительных композитов [5-15].

В современных условиях возникает острая необходимость создания отечественных эффективных растворов для дренажных систем.

Список литературы:

1. Дегтярев Б.М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. М.: Стройиздат, 1990. 238с.
2. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
3. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт. – М.: Мысль, 1988. 234 с.
4. Черняева Е.В. Приемы в ландшафтном дизайне: азбука ландшафтного дизайна / Е.В. Черняева. – М.: Кладезь-Букс, 2008. 128 с.
5. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов // Научно-технические инновации и инновации: Сб. докл. Международной научно-практич. конференции, посвященная 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. 2014. Ч.3. С. 156-163.
6. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном строительстве// Учебное пособие. 2012. 190 с.
7. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении// Фундаментальные исследования. 2014. № 3.Ч. 2. С. 112-119.
8. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Толстой А.Д., Володченко А.А. Сродство структур как теоретическая основа проектирования композитов будущего//Строительные материалы.2015. №9. С. 28-36.
9. Лесовик В.С., Строкова В.В., Кривенкова А.Н., Ходыкин Е.И. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород / // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С.25 – 27.
10. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Яковлев Е.А., Шейченко М.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2009. №1. С.30 – 33.
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. №1. С.90-94
12. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения / Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова . 2011. №1. С.64– 68.
 13. 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.
 14. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении / Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267-271.
 15. 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.
 16. 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.
 17. 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.

ОБЪЕКТИВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПЕРЕХОДА К КОМПОЗИЦИОННЫМ ВЯЖУЩИМ

**Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доц.,
Елистраткин М.Ю., доц.,
Лашина И.В., магистрант,
Масанин О.О., магистрант**

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

Среди строительных материалов в прошлом столетии лидирующее место во всем мире занимал бетон. В мире ежегодно укладывают около 15 млрд. м³ бетона, в 20 веке только в России было использовано более 21 млрд. м³ бетона и железобетона. На его производство ушло более 70% всего выпущенного цемента и 30% нерудных строительных материалов. В стоимостном выражении на бетон и железобетон приходится около 60% от стоимости всех применяемых в строительстве материалов. Эффективность работы отрасли производства бетона и железобетона в значительной мере определяет уровень всей промышленности строительных материалов. [1-9]

На смену безграничному «техническому прогрессу» мировое сообщество выдвинуло концепцию устойчивого развития современной цивилизации, учитывающую интересы грядущих поколений. В этих условиях материалам и технологиям в области строительства должны быть присущи все признаки пятого технологического уклада в мировом развитии, утвердившегося в развитых странах. Этот уклад предполагает гуманизацию и экологизацию технологий, высокий уровень автоматизации и компьютеризации процессов, ресурсо- и трудосберегающий тип воспроизводства, деконцентрацию производства т.е. в основу концепции «устойчивого развития строительства» закладываются критерии – ресурсо- и энергосбережение, охрана окружающей среды.

Почти все проблемы связанные с отрицательным воздействием бетона на окружающую среду, так или иначе, связаны с его цементной составляющей. Поэтому чрезвычайно важно с экологической точки зрения использование в производстве бетона отходов энергетики, металлургии и других отраслей. Накопление этих отходов в России со всеми неблагоприятными последствиями существенно опережает

объемы их переработки. Цементная промышленность одна из главных отраслей строительных материалов, где техногенные продукты используются максимально. В качестве сырья широко применяются отходы таких химических производств, как алюмосиликатное (использование золы ТЭС и углеотходов). Чаще всего для производства цемента применяют породы горно-обогатительных комбинатов. Известно использование в качестве сырьевого компонента хвостов обогащения железных руд, электротермофосфорных шлаков, но более всего доменных гранулированных шлаков – как активной минеральной добавки. Комплексное использование сырья и техногенных продуктов позволяет увеличить выпуск многих видов продукции на 25-30 %, снизить ее себестоимость в 2-4 раза. Проблема утилизации крупнотоннажных отходов интернациональна. В США объем утилизации техногенных продуктов превышает 20 %, во Франции 62 %, в Германии 76,5 %. Похожая картина в Болгарии и Польше.

Таким образом, дальнейшее развитие технологий бетона и железобетона, в рамках концепции «устойчивого развития», связано с использованием композиционных цементов, в вещественном составе которых возможно применение тонкодисперсных наполнителей, в том числе техногенного происхождения.

В виду того, что энергетические затраты в технологиях строительных материалов составляют большую часть на изготовление цемента, цементная промышленность сейчас, как никогда, заинтересована в снижении расхода топлива и электроэнергии на тонну производимого цемента. При этом технологический потенциал снижения энергоемкости практически исчерпан.

Энергетический кризис 70-х годов прошлого столетия повлиял на то, что ученые начали искать новые резервы для развития промышленности, добавлять в цемент много дополнительных компонентов. По материалам Международной конференции, проходившей в Лиллехаммере, для достижения дальнейшего снижения энергозатрат и одновременного повышения экологической безопасности изготовления цемента и бетона, цементная промышленность Европы в последнее время сконцентрировалась на расширении использования вторичного топлива и увеличении производства композиционных вяжущих.

Цемент с добавками изготавливался уже с 1868 года, когда в России был создан первый завод. В советское время производство росло по 25-27 млн. тонн в год и к 1990 году достигло 140 млн. тонн. Состав цемента менялся (табл. 1). В российской цементной промышленности в

период реформ 1991-2004 гг. резко снизилось использование техногенных материалов – с 31 млн.т. – в 1991 гг. до 16 млн.т. – в 2012г.

Таблица 1 – Ассортимент цемента

Год	Объем выпуска цемента, млн.т	Тип цемента					Ссылка
		Бездобавочный ПЦ (% от объема выпуска)	С минеральными добавками ПЦ-Д20		Шлакопортландцемент ШПЦ		
			% от общего объема выпуска	% содержания минеральных добавок	% от общего объема выпуска	% содержания минеральных добавок	
1950	10,2	-	-	-	-	32,4	21
1960	70,0	-	-	-	-	31,2	21
1970	95,3	63,9	34,1	24,2	27,4	30	20
1980	125,0	68,6	28	23,2	35	28,7	21
1990	84,5	71,6	28,4	20-23	23,7	22-23	21
2000	32,4	-	-	21,7	-	18,7	20
2005	48,5	91,8	80	18,0	6,1	10,6	21,23
2007	60,0	72,3	27,5	18,0	25,2	39-53	10

Вследствие этого на 11-12% повысилась доля клинкера в цементе и соответственно возросли удельные материальные, энергетические и трудовые затраты на выпуск цемента и его себестоимость.

В качестве сырья и добавок в цементной промышленности в настоящее время используется 4,5 млн. т. доменных гранулированных шлаков при имеющихся ресурсах в стране около 6,5 млн. т.

Сейчас в Европе идут изменения в номенклатуре производимых и потребляемых цемента в сторону композиционных вяжущих по экологическим и экономическим причинам.

Развитие этого направления было ускорено введением нового европейского стандарта EN 197-1, который теперь стандартизировал 27 разных типов цемента общестроительного назначения. В соответствии с EN 197-1 наряду с клинкером в качестве основных составляющих цемента могут применяться гранулированный доменный шлак, пуццоланы, золы-уноса, обожженный сланец и силикатная пыль, образующаяся при производстве силициевых и ферросилициевых сплавов.

Во Франции выпуск бездобавочную портландцемента составлял всего одну четверть от общего объема. Среднее количество добавок в 1980 году во французской продукции составляло 23%, а в настоящее время уже 40%. Этому способствовало и создание новых стандартов, которые допускают ввод 35% примесей без изменений наименования продукта. Западная Европа в 2005 году имела 44% неклинкерных (нечистых) цементов, Северная Америка – 22%. Объемы продаж цементов в Германии и странах CEMBUREAU («Европейской цементной ассоциации» (Cembureau), объединяющей 27 отраслевых национальных организаций), приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Ассортимент цементов, выпущенных в Германии и странах CEMBUREAU в 2012 г.

Тип цемента	Все классы прочности, %		Класс прочности 32,5, %	
	Германия	CEMBUREAU	Германия	CEMBUREAU
CEM I	58	32	42	9
CEM II смешанные	30	55	41	70
CEM III	11	5	16	6
CEM IV	-	5	-	12
CEM V	-	3	-	3
Другие	1	-	1	-

Как видно из табл. 2, доля смешанных и композиционных вяжущих в странах CEMBUREAU превышает 50%, из них доля низкомарочных цементов составляет 90%. После принятия в Евросоюзе нового стандарта, японские производители переняли европейский опыт и довели долю добавочных цементов до 25%.

Европейский подход к увеличению выпуска смешанных и КВ более приемлем еще и потому, что уменьшает загрязнение окружающей среды. Меньше расходуется энергии – меньше выбросов CO₂ в атмосферу. Зарубежные специалисты считают, что эра бездобавочных портландцементов закончилась. Отсюда можно сделать вывод – введение в действие нового ГОСТ 31108-2003 в РФ, позволяющего ввод добавок своевремененно.

Одним из направлений увеличения производства цемента является расширение использования в качестве сырья и активных минеральных добавок местных природных и техногенных материальных ресурсов

(доменных гранулированных шлаков, зол и шлаков теплоэлектростанций, продуктов обогащения угля и других материалов) путем увеличения выпуска портландцементов с минеральными добавками и других смешанных цементов [10-21].

Если строители повысят спрос на композиционное вяжущее и другие специальные виды цементов, а наша промышленность вместе с наукой способна производить более 80 типомарок цемента, тогда собственники прекратят уменьшать мощность своих предприятий по причине изменения ассортимента и прочих факторов. Безусловно, что наряду с работой по строительству новых и совершенствованию действующих мощностей, цементным предприятиям необходимо будет по согласованию со строителями совершенствовать ассортимент производимого цемента, чтобы они более эффективно использовали его свойства на возводимых ими объектах.

Таким образом, в настоящее время назрел вопрос оптимизации ассортимента вяжущих, увеличения доли выпуска композиционных вяжущих путем вовлечения в производство природных вторичных материалов различного генезиса.

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научно-практическая конференция Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
2. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
3. 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.
4. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
5. Глаголев Е.С., Лесовик Р.В., Ключев С.В., Богусевич В.А. Деформативные свойства мелкозернистого бетона // Строительные материалы. 2014. № 1-2. С. 113-115.
6. Гридчин А.М., Лесовик Г.А., Авилова Е.Н., Глаголев Е.С. Решение проблемы утилизации техногенного сырья кма // Вестник

- Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 7-10.
7. Романович А.А., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Технология получения вяжущих с использованием техногенных отходов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 102-105.
 8. 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 «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
 9. 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. Т. 9. № 11. С. 816-819.
 10. Лесовик В.С. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов // Вестник РААСН. 2014. № 18. С. 112-119.
 11. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267-271.
 12. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов, А.Ю. Щекина, А.А. Куприна // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 82-85.
 13. Лесовик В.С. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Р. Гайнутдинов // Вестник РААСН. 2014. С. 93-98.
 14. Загороднюк Л.Х. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25-31.
 15. Lesovik V.S. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials / Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. // World Applied Sciences Journal T. 24 № 11, С. 1496-1502, 2013.
 16. Lesovik V.S. Structure formation of contact layers of composite materials/ V.S. Lesovik, L.H. Zagorodnyk, M.M. Tolmacheva, A.A. Smolikov, A.Y. Shekina, Shakarna M.H.I. // Life Sci J 2014;11(12s):948-953] (ISSN:1097-8135).
 17. Лесовик В.С. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих: монография / В.С. Лесовик, Л.Х.

- Загороднюк, Г.Г. Ильинская, Д.А. Беликов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 147 с.
18. Лесовик В.С. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова, Л.Х. Загороднюк // Научные технологии и новации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 242-246.
 19. Загороднюк Л.Х. Практика использования закона сродства структур для проектирования эффективных композитов / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.Ю. Попов, Е.С. Глаголев // Научные технологии и новации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 156-163.
 20. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Володченко А.А., Воронов В.В., Кучерова А.С. Теоретические основы создания сухих строительных смесей. Вестник БГТУ. 2016. № 9. С. 40-52.
 21. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Воронов В.В., Чулкова И.Л., Куприна А.А., Павленко О.А. Особенности твердения строительных растворов на основе сухих смесей. Вестник БГТУ. 2016. № 10. С. 32-36.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,

Чулкова И.Л., д-р техн. наук, проф.,

Кучерова А.С., аспирант,

Аль Каифи Хашем Халед Абдуллах,

Магомедов З.Г., магистрант,

Науменко Н.А., студент

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

Для создания надежного долговечного тротуарного покрытия используется мраморная, гранитная или цементная плитка. Обычно такие материалы набивают на специально подготовленную поверхность, в основе которой находится смесь цемента и песка. В некоторых случаях под покрытие подготавливают соответствующее основание. Широкого распространения плиточное покрытие получило благодаря своему эстетическому внешнему виду и высокой износостойкости. Однако оно может быть разрушено рядом вследствие ряда внешних факторов: знакопеременными нагрузками, температурными воздействиями и проч., которые влияют на долговечность тротуарного покрытия. [1-9]

Определенную роль на эксплуатационные свойства тротуарного покрытия оказывает некачественное заполнение швов.

Так, главной причиной снижения качества долговечности материалов является вода. Все материалы, из которых изготавливают декоративные дорожные и тротуарные покрытия, имеют микротрещины (или поры). При попадании воды в эти поры вода задерживается в них. Это приводит к скапливанию влаги в трещинках. В итоге, с понижением температуры ниже 0° происходит расширение скопившейся воды, что способствует увеличению трещин и к последующему быстрому разрушению всего покрытия.

Для заполнения швов брусчатки необходимо использовать водопроницаемые растворы [10-15]. Благодаря пористой структуре водопроницаемых растворов, вода, попадающая на брусчатку, беспрепятственно проходит основание и впитывается в почву (рис. 1).

В результате в значительной степени уменьшается промерзание швов брусчатки, и, как следствие, предотвращается разрушение. К водопроницаемому раствору, как и к тротуарной плитке, предъявляются

требования по прочности, водопроницаемости, а так же морозостойкости. Тротуарная плитка должна обладать определенной долговечностью. За период своей службы тротуарная плитка испытывают высокие механические и термические нагрузки, которые не лучшим образом отражаются на продолжительности «жизни» брусчатки. Если растворы для укладки или материалы для заполнения швов, являющиеся составными частями покрытия, не достаточно эластичны, повреждений не избежать.

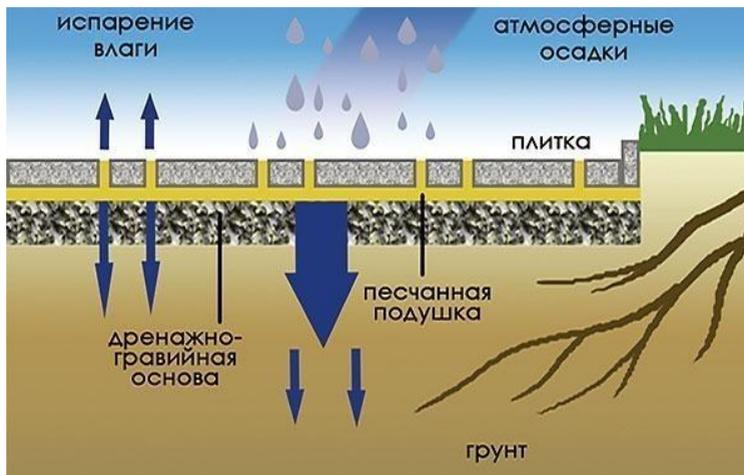


Рисунок 1 – Правильная укладка тротуарной плитки

Для создания надежных и недорогих растворов целесообразно использовать композиционные вяжущие, а также использовать закон сродства структур предложенный в ряде работ [16-20].

Некачественно выполненный дренажный слой или его отсутствие являются причиной разрушения тротуарных покрытий, уменьшения срока их службы. Отсутствие дренажа может привести к непоправимым повреждениям покрытий вследствие резких перепадов температур. Поэтому появилась необходимость создания водопроницаемых систем с целью улучшения фильтрации воды через раствор. Увеличение водопроницаемости раствора, повышает способность моментально

отводить воду с поверхности, не задерживая ее под плиткой. Преимущества водопроницаемой системы мощения:

Состав водопроницаемых растворов должен характеризоваться тем, чтобы наполнитель выполнял функции фильтрующего элемента. Поэтому к выбору наполнителя предъявляются определенные требования, наполнитель должен быть пористым.

Заполнители – природные или искусственные материалы определенного зернового состава, которые используются в рационально составленной смеси с вяжущим веществом образуя раствор. Положительная роль наполнителей заключается в том, что они позволяют: фильтровать вводу, скопившуюся на поверхности тротуарной плитки. При создании фильтрующих растворов можно использовать различные наполнители, которые классифицируются по различным признакам. Заполнители классифицируются по следующим признакам: 1) по происхождению: природные наполнители, получаемые из горных пород (изверженные глубинные породы – гранит, сиенит, диорит, доменные отвалы шлаки); искусственные – специально изготовленные материалы (керамзит, шлаковая пемза). наполнители из отходов промышленности (щебень, песок, топливный шлак, отвалный металлургический шлак); 2) по размерам зерен – на мелкие (песок), с размером зерна до 5 мм, на крупные (щебень, дробленка, гравий) – свыше 5 мм; 3) по характеру формы зерен делятся на наполнители имеющие, угловатую форму, получаемые дроблением; наполнители, имеющие округлую форму.

Пористые наполнители, как и все керамические материалы, обладают высокой стойкостью к воздействию агрессивных сред; их принято относить к долговечным материалам. Мировая практика имеет многочисленные примеры применения легких бетонов в строительстве уникальных сооружений, в том числе гидротехнических. Некоторые из них построены не 10-20 и даже не 100-200 лет назад, а 2000 лет назад . Это, например, гидротехнические сооружения в Анконе и Чевитавикии (Италия), построенные в начале нашей эры и эксплуатируемые по настоящее время. Сотни лет человек живет в домах, возведенных из туфов и других природных пористых материалов, свойства которых аналогичны свойствам легких бетонов, что подтверждает экологическую чистоту пористых керамических материалов вообще и легких бетонов в частности.

Для создания фильтрующих строительных растворов необходимо подбирать пористые наполнители с определенным гранулометрическим

составом, чтобы создавалась надежная фильтрующая система по всему объему водоотводящего раствора.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В.Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.
2. Прокопец В.С., Лесовик В.С.Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород, 2005.
3. Лесовик В.С., Строкова В.В., Кривенкова А.Н., Ходькин Е.И. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 25-27.
4. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Елистраткин М.Ю., Прасолова Е.О., Воронов В.В., Глаголев Е.С.Эффективные зеленые композиты с использованием неорганических пластификаторов // В сборнике: Научоёмкие технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 85-89.
5. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
6. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С.Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
7. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В.Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
8. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г.Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
9. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научоёмкие технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.

10. Дегтярев Б.М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. М.: Стройиздат, 1990. 238с.: ил.
11. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. – М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
12. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт. – М.: Мысль, 1988. 234 с.
13. Черняева Е.В. Приемы в ландшафтном дизайне: азбука ландшафтного дизайна / Е.В. Черняева. – М.: Кладезь-Букс. 2008. 128 с.
14. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов // Научные технологии и инновации: Сб. докл. Международной научно-практич. конференции, посвященная 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. 2014. Ч.3.
15. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном строительстве// Учебное пособие. 2012.
16. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов // Научные технологии и инновации: Сб. докл. Международной научно-практич. конференции, посвященная 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова, 2014. Ч.3.
17. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., KudinovaA.I., SumskoiD.A., MestnikovA.E. Designing mortar compositions baseddrymixes//International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. №5. С. 12383-12390.
18. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.
19. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Толстой А.Д., Володченко А.А. Сродство структур как теоретическая основа проектирования композитов будущего// Строительные материалы. 2015. №9. С. 28-36.
20. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих строительных смесей с учетом сродства структур.// Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18.Москва. 2014.С. 112-119.

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ САМОВЫРАВНИВАЮЩИХСЯ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

**Загороднюк Л.Х., д-р техн.наук, проф.,
Шаповалов Н.А., д-р техн.наук, проф.,
Щекина А.Ю., аспирант,
Павленко О.А., магистрант**

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

Условия существования и развития жизни на земле определяются экологическими факторами, то есть элементами среды, значительно влияющими на организмы. В настоящее время мировым сообществом в полной мере осознается масштаб угрозы экологического загрязнения земли и атмосферы техногенными отходами. Накапливаясь в районах функционирования предприятий, техногенные материалы существенно осложняют экологическую ситуацию в регионах. Создается опасность для здоровья населения, потерь вторичных ресурсов [1-11].

Одним из наиболее опасных видов техногенных отходов являются отходы металлургических предприятий. Поиск рациональных путей утилизации данного вида отходов – является немаловажной задачей современности. Следует отметить что вторичное использование отходов оказывает благоприятное влияние не только на экологическую обстановку нашей планеты, но и позволяет получать строительные материалы с высокими эксплуатационными свойствами. При этом наблюдается значительный экономический эффект, по сравнению с традиционными материалами. Дешёвое сырьё даёт возможность снизить затраты на производство строительных материалов [12-17].

Таким образом, в данной статье предлагается эффективный путь утилизации отходов флотационного обогащения железных руд – их вторичное использование в производстве самовыравнивающихся напольных покрытий. Самовыравнивающееся напольное покрытие — это многокомпонентная система, включающая высококачественные цементные вяжущие вещества, минеральные наполнители и заполнители, а так же комплекс химических добавок, предназначенная для нивелирования оснований и бетонных полов[17-18].

В рамках НИР для получения сухих строительных смесей для устройства стяжек использовались следующие материалы:

- в качестве вяжущего вещества - разработанное ранее композиционное вяжущее, полученное совместным помолом (30 мин) в вибрационной мельнице портландцемента марки ЦЕМ I 42,5 Н, и отходов флотационного обогащения железных руд, и последующим введением комплекса тщательно подобранных химических добавок [19-21];

- в качестве минерального наполнителя- отходы флотационного обогащения железных руд фракции 0-0,315 мм;

- в качестве мелкого заполнителя - отходы флотационного обогащения железных руд фракции 0,5-0,9 мм;

- в качестве крупного заполнителя - отходы флотационного обогащения железных руд фракции 2-5 мм.

Подбор оптимальных составов сухих смесей и исследование влияния отдельных компонентов на технологические и физико - механические свойства получаемых на их основе растворов осуществлялось методом математического планирования эксперимента.

Было изучено влияние соотношения вяжущего, наполнителя и мелкого заполнителя на физико-механические свойства растворов самовыравнивающихся напольных покрытий. Крупный заполнитель вводился во все смеси в количестве 10 %.

В качестве факторов варьирования были приняты расходы композиционного вяжущего, отходов флотационного обогащения железных руд фракций 0-0,315мм и 0,5-0,9 мм.

Было заформовано 17 серий образцов размерами 30х30х30 мм. Образцы выдерживались в нормальных условиях твердения в течение 28 суток, после чего были определены их физико-механические характеристики. Выходными параметрами для подбора оптимального состава служили средняя плотность и средняя прочность на сжатие. Анализ влияния исследуемых факторов на среднюю плотность и прочность раствора согласно уравнения регрессии представлены на рис. 1.

В результате анализа экспериментальных данных определен оптимальный состав сухой смеси для самовыравнивающихся напольных покрытий: композиционное вяжущее - 27-30%; отход флотационного обогащения железных руд фракции 0-0,315мм - 18-20%; отход флотационного обогащения железных руд фракции и фракции 0,5-0,9 мм - 35-39 %; отход флотационного обогащения железных руд фракции 2-5 мм – 10 %.

Разработанные оптимальные составы испытаны в соответствии с требованиями ГОСТ 31356-2007, ГОСТ 5802-86 табл. 1.

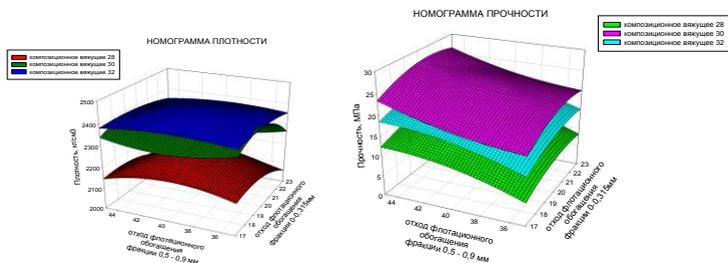


Рисунок 1 – Зависимости плотности и прочности раствора от содержания композиционного вяжущего, наполнителя и мелкого заполнителя

Таблица 1 – Основные показатели напольных смесей

Наименование показателей	Значение показателя		Обозначения
	Результаты испытаний	Требования ГОСТ 31357-2007, ГОСТ 31358-2007	
1	2	3	4
Качество смеси, готовность к употреблению			
Подвижность, расплыв кольца, см	17,5	15-18	РкЗ
Сохраняемость первоначальной подвижности, мин	45	45	
Водоудерживающая способность, %	99	не менее 90	
Качество затвердевшего раствора			
Прочность на сжатия, МПа	25,4	не ниже В15 (М200)	
Водопоглощение, %	14	15	
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,9	не менее 0,6	
Истираемость, см ³	2,0	не более 12	класс-А12
Деформации усадки, мм/м	0,7	не более 1,0	

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны и предложены рациональные составы сухих строительных смесей для самовыравнивающихся напольных покрытий с использованием в своем составе техногенного сырья с высокими

физико-механическими и эксплуатационными показателями. В современных условиях потребность в качественных самовыравнивающихся наливных полах велика. Поэтому данный метод утилизации техногенных отходов, а именно отходов обогащения железных руд, является эффективным и заслуживает внимания.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
2. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научно-практические технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
3. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
4. 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.
5. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
6. Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород, 2005.
7. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.
8. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Елистраткин М.Ю., Прасолова Е.О., Воронов В.В., Глаголев Е.С. Эффективные зеленые композиты с использованием неорганических пластификаторов // В сборнике: Научно-практические технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 85-89.

9. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
10. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
11. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
12. Туркина И.А. Техногенные отходы в производстве строительных материалов [Электронный ресурс]: союз производителей бетона // Бетон и железобетон. 2010. №X. URL: http://www.concrete-union.ru/articles/index.php?ELEMENT_ID=5206 (дата обращения 10.09.2016)
13. Лесовик В.С. Геоника (Геомиметика) примеры реализации в строительном материаловедении: монография. Белгород: БГТУ. 2016 - 287 с.
14. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения. В сборнике: Научно-технологические инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
15. 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.
16. Щекина А.Ю., Ширяев О.И. Отходы горно-металлургического цикла – сырье для строительного комплекса // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2013.
17. Вяжущие композиции на основе отходов флотационного обогащения неокисленных железистых кварцитов // Материалы международной научно-практической конференции «Векторы развития современной науки». Уфа. 2014. С. 115-118. Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю.
18. Цурбригген Р., Панг Й., Бенг П. Самовыравнивающиеся составы для полов. Применение, продукты, механизмы и свойства.// 7-я международная конференция «Современные технологии сухих строительных смесей в строительстве». М.: Мир, 2005. С. 57–60.
19. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Kudinova A.I., Sumskoj D.A., Mestnikov A.E. Designing mortar compositions based dry mixes//

- InternationalJournalofAppliedEngineeringResearch. 2015. Vol. 10. №5. pp. 12383-12390.
20. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих строительных смесей с учетом средства структур// Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014, С.112-119.
 21. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Агеева М.С., Щекина А.Ю., Ивашова О. В. Микроструктура продуктов гидратации цемента, содержащего отходы флотационного обогащения железных руд // Вестник БГТУ им. Шухова. 2013. №5. С. 57- 63.

ОТХОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД - ЭФФЕКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,

Шаповалов Н.А., д-р техн. наук, проф.,

Щекина А.Ю., аспирант,

Павленко О.А., магистрант

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

В наше время бурное развитие промышленности, перерабатывающей минеральное сырье, привело к накоплению тысяч тонн отходов. Промышленность строительных материалов -главный потребитель техногенного сырья, является завершающим звеном комплексного использования природных богатств и может решать многие экологические проблемы[1-5]. Производство сухих строительных смесей сегодня стало отдельной отраслью промышленности, а не просто участком цементных заводов по выпуску специальной продукции. В будущем в России и странах СНГ прогнозируется существенный рост рыночной доли сухих строительных смесей. Таким образом, вопрос разработки составов строительных смесей и их компонентов на основе техногенного сырья имеет хорошие перспективы развития, тем самым позволит значительно уменьшить накопление, опасных для здоровья человека и загрязняющих окружающую среду, техногенных отходов.

Сухие строительные смеси являются мелкодисперсными композициями, особое внимание при разработке их составов следует уделять химическому, минералогическому и гранулометрическому составам. Определенные требования предъявляются к вяжущим. Они должны иметь высокую дисперсность и однородность, изменение этих параметров и химического состава вяжущих оказывает отрицательное влияние на твердеющие растворы на их основе, а также не обеспечивают требуемых физико-механических и эксплуатационных характеристик[6,7].

В рамках НИР были разработаны составы композиционных вяжущих веществ на основе отходов флотационного обогащения железных руд. Получение вяжущих осуществлялось в 3 этапа:

1. Исследование возможности использования общих отвальных отходов обогащения железных руд Михайловского горнообогатительного комбината для получения вяжущих композиций.

2. Исследование возможности использования отходов флотационного обогащения железных руд, полученные в лабораториях Михайловского горнообогатительного комбината и лаборатории БГТУ им. В.Г. Шухова, для получения вяжущих композиций.

3. Исследование влияния функциональных добавок на физико-механические свойства композиционных вяжущих веществ.

Как показали проведенные нами исследования сырьевых материалов, общие отвальные хвосты промышленного обогащения неокисленных железистых кварцитов представляют собой тонкодисперсный материал, содержащий более 60 % оксида кремния, что предопределяет возможность их использования при приготовлении вяжущих композиций в качестве минерального наполнителя [8,9]. Минералогический состав усредненной пробы характеризуется наличием на рентгенограмме отражений следующих соединений: минералов кварца, гематита, силикатов железа, рудных карбонатов железа, гидроксидов железа, магнетита, нерудных карбонатов.

Отходы флотационного обогащения железных руд обладают хорошей перспективой для использования их в качестве наполнителя и заполнителя в составе вяжущих композиций. Установлено, что наилучшие физико-механические характеристики наблюдаются у вяжущей композиции с соотношением 30 % отхода, 70 % цемента, полученной совместным помолом сырьевых материалов в вибрационной мельнице при продолжительности помола 30 мин. Прочность полученной композиции превышает прочность бездобавочного не активированного цемента на 64 %.

Отходы флотационного обогащения железных руд, полученные лабораторным способом, представляют собой сыпучий, высокодисперсный материал с удельной поверхностью 302 м²/кг и насыпной плотностью 1390 кг/м³. Содержание оксида кремния в средних пробах составляет свыше 65 %, что и предопределяет возможность их использования при приготовлении вяжущих композиций в качестве минерального наполнителя и заполнителя.

В процессе получения вяжущих композиций, разработаны составы с высокими физико-механическими характеристиками на основе общих отвальных отходов обогащения железных руд. Установлено, что наилучшие физико-механические характеристики наблюдаются у

вяжущей композиции с соотношением 30 % отхода, 70 % цемента, полученной совместным помолом сырьевых материалов в вибрационной мельнице при продолжительности помола 30 мин. Прочность полученной композиции превышает прочность бездобавочного не активированного цемента на 64 %.

Выявлено, что в рентгенограммах вяжущих композиций отмечаются дифракционные максимумы, присущие дикальциевому ферриту (рис. 1). Его образование обусловлено механохимической активацией в процессе приготовления вяжущей композиции, вследствие помола сырьевой смеси, что подтверждено результатами исследований микроструктур полученных композитов. Полученные результаты свидетельствуют, что при совместном помоле сырьевых материалов, вследствие интенсивного помола снижается степень кристалличности ингредиентов сухих вяжущих композиций, и активно протекают процессы аморфизации минералов, что способствует формированию направленного структурообразования в этих системах и, в конечном счете, обеспечивает высокие физико-механические показатели композитов.

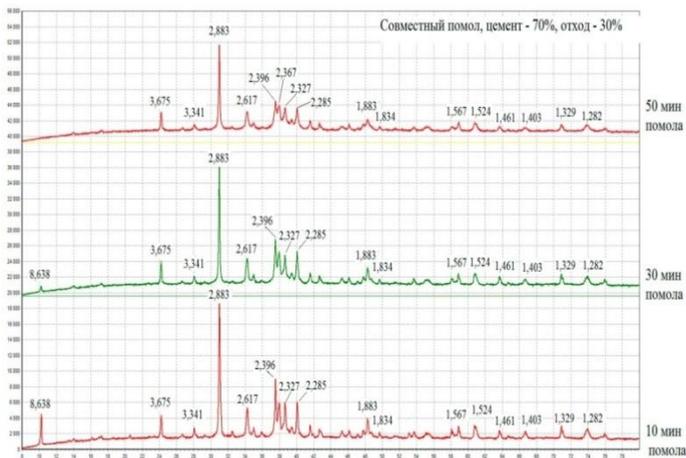


Рисунок 1 – Рентгенограммы вяжущих композиций, содержащих 30 % отхода, полученные совместным помолом сырьевых материалов в вибрационной мельнице

Подбор оптимальных составов композиционных вяжущих и исследование влияния отдельных компонентов на технологические и физико-механические свойства получаемых на их основе строительных

растворов для самовыравнивающихся покрытий наливных полов, осуществлялись методом математического планирования эксперимента.

Анализ полученных результатов по оптимизации композиционных вяжущих функциональными добавками показал, что наиболее высокие показатели предела прочности при сжатии и плотности обеспечивают следующие дозировки добавок:

Суперпластификатор Melflux 1641F, масс. % - 0,75

Ускоритель твердения карбонат лития Li_2CO_3 , масс. % - 2,5

Редиспергируемый полимерный порошок Vinnapas, масс. % - 1,2

Однако, в зависимости от назначения готовой продукции – сухой строительной смеси на основе разработанного композиционного вяжущего вещества, можно обеспечить требуемую плотность раствора при минимальном содержании добавок, меняя их соотношение. Это в свою очередь, приводит к снижению себестоимости модифицированных смесей.

Таким образом, получены эффективные составы важного компонента сухих строительных смесей – композиционного вяжущего. Использование техногенных отходов металлургического комбината в их составе играет огромную роль, как и в экономии природных ресурсов так и в улучшении экологической ситуации на нашей планете.

Список литературы:

1. Варичев А.В., От добычи руды к производству металла: развитие Михайловского ГОКа с 2000 до 2010 г. // Горный журнал. 2006. №7. С. 6 – 9.
2. Спиридонов Ю.С. Хвостовое хозяйство комбината: опыт эксплуатации и перспективы развития // Горный журнал. 2006. №7. С. 94 – 98.
3. Лесовик Р.В. Комплексное использование хвостов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов / Р.В. Лесовик // Горный журнал. № 1. 2004. С. 76 – 77.
4. Шаповалов Н.А., Крайний А.А., Городов А.И., Макущенко И.С. Изучение влияния различных видов собирателей и депрессоров на флотацию железосодержащих минералов Михайловского месторождения. // Фундаментальные исследования. 2014. №9, ч.2. С. 318 – 323.
5. Шаповалов Н.А., Крайний А.А., Городов А.И., Хачатуров А.А., Сорокина О.В. Флотация гематитовых кварцитов катионными собирателями // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 3-5 декабря 2014г. Старый Оскол. Т.1. С. 31-36.

6. Шаповалов Н.А. Флотационное обогащение железистых кварцитов и использование отходов флотации в производстве стройматериалов: монография: в 2ч. / Н.А. Шаповалов, А.А. Крайний, А.И. Городов, Е.В. Кичигин, Р.Г. Шевцова, А.А. Хачатуров, О.В. Сорокина, И.С. Макущенко. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч.1. 173 с.
7. Шаповалов Н.А. Отходы металлургического производства – сырье для строительного комплекса / Н.А.Шаповалов, Л.Х. Загороднюк, А.Ю. Щекина, И.В. Тикунова, Д.Ю. Попов, В.С. Ильченко, А.И. Городов // Сборник статей XII Международной научно-технической конференции «Экология и ресурсо- и энергосберегающие технологии на промышленных предприятиях, в строительстве, на транспорте и в сельском хозяйстве». Пенза, 2012. С. 56-58.
8. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Щекина А.Ю., Шкарин А.В. Шлаки металлургического производства – эффективное сырье для получения сухих строительных смесей. //Фундаментальные исследования. 2013. №1, ч. 1. С. 167 – 172.
9. Шаповалов Н.А., Тикунова И.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков //Фундаментальные исследования. 2013. №1. Ч. 2. С. 439 – 443

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ ХРОМА НА СТРУКТУРУ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ НАНОРАЗМЕРНОЙ КЕРАМИКИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Звонарев С.В., канд. физ.-мат. наук, доц.,

Алтынник Н.И., канд. техн. наук,

Чикин А.В., бакалавр,

Санников П.П., бакалавр,

Рябинина М.В., магистрант

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Белгородский государственный технологический

университет им. В.Г. Шухова

Оксид алюминия широко применяется в различных областях науки и техники, в частности, используется как матрица высокоэффективных люминофоров с различными допантами [1]. Для измерения малых доз ионизирующих излучений, преимущественно в дозиметрии персонала, работающего с источниками радиации, в настоящее время имеются различные типы коммерческих термолюминесцентных (ТЛ) детекторов, изготовленных на основе допированных различными примесями щелочно-галлоидных и щелочно-земельных соединений, сульфатов и сульфидов [2-6]. В последние годы интенсивно развивается направление использования его наноструктурного аналога для регистрации излучений в области доз выше 10 эВ методом термолюминесценции. При этом введение различных допантов в исходную матрицу материала детектора приводит к существенному изменению люминесцентных свойств материала, и соответственно изменению дозовых характеристик, которые будут определяться концентрацией допанта в объеме исходной матрицы и способом его введения.

Одним из наиболее эффективных методов допирования изготовленных из нанопорошка компактов является пропитка в растворе, содержащем необходимую примесь [7-8]. Данный метод позволяет варьировать содержание допанта за счет изменения времени и количества циклов пропитки в растворе, а также концентрации раствора. При допировании наноразмерных матриц методом пропитки азотнокислыми солями допантов важную роль играет пористость образца, которая зависит от давления при прессовании, размера частиц исходного нанопорошка и температуры отжига. В этой связи целью данной работы является изучение структуры, люминесцентных и

дозиметрических свойств наноразмерного оксида алюминия, допированных хромом.

В качестве объекта исследования использовался наноразмерный порошок оксида алюминия с размером частиц 50-70 нм, полученный алкоголятным методом. Методом холодного прессования на прессе ПРГ-1-50) при давлении 0.7 ГПа получены компакты (исходные пористые матрицы Al_2O_3) в виде дисков с диаметром основания 6.1 мм, высотой 1 мм и массой 60 мг. Допирование исходных пористых матриц проводилось с помощью циклического процесса их пропитки раствором нитрата хрома и последующей сушки на воздухе при температуре $70^{\circ}C$ в течение двух часов. Синтез керамики проводился в вакуумной электропечи (10^{-2} Па) при температуре $1500^{\circ}C$ и длительности отжига 3 часа.

Измерение ТЛ выполнено по стандартной методике с использованием фотоумножителя ФЭУ-142 при изменении температуры в диапазоне от 300 до 820 К при линейном нагреве со скоростью 2 К/с.

Для исследования дозовых характеристик исследуемые образцы предварительно облучались источниками ионизирующего излучения в области средних доз источником β -излучения $^{90}Y/^{90}Sr$ с мощностью дозы 32 мГр/мин дозами 0,32-1000 Гр, а для оценки возможности высокодозных измерений (свыше 1 кГр) применялась импульсная электронная пушка спектрометра «КЛАВИ» с плотностью электронов $60 A/cm^2$ с энергией 130 ± 10 кэВ.

Исследование структуры керамик $Al_2O_3:Cr$ выполнено методом анализа изображений поверхности и объема (скол), полученных на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Zeiss Sigma VP, с помощью специализированного программного обеспечения SIAMS 700 (комплекс SIAMS Photolab). Из анализа полученных микрофотографий следует, что высокотемпературный синтез керамики в вакууме приводит к появлению агломератов субмикронных размеров с формированием слоистой структуры спеченных частиц, имеющих форму многогранников с четко выраженными гранями.

Исследование дозовых зависимостей керамики $Al_2O_3:Cr$ после облучения источником β -излучения $^{90}Y/^{90}Sr$ показывает (рис.1), что кривая ТЛ исследуемого материала (кривая 2) имеет более сложный вид в сравнении с Al_2O_3 без примеси хрома (кривая 1). Из рисунка видно, что кроме пиков ТЛ 400 и 600 К, соответствующих дозиметрическому и примесному центру в наноструктурной керамике оксида алюминия, появляется пик с максимумом около 500 К. Наличие примеси хрома

приводит к меньшей чувствительности материала к ионизирующему излучению. Так минимальное значение регистрируемой дозы для безпримесной керамики оксида алюминия равно примерно 0.1 Гр, в то время как указанное величина керамики $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ не менее 50 Гр.

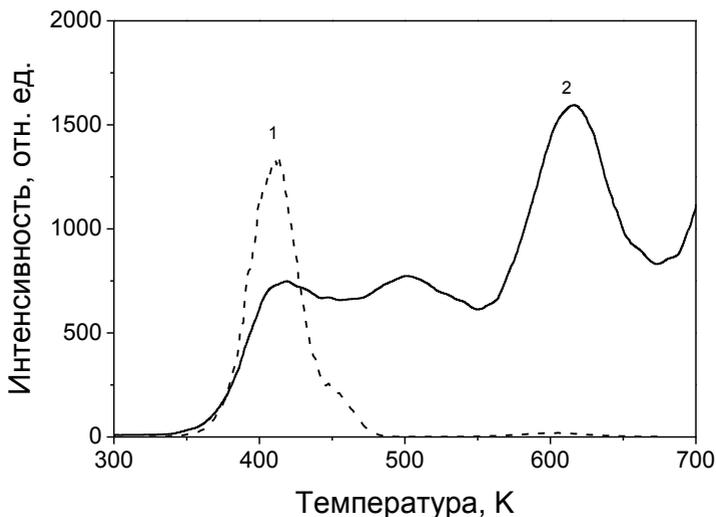


Рисунок 1 – Кривые ТЛ керамик Al_2O_3 (1) и $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ (2) после облучения источником β -излучения $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ дозой 138 Гр.

На рис. 2 представлены кривые ТЛ керамики $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ при варьировании дозы облучения импульсным электронным пучком от 1.5 до 22.5 кГр. Видно, что формируются 2 пика ТЛ при температурах 390 и 600 К. Последний соответствует примесному центру хрома, наблюдаемому как в монокристаллах, так и наноструктурных образцах. Пик при температуре 390 К, вероятнее всего, соответствует дозиметрическому пику, наблюдаемому у безпримесной керамики Al_2O_3 при температуре 410-420 К. Смещение пика ТЛ в область более низких температур может быть связана с изменением энергии активации люминесцирующих дефектных центров за счет процессов тушения высокой концентрации примесных центров Cr^{3+} при высокоэнергетическом импульсном возбуждении.

На рис. 3 изображены дозовые зависимости для указанных выше пиков ТЛ. Показано, что в диапазоне доз облучения 1.5-50 кГр для пика 400 К наблюдается линейный участок увеличения дозы. При значении

более 50 кГр для обоих пиков происходит снижение интенсивности свечения и переход в стадию насыщения.

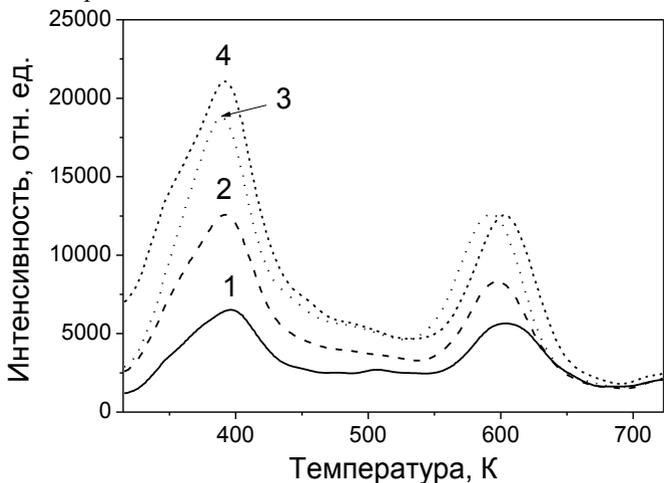


Рисунок 2 – Кривые ТЛ керамики $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cg}$ при варьировании доз облучения источником β -излучения $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$: 1 – 1.5 кГр, 2 – 7.5 кГр, 3 – 15 кГр, 4 – 22.5 кГр

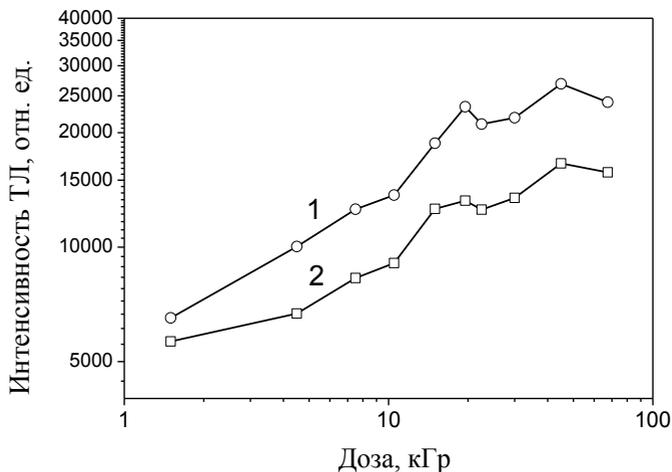


Рисунок 3 – Дозовые зависимости керамики $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cg}$ для пиков ТЛ 400 К и 600 К при облучении импульсным электронным пучком

В результате проведенных исследований изучено влияние примеси Сг на люминесцентные и дозиметрические свойства керамики Al_2O_3 . Получены дозовые зависимости керамики Al_2O_3 :Сг после возбуждения источником β -излучения $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ и импульсным электронным пучком. Установлено, что происходит смещение дозиметрического пика керамики Al_2O_3 :Сг в область более низких температур при облучении импульсным электронным пучком в сравнении с керамикой оксида алюминия без примеси хрома. Допирование хромом приводит к возможности регистрации ионизирующих излучений в области более высоких доз.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-33-50067.

Список литературы:

1. Kortov V., Zvonarev S., Kiryakov A., Ananchenko D. Carbothermal reduction synthesis of alumina ceramics for luminescent dosimetry // Materials Chemistry and Physics. 2016. V. 170. P. 168-174.
2. McKeever S.W.S., Moskovitch M., Townsend P.D. Thermoluminescence dosimetry materials: properties and uses // Nucl. Tech. Pub., Ashf., 1995, p. 204.
3. Kortov V.S. Materials for thermoluminescent dosimetry: current status and future trends // Radiat. Meas. 2007. V. 42, P. 576-581.
4. Yazici A.N., Oztas M., Bedir M. The thermoluminescence properties of copper doped ZnS nanophosphor // Opt. Mater. 2007. V. 29. P. 1091-1096.
5. Salah N., Habib S.S., Khan Z.H., Lochab S.P. Nanoparticles of BaSO_4 :Eu as detectors for high dose of different ionizing radiations // Radiat. Meas. 2008. V. 43. P. 236-240.
6. Salah N., Khan Z.H., Habib S.S. Nanoparticles of Al_2O_3 :Cr assensitive thermoluminescent material for high exposures of gamma rays radiation // Nucl. Instrum. Methods B. 2011. V. 269. P. 401-404.
7. Shi L., Zhao F., Chen W., Zhou X., Wang Z., Li Y. 3Y-TZP ceramics simulation of the fluorescence properties of natural teeth by doping Eu^{2+} Gongneng Cailiao // Journal of Functional Materials. 2015. V. 46. P. 18074-18077.
8. Lu Z., Sinclair D.C., Reaney I.M., Tan X. The Influence of Ia Doping and Heterogeneity on the Thermoelectric Properties of $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$ Ceramics. Journal of the American Ceramic Society. 2016. V. 99. P. 515-522.

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СИСТЕМЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Золотых С.В., аспирант,
Загороднюк Л.Х., д-р техн.наук, проф.,
Сумской Д.А., аспирант,
Толмачева М.М., аспирант,
Дементьев Ю.А., магистрант
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Обычно о том, как сохранить тепло в своей квартире или доме, и почему, тратя немалую часть своих доходов на отопление, тепло просто уходит через стены, крышу и окна, а мы об этом думаем лишь тогда, когда пришла зима, и мы почувствовали это на себе и на своем кошельке. И неважно, живем ли мы в многоквартирном доме или собственном. Все это происходит потому, что построенные несколько десятилетий назад дома не были утеплены должным образом, а используемые тогда стройматериалы были неэффективными. Но и в настоящее время, начиная строительство дома или его ремонт, уже сейчас мы советуем подумать, как же сделать так, чтобы жить было комфортно и не пускать деньги за тепло на ветер.

В настоящее время существует множество технологий утепления ограждающих конструкций[1-12].

Попробуем разобраться в существующих решениях и подобрать оптимальный вариант. На российском рынке в 2016 году представлены системы теплоизоляции не менее, чем тридцатью компаниями. В нашем анализе мы учитываем «системные компании» производителей, продвигающих систему теплоизоляции в целом. Это компании, предлагающие комплексный подход к задаче теплоизоляции, в т.ч. поставку дополнительных комплектующих, в некоторых случаях – оценку и расчет проекта, консультирование и технический надзор за ходом выполняемых работ.

Как правило, компания, разработавшая систему утепления, производит часть компонентов этой системы. В отношении систем «мокрого» типа это, обычно, клеевые и штукатурные составы. Среди производителей теплоизоляционных материалов можно назвать компанию «Rockwool», сертифицировавшую собственную систему «Rockfasade» несколько лет назад и компанию «Пеноплэкс»,

разработавшую в 2008 году систему, совместно с производителем сухих строительных смесей «Юнис». Также необходимо отметить концерн «Кнауф», выпускающий, как сухие строительные смеси для фасадной системы, так и пенополистирольные плиты. Свои системы штукатурной теплоизоляции предложили питерские компании «Сканэкс» и «Эм-Си Баухеми Раша», московские «Боларс» и «Консолит». Постепенно осуществляется и отток конкурентов с рынка, так с рынка ушел ярославский производитель систем теплоизоляции – завод «Эверест». Прекратил деятельность один из пионеров рынка фасадной теплоизоляции – компания «Русхекк-Тисс». В результате проведенного анализа представляем некоторый перечень компаний - конкурентов в сегменте СФТК (табл.1).

Таблица 1 – Производители систем теплоизоляции фасада штукатурного типа

№	Производитель системы	Название системы	Тип утеплителя		Стаж на рынке	Примечание
			Минер. вата	Пенопол-л		
1	«Кнауф»	КНАУФ - ТС 1		+	2005 г	Все компоненты системы (сухие смеси и пенополистирол) производятся на заводах Кнауф в России
		КНАУФ - ТС 2	+			
2	«Сканэкс»	Scanex ETFS-mw	+		2007 г	«Сканэкс» (ранее «Сканмикс-СПб» переименован в 2006г.) входит в Группу ЛСР. С 2007г. является дочерним предприятием ООО «Аэрок Санкт - Петербург»
		Scanex ETFS-ps		+		
3	«Консолит» (Москва)	Консолит	+	+	2007 г	Основная деятельность - выпуск общестроительных сухих смесей
4	«Эм-Си Баухеми Раша»	Термофасад	+	+	2007 г	Один из крупнейших производителей сухих строительных смесей в Санкт-Петербурге.

5	«Юнис» (Москва) / «Пеноплэкс» (Санкт - Петербург)	U.P.S. - Unis Penoplex System		+	2008 г	Совместная разработка одного из крупнейших российских производителей сухих строительных смесей компании «Юнис» и производителя экструдированного пенополистирола «Пеноплэкс».
---	---	-------------------------------	--	---	--------	---

В целом по стране наибольшие объемы теплоизоляции фасадов в последние несколько лет были установлены с использованием систем Кнауф - теплая стена, Церезит, Rockfasade и Стомикс. Оценки доли рынка крупнейших поставщиков систем теплоизоляции фасадов (табл. 2).

В настоящее время «Текс-Колор» активно сдает свои позиции, что вывело компанию из тройки лидеров. Однако, существенное перераспределение долей рынка не отмечается. Хотим обратить ваше внимание на комплексную систему утепления Теплолинк для зданий и сооружений.

Таблица 2 – Оценка долей рынка штукатурных систем теплоизоляции фасадов

Система	Доля рынка	Система	Доля рынка
ТексКолор	5,6%	Тепло-Авангард	1,1%
Stomix	8,8%	Термомакс	1,4%
Кнауф-теплая стена	9,2%	Террако	0,9%
Kreisel	4,8%	Bolix	0,7%
Сэнарджи	5,5%	Термошуба (Сармат)	1,9%
Саратект	6,1%	Weber	1,6%
Сартэксим-Термо	3,4%	ВИТЕХ	1,9%
Vaunit Fassolit	3,8%	ЛАЭС	10,1%
Синтеко	1,4%	Ceresit	14,3%
ТермоКрепс	1,9%	Теплый дом	1,6%
Vau-Color	1,8%	Alligator	1,4%
Классик	1,5%	Atlas	1,1%
Rockfasade	2,1%	Serpo	0,9%

Так как производство комплексной системы утепления фасадов «ТеплоЛинк» подразумевает использование теплоизоляционной штукатурной смеси, данный проектный продукт относится к сегменту СФТК (систем теплоизоляции фасадов композиционных) и, поэтому, в качестве прямых конкурентов при продвижении данной системы на рынок, будут выступать предприятия, выпускающие штукатурные системы теплоизоляции фасадов, подпадающие под данную типологию. В тоже время КСУФ «ТеплоЛинк» вынуждена будет конкурировать с другим типом систем утепления фасадов, основанном на навесной технологии теплоизоляции фасада. Таким образом, предприятия, выпускающие продукцию в сегменте навесных систем теплоизоляции фасада, в рамках данного анализа будут выступать в качестве косвенных конкурентов компании. В итоге уровень конкуренции на рынке вышеуказанных систем, несмотря на достаточно высокие барьеры входа на него, нельзя назвать низким.

Проанализировав конкурентное окружение проекта в сегменте систем теплоизоляции фасадов штукатурного типа, перейдем к рассмотрению стоимостных характеристик, выпускаемому на данном сегменте продукции.

Большинство компаний - системодержателей не поставляет утеплитель, стеклосетки и крепежи. Этими материалами систему комплектует монтажная компания, выполняющая работы на объекте. Для возможности сравнения цен на «пирог» в целом, была использована средняя цена на минераловатные плиты для фасадов типа RockwoolFasadeBatts и средняя цена на вспененный пенополистирол, который можно использовать для наружной теплоизоляции стен, а также цены на дюбели и стеклосетку. В среднем, стоимость одного кв. м. штукатурной системы, укомплектованной компанией - системодержателем, с минеральватным утеплителем (для расчетов принимали толщину утеплителя 100 мм) составляет 1386 рублей. Система с утеплителем из пенополистирола обходится примерно в 883 рублей за один кв. м. Уровень цен на материалы для систем теплоизоляции штукатурного типа несколько возрос, в сравнении с прошлым годом. Увеличилась и средняя стоимость монтажных работ. В среднем стоимость монтажа одного кв. метра системы составляет 1 190 рублей.

Проанализировав конкурентное окружение в сегменте СФТК, кратко охарактеризуем сегмент навесных систем. В 2015 году в сегменте навесных систем теплоизоляции фасада были представлены порядка сорока компаний, занимающихся производством навесных

систем теплоизоляции с воздушным зазором. Стоимость системы навесного фасада зависит, в первую очередь, от вида облицовки, варьирующего, как от стоимости самого материала, так и от конструктивных особенностей системы для крепления данного вида облицовки. Наиболее дешевыми являются фиброцементные и волокнисто - цементные плиты. Затем идет облицовка керамогранитом и композитными материалами. Наиболее дорогим вариантом является натуральный камень. В целом элементы подсистемы из нержавеющей стали дороже аналогичных комплектующих из оцинкованной стали или алюминия.

Некоторые компании, поставляющие подсистемы из нержавеющей стали, предлагают и более экономные варианты комплектации всей подсистемы или части элементов из оцинковки или алюминиевого профиля. Если брать в расчет весь комплекс затрат на материалы, средняя стоимость навесной системы без учета строительных работ составит: оцинкованная сталь - 1990 рубль, коррозионностойкая сталь - 2 192 рублей, алюминиевый сплав - 2 111 рубля.

Таким образом, проанализировав стоимостные характеристики систем теплоизоляции фасадов, представленные в обоих сегментах, постараемся провести сравнительный анализ средней стоимости разных вариантов фасадных систем в динамике по годам в виде диаграмм:

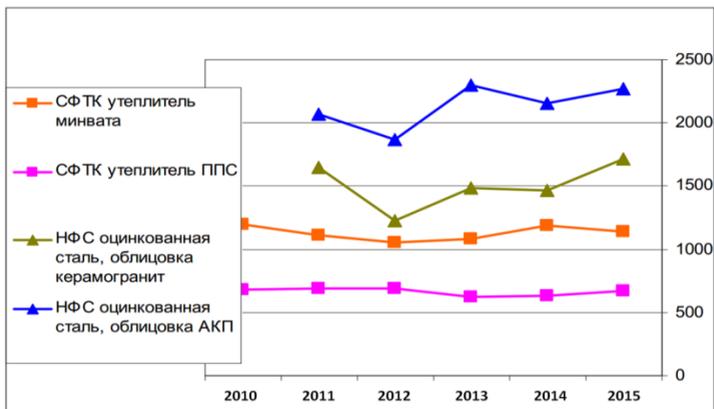


Рисунок 2 – Динамика средней цены на фасадные системы (руб. за кв. м)

На диаграмме четко видно, что средняя стоимость навесных фасадных систем существенно выше. Средняя стоимость навесной

системы из оцинкованной стали (наиболее дешевый вариант) с облицовкой керамогранитом составляет порядка 1750 рублей за кв.м. С более дорогой облицовкой композитными панелями более 2200 рублей. С облицовкой алюмокомпозитными панелями около 2100 рублей за кв. м. Как правило, подконструкция из алюминиевых сплавов или коррозионностойкой стали стоит дороже. Ввиду своей дороговизны навесные фасадные системы не популярны в первую очередь в сегменте малоэтажного, загородного строительства, частных домов и коттеджных поселков. Штукатурные же системы являются

Таблица 3 – Сравнение конкурентных технологий теплоизоляции фасадов

Система теплоизоляции фасада	Сопротивление теплоте передаче через конструкцию на площади 1 кв. м., кв.м. К/Вт	Паропроницаемость мг/(м·ч·Па)	Срок эксплуатации	Средне-рыночная стоимость материалов 1 кв.м. системы(руб.)	Средне-рыночная стоимость монтажа за 1 кв.м. системы(руб.)	Всего (руб.)
Среднестатистическая СТФ штукатурного типа на основе минеральной ваты (100мм)	2,76-2,97	0,38 - 0,60	25 - 30 лет	1386	1 100	2486
Среднестатистическая СТФ штукатурного типа на основе пенополистирола (100мм)	2,85-3,11	0,05	Через 8-10 лет наблюдается охрущивание	883	1 280	2163
Среднестатистическая СТФ навесного типа (оцинкованная сталь, облицовка керамогранит)	2,94-3,25	0,03 - 0,05	Около 25 лет	1751	1480	3231

Среднестатистическая СТФ навесного типа (оцинкованная сталь, облицовка АКП)	2,94-3,25	0,03 - 0,05	Около 25 лет	2201	1480	3681
Комплексная СТФ ТеплоЛинк (51 мм)	2,79	0,05	35 - 40 лет	861	800	1661

более доступными в цене, при этом, не теряя в качестве и сроках проведения монтажных работ, что объясняет рост их популярности в последние годы. Теперь, когда у нас имеются все необходимые данные, проведем сравнительную характеристику технико - экономических показателей продукта «ТеплоЛинк» и реализуемых на целевом рынке систем теплоизоляции фасадов.

Для этого возьмем профили среднестатистических марок систем теплоизоляции фасадов штукатурного и навесного типа и сравним их с проектной системой «ТеплоЛинк». В качестве материала несущей стены, для всех сравниваемых систем, выступает кирпичная кладка 250 мм.

Как видно из таблицы 3, технология производимой системы «ТеплоЛинк» позволит получать продукт ничем не уступающий, а в некоторых аспектах и превосходящий технические характеристики конкурентных марок.

В частности, при вдвое меньшей толщине устанавливаемой системы «ТеплоЛинк», будут достигнуты показатели сопротивления теплопередаче идентичные или немногим уступающие конкурентным. При этом на высоком уровне останется паропроницаемость системы утепления «ТеплоЛинк», её пожаробезопасность и срок эксплуатации.

Помимо технологических особенностей компонентов проектной системы, продукт имеет ряд преимуществ, сопряженных с простотой его монтажа, что создает эффект экономии времени до 40% и средств, за счет использования менее квалифицированной рабочей силы. Таким образом, обладая высокими технико-технологическими характеристиками, проектная система «ТеплоЛинк» также представляет интерес для потребителя с точки зрения своей ценовой привлекательности, что должно обеспечить лучшую

конкурентоспособность продукта на момент его выхода на рынок и при дальнейшей реализации.

Несмотря на схожую типологию, основанную на применение штукатурных смесей, представленные на данном сегменте продукты трудно назвать прямыми аналогами системы «ТеплоЛинк». Наличие в составе «ТеплоЛинк» такого элемента, как «Термофикс - жидкая теплоизоляция», качественно отличает её от других систем, повышая энергосберегающие характеристики системы и ускоряя процесс её установки, что способствует значительной экономии теплоизоляционных материалов и трудозатрат на их монтаж, а следовательно снижает стоимость продукта «ТеплоЛинк» в сравнении с конкурентами.

Список литературы:

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях: Проблема и пути ее решения / Ю.А. Матросов. М.: НИИСФ. 2008. 496 с.
2. Трофимов Б.Я. Теплоизоляционные штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем / Б.Я.Трофимов, Р.Я.Ахтямов, Р.М.Ахмедьянов // Цемент и его применение.2002. №3. С. 38-39.
3. Материалы и изделия на основе вспученного перлита / А.В.Жуков [и др.]. М.: Стройиздат. 1972. 159 с.
4. Нациевский С.Ю. Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и негорючих теплоизоляционных изделиях / С.Ю. Нациевский. М.: Строительные материалы. 2006. 496 с.
5. Минеральные вяжущие вещества /А.В. Волженский [и др.]. М.: Стройиздат. 1979. 157 с.
6. Баженов Ю.М. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов стехногенными отходами /Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин// Изв. вузов. Строительство. 1996. №7. С. 55-58.
7. Комохов П.Г. Научно-техническая технология конструкционного бетона как композиционного материала. Ч. 1 / П.Г. Комохов //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. №4. С. 36-38.
8. Комохов П.Г. Научно-техническая технология конструкционного бетона как композиционного материала. Ч. 2 / П.Г. Комохов //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. №5. С. 26-29.
9. Лесовик В.С. О развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» / В.С. Лесовик, В.В. Строкова // Строительные материалы. 2006. №8. С. 18-20.
10. Разработка многокомпонентных минеральных вяжущих веществ Ю. Д. Чистов, А. С. Тарасов // Российский Химический Журнал. 2003. №4 Химия современных строительных материалов.

11. Lesovik V.S. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works / V. S. Lesovik, I. L. Chulkova, L. Kh. Zagordnyuk, A. A., Volodchenko, and Popov D. Y. // Research Journal of Applied Sciences, 2014. № 9. С.1100-1105.
12. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 4-9.
13. Загороднюк Л.Х. Эффективные строительные смеси для теплоизоляционных работ: монография / Л.Х. Загороднюк, Н.В. Ширина. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 181 с.
14. Загороднюк Л.Х. Сухие теплоизоляционные смеси на композиционных вяжущих: монография / Л.Х. Загороднюк. Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. 216 с.

К ВОПРОСУ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

**Золотых С.В., аспирант,
Загороднюк Л.Х., д-р техн.наук, проф.,
Канева Е.В., аспирант,
Шакарна Махмуд Хусни Ибрахим, канд. техн.наук**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В соответствии с государственной программой "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности" Россией взят курс на экономию энергоресурсов. Правительством Российской Федерации ставятся задачи к 2016 году снизить расходы тепловой энергии на 30%, а к 2020 году - на 40%. Ужесточение энергосберегающей политики потребовало перехода к использованию высокоэффективных технологий, а также материалов нового поколения с улучшенными теплотехническими свойствами [1-9].

В данной статье приведены некоторые пояснения как лучше, эффективнее и экономичнее выполнить утепление как многоквартирного, так и частного дома. Правильно выбранная теплоизоляция не только снизит расход тепловой энергии на отопление и затраты на кондиционирование, но также создаст комфортные условия проживания. Начнем с распределения тепловых потерь в доме.

Наименее затратное энергосберегающее мероприятие – это заменить старые окна на энергоэффективные стеклопакеты. Но, установив герметичные стеклопакеты, значительно сокращается приток воздуха, который был рассчитан ранее. Воздухообмен помещений рассчитывался, как система приточной и вытяжной вентиляции. Приток воздуха происходил сквозь микрощели в окнах и дверях и, частично, сквозь стены за счет инфильтрации. После установки герметичных окон вытяжная вентиляция перестает работать в должном объеме — ей нечего вытягивать. Замена старых окон на энергосберегающие стеклопакеты в квартирах – это решение каждого собственника.

Утепление фасада дома – это уже относится к капитальному ремонту общего имущества дома. Хотя утепление даже отдельной квартиры можно сделать и самостоятельно.

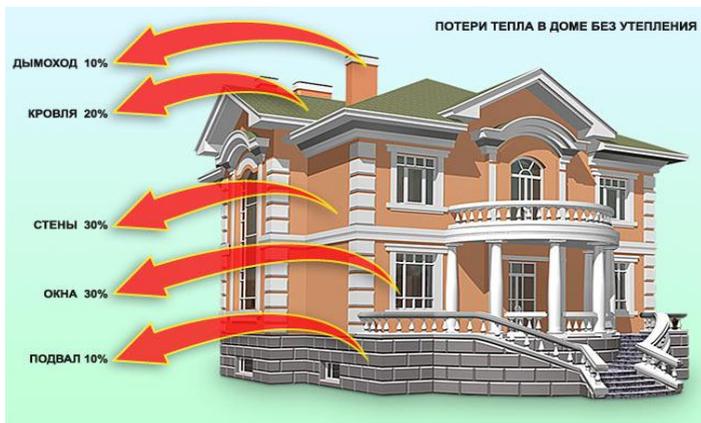


Рисунок 1 – Потери тепла в доме через стены и окна

Установлено, что наибольшие потери тепла в доме происходят через наружные стены и окна.

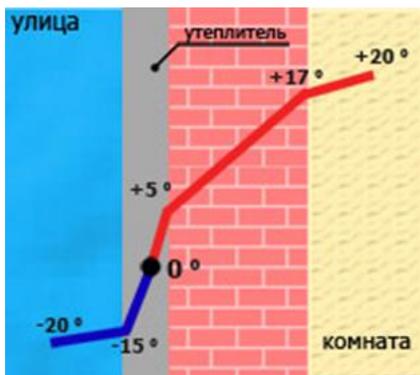
Рассмотрим варианты утепления наружных стен зданий. При этом необходимо учитывать, что паропроницаемость материалов от внутренней стены к наружной должна возрастать.

Наружное утепление стен.

1. Точка росы выведена за пределы наружной стены в наружный теплоизолирующий слой, благодаря чему исключена возможность образования конденсата и стена остается сухой.

2. Стены сохраняют тепло, не подвергаются перепаду температур, материал стен не разрушается.

3. Потери тепла значительно снижаются.



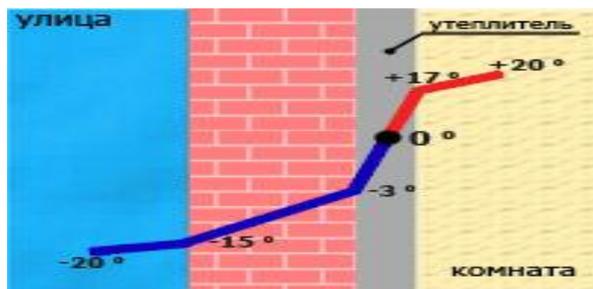
При утеплении с наружной поверхности стены отсекается проникновение в стену потока воздуха с отрицательными температурами, и точка росы отодвигается к внешней поверхности стены. При условии, что паропроницаемость утеплителя выше, чем паропроницаемость материала стены. Водяной пар, диффундирующий через стену из помещения на улицу, беспрепятственно проходит через стену и удаляется в атмосферу. Такой способ утепления закрывает мостики холода в местах опирания плит перекрытия, стыкований внутренних стен с наружными и места установки оконных перемычек и на оконных откосах.

Для зданий постройки до 2000 года, а также зданий, материал наружных стен которых под негативным воздействием атмосферы частично разрушился, наиболее эффективным способом утепления будет применение фасадной системы, которая позволяет обеспечить монолит с основанием, что предотвратит дальнейшее разрушение материала стен. Также происходит санирование объекта (вывод влаги из отсыревших стен). Примером такой системы является фасадная система «ТеплоЛинк» для зданий и сооружений. Это теплоизоляционная система нового поколения, в основе которой лежит использование в комплексе 2-х дополняющих друг друга теплоизоляционных материалов: утепляющей штукатурки «Термофикс для стен» и жидкого энергосберегающего покрытия «Термофикс - жидкая теплоизоляция».

Базовым слоем в системе является утепляющая штукатурка, которая несет основную функцию теплозащиты, обеспечивая высокую степень сопротивления теплопередаче, и одновременно выступает в роли ровнителя стен, создавая с несущим основанием прочно связанный «монолит» без образования стыков, швов, воздушных прослоек и мостиков холода.

Энергосберегающее покрытие «Термофикс - жидкая теплоизоляция» в системе является дополнительным теплоизоляционным слоем и, одновременно, финишным покрытием, колерованным в любой цвет. Покрытие Термофикс – это суспензия белого цвета, состоящее из полимерного связующего и наполнителя – полых микросфер и аэрогеля, которое защищает конструкцию наружных стен от перепада температур и негативного воздействия атмосферных осадков.

Внутреннее утепление стен.



1. Точка росы находится внутри утеплителя, образование конденсата в зоне между утеплителем и внутренней стеной.

2. Наружные стены находятся в зоне отрицательных температур. Хотя точка росы выведена за пределы наружной стены вовнутрь, есть вероятность при перепаде температур возникновения грибкового налета.

Потери тепла снижаются, но незначительно из-за увлажнения утеплителя.

При утеплении с внутренней поверхности стены изнутри стена не прогревается, доступ с улицы холодного воздуха ничем не сдерживается. Стена промерзает насквозь, а точка росы из стены смещается в толщу утеплителя. А такие утеплители, как минеральная и каменная вата и пенопласты имеют высокие коэффициенты паропроницаемости. Водяной пар, легко проникая сквозь утеплитель, сталкивается с менее паропроницаемым материалом стены (кирпичной кладкой или железобетонной панелью) и скапливается возле них. Утеплитель увлажняется и теряет свои теплоизоляционные функции. Следует также помнить важную вещь – для теплоизоляции внутренних участков стен нельзя пользоваться волокнистыми материалами, не обладающими хорошим показателем герметичности. Пусть снаружи они показывают себя с самой лучшей стороны, внутри всё обстоит с точностью до наоборот.

Когда негерметичный утеплитель питается водой, он попросту утратит необходимые качества. На стене образуется плесень. Наряду с

этим, ухудшатся эксплуатационные характеристики самих стен. Скажем, ни газобетон, ни кирпич не выводят наружу и малой части конденсата. Вода скапливается внутри стеновой конструкции. Когда градусник опускается ниже нулевой отметки до десяти градусов, происходит замерзание. Жидкость расширяется, структура материала начинает разрушаться. Утепление с внутренней поверхности стены возможно материалами, паропроницаемость которых ниже, чем материал стены. В таких случаях возможно применение жидкого керамического теплоизоляционного покрытия типа Термофикс. Теперь рассмотрим основную проблему, такую как "мостики холода", которую нужно, как можно лучше разрешить при утеплении.

С точки зрения физики «мостики холода» (или термические мостики) представляют собой элементы строительных конструкций с повышенной теплопроводностью. Как утверждают проектировщики, такие «мостики» присутствуют практически в любой наружной стене. Это могут быть перекрытия, стальная арматура, трубопроводы и прочие коммуникации, проникающие сквозь стену, и т.п.

Серьёзную опасность представляют железобетонные плиты перекрытий и перемычки оконных и дверных проёмов. Расчёты показывают, что теплопроводные включения в зонах, где перекрытия выходят в контакт с наружным воздухом, обеспечивают не менее 20% от всех теплопотерь стены дома.

В кирпичной кладке цементно-песчаные швы имеют теплопроводность в 2-3 раза выше, чем сам кирпич, а потому также могут считаться системными «мостиками холода». Строители знают, что «мостики холода» очень опасны для любого здания. Через них не просто теряется тепло, столь дорого обходящееся в наше время. В холодное время года вокруг таких участков стены может начать образовываться конденсат. Этот процесс может идти по нарастающей, вплоть до намокания всей стены. Если же ударят сильные морозы, то мокрые участки в ограждающих конструкциях легко промерзают. Причём льдообразование сопровождается появлением микротрещин и постепенным разрушением строительных материалов. В итоге резко снижается срок службы ограждающих конструкций, а значит, и всего дома.

Для предотвращения всех вышеперечисленных проблем необходимо иметь энергосберегающие материалы, которые позволили бы сократить расходы тепловой энергии на отопление и создать комфортные условия для проживания.

Список литературы:

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях: Проблема и пути ее решения / Ю.А. Матросов. М.: НИИСФ, 2008. 496 с.
2. Трофимов Б.Я. Теплоизоляционные штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем / Б.Я.Трофимов, Р.Я.Ахтямов, Р.М.Ахмедьянов // Цемент и его применение.2002. №3. С. 38-39.
3. Материалы и изделия на основе вспученного перлита / А.В.Жуков [и др.]. М.: Стройиздат, 1972. 159 с.
4. 4. Набиевский С.Ю. Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и негорючих теплоизоляционных изделиях / С.Ю. Набиевский. М.: Строительные материалы, 2006. 496 с.
5. Минеральные вяжущие вещества /А.В. Волженский [и др.] М.: Стройиздат, 1979. 157 с.
6. Баженов Ю.М. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов стехногенными отходами / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин// Изв. вузов. Строительство. 1996. №7. С. 55-58.
7. Комохов П.Г. Научоемкая технология конструкционного бетона каккомпозиционного материала. Часть 1 / П.Г. Комохов //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. №4. С. 36-38.
8. Комохов П.Г. Научоемкая технология конструкционного бетона каккомпозиционного материала. Часть 2 / П.Г. Комохов //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. №5. С. 26-29.
9. Лесовик В.С. О развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» / В.С. Лесовик, В.В. Строкова // Строительные материалы. 2006. №8. С. 18-20.
10. Чистов Ю.Д., Тарасов А.С. Разработка многокомпонентных минеральных вяжущих веществ // Российский Химический Журнал. 2003, №4 Химия современных строительных материалов.
11. Lesovik V. S. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works / V. S. Lesovik, I. L. Chulkova, L. Kh. Zagordnyuk, A. A., Volodchenko, and Popov D. Y. // Research Journal of Applied Sciences, 2014, Т. № 9. С. 1100-1105.
12. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, А.В. Шамшуков, Д.А. Беликов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 4-9.
13. Загороднюк Л.Х. Эффективные строительные смеси для теплоизоляционных работ: монография/ Л.Х. Загороднюк, Н.В. Ширина.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 181с.
14. Загороднюк Л.Х. Сухие теплоизоляционные смеси на композиционных вяжущих: монография / Л.Х. Загороднюк. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 216с

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СТРАНЫ

**Золотых С.В., аспирант,
Загороднюк Л.Х., д-р техн.наук, проф.,
Сумской Д.А., аспирант,
Толмачева М.М., аспирант,
Кучерова А.С., аспирант,
Канева Е.В., аспирант,
Дементьев Ю.А., магистрант**

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

Ещё недавно идеи экономии тепловой энергии были для большинства людей в России абстрактным понятием. Однако, объективные процессы постоянного роста цен на энергоресурсы, изменение политики государства в энерго-ресурсосбережении, а также трансформация взглядов общества переводят проблему энергосбережения в практическую плоскость.

Стремительный рост цен на энергоносители и тепло, низкое качество теплоизоляции зданий, создают необходимость срочного принятия мер по утеплению зданий и приведению их энергоэффективности к уровню требований СНиП 23 - 02 - 2003 "Тепловая защита зданий". Дело не в том, чтобы соответствовать требованиям указанного документа. Дело в том, что иначе затраты на отопление здания станут непосильными. Уже сегодня уровень платежей за тепло в России превышает уровень платежей за тепло в странах Восточной Европы. Сектор многоквартирного жилья считается одной из самых проблемных областей, в том, что касается экономии энергии. Энергосбережение в многоквартирном доме – это, прежде всего, уменьшение потерь тепла за счет утепления полов, стен, потолков.

С 2008 года в России реализовывались региональные программы капитального ремонта многоквартирных жилых домов, одним из направлений которых было утепление фасадов зданий с доведением приведенного сопротивления ограждающих конструкций до нормативных требований. Софинансирование региональных программ капитального ремонта производилось за счёт средств государственной корпорации «Фонд содействия реформированию ЖКХ». Собственники платили лишь пять процентов от стоимости ремонта. С 2013года законодательство изменилось, и теперь каждый собственник

многоквартирного дома должен ежемесячно выплачивать определенную сумму на капитальный ремонт. Т.е. увеличиваются платежи населения за услуги ЖКХ. Поэтому для собственника жилья безразлично, как будут расходоваться их деньги и, каково будет качество капитального ремонта. Соответственно, очень важно правильно выбрать технологию утепления соответствующих объектов.

Рассматриваемая в данной статье комплексная система утепления «Теплолинк» для зданий и сооружений относится к крупному рынку систем теплоизоляции фасадов (СТФ), функционирующему в рамках строительной отрасли. Все существующие системы утепления специалистами принято делить на два типа: навесные и штукатурные.

В соответствии с этим делением, можно обозначить два конкурирующих между собой сегмента рынка СТФ: сегмент навесных систем теплоизоляции фасада с воздушным зазором (НСТФ) и сегмент систем фасадных теплоизоляционных композиционных с наружными штукатурными слоями (СФТК), к которому и относится рассматриваемая система.

Анализируемый сегмент штукатурных фасадных систем СФТК является уже не молодым, а потому емким, но по-прежнему динамично развивающимся. На данный момент это один из наиболее перспективных сегментов в строительной отрасли, благодаря новому курсу правительства РФ, взятому в соответствии с государственной программой «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» на снижение расходов тепловой энергии к 2016 году на 30%.

В соответствии с докладом исполнительного директора компании «Строительная информация» Натальи Скороходовой – в 2016 году объем сегмента СФТК достиг 19,4 млн. кв. метров. Темп роста сегмента оказался достаточно высоким – около 25%, как и в 2015 году. В 2016 году эксперты фиксируют рост сегмента, как минимум на 17%, что составит порядка 23 млн. кв. метров утепленных фасадов. Объем утепления фасадов СФТК в России, приведенный на рис.1 свидетельствуют о неуклонном росте проведения защитных работ фасадов. Количество производителей систем фасадных теплоизоляционных композиционных с наружными штукатурными слоями постоянно возрастает (рис. 2).

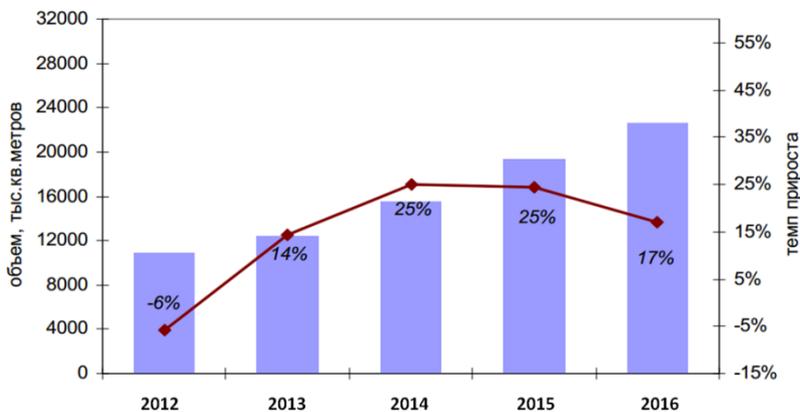


Рисунок 1 – Объем утепления фасадов композиционными материалами с наружными штукатурными слоями (СФТК) в России

По подсчетам экспертов на начало 2016 г. в сегменте представлена продукция более 50 производителей, которые занимаются реализацией СТФ и интерес к рынку не исчезает. Каждый год отмечается приход новых игроков в данный сегмент.

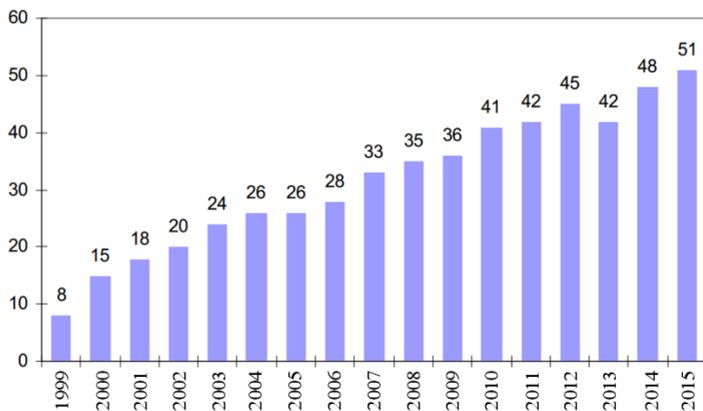


Рисунок 2 – Количество производителей СФТК на рынке России

Таблица 1 – Доля разных типов объектов в объеме монтажа СФТК и НСТФ

	Доля в объеме монтажа, %	Темп прироста в 2016 году к предыдущ., %	Темп прироста в 2015 г. к предыдущему году, %
СФТК			
Новое строительство	75%	16%	31%
Реконструкция	25%	67%	9%
Новостройки	34%	12%	26%
Реконструкция жилья	2%	-1%	2%
Малоэтажная загородная застройка	35%	26%	25%
Нежилое строит - во	16%	59%	59%
Реконструкция нежилых объектов	6%	159%	30%
НСТФ			
Новое строительство	73%	12%	6%
Реконструкция	27%	13%	-13%

Примерно 3/4 объема выполненных работ приходится на новое строительство, как в сегменте СФТК, так и в НСТФ. Эти данные свидетельствуют о постепенном замедлении темпов роста рынка навесных в сравнении с рынком штукатурных фасадов. Если сложившаяся тенденция продолжится, то СФТК продолжат наращивать свою долю на рынке систем утепления фасадов, а сам рынок заметно вырастет.

Таким образом, можно сделать следующие предположения о том, куда же идет российский рынок наружных систем теплоизоляции фасадов:

- более высокий рост сегмента СФТК по сравнению с НСТФ; соответственно, снижение доли навесных фасадов;
- продукция для СФТК – быстрорастущий сегмент рынка сухих строительных смесей в ближайшие несколько лет (не менее 12-15% к 2017 г.);

- рост объемов применения СФТК в нежилом строительстве;
- упрощение получения разрешительной документации с вводом ГОСТов наштукатурные фасады СФТК.

Важным вопросом при анализе рынка СФТК, является применение разных теплоизоляционных материалов при монтаже штукатурных систем теплоизоляции. На данный момент на рынке представлены два ключевых материала: пенополистирол и минеральная вата:

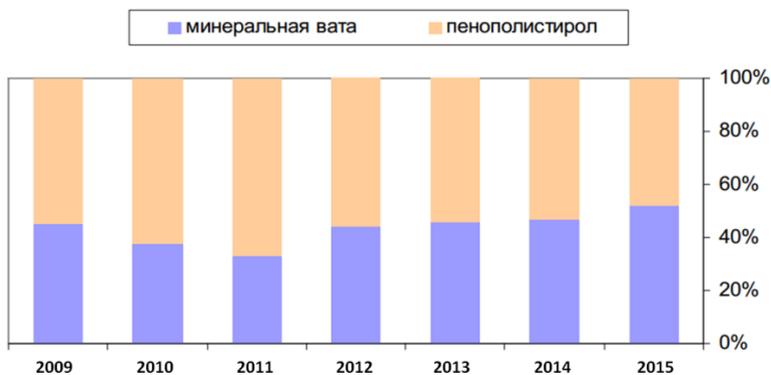


Рисунок 3 – Соотношение объемов установки СФТК с минеральной ватой и пенополистеролом в качестве утеплителя

Следует отметить, что наибольшую долю в общем объеме установленных систем штукатурного типа занимала и продолжает занимать Москва и Московская область, несмотря на 5% потерю доли за прошедший год. Вторая по величине доля от общей емкости рынка в натуральном выражении принадлежит Поволжью, после которого следует Урал. Более скромные позиции занимают Южный и Сибирский федеральные округа, несмотря на непрерывный рост объемов установки СФТК на их территории. За последний год несколько сократилась и без того не очень большая доля Санкт-Петербурга и Ленинградской области, упав на 3%. Замыкают список Северо-Западный федеральный округ и Дальний Восток.

При анализе потенциальной емкости рынка сбыта продукта, немаловажной является оценка объемов установки систем теплоизоляции штукатурного типа в регионах. Региональное деление соответствует делению по федеральным округам. Тенденции,

наблюдаемые на региональных рынках, существенно отличаются от общероссийских. Эксперты отмечают большую разницу в темпах роста рынка регионов, что подтверждает следующая таблица:

Таблица 2 – Объем установки систем теплоизоляции штукатурного типа в регионах РФ

Регион	Доля региона		Объем установленных систем штукатурного типа, тыс. кв. метров		Темп прироста 2016 к 2015 году
	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	
Москва и область	27%	32%	6210	6208	100,03%
Центральный регион (кроме Москвы и обл)	7%	4%	1610	776	207%
Санкт - Петербург и Ленинградская обл.	9%	12%	2070	2328	89%
Северо-Западный (кроме С - Пб и Ленинград. обл)	3%	2%	690	388	178%
Урал	15%	14%	3450	2716	127%
Поволжье	23%	22%	5290	4268	124%
Сибирь	7%	6%	1610	1164	138%
Южный	8%	7%	1840	1358	135%
Дальний Восток	1%	1%	230	194	119%
Итого	100%	100%	23 000	19 400	

Стоит отметить, что на расстановку долей по регионам и федеральным округам сильно влияет присутствие крупных заводов производителей и дилеров на их территории, а также инициализация новых серьезных строительных проектов в конкретных регионах, которые вносят существенный вклад в рост объемов рынка.

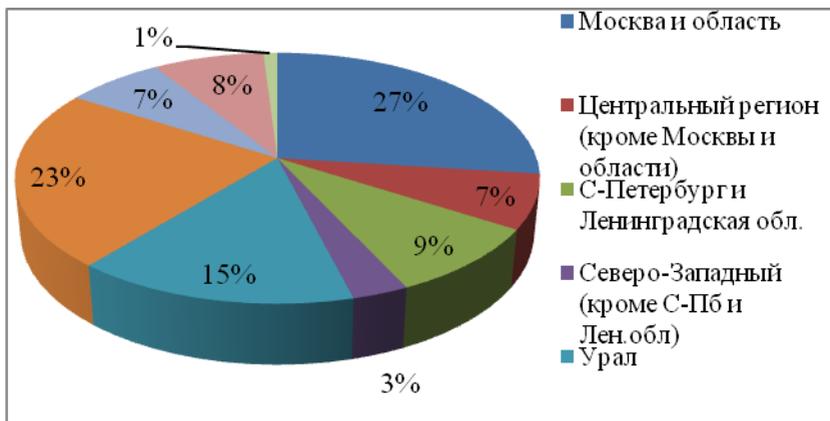


Рисунок 4 – Сравнительная характеристика объемов установки систем теплоизоляции штукатурного типа в регионах РФ за 2016 год

Еще одним немаловажным фактором, активно влияющим на рост емкости рынка штукатурных систем теплоизоляции, является, взятый страной курс на энергоэффективность, в соответствии с гос. программой «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности».

В настоящее время существует множество технологий утепления ограждающих конструкций[1-12].

Новые требования, которые предъявляются государством к главам регионов и руководителям крупных компаний в рамках доктрины национальной энергетической безопасности России, стимулируют к оптимизации расходов энергоресурсов, в том числе за счет утепления фасадов зданий штукатурными системами. Помимо этого, рост тарифов на газ и электричество, способствует увеличению спроса на системы утепления фасадов со стороны физических лиц.

Список литературы:

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях: Проблема и пути ее решения. М.: НИИСФ, 2008. 496 с.
2. Трофимов Б.Я. Теплоизоляционные штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем / Б.Я.Трофимов, Р.Я.Ахтямов, Р.М.Ахмедьянов // Цемент и его применение.2002. №3. С. 38-39.
3. Материалы и изделия на основе вспученного перлита / А.В.Жуков [и др.]. М.: Стройиздат. 1972. –159 с.

4. Нациевский С.Ю. Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и негорючих теплоизоляционных изделиях / С.Ю. Нациевский. М.: Строительные материалы. 2006. 496 с.
5. Минеральные вяжущие вещества /А.В. Волженский [и др.] – М.: Стройиздат, 1979. 157 с.
6. Баженов Ю.М. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами /Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин// Изв. вузов. Строительство. 1996. №7. С. 55-58.
7. Комохов П.Г. Научно-техническая технология конструкционного бетона как композиционного материала. Часть 1 / П.Г. Комохов //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. №4. С. 36-38.
8. Комохов П.Г. Научно-техническая технология конструкционного бетона как композиционного материала. Часть 2 / П.Г. Комохов //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. №5. С. 26-29.
9. Лесовик В.С. О развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» / В.С. Лесовик, В.В. Строкова // Строительные материалы. 2006. №8. С. 18-20.
10. Чистов Ю.Д., Тарасов А.С. Разработка многокомпонентных минеральных вяжущих веществ // Российский Химический Журнал. – 2003, №4 Химия современных строительных материалов.
11. Lesovik V. S. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works / V. S. Lesovik, I. L. Chulkova, L. Kh. Zagordnyuk, A. A., Volodchenko, and Popov D. Y. // Research Journal of Applied Sciences, 2014, № 9, С.1100-1105.
12. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей./ В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, А.В. Шамшуrow, Д.А. Беликов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 4-9.
13. Загороднюк Л.Х. Эффективные строительные смеси для теплоизоляционных работ: монография/ Л.Х. Загороднюк, Н.В. Ширина. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 181с.
14. Загороднюк Л.Х. Сухие теплоизоляционные смеси на композиционных вяжущих: монография/ Л.Х. Загороднюк. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 216с.

ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА КАК ТОНКОМОЛОТЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ФИБРОБЕТОНОВ

Исмаилова З.Х., канд. техн. наук, доц.,

Алиев С.А., канд. техн. наук, доц.,

Хубаев М.С.-М., инженер

*Грозненский нефтяной технический университет имени
акад.М.Д. Миллионщикова*

Фибробетон, как перспективный новый строительный композиционный материал современности, обладает целым рядом положительных свойств. Известно, что традиционные цементные бетоны, наиболее широко применяемые среди всех других материалов, обладая высокой прочностью на сжатие, имеют сравнительно низкие показатели прочности при растяжении и изгибе, трещиностойкости. При сооружении конструкций новых архитектурных форм, оболочек, тонкостенных панелей со сложным рельефом, резервуаров, монтаже покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов, дорог, полов промышленных зданий, труб в водопропускных системах автомобильных дорог, коллекторов, тоннелей, мостов необходимы повышенная прочность на растяжение и изгиб, трещино-, износ- и морозостойкость, ударная вязкость, выносливость, водонепроницаемость, низкая усадка [1,2].

Для улучшения показателей перечисленных свойств бетонов применяют различные технологические приемы. Один из них – дисперсное армирование бетона волокнами различного происхождения. К тому же дисперсное армирование бетона позволяет полностью или частично сократить объемы традиционных арматурных работ. Область применения фибробетона очень широка. Его применяют при строительстве (производстве): взлётно-посадочных полос; банковских сейфов и хранилищ ценностей; настил и опор мостов; берегозащитных элементов; конструкций сборного железобетона (заборы, столбы освещения, тротуарная плитка, бордюры, колодезные кольца и т. д.); монолитных и сборных покрытий дорог, разделительных полос, тонкостенных покрытий автобусных остановок, шумозащитных панелей; портовых элементов; фортификационных сооружений; плавательных бассейнов; железнодорожных шпал, электроопор; укреплении склонов путем набрызга фибробетона; огнеупорных материалов; плит промышленных полов, фундаментов под

оборудование ударного и динамического действия (тяжелые прессы, молоты, прокатные станы и т.д.).

Фибробетон рекомендуется применять в конструкциях и сооружениях, в которых существенное значение имеют снижение собственного веса, уменьшение раскрытия трещин, обеспечение водонепроницаемости бетона, повышение его ударной стойкости, сопротивления истиранию и долговечности (рис. 1) [3,4].

Фибра используется для улучшения характеристик, благодаря возможности снижения расстояния между трещинами и ширины раскрытия трещин, что способствует повышению долговечности.

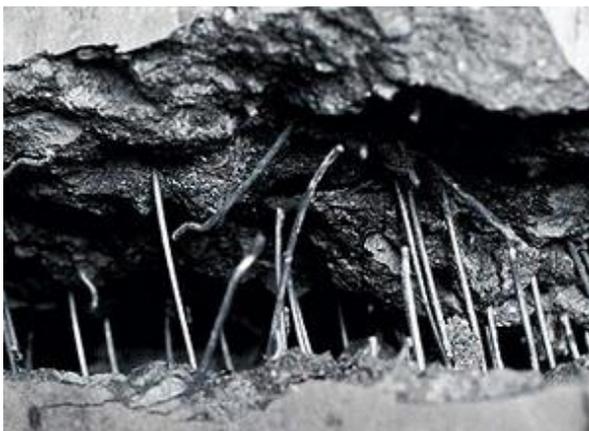


Рисунок 1 – Зона образования и раскрытия трещины при разрушении фибробетона со стальными фибрами

Схема появления микротрещин при традиционном армировании и армировании стальными фибрами приведена на рисунке 2 (а, б).

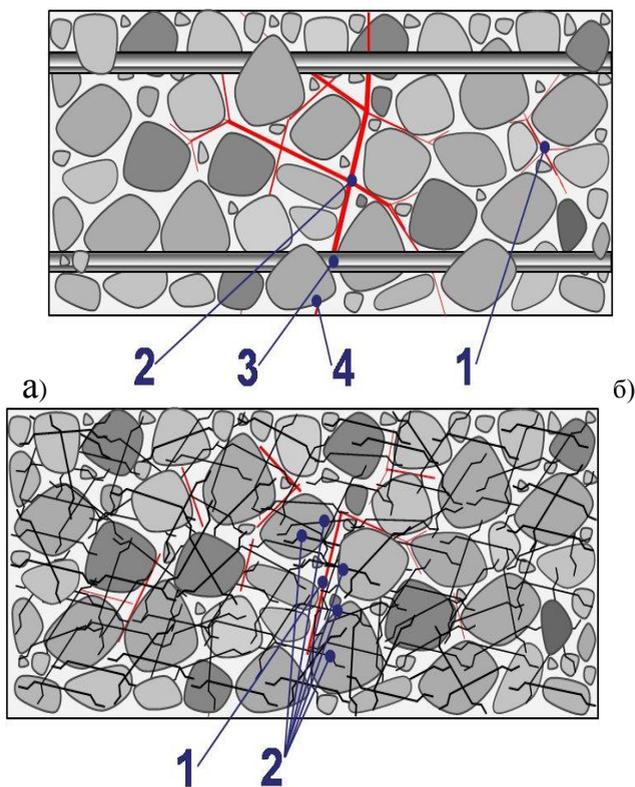


Рисунок 2 – Схема появления микротрещин: а – традиционное армирование: 1 – появление микротрещин в неармированной зоне; 2 – распространение микротрещин возрастает и приводит к появлению макротрещин; 3 – пересечение зоны армирования макротрещинами; 4 – выход трещины на поверхность; б – сталефибробетон: 1 – появление микротрещины; 2 – перекрытие микротрещины фибрами

Характеристики видов волокон, которые используют для изготовления фибробетона, приведены в таблице 1.

В строительстве наиболее эффективно используются полипропиленовые ВСМ, базальтовые волокна с длиной волокон 18 мм и диаметром волокон 20-30 мкм и стальные фибры.

Таблица 1 – Характеристики видов волокон для фибробетона

Волокно	Плотность, г/см ³	Модуль упругости, МПа	Прочность на растяжение, МПа	Удлинение при разрыве, %
Полипропиленовое	0,9	3500-8000	400-700	10-25
Полиамидное	0,9	1900-2000	720-750	24-25
Полиэтиленовое	0,95	1400-4200	600-720	10-12
Акриловое	1,1	2100-2150	210-420	25-45
Нейлоновое	1,1	4200-4500	770-840	16-20
Вискозное сверхпрочное	1,2	5600-5800	660-700	14-16
Полиэфирное	1,4	8400-8600	730-780	11-13
Хлопковое	1,5	4900-5100	420-700	3-10
Карбоновое	1,63	28000-380000	1200-1400	2,0-2,2
Углеродное	2,00	20000-250000	2000-3500	1,0-1,6
Стеклоанное	2,60	7000-8000	1800-3850	1,5-3,5
Асбестовое	2,60	68000-70000	910-3100	0,6-0,7
Базальтовое	2,60-2,70	7000-11000	1600-3200	1,4-3,6
Стальное	7,80	19000-210000	600-3150	3-4

Базальтовая фибра — это жесткое армирующее волокно, которое получают из расплавов базальтовых горных пород (рис. 3). Базальтовые фиброволокна совмещают в себе высокие технологические показатели

базальта: механическая прочность, устойчивость к химически агрессивным средам, стойкость к перепадам температур. Волокна из базальта не теряют своих свойств в зависимости от кислотности среды, не токсичны, не образуют взвешенной в воздухе пыли, не горят, легко вводятся в сухие бетонные смеси [5].



Рисунок 3 – Базальтовая фибра

Фибра полипропиленовая (рис. 4) марки ВСМ (Волокно строительное микроармирующее) используется для армирования бетона, она значительно повышает его прочностные характеристики, снижает процессы трещинообразования, обеспечивает предупреждение сколов и растрескивания, повышает устойчивость к усадке и излому. По сравнению со стальными волокнами она легче распределяется и смешивается в цементных замесах, не принося ущерба смешивающему и подающему бетону оборудованию [5].

Использование стальной фибры вместо арматуры позволяет значительно снизить сметную стоимость изделий из бетона, например, на армирование 1 м³ бетона пойдет 50-100 кг арматуры, а для достижения аналогичного результата потребуется всего 25-40 кг на м³ стальной фибры.

Фибра стальная с плющеными концами (рис. 5, а) используется для армирования бетона, значительно повышая его прочностные характеристики (эластичность бетона), а так же, снижает возможность появления трещин во время эксплуатации. Фибра изготавливается способом резания проволоки из высококачественной низкоуглеродистой проволоки ГОСТ 3282-74, временное сопротивление разрыву 1000-1350 МПа [1,6].

Фибра стальная волновая (рис. 5, б) имеет больше элементов механического анкерирования, а также большую поверхность сцепления с бетоном, но при этом её длина не вызывает тех проблем, что связаны с использованием прямой фибры. Это дает возможность уже в начальной стадии образования трещины контролировать ее сдерживание, за счет более эффективного распределения напряжений в окружающей матрице, и, соответственно увеличить продолжительность службы бетона.



Рисунок 4 – Полипропиленовая фибра ВСМ

При сравнении свойств стальной проволочной фибры и фибры из стальной ленты – преимуществом является большая эластичность проволочной фибры. Кроме того, при изготовлении фибры если подвергнуть проволоку дополнительной обработке, то это придает конечному продукту улучшенные механические свойства. Стальная волновая фибра с латунным покрытием (рис. 5, в) отличается высоким качеством сцепления с бетоном.

а

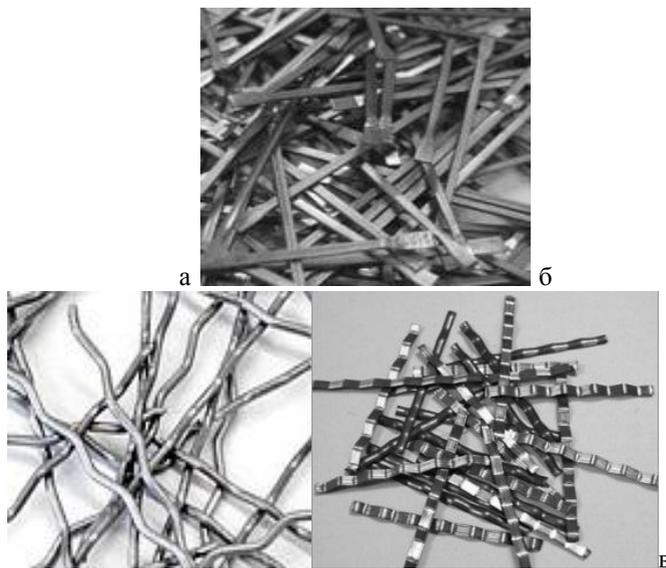


Рисунок 5. Стальные фибры: а – фибра со сплюснутыми концами; б – фибра стальная волновая; в – фибра с латунным покрытием

Этому способствует уникальная форма её боковой поверхности, напоминающая объемную зигзагообразную кривую [5,7].

Наличие современных эффективных видов фибры, позволяет упростить её введение и перемешивание в бетонной смеси, что в свою очередь разрешает в большей степени использовать технологическое оборудование, применяемое для обычных бетонов. При этом могут быть получены и применены фибробетонные смеси высокой подвижности.

Высокая прочность модифицированных мелкозернистых бетонов обеспечивает более высокую анкеровку и позволяет уменьшить требуемую длину фибры.

Введение в состав формовочной смеси тонкодисперсного наполнителя (известняковая мука молотая в течение 40 минут в лабораторной роликовой мельнице, удельная поверхность $850 \text{ м}^2/\text{кг}$) является источником дополнительного количества воды, адсорбированной на зернах наполнителя. Эта вода будет оказывать содействие процессам гидратации клинкерных минералов.

Для определения влияния микронаполнителя и фибры на основные свойства фибробетона был проведен следующий эксперимент.

Известняки Ярыш- Мардынского месторождения подвергались помолу в лабораторной мельнице МЛР-15 в течение 20, 30 и 40 минут.

Удельная поверхность известняковой муки определялась на приборе ПСХ-12, результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Удельная поверхность микронаполнителя (см²/г)

Вид породы	Время помола, минут		
	20	30	40
Известняк Ярыш- Мардынского месторождени я	3400	4600	8500

На следующем этапе приготавливалось композиционное вяжущее на основе известняковой муки в соотношении ПЦ:МН=70:30, микронаполнитель применялся с соответствующими удельными поверхностями, приведенными выше (таблица 3).

Таблица 3 – Свойства композиционного вяжущего

Вяжущее	Нормальная густота, %	Активность, МПа
Портландцемент М500	24,5	52,2
Цемент+известняк. мука (3400 см ² /г)	24,5	53,4
Цемент+известняк. мука (4600 см ² /г)	25	55,3
Цемент+известняк. мука (8500 см ² /г)	26	59,2

Результаты исследований показали, что наиболее оптимальным можно считать состав композиционного вяжущего с использованием известняковой муки, с удельной поверхностью 8500 см²/г, так как характерен максимальный прирост активности вяжущего и нормальная густота значительно не увеличилась.

Далее приготавливались образцы-кубы размером 10 см, из формовочной смеси, в состав которой входило разработанное композиционное вяжущее (состав ПЦ: извест. мука) расход был постоянным во всех составах 350 кг на 1м³, щебень фракции 5-20 мм,

Аргунского месторождения и песок Червленского месторождения $M_k=1.8$, в качестве армирующего компонента использовалась полипропиленовая фибра ВСМ-18 с длиной волокон 18 мм и диаметром волокон 20-30 мкм.

Результаты испытаний приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-механические свойства фибробетона

№ опыта	Особенности фибробетонов	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³
1	ПЦ 100 %+ фибра	8,2	39,8	2420
2	ПЦ 85 % +изв.мука 15 % +фибра	6,7	40,3	2380
3	ПЦ 70 %+изв.мука 30 % фибра	4,7	42,4	2350
4	ПЦ 50 % +изв.мука 50 %+фибра	6,1	34,6	2340
5	ПЦ 100 %	8,7	34,2	2450

Анализ проведенных исследований подтвердил, что наиболее оптимальным и эффективным является состав фибробетона на композиционном вяжущем ПЦ : известняковая мука= 70:30 %, наблюдается снижение водопоглощение фибробетона, плотность значительно уменьшилась, что является результатом применения фибры, а показатель предела прочности при сжатии выше, чем у других составов.

Таким образом, любое тонкодисперсное неорганическое вещество, обладающее хотя бы небольшой активностью по отношению к воде, будучи введено в состав цемента, становится таким же важным элементом его кристаллического каркаса, как и продукты гидратации, выделившиеся внутри самой твердеющей системы.

Исследованиями установлено, что все минеральные волокна не зависимо от химического состава вступают в химическое взаимодействие с растворами, имитирующими среду твердеющего бетона на портландцементе.

Волокна в качестве наполнителя позволяют улучшить свойства вяжущего, предотвращают образование трещин в затвердевшем

цементном камне, уменьшают водоотделение. Волокна практически не растягиваются, поры на поверхности волокон заполняются, тем самым создается арматура.

Результаты проведенных исследований приведены в таблице 5, анализ экспериментальных данных показал, что дисперсное армирование волокнами любого происхождения, положительно сказывается на свойствах бетона.

Таблица 5 – Составы и прочности бетонов, армированных волокном

№ со става	Расход материалов кг/м ³					Предел прочности при сжатии в сут., МПа		
	В	П есок	Щ ебень	В ода	Фибра 3% от КВ			8
1	73	45	11	22	Полипропиле- новая	1,1	7,9	4,1
2					Базальто- вая	0,4	9,2	2,1
3					Стальная	6,1	8,6	6,9

Полипропиленовая фибра ВСМ-18 отличается не только своими высокими физико-механическими свойствами, но и повышенной химической стойкостью, температуро-, свето- и атмосферостойкостью и, что немаловажно, простотой технологии производства, невысокой стоимостью и экологической безопасностью.

В отличие от полипропиленовой фибры стальные характеризуются меньшими показателями предела прочности при растяжении, и удлинении при разрыве, а показатель предела прочности при сжатии увеличивается незначительно (таблица 6).

Таблица 6 – Характеристики видов волокон для фибробетона

Волокно	Плотность, г/см ³	Модуль упругости, МПа	Прочность на растяжение, МПа
Полипропиленовое	0,9	3500-8000	400-700

Базальтовое	2,60-2,70	7000-11000	1600-3200
Стальное	7,80	190000-210000	600-3150

Таким образом, применение волокон полипропиленовых и тонкодисперсных микронаполнителей в целом положительно сказывается на процессах структурообразования фибробетона и прочность бетона увеличивается.

Модифицированные высокопрочные мелкозернистые бетоны, обладая сверхнизкой водопроницаемостью (W20), ускоренным нарастанием прочности и пониженной щелочностью среды при твердении, обеспечивают высокую коррозионную стойкость фибры и долговечность фибробетона.

Учитывая отечественную практику строительства и мировой опыт, целесообразно ускорить разработки и более широко применять фибробетонные конструкции во всех областях строительства.

Одним из основных препятствий на пути эффективного внедрения фибробетонов в строительство сейчас является отсутствие нормативной методики оценки экономической эффективности применения фибробетонных конструкций.

Следует в ближайшее время разработать такую нормативную методику, которая должна учитывать повышенные эксплуатационные свойства фибробетонных конструкций (износоустойчивость, ударная прочность и др.), их долговечность и значительное повышение межремонтного ресурса. Эту методику следует использовать при варианном проектировании.

Экспериментальные и теоретические исследования физико-механических свойств фибр и фибробетонов на их основе, а также опыт их применения позволили установить, что применение дисперсного армирования данными видами волокон способствует усилению монолитных конструкций и сооружений, армированию стяжек, укреплению автомобильных дорог, укреплению водоотбойных, взрыво- и взломоустойчивых сооружений. Эффект применения этих волокон способствует увеличению прочности на сжатие до 15-20 %, на растяжение при изгибе в 3-7 раз, повышению морозостойкости в 1,6-2 раза, а также трещиностойкости при динамических нагрузках.

Список литературы:

1. Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России. Госстрой РФ, НИИЖБ. М.: Готика, 2001. С.123-127.
2. ВСН 56-97. «Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций». М., 1997.
3. РТМ-17-01-2002. Руководящие технические материалы по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций на фибре, фрезерованной из слябов. Госстрой РФ, НИИЖБ. М., 2003.
4. РТМ-17-02-2003. Руководящие технические материалы по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций на фибре, резанной из листа. Госстрой РФ, НИИЖБ. М., 2003.
5. Фибра для бетона. Сайт ООО «СпектрСтрой», Москва, 2014. URL: <http://spektrstroy.ru/fibra>
6. Касторных, Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы / Л.И. Касторных -Ростов: Феникс, 2007. 221 с.
7. Саламанова М.Ш. Формирование структуры и свойств эффективных модифицированных бетонов / М.Ш. Саламанова, З.Х. Исмаилова// Международная заочная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности», г. Тамбов, 30 апреля 2014. С. 141-145.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

**Канева Е.В., аспирант,
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Кучерова А.С., аспирант,
Лесовик Г.А., доц.,**

Ахмед Ахмед Анис Ахмед, аспирант
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Строительные растворы - это смесь вяжущего вещества, мелкофракционных (размер до 4 мм) минеральных наполнителей и воды. Эти смеси применяются для каменной, кирпичной кладки или скрепления крупных элементов, например блоков, панелей при возведении различных строений. Растворы используются для облицовки, как стен, так и потолков, для заливки полов, для оштукатуривания различных поверхностей и пр. По функциональному назначению выделяют такие типы растворов: штукатурные, монтажные и кладочные. Отдельно стоят специальные строительные растворы: гидроизоляционные, буровые, акустические, тампонажные, рентгенозащитные, и т.д.

В зависимости от наполнителя выделяют два вида строительных растворов: тяжелые - с кварцевым и полевошпатовым природным песком, а также заполнителем из дробленых горных пород. Легкие растворы - с пемзовым, туфовым, шлаковым песком. Растворы с одним видом вяжущего, называются простыми. Виды строительных растворов, объединяющие в себе несколько вяжущих веществ, называются сложными.

Минеральные наполнители оказывают большое влияние на свойства строительных растворов. В большей степени это действие проявляется при формировании структуры вяжущего, у которого количество наполнителей и заполнителей составляет примерно 90-95% по массе [1-3].

Минеральные наполнители представляют собой дисперсные порошки (минеральные используются чаще) с размером частиц менее 0,15 мм и удельной поверхностью, оптимальной для практических целей, в пределах 2500—5000 см²/г. К заполнителям относится песок с крупностью зерен до 5 мм и щебень с крупностью зерен до 50 мм.

Высокое содержание в составе строительных растворов минеральных наполнителей и заполнителей позволяет уменьшить расход цементного связующего, стоимость которого в основном определяет стоимость растворов; ограничивает температурные и усадочные деформации; регулирует плотность, прочность, твердость, физико-механические и другие свойства.

Степень влияния минеральных наполнителей на те или иные свойства цементных композиций зависит от их химического состава, дисперсности и формы частиц, состояния поверхности, процентного содержания и других факторов.

В последние десятилетия при производстве строительных материалов различного назначения широко используется композиционное вяжущее, приготовленное на основе вяжущих (цемента, гипса и т.д.) и минеральных наполнителей природного и техногенного происхождения. Многочисленные исследования по использованию минеральных наполнителей различного генезиса в цементных композициях показали высокую эффективность их использования [4-15].

Следует отметить, что разделение компонентов на наполнители и заполнители диктуется не только требованиями уточнения терминологии, но и достаточно физически обоснованно, исходя из роли наполнителя, удельная поверхность которого составляет 98—99%, а заполнителей только 1—2%.

Введение наполнителей в количестве более 200—300% также приводит к ухудшению свойств наполненной композиции из-за неполного смачивания связующим поверхности наполнителей.

В качестве наиболее распространенных наполнителей строительных растворов используют порошки андезита, диабаз, маршаллита, цемента, графита и др. Заполнителями служат андезит, базальт, графит, кварц, шунгит и другие породы в виде песка и щебня. В составе легких растворов применяют аглопорит, керамзит, перлит, шунгизит, шлакоситалл, туфы, пемзы и другие искусственные и естественные пористые заполнители.

Для правильной оценки влияния минеральных наполнителей на свойства строительных растворов приведем основные характеристики наполнителей, наиболее часто используемых в составах полимербетонов.

Дисперсность наполнителей. Мелкодисперсные наполнители независимо от их природы всегда полидисперсны. Отсюда вытекает

важность определения закона распределения диспергированной системы по размеру составляющих частиц.

Распределение частиц диспергированной системы по их размеру (радиусу) может быть представлено кривой распределений, на основании которой устанавливаются размеры самых мелких и самых крупных частиц, а также размеры частиц, находящихся в системе в наибольшем количестве.

В настоящее время достаточное признание получила классификация наполнителей по их химическому составу, определяемому по общепринятой методике.

Наполнители по химическому составу делятся на четыре основные группы: кремнеземистые (кварцевый песок, аэросил и др.); карбонатные и основные (доломит, диабаз и др.); углеродные (кокс, графит); водные силикаты алюминия и магния (каолин, тальк).

Практика показала, что такое разделение существенно облегчает правильный выбор наполнителей и заполнителей для строительных растворов, но иногда этой классификации недостаточно, так как минеральные наполнители, как правило, имеют сложный химический состав поверхности, и определить влияние каждого компонента на связь с компонентами не всегда возможно. В этих случаях может быть использован метод определения суммарной химической активности поверхности наполнителя по рН его водной вытяжки. Установлено, что рН влияет на смачиваемость, состав межфазного слоя, кинетику реакции отверждения и в итоге влияет на свойства наполненных композиций. Этот метод оценки наполнителей, хотя и довольно приближенный, достаточно прост.

Большинство наполнителей, применяемых для изготовлении растворов (андезит, маршаллит, аэросил и др.), активно по отношению к полиэфирным смолам и ММЛ и может вступать с ними в специфическое взаимодействие.

Например, в полиэфирных смолах с поверхностью частиц наполнителя способны взаимодействовать карбонильные и гидроксильные группы полиэфира с образованием ковалентных или водородных связей, а также более прочных, чем в объеме полимера, надмолекулярных структур.

Таким образом, минеральные наполнители отличаются разнообразием химического состава, имеют различные физико-механические свойства, в том числе плотность, удельную поверхность, форму частиц и др. Это позволяет, сочетая их с различными смолами, в широких пределах регулировать свойства растворов и

высоконаполненных растворных композиций. В состав растворов в качестве крупного заполнителя, как правило, вводят щебень, средняя плотность и гранулометрический состав которого должен подбираться исходя из условий плотной упаковки в процессе формования, размеров, геометрической формы и средней плотности реальных изделий или конструкций. К химическому составу щебня предъявляются такие же требования, как и к наполнителям.

Список литературы:

1. Применение отсевов дробления щебня в самоуплотняющихся бетонах / Н. М. Морозов [и др.] // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 7. С. 26-31.
2. Активированные дисперсные минеральные наполнители для портландцемента / А. А. Панина [и др.] // Строительные материалы. - 2013. № 12. С. 74-75.
3. Исследование влияния мелкодисперсной добавки на физико - механические свойства бетонов / М. И. Баженов // Сухие строительные смеси. 2013. № 3. С. 36-37.
4. Лесовик В.С. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов // Вестник РААСН. 2014. № 18. С.112-119.
5. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267-271.
6. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов, А.Ю. Щекина, А.А. Куприна // Строительные материалы. 2014. № 7. С.82-85.
7. Лесовик В.С. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Р. Гайнутдинов // Вестник РААСН. 2014. С. 93-98.
8. 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.
9. 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 T.24 №11, С.1496-1502, 2013.
10. 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, Shakarna M.H.I.// Life Sci J 2014;11(12s):948-953] (ISSN:1097-8135).

11. Лесовик В.С. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих: монография / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Г.Г. Ильинская, Д.А. Беликов.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. -147 с.
12. Лесовик В.С. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова, Л.Х. Загороднюк // Научные технологии и новации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 242-246.
13. Загороднюк Л.Х. Практика использования закона сродства структур для проектирования эффективных композитов / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.Ю. Попов, Е.С. Глаголев // Научные технологии и новации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 156-163.
14. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Володченко А.А., Воронов В.В., Кучерова А.С. Теоретические основы создания сухих строительных смесей. Вестник БГТУ. 2016. № 9. С. 40-52.
15. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Воронов В.В., Чулкова И.Л., Куприна А.А., Павленко О.А. Особенности твердения строительных растворов на основе сухих смесей. Вестник БГТУ. 2016. № 10. С. 32-36.

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

**Канева Е.В., аспирант,
Гридчин А.М., д-р техн. наук, проф.,
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.,
Мельников М.Ю., аспирант**

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

Строительство - одна из крупнейших отраслей народного хозяйства, в которой занято более 10 млн. человек - рабочих, ИТР, проектировщиков и ученых. Ежегодно вводятся в строй десятки тысяч жилых, общественных и промышленных объектов, строительство относится к крупным потребителям материальных ресурсов, и в первую очередь цемента, металла, лесоматериалов, топлива и электроэнергии. Одной из важнейших задач является экономное их расходование при производстве строительных материалов и конструкций [1-3]. Анализ нашего строительства, сопоставление его со строительством технически развитых стран дают основание полагать, что в отрасли имеются значительные резервы экономии всех видов ресурсов без сокращения объемов строительства и снижения его качества. В последнее десятилетие проблема экономии ресурсов в строительстве особенно обострилась и стала одной из причин долгостроя, незавершенного строительства и его низкого качества. Сегодня для полного удовлетворения потребности в основных строительных материалах пришлось бы построить сотни новых заводов, пойти на огромные капиталовложения в развитие строительной индустрии. Отказаться от строительства новых предприятий невозможно, однако это не единственный путь, чтобы покончить с дефицитом строительных материалов.

Необходимо осуществить техническое перевооружение или реконструкцию действующих предприятий - перевести их на ресурсосберегающие технологии, рационально организовать работы на стройплощадках, закладывать в проекты прогрессивные технологии, конструкции, материалы и методы производства работ, навести порядок с транспортированием и хранением материалов. Если все это осуществить, то расход ресурсов, прежде всего цемента, можно

существенно сократить и практически ликвидировать их дефицит. В наше время бетон и железобетон - основные строительные материалы, без которых почти невозможно возвести ни одно капитальное сооружение. Ежегодно в нашей стране производится более 250 млн. куб. метров сборных и монолитных железобетонных конструкций. Поэтому экономия ресурсов при производстве сборных и возведении монолитных железобетонных конструкций - экономия топлива, энергии, цемента и металла - относится к неотложным задачам сегодняшнего дня, требующим незамедлительного решения.

Проблема экономии энергоресурсов возникла во второй половине прошлого столетия. В последние годы к ее решению начали подходить на научной основе - комплексно и всеобъемлюще. Бездумное расходование природных ресурсов: угля, нефти, газа, вырубка лесов (использование древесины как сырья для промышленности), постоянно возрастающее потребление энергии - все это население планеты расходует на свои бытовые нужды, а бурно развивающаяся промышленность - на технические. Обострению этой проблемы способствовало поднятие цен на нефть и газ международными нефтяными концернами, что позволило им резко увеличить свои прибыли. Разразился так называемый энергетический кризис. Сегодня как никогда встает вопрос об экономии энергоресурсов и рациональном их использовании во всех областях человеческой жизни. В отечественной промышленности одним из значительных потребителей топлива и энергии является строительство, а среди его отраслей - предприятия сборного железобетона, которых в стране несколько тысяч. Анализ работы этих предприятий показал, что потребление ими энергии может быть существенно уменьшено. Почти в любом производстве имеются реальные резервы экономии энергии. Если выявить эти резервы и более рационально организовать технологические процессы, то потребление энергии можно сократить, по крайней мере, в 1,5 раза. Это даст народному хозяйству страны огромный экономический эффект. Бетон, обладая многими замечательными качествами, в то же время относится к весьма энергоемким материалам.

По данным ЦСУ, на производство 1 куб. м. сборного железобетона в среднем расходуется 470 тыс. ккал; на производство отдельных конструкций на полигонах, а также при несовершенных технологических процессах этот расход возрастает до 1 млн. ккал и более. Если учесть, что годовая потребность в энергоресурсах промышленности сборного железобетона составляет примерно 12 млн. т условного топлива, то становится ясно, что даже небольшой процент

его экономии высвободит большое количество топлива для других целей народного хозяйства. Потребность в энергоресурсах для производства 1 куб. м сборных железобетонных изделий не учитывает расхода энергии, необходимой для производства составляющих бетона (цемента, заполнителей) и арматуры, отличающихся еще большей энергоемкостью. Рассматривая проблему рационального расходования энергии при производстве сборного железобетона с позиций народного хозяйства, необходимо учитывать затраты энергии, расходуемой на производство цемента и арматуры. Это наиболее дорогостоящие, дефицитные и энергоемкие материалы, и грамотное их использование, исключаящее перерасход топлива, приведет к экономии энергоресурсов. Экономия цемента - это одна из самых острых проблем современного отечественного строительства.

Существуют реальные пути уменьшения потребления цемента строителями. Наибольший перерасход цемента наблюдается в бетонах, приготовленных на некачественных заполнителях. Так, использование песчано-гравийных смесей влечет за собой увеличение расхода цемента до 100 кг/куб. м. Это делается только для того, чтобы получить бетонную смесь необходимой пластичности и обеспечить нужную марку бетона по прочности. Долговечность же его (в частности, морозостойкость), как правило, низкая, и бетонные конструкции при переменном замораживании и оттаивании разрушаются довольно быстро. Приготовление же бетона на чистых и фракционных заполнителях требует наименьшего количества цемента и обеспечивает высокое качество конструкций. Значительной экономии цемента можно достигнуть путем правильного проектирования состава бетона, не завышая его марку, для того, чтобы бетон как можно скорее достиг требуемой прочности. Можно также существенно сократить расход цемента благодаря введению в бетонную смесь высокоэффективных пластифицирующих добавок (суперпластификаторов).

К настоящему времени накопилось значительное количество научных разработок по получению композиционных вяжущих различного назначения с использованием минеральных наполнителей природного и техногенного происхождения, которые можно с успехом использовать при приготовлении различных цементных композитов: бетонов, строительных растворов специального назначения [4-15].

На заводах и полигонах имеют место заметные потери цемента при погрузке и разгрузке. Возникают отходы бетонной смеси из-за неточного ее дозирования при формовании изделий, а также отходы бетона при изготовлении бракованных изделий, которые вывозят на

свалку. Таким образом, повышение культуры производства сборных железобетонных изделий может внести существенный вклад в дело экономии цемента, а, следовательно, и энергоресурсов. Анализ затрат энергоресурсов на производство сборных железобетонных изделий, выполненных на основе обследования множества заводов, показал, что колебания по затратам энергии велики. При среднем по стране расходе энергии 470 тыс. ккал/куб. м железобетона имеется много предприятий, где этот показатель не выходит за пределы 300 тыс. ккал. Согласно расчетам на нагрев 1 куб. м бетона в стальной форме до 80 градусов (температура изотермического выдерживания) требуется примерно 60 тыс. ккал. Поскольку нагрев происходит постепенно - со скоростью не более 20 градусов в час, то этот процесс неминуемо сопровождается значительным выделением тепла в окружающую среду. При исправном оборудовании, необходимом для термообработки изделий, эти потери достигают 150 тыс. ккал, что в 2-2,5 раза больше полезно затраченного тепла. При неисправном или небрежно эксплуатируемом оборудовании, а также при неоправданно завышенной длительности термообработки к потерям обязательным(планируемым) добавляются потери непроизводительные. Они колеблются в весьма широких пределах и на некоторых заводах достигают почти 200 тыс. ккал на куб. м бетона. Таким образом, суммарные теплотери в несколько раз превышают количество тепла, затраченного на нагрев бетона с формой. Сократить теплотери при термообработке изделий можно, не допуская не исправности в работе оборудования.

Пропарочные ямные камеры очень часто работают с неисправными крышками - не действуют или плохо действуют водяные затворы, в результате чего наблюдается перекос крышек, это приводит к большим потерям пара. В цехе для работающих создаются неблагоприятные гигиенические условия, высокая влажность способствует быстрому корродированию металлических конструкций, оборудования. Избежать больших потерь тепла можно путем своевременного ремонта и профилактического осмотра камер. Исследования, проведенные сотрудниками НИИ Железобетона показали, что суммарные потери тепла в ямных камерах в процессе обработки изделий доходят до 70% от общего расхода тепла на термообработку изделий. Причина такого положения - устройство стенок и днища камер из тяжелого бетона, отличающегося высокой тепло проводимостью. Положение это можно исправить только совершенствованием конструктивного решения камер. Такие решения разработаны в НИИ Железобетона. Одно из таких решений заключается в замене тяжелого бетона керамзитобетонном. В

этом случае можно снизить тепло потери примерно на 50%. Если ограждения ямных камер делать из такого бетона, но с внутренними пароизоляцией и теплоизоляцией, то тепло потери можно снизить в 3 раза. Аналогичного эффекта можно добиться при устройстве стен камер из тяжелого бетона с несколькими воздушными прослойками.

Серьезного внимания заслуживает стендовая технология изготовления сборных железобетонных плоских плит. По этой технологии в виде пакета изготавливается сразу несколько изделий, разделенных тонкими прокладками из стального листа или пластика с вмонтированными в него электронагревателями. Расположенные между изделиями электронагреватели практически в се тепло отдают в обе стороны, т.е. изделиям, так что теплотери в окружающую среду происходят только через торцы, поверхность которых невелика. Применение пакетного метода изготовления и термообработки плоских железобетонных изделий оказало большое влияние на организацию всего технологического процесса производства сборного железобетона. Вместо обычных форм начали использовать формы с силовыми бортами и плоским дном, которые значительно менее металлоемки. Изменились и многие технологические операции. Все это способствовало увеличению продукции на тех же производственных площадях в 1,5-2 раза, уменьшению металлоемкости оборудования на 30-35%, повышению производительности труда на 10-15%. Но главное появилась возможность резко снизить энергопотребление на тепловую обработку изделий. Есть все основания полагать, что пакетный способ термообработки сборных железобетонных изделий по достоинству будет оценен производственниками и получит широкое применение на заводах ЖБИ.

В настоящее время разработан целый ряд методов электротермообработки бетона при изготовлении сборных железобетонных изделий на заводах. Одним из наиболее экономичных (с точки зрения затрат энергии) способов электротермообработки бетона является способ электропрогрева или электродного прогрева, т.е. включение бетона в электрическую цепь как бы в качестве проводника. При этом электрическая энергия превращается в тепловую непосредственно в самом бетоне, что сводит к минимуму всякого рода потери. В зависимости от мощности электрического тока можно нагреть бетон до температуры 100 градусов, причем за любой промежуток времени - от нескольких минут до нескольких часов. Таким образом, появились широкие возможности выбирать оптимальные режимы термообработки изделий и благодаря этому обеспечить высокую

производительность технологических линий. В последние годы за рубежом широко рекламируется метод предварительно го разогрева бетонных смесей непосредственно в смесителях с помощью пара: в смеситель загружаются заполнители и цемент, и в процессе их перемешивания подается пар. Нагревая бетонную смесь, пар охлаждается и конденсируется. Количество подаваемого пара рассчитывается таким образом, чтобы после его полной конденсации водоцементное соотношение бетона соответствовало проектному. В смесителе бетонная смесь нагревается до температуры не более 60 градусов, после чего подается к месту формования изделий.

В зарубежном промышленном и гражданском строительстве бетон и железобетонные конструкции прочно занимают ведущее положение по сравнению с другими материалами и конструкциями. Главное, на что направлены внимание и усилия фирм, - обеспечить высокое качество изготавливаемых и возводимых конструкций. Только с учетом этих требований они разрабатывают технологические решения, требующие наименьших затрат труда, энергии и материалов. За рубежом экономия ресурсов ни в коем случае не должна нанести ущерб качеству и долговечности конструкций. Особое внимание уделяется качеству цемента и заполнителей. В США для приготовления бетонов и растворов довольно широко применяются расширяющиеся цементы, позволяющие получать изделия высокого качества, надежные и водонепроницаемые. Любопытно, что в основу разработки такого цемента легли исследования нашего ученого, профессора В. В. Михайлова, который предложил такие вяжущие еще в довоенное время (в отечественной практике они так и не нашли применения вплоть до 60-х годов, когда стало известно о их производстве в США). Некоторые из таких цементов носят название "М" в честь первой буквы фамилии В. В. Михайлова. Как правило, фирма, выпускающая цемент, гарантирует его высокое качество и стабильность состава. Так, во Франции на мешках с цементом указываются не только его цена, но и состав, и все необходимые свойства. Во избежание путаницы и случайностей на производстве на мешках с цементом ставится цветной штамп, удостоверяющий их содержимое (портландцемент, рапид-цемент и др.). Каждый вид цемента маркируется своим цветом (красным, синим, зеленым и др.). Это полностью исключает ошибки, которые могут привести к браку конструкций. Особое внимание за рубежом уделяется химическим добавкам. В наибольшем объеме производятся добавки - суперпластификаторы (Melment и др.). По своему действию они близки к нашему суперпластификатору С-3, однако стоимость их в несколько

раз выше. Однако, для получения бетонной смеси требуемой подвижности, помимо суперпластификатора, нужны еще фракционированные заполнители, хорошая система дозирования компонентов и строго выдерживаемый состав смеси. За рубежом экономному расходованию ресурсов подчинена вся организация строительства, начиная с обеспечения строек бетоном и раствором и методы энергосберегающих технологий, применяемых в зарубежной практике, весьма рациональны и с точки зрения затрат материальных ресурсов, и обеспечения высокого качества конструкций и изделий.

Список литературы:

1. Бабаев Ш.Т., Комар А.А. Энергосберегающая технология железобетонных конструкций из высокопрочного бетона с химическими добавками. М.: Стройиздат, 1987, 240с.
2. <http://www.referatbank.ru/referat/preview/53147/referat-resurs-osberegayu-schie-tehnologii-proizvodstve-sbornogo-zhelezobetona.html>
3. <http://techno.x51.ru/index.php?mod=text&uitxt=267>
4. Лесовик В.С. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов // Вестник РААСН. 2014. № 18. С.112-119.
5. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267-271.
6. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов, А.Ю. Щекина, А.А. Куприна // Строительные материалы. 2014. № 7. С.82-85.
7. Лесовик В.С. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Р. Гайнутдинов // Вестник РААСН. 2014. С. 93-98.
8. Загороднюк Л.Х. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25-31.
9. 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 T.24, № 11.C. 1496-1502, 2013.
10. Lesovik V.S. Structure formation of contact layers of composite materials/ V.S. Lesovik, L.H. Zagorodnuk, M.M. Tolmacheva, A.A. Smolnikov, A.Y. Shekina, Shakarna M.H.I.// Life Sci J 2014;T. 11, № 12C. 948-953.

11. Лесовик В.С. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих: монография / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Г.Г. Ильинская, Д.А. Беликов.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 147 с.
12. Лесовик В.С. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова, Л.Х. Загороднюк // Научные технологии и новации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 242-246.
13. Загороднюк Л.Х. Практика использования закона сродства структур для проектирования эффективных композитов / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.Ю. Попов, Е.С. Глаголев // Научные технологии и новации: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им.В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 3. С. 156-163.
14. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Володченко А.А., Воронов В.В., Кучерова А.С. Теоретические основы создания сухих строительных смесей. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016, № 9. С. 40-52.
15. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Воронов В.В., Чулкова И.Л., Куприна А.А., Павленко О.А. Особенности твердения строительных растворов на основе сухих смесей. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 32-36.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

**Ковальченко О.В., аспирант,
Шадский Е.Е., магистрант**

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

Композиционные вяжущие (КВ) представляют собой гидравлического вяжущего, кремнеземистого компонента и комплекса специальных добавок, способствующих усилению тех или иных свойств конечных изделий.

Применение высокоэффективных многокомпонентных вяжущих нового поколения также лежит в основе создания высококачественных бетонов различного назначения с оптимальной структурой и заранее заданными улучшенными свойствами, а в некоторых случаях и принципиально новыми.

В настоящее время существует достаточно большое количество разработанных высокоэффективных составов вяжущих оригинальных в экологическом и экономическом аспектах и прошедших апробацию в заводских условиях [1–27]. Однако, не смотря на доказанную эффективность, по ряду субъективных и объективных причин, композиционные вяжущие не нашли еще достойного широкомасштабного применения.

Сама по себе идея получения КВ не нова. Ранее путем дополнительного измельчения портландцемента совместно с кремнеземистым компонентом были получены тонкомолотые многокомпонентные цементы (ТМЦ). В состав вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), помимо клинкерной составляющей и кремнеземсодержащих добавок, вводится суперпластификатор. Необходимо отметить, что в качестве кремнеземистого компонента, при производстве данного вида вяжущих, можно использовать как природные пески, с содержанием кварца порядка 95 %, так и техногенные.

Введение в состав композиционных вяжущих кремнеземистых добавок ведет не только к экономии вяжущих, но и способствует приданию изделиям на их основе специальных свойств, таких как высокая прочность, трещиностойкость, атмосферостойкость и т.д..

Анализ литературных источников позволил выделить ряд положительных факторов, способствующих улучшению физико-

механических характеристик цементных композитов за счет введения кремнеземсодержащих добавок:

- упрочняется зона контакта между цементным камнем и наполнителем в бетоне;

- ускоряется процесс твердения цементного камня на начальной стадии за счет выполнения кремнеземистым компонентом роли центров кристаллизации;

- увеличение дисперсности и концентрации наполнителя по объему способствует снижению общей пористости цементного камня;

- образуются дополнительные гидросиликаты за счет взаимодействия аморфизированного в результате помола кремнеземистого компонента с портландитом;

- за счет высокой поверхностной энергии частиц кремнеземистого компонента создаются кластеры «вяжущие – наполнитель».

Основным фактором повышения физико-механических свойств бетонов на основе вяжущих низкой водопотребности можно считать улучшение их структурных характеристик. Выявлено, что в цементном камне и бетоне на основе вяжущих низкой водопотребности практически отсутствуют крупные капиллярные поры, т.е. композиты имеют относительно низкую пористость. Это же подтверждается авторами, которые отмечают, что в отличие от камня на традиционном портландцементе характеристики структуры цементного камня на ВНВ имеют существенные отличия, которые заключаются в значительном уменьшении общего объема пор и отсутствии воздушных и крупных капиллярных пор. Таким образом, поровая структура цементного камня предопределяет в первую очередь его прочность, что и является следствием низкого водоцементного отношения.

Этими же авторами отмечается, что новообразования в цементном камне из вяжущих низкой водопотребности в основном представлены низкоосновными гидросиликатами кальция типа CSH (I) и отличаются наибольшей стабильностью структуры во времени. Длительные наблюдения за изменением прочности свидетельствуют о планомерном ее росте, без каких-либо существенных отклонений в кинетике набора в независимости от расхода ВНВ и исходных низких значений водоцементного отношения. При этом у таких бетонов отмечается наиболее интенсивный набор прочности в начальные сроки в сравнении с бетонами на традиционном сырье.

Особенность свойств вяжущих низкой водопотребности Долгополов Н.Н. объясняет механическим внедрением супермелких частиц суперпластификатора в микротрещины и микрощели зерен

цемента. По его мнению, при измельчении нарушается склочность зерен цемента с образованием дополнительных микротрещин и дислокаций кристаллической решетки. Порошкообразные суперпластификаторы концентрируются, прежде всего, в зоне микротрещин. Принимая тот факт, что реакция гидратации относится к гетеродиффузной области, Долгополов Н.Н. предполагает, что кинетика гидратации и, как следствие, нарастание прочности зависит от скорости проникновения воды к микротрещинам, которые блокируются частицами поверхностно активных веществ. Исходя из этого, он считает, что причиной улучшения свойств цементного камня (повышение адгезии цемента в зоне контакта с заполнителем, оптимизация поровой структуры с уменьшением количества крупных капилляров и т.д.) является не «смазывающий» эффект порошкового суперпластификатора и его нехимическое взаимодействие с частицами цементного клинкера, а фиксация сульфогрупп молекул СП в микротрещинах частиц, ускоряющая гетерогенный процесс гидратации вяжущих при очень низких В/Ц.

Однако, по мнению ряда ученых, применение ТМЦ и ВНВ в бетонах с повышенной плотностью, кроме положительных, имеет и ряд негативных последствий, на которые, еще в 1980 г., указывал А.В. Волженский.

Результаты его исследований свидетельствуют о снижении, с течением времени, прочности бетона на композиционных вяжущих. Что объясняется исчерпанием порового пространства, необходимого для размещения гидросиликатного геля.

Основываясь на анализе данных А.В. Волженского и других ученых в области изучения длительного твердения цементных и цементно-песчаных растворов В.В. Бабков, П.Г. Комохов и А.Ф. Полак делают вывод, что быстрый рост прочности систем с пониженным В/Ц или на основе высокодисперсных вяжущих обусловлен ускоренным ростом в пространстве относительно объемной концентрации гидратной связи. Что, в свою очередь, достигается, во-первых, за счет ускорения процесса гидратации, во-вторых, за счет высокой исходной концентрации клинкера и, как следствие, малого межзернового пространства.

Однако, если ориентироваться на практику производства и применения высокопрочных бетонов за рубежом, где срок службы бетонов с прочностью порядка 70–80 МПа при строительстве небоскребов составляет 10 лет и не вызывает сомнения у западных специалистов, то опасения относительно недолговечности бетонов с

низким водоцементным отношением, с использованием суперпластификаторов являются противоречивыми [41].

В целом, применение ВНВ позволяет значительно повысить эффективность использования цемента в бетоне, а также способствует: дополнительному снижению водопотребности смесей по сравнению с традиционным способом (на 15–25 %); при необходимости исключению от термообработки бетона или существенному сокращению ее продолжительности; резкому (на 50–70 %) сокращению расхода цемента; значительному повышению качества бетона и железобетона.

Список литературы:

1. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья: монография. Saarbrucken: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015. 133 с.
2. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. №7 С. 56–58.
3. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrucken. Изд-во LAP. 2013. 127 с.
4. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88) С. 95–99.
5. 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. 15–11.
6. Кара К.А. Изучение размолоспособности кварцсодержащих добавок как компонента композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 45–52.
7. Ильинская Г.Г., Сопин Д.М., Богусевич В.А., Лесовик Г.А., Черкесов М.Ф. Сухие отделочные строительные смеси на основе композиционных вяжущих для устройства теплоизоляционных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 139–143.
8. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Наукоемкие технологии и инновации» (XXI научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Изд-во БГТУ. Т.3. 2013. С. 28–31.
9. Строчкова В.В., Алфимова Н.И., Наваретте Велос Ф.А., Шейченко М.С.

- Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2009. №2. С. 32–33.
10. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Вишневская Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа помола на энергоёмкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 37–39.
 11. 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. V. 9. (11). P. 745–748.
 12. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10-20.
 13. Агеева М.С., Лесовик Г.А., Шаповалов С.М., Михайлова О.Н., Тахиров С.З., Помощников Д.Д., Федюк Р.С. Влияние времени помола на свойства композиционного вяжущего // Вестник БГТУ им. В.Г. 2015. № 4. С. 28-32.
 14. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Advances in Environmental Biology. 2014. T. 8. № 13. С. 134-138. 2014. № 5(5). P. 1586–1591.
 15. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Кара К.А. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих для энергоэффективного строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 47-52.
 16. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 52–55.
 17. Вишневская Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоёмкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 53–56.
 18. Алфимова Н.И., Жерновский И.В., Яковлев Е.А., Юракова Т.Г., Лесовик Г.А. Влиянии генезиса минерального наполнителя на свойства композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 91-94.
 19. Трунов П.В., Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа помола на энергоёмкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 37-39.
 20. Сопин Д.М., Богусевич В.А., Ильинская Г.Г., Присяжнюк А.П.

- Мелкозернистый бетон на основе композиционных вяжущих с использованием попутно-добываемых пород КМА для дорожного строительства // В сборнике: Эффективные строительные композиты. Науч.-практ. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 607–610.
21. Lesovik R.V., Nosova A.N., Savin A.V., Fomina E.V. Assessment of the suitability of the opal-cristoballite rocks of korkinsk deposit in the construction industry // *World Applied Sciences Journal*. 2014. Т. 29. № 12. С. 1600–1604.
 22. Клюев С.В., Лесовик Р.В., Клюев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционные вяжущие для промышленного и гражданского строительства: монография. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.
 23. Кара К.А., Шорстов Р.А, Сулейманов К.А. Реология газобетонных смесей на композиционных вяжущих с использованием техногенных песков // Сб. докл. «Наукоемкие технологии инновации» XXI научные чтения. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.
 24. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. V. 9 (11). P. 779–783.
 25. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2011. №1. С. 10–14.
 26. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства: автореф. ... канд. техн. наук. Белгород, 2011. 25 с.
 27. Алфимова Н.И., Калатоци В.В., Карацупа С.В., Вишневская Я.Ю., Шейченко М.С. Механоактивация как способ повышения эффективности использования сырья различного генезиса в строительном материаловедении // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2016. № 6. С. 85-89.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА КАК КОМПОНЕНТА КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО

**Ковальченко О.В., аспирант,
Никифорова Н.А., магистрант**

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

Последние десятилетия ознаменовались значительными достижениями в теории и технологии бетона, изделий и конструкций на его основе. Проведенный комплекс научно-исследовательских работ существенно обогатил общие представления о структуре, свойствах бетона и процессах структурообразования, компьютерное проектирование бетона и его технологии сделали огромный шаг вперед. Это дало возможность управлять процессами, протекающими при твердении и не только прогнозировать, но и задавать свойства композитов на стадии подбора и проектирования их состава [1–13].

Расширилась область применения бетонов, существенно возросли эксплуатационные характеристики и надежность, увеличилось многообразие различных видов бетона [14–20]. Это вывело бетон на одно из первых мест среди строительных материалов, особенно учитывая его возможности в использовании в качестве сырья вторичных техногенных продуктов, отходов и местных материалов. С каждым годом эта тенденция усиливается в результате дальнейшего прогрессирования теории и технологии бетона.

Все это требует не только совершенствования существующих технологических приемов проектирования и создания бетонов, но и разработки новых полифункциональных модификаторов [21–25], высокоэффективных вяжущих [26–30] и вовлечение в процесс производства ранее не используемых сырьевых материалов как природного, так и техногенного происхождения.

На базе Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова разработана широкая номенклатура композиционных вяжущих и комплексных добавок с использованием сырья различного генезиса, проведено исследование их свойств и доказана эффективность их использования.

Определение качества пород как компонента композиционного вяжущего (Кк) определялась с помощью методики разработанной на

кафедре СМИиК БГТУ им. В.Г. Шухова [31] и позволяет исследовать сырье различного генезиса.

С помощью данной методике был определен Кк широкого спектра техногенного сырья, сформировавшегося как на территории Российской Федерации, так и за ее пределами, в частности было исследовано вулканическое сырье Республики Эквадор, Острова Сицилии, отходы алмазообогащения Южно-Африканской Республики (табл. 1) и география постоянно расширяется [29].

Таблица 1 – Показатели коэффициента качества пород различного генезиса как компонента композиционного вяжущего

№ п/п	Наименование компонента ТМЦ	K_k
1	Отсев дробления кварцитопесчаника, фракции 0,315-5	1,29
2	Вулканический пепел аморфизированный (Республика Эквадор)	1,29
3	Вулканический песок (Республика Эквадор)	1,25
4	Вулканический пепел кристаллический (Республика Эквадор)	1,05
5	Вулканический туф (Остров Сицилия)	1,05
6	Песок Стодеревского карьера	1,02
7	Отходы мокрой магнитной сепарации Лебединского месторождения	1,02
8	Песок Вольского месторождения	1
9	Вулканогенно-осадочные породы (вулкан Жировской)	0,96
10	Отсев дробления кварцитопесчаника	0,96
11	Песок Нижне-Ольшанского месторождения	0,95
12	Отходы мокрой магнитной сепарации Ковдорского месторождения	0,92
13	Песок Корочанского месторождения	0,84
14	Песок Эсского месторождения	0,86
15	Отсев Солдато-Александровского карьера	0,77
16	Песок Вяземского месторождения	0,62
17	Песок Махневского месторождения	0,62
18	Отходы алмазообогащения (ЮАР)	0,40
19	Отходы алмазообогащения Архангельской алмазоносной провинции	0,31

Анализ показателей K_k сырья различного происхождения, позволил ранжировать его по степени пригодности в качестве минерального компонента композиционного вяжущего в порядке убывания эффективности использования: «метаморфические породы зеленосланцевой степени метаморфизма – частично аморфизированные продукты вулканической деятельности – закристаллизованные продукты вулканической деятельности – механогенные пески, сформированные при обогащении магнетитовых кварцсодержащих пород – осадочные кварцсодержащие горные породы – магматические породы ультраосновного состава – частично выветренные породы ультраосновного состава».

Согласно приведенному ряду, для производства композиционных вяжущих наиболее целесообразно применять метаморфические породы зеленосланцевой степени метаморфизма и частично аморфизированные продукты вулканической деятельности. Это объясняется тем, что данное сырье является генетически активированным, оно оказывает интенсивно влияние на процессы структурообразования в контактной зоне и на фазовый состав цементного камня, что в свою очередь позволит получить бетон высокого качества с заданными характеристиками.

Наименее эффективными признаны техногенные пески ультраосновного состава. Их низкий показатель коэффициента качества обусловлен, в первую очередь спецификой их минералогического состава, в частности, низким содержанием кварца и высоким содержанием серпентина, а также наличие глинистых минералов, что ведет к увеличению количества воды затворения при одинаковой удобоукладываемости смесей ТМЦ, а так же предопределяет низкую адгезию.

При использовании ультраосновных пород в качестве минерального наполнителя композиционных вяжущих необходимо вводить суперпластификаторы, которые позволят снизить их негативное влияние на активность КВ, а сами вяжущие, целесообразней всего применять для изготовления низкомарочных изделий и закладных растворов.

Таким образом, применение разработанной методики позволило ранжировать сырье различного происхождения по степени его пригодности в качестве минерального компонента КВ, что будет способствовать не только расширению сырьевой базы композиционных вяжущих, но и позволит существенно облегчить подбор составов для

производства изделий с заданными характеристиками, а также прогнозировать их свойства.

На основе полученных результатов были разработаны составы бетонных смесей для производства стеновых камней. Прочность бетона разработанных составов, соответствует проектным значениям, предъявляемым к материалам при производстве данного вида изделий. При этом применение композиционных вяжущих позволяет экономить от 30 % до 50 % клинкерной составляющей.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. №7 С. 56–58.
2. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbruken. Изд-во LAP. 2013.127 с.
3. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88) С. 95–99.
4. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Научные технологии и инновации» (XXI научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Изд-во БГТУ. Т.3. 2013. С. 28–31.
5. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Вишневская Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа помола на энергоёмкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 37–39.
6. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 52–55.
7. Вишневская Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоёмкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 53–56.
8. Алфимова Н.И., Жерновский И.В., Яковлев Е.А., Юракова Т.Г., Лесовик Г.А. Влиянии генезиса минерального наполнителя на свойства композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г.

- Шухова. 2010. № 1. С. 91-94.
9. Трунов П.В., Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа помола на энергоемкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 37-39.
 10. 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. V. 9. (11). P. 745–748.
 11. Алфимова Н.И., Калатоци В.В., Карацупа С.В., Вишневецкая Я.Ю., Шейченко М.С. Механоактивация как способ повышения эффективности использования сырья различного генезиса в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 85-89.
 12. Кара К.А., Шорстов Р.А., Сулейманов К.А. Реология газобетонных смесей на композиционных вяжущих с использованием техногенных песков // Сб. докл. «Наукоемкие технологии инновации» XXI научные чтения. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.
 13. Кара К.А. Изучение размолоспособности кварцсодержащих добавок как компонента композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 45–52.
 14. Ильинская Г.Г., Сопин Д.М., Богусевич В.А., Лесовик Г.А., Черкесов М.Ф. Сухие отделочные строительные смеси на основе композиционных вяжущих для устройства теплоизоляционных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 139–143.
 15. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Наваретте Велос Ф.А., Шейченко М.С. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2009. №2. С. 32–33.
 16. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10-20.
 17. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства: автореф. ... канд. техн. наук. Белгород, 2011. 25 с.
 18. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Кара К.А. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих для энергоэффективного строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 47-52.
 19. Lesovik R.V., Nosova A.N., Savin A.V., Fomina E.V. Assessment of the suitability of the opal-cristoballite rocks of korkinsk deposit in the construction industry // World Applied Sciences Journal. 2014. T. 29. № 12. С. 1600–1604.
 20. Клюев С.В., Лесовик Р.В., Клюев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционные вяжущие для промышленного и

- гражданского строительства: монография. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.
21. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья: монография. Saarbrücken: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015. 133 с.
 22. Alfimova N.I., Shadskiy E. E., Lesovik R. V., Ageeva M. S. Organic-mineral modifier on the basis of volcanogenic-sedimentary rocks // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). 2015. Vol. 10, № 24. Pp. 45131–45136.
 23. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.В. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // Строительные материалы. 2011. № 12 С. 60–62
 24. Lesovik R.V., Leshchev S.I., Ageeva M.S., Karatsupa S.V., Alfimova N.I. The use of zeolite for the production of tripoli composite binders // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) //Vol. 10, №24 (2015) . Pp. 44889–44895
 25. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9 (11). P. 779–783
 26. 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. 15–11.
 27. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 10–14.
 28. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках.. Дисс. докт. техн. наук. Белгород, 2009. 463 с.
 29. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 56-59.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ЩЕЛОЧЕАКТИВИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ СО СКРЫТОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

Кожухова Н.И., канд. техн. наук, доц.,

Чижов Р.В., аспирант,

Веприк А.А., студент,

Войтович Е.В., канд. техн. наук

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

На протяжении более полувека ученые-материаловеды занимаются вопросами синтеза щелочеактивированных алюмосиликатных материалов в связи с их высокими потенциальными возможностями и широкой перспективной применения в различных сферах человеческой деятельности, в особенности, в строительстве. Однако, не смотря на довольно длительное время исследования и имеющийся широкий ассортимент щелочалюмосиликатных композитов или композитов системы « $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MeO}$ » [1–6] и их активное использование, на сегодняшний день отсутствует глубокое понимание особенностей структурообразующих процессов, протекающих в этих системах и поэтому механизмы фазообразования, а также особенности взаимодействия структурных элементов в системе « $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MeO}$ » (где « MeO » – оксиды щелочных и щелочноземельных элементов, таких как CaO , Na_2O , K_2O и др.) являются недостаточно изученными, вследствие того, что кинетика и характер процессов структурообразования в матрице щелочалюмосиликатного вяжущего во многом зависят от используемых алюмосиликатных материалов и щелочных активирующих компонентов, т.е. от их химико-минеральных и структурных особенностей.

Известны ранее сформулированные принципы структурообразования в системах « $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MeO}$ », которые характерны для широкого спектра вяжущих материалов.

Так, существуют несколько моделей, способных описать процессы структурообразования и механизм твердения щелочеактивированных вяжущих на основе алюмосиликатного сырья.

Согласно теории Глуховского В.Д. [7], основой механизма активации алюмосиликатного сырья щелочными компонентами является комплекс одновременно протекающих процессов разрушения

и конденсации, при которых происходит растворение первичной алюмосиликатной составляющей вплоть до элементарных структурных единиц, дальнейшая конденсация которых приводит к образованию новых структурных элементов, являющихся прекурсорами конечного композита. На начальной стадии взаимодействия алюмосиликатного компонента и щелочного активатора при условии высокого значения рН-показателя реакционной среды (≥ 13) происходит разрыв ковалентных связей между структурными единицами Si–O–Al и Si–O–Si, сопровождающийся их переходом в коллоидную фазу с образованием гелеобразной субстанции, содержащей мономеры Si–O и Al–O, а также катионы диссоциированного щелочного компонента. Затем, стремясь обеспечить энергетический баланс системы, элементарные единицы, взаимодействуя друг с другом, образуют первичные коагуляционные структуры – олигомеры с последующей их полимеризацией и образованием пространственных сеток из щелочесодержащих алюмосиликатов.

Данной теории придерживаются ученые А. Фернандес-Хименес, А. Паломо, Ф.Г. Де Ла Торре и др. (Испания) [8], которые предложили молекулярную модель структурообразования щелочного вяжущего алюмосиликатного состава на примере геополимерной системы на основе золы-уноса (рис. 1.).

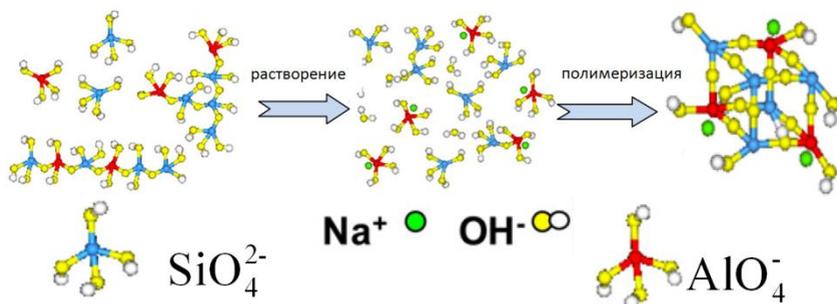


Рисунок 1 – Молекулярная модель структурообразования щелочного вяжущего согласно [8]

Ранее было установлено [9], что геополимерные вяжущие, имеющие степень полимеризации равную Q^4 (где 4 – количество мостиковых связей Si–O–Si, в расчете на один кремнекислородный тетраэдр), содержат в своем составе минеральные фазы карбасной

структуры. Кроме того, степень полимеризации алюминатных и силикатных элементарных единиц в алюмосиликатной системе имеет тенденцию к увеличению от Q^0 до Q^4 при снижении структурообразующей роли катионов и увеличении кислотности системы.

Т.е., длительность процессов растворения и поликонденсации в геополимерной системе в основном зависит от вязкости субстанции, влияющей на подвижность ионов, их степень свободы, интенсивность движения которых определяет скорость протекания процессов структурообразования.

Ранее проведенными исследованиями было установлено, что алюмосиликаты, содержащие в своем составе преобладающее количество аморфной составляющей (стеклофазы) проявляют более высокую реакционную способность, а также более интенсивные процессы растворения и дальнейшего формирования каркаса в сравнении с алюмосиликатными аналогами, для которых характерна кристаллическая структура. В последнем случае процессы щелочной активации, растворения и последующего структурообразования протекают менее интенсивно и растягиваются во времени. В результате этого имеет место явление параллельно протекающих процессов растворения и структурообразования.

Кроме того, особенности структурообразования и характер новообразований щелочеалюмосиликатных систем на основе алюмосиликатов с кристаллической структурой главным образом зависят от соотношения основных оксидов системы, а также от вида и количества структурообразующих катионов.

Так, для высокоосновных вяжущих систем « $MeO-SiO_2-Al_2O_3$ » (с содержанием оксида CaO не менее 50 %) характерно формирование низкоосновных гидросиликатов кальция слоистой или ленточной структуры.

Среднеосновные щелочные алюмосиликатные вяжущие характеризуются формированием как цеолитовых новообразований каркасной структуры, так и гидросиликатов кальция.

В низкоосновных алюмосиликатных вяжущих, как правило, преобладают процессы структурообразования полимеризационного и поликонденсационного характера с формированием новообразований преимущественно группы цеолитов.

Так же подобные системы характеризуются одновременным протеканием процессов поликонденсации и растворения, при которых происходит постепенное формирование структуры.

Таким образом, выявлено, что механизмы структурообразования в щелочеактивированных системах на основе алюмосиликатов со скрытокристаллической структурой аналогичны процессам формирования структуры в системах типа « $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--MeO}$ » в целом, однако имеют место различия в интенсивности структурообразования, а также типе и количестве новообразующихся фаз.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Кожухова Н.И., Жерновский, И.В. Кадышев Н.Д. К вопросу использования металлургических шлаков в производстве энергоэффективных щелочеактивированных вяжущих веществ / Инновационные материалы и технологии в дизайне. II Всероссийская научно-техническая конференция с участием молодых ученых // ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения». С.-Петербург. (С.-Петербург 24–25 мар., 2016 г), С.-Петербург: Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения. С. 75.
2. Кожухова Н.И. Оценка фазово-размерной гетерогенности алюмосиликатного сырья / Инновационные материалы и технологии в дизайне. II Всероссийская научно-техническая конференция с участием молодых ученых // ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения». С.-Петербург. (С.-Петербург 24–25 мар., 2016 г), С.-Петербург: Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения. С. 57.
3. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В. Алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // Строительные материалы. 2014. № 1–2. С. 53–56.
4. Fomina E.V., Strokhova V.V. Kozhukhova N. I., Fomin A. E. Effect of mechanoactivation on size parameter of aluminosilicate rocks // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9(22).
5. Войтович Е.В., Чулкова И.Л., Фомина Е.В., Череватова А.В. Повышение эффективности цементных вяжущих с активным минеральным нанодисперсным компонентом // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 5. С. 56–62.
6. Чижов Р.В., Кожухова Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В. Алюмосиликатные бесклинкерные вяжущие и области их применения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2016 №4. С. 6–10.

7. Глуховский В.Д. Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции. // Доклады и тезисы докладов 3 Всесоюзной научно-практической конференции. Киев 1989. Т. 1. 256 с.
8. Criado M., Fernandez-Jimenez A., Palomo A. Alkali activation of fly ash. Part III: Effect of curing conditions on reaction and its graphical description // Fuel 89 (2010). P. 3185–3192.
9. Кожухова Н.И. Геополимерное вяжущее на золах-уноса ТЭС и мелкозернистый бетон на его основе: дис. ... канд. техн. наук. Б., 2013. 206 с.

НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В «ЗЕЛЕНОМ» СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Костина Е.В., студент,
Юраков Н.С., аспирант**

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

В современном мире все более явно прослеживается обеспокоенность людей экологическими проблемами окружающего их мира. Как и все материалы, композиты имеют определенный жизненный цикл, заканчивающийся утилизацией. Так как сами композиты имеют сложный состав, их переработка и повторное использование связано с дороговизной этого процесса и с определенными рисками. Большинство композитов, которые выработали свой ресурс, отправляют на свалку, некоторые сжигают, а это добавляет свой вклад в загрязнение окружающей среды.

Потребность в материалах, обладающих очень широким спектром применения на основе полимеров, привело к заметному повышению интереса к полимерным композитам, в составе которых находятся натуральные органические наполнители. К достоинствам таких наполнителей можно отнести их быструю возобновляемость в природе.

В последние годы мировое сообщество пересмотрело стратегию развития нашей цивилизации, выдвинув взамен доминирующего направления безграничного «научно-технического прогресса» стратегию, основные критерии которой - ограничение потребления природных ресурсов, энергосбережение, защита окружающей среды. [1-11]

В целом, «зеленые» композиты позволяют снизить пагубное воздействие материалов на человека и окружающую среду. В связи с этим ведется поиск новых решений использования природных ресурсов в области строительного материаловедения. Так, американскими учеными ведутся разработки нового вида пластмасс на основе растительного белка.

С неизбежным ростом цен на нефть и сильным загрязнением окружающей среды, вызванное небiorазлагаемыми на нефтяной основе полимерными материалами, существует острая необходимость в разработке экологически доброкачественных материалов из возобновляемых ресурсов. Научные исследования и разработки новых

композитов призваны смягчить растущие экологические угрозы. [12-18]

«Зеленые» композиты в индустрии пластмасс призваны заменить пагубную биодegradацию (биологический распад, биоразложение — разрушение сложных веществ, материалов, продуктов в результате деятельности живых организмов). Природные целлюлозные волокна, такие как лен, джут, рами, пенька, сизаль привлекли внимание ученых как своего рода наполнители для композитов. К одному из множества их преимуществ относится их ежегодная возобновимость, устойчивость, высокий удельный модуль упругости, относительная легкость и биосовместимые функции.

Соевый белок является одним из наиболее широко используемых биополимеров для производства зеленых композитов с натуральными волокнами, так как они имеют ряд плюсов: ежегодно возобновляемый источник, недорогой, биоразлагаемый, биологически совместим, имеет хорошую прочность.

Он содержит много полярных и реактивных аминокислот, такие как глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, лизин, аргинин, серин, треонин и тирозин, которые содержат карбоксильные (-COOH), амин (-NH₂), или гидроксильные (-OH) группы.

Эти реакционноспособные группы могут быть использованы для меж- и внутримолекулярных перекрестных сшиваний, что приводит к повышению механических свойств. Существует вида соевых белков, разделенных по содержанию белка, используемых в производстве: обезжиренная соевая мука (defatted soy flour (SF)), соевый белковый концентрат (soy protein concentrate (SPC)), изолят соевого белка (soyproteinisolate (SPI)).

SF является наименее очищенным соевым продуктом, полученный путем удаления масла из соевых бобов. SPC и SPI продукты, прошедшие дополнительную очистку, в ходе которой удаляется растворимый сахар, для того, чтобы повысилась концентрация белка. Содержание белка в SF около 53% белка и 32% углеводов (в основном фруктоза, глюкоза, сахароза, рафинозы, и стахиозы), в то время как SPC и SPI содержат 72 и 90% белка, углеводов соответственно.

Для того, чтобы рассмотреть экономическую составляющую процесса производства пластика, то целесообразнее использовать Обезжиренную соевую муку, так как на ее обработку по сравнению со 2-м и 3-м видом соевого белка, уходит меньше средств. Но при своей небольшой стоимости, SF показал не высокие механические свойства.

Исследование рами-волокна американскими учеными показали, что механические свойства при растяжении волокон и насыщении их влагой меняются. Это объясняется тем, что природные волокна имеют, зачастую, неправильную форму. В Таблице 1 представлены результаты испытаний, полученные учеными штата Флорида.

Таблица 1

Предел прочности на растяжении, МПа	Деформация, %	Модуль Юнга, GPa	Содержание влаги, %
333.48 (23.85)	1.63 (15.70)	24.71 (26.92)	5.85

Цифры в скобках указывают коэффициент вариации процентов.

На рисунке 1 показана микрофотография Рами-волокна, поверхность, которого очень чистая, гладкая, и относительно равномерная. Средний диаметр волокна составляет около 25-30 мкм.

На Рисунке 2 представлена фотография поперечного сечения, где отчетливо видно, что оно эллипсоидальное по форме и имеет большой просвет, окруженный несколькими стенками. Эта полая и слоистая структура волокна рами может обеспечить хорошую звукоизоляцию и теплоизоляционные свойства.

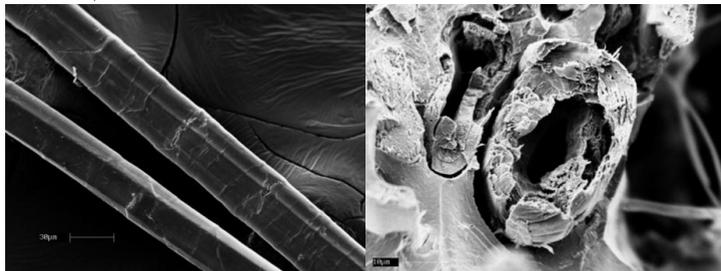


Рисунок 1.

Рисунок 2.

Из природных материалов, описанных выше специальным образом изготавливают смолы, которые и выступают в роли составляющего композиционного материала. При этом содержание растительных волокон в композитах сохраняется до 50%.

В «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года.»

ставятся задачи рационального использования природных ресурсов и вовлечения в производство техногенных отходов различных отраслей промышленности. Замещение природного сырья производственными и бытовыми отходами в производстве строительных материалов так же является приоритетным направлением.

Промышленность строительных материалов (ПСМ) является уникальным утилизатором отходов производства и потребления. Тем не менее в последние годы в Российской Федерации использование в ПСМ вторичного сырья, полученного из отходов производства, заметно сократилось, что связано как с общим падением уровня промышленного производства, так и с отсутствием должного стимулирования к использованию вторичных ресурсов со стороны государства. Поэтому разработка композитов на основе техногенного сырья является перспективным вложением государственного бюджета.

На основе использования вторичных ресурсов ведутся разработки по созданию эффективных композиционных вяжущих для «Зеленого» строительства.

Список литературы:

1. Фролова М.А., Тутьгин А.С., Айзенштадт А.М., Лесовик В.С., Махова Т.А., Поспелова Т.А. Критерий оценки энергетических свойств поверхности // Наносистемы: физика, химия, математика. 2011. Т. 2. № 4. С. 120-125.
2. Ключев С.В., Лесовик В.С., Ключев А.В., Бондаренко Д.О. К вопросу применения нескольких видов фибр для дисперсно-армированных бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 81-83.
3. Лесовик В.С., Строкова В.В., Кривенкова А.Н., Ходыкин Е.И. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 25-27.
4. 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.
5. 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.
6. Вишневатая Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник

- Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53-56.
7. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.
 8. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., 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.
 9. Лесовик В.С., Володченко А.А. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.
 10. 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 «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
 11. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В. Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
 12. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
 13. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
 14. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
 15. 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.

16. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
17. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
18. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
19. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПИГМЕНТОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**Лабузова М.В.¹, аспирант,
Огурцова Ю.Н.¹, канд. техн. наук,
Балицкий Д.А.¹, студент,
Стрельцова Т.П.², канд. техн. наук**

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

*²Белгородский государственный национальный
исследовательский университет*

Для улучшения декоративных свойств строительных материалов, придания различных оттенков бетонным, гипсовым изделиям применяются пигменты различной природы. Их используют в первую очередь для производства тротуарной плитки, облицовочной плитки, железобетонных изделий, цветных бетонных заборов, цветных памятников, искусственного декоративного камня, цементной черепицы.

Пигменты представляют собой сухие, тонкоизмельченные, нерастворимые красящие порошки природного или искусственного происхождения, которые поглощают определенные длины волн света, отражая другие.

На настоящий момент известен и доступен достаточно широкий диапазон пигментов различного происхождения. Основные характеристики пигментов представлены в таблице 1. Стоит отметить, что свойства пигментов определяют их выбор и эффективность применения в тех или иных строительных материалах для достижения требуемых свойств окрашиваемых изделий.

С помощью пигментов и современных технологий их использования становится возможным достичь любых оттенков строительных изделий на основе цемента, гипса, извести, при этом не только в один тон, но и создать текстуры, напоминающие мрамор, дерево, кожу.

Для получения декоративных изделий для наружной отделки применяются изделия на основе цемента. При этом для получения максимальной яркости, особенно светлых оттенков, более широкого диапазона цветовых возможностей и достижения ярких цветов используется белый портландцемент. Проблема использования

традиционных сырых цементов заключается в том, что серый портландцемент может значительно отличаться между поставщиками, от партии к партии, и некоторые оттенки могут изменить окончательный вид желаемого цвета. Учитывая более высокие уровни содержания железа и других примесей в сером портландцементе, выбор цвета ограничен и сводится к приглушенным коричневым тонам [1–4].

Таблица 1 – Основные свойства пигментов

<i>Свойство</i>	<i>Характеристика (описание)</i>
Укрывистость	Расход пигмента в граммах на 1 м ² . Пигменты делятся на корпусные, с их помощью получают не просвечивающиеся покрытия и лессировочные, дающие просвечивающие красочные пленки
Щелочестойкость	Способность не изменять своего цвета под воздействием щелочной среды, которую создает цемент, известь
Светостойкость	Способность пигмента не менять цвет под действием ультрафиолета. Наиболее устойчивыми являются натуральные пигменты
Химическая стойкость	Стойкость пигментов в присутствии кислот (например, уксусной кислоты), щелочей, перекисей, аминов и т. п.
Красящая способность	Способность пигмента создавать требуемый оттенок смеси
Дисперсность	Тонкость помола пигмента. Данная характеристика влияет на укрывистость и на красящую способность пигмента

Особенность технологии использования пигментов, например при производстве тротуарной плитки методом вибролитья, заключается в следующем: пигмент предварительно перемешивается с мелким заполнителем, и лишь затем в смесь вводится портландцемент. От времени перемешивания смеси зависит гомогенное распределение пигмента. При использовании пигментов производимые изделия могут быть окрашены полностью или только облицовочный слой.

Исследования [5] показали, что введение пигмента в рекомендованных количествах не оказывает отрицательного

воздействия на свойства бетонной смеси. По результатам испытаний мелкозернистого бетона с добавлением пигмента отмечается повышение прочности на сжатие. Авторы объясняют повышение прочности тем, что пигменты на начальных этапах твердения выступают в качестве центров кристаллизации, способствуя более быстрому начальному этапу роста кристаллов и в дальнейшем – «магазинированию» [5].

При взаимодействии пигмента с вяжущим веществом образуется эмульсия, которая равномерно распределяется по всей массе смеси. По этой причине дозирование пигмента рассчитывают от массы цемента, а не от массы заполнителя или воды.

Количество введения пигмента в бетонную смесь варьируется от 1 % до 5 %, в зависимости от его состава и свойств. После превышения порога в 5 % наступает пигментная насыщенность, что может сильно повлиять на конечные свойства бетона, но при этом интенсивность окрашивания будет меняться незначительно [6].

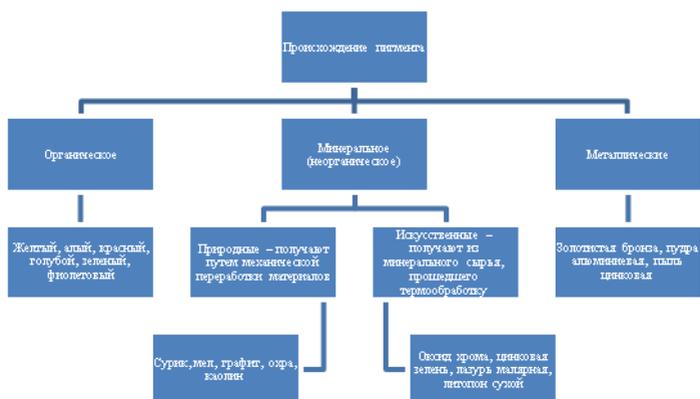


Рисунок 1 – Классификация пигментов

Свойства пигмента и его влияние на свойства производимых изделий во многом зависят от происхождения пигмента [7–9] (рис. 1).

Неорганические пигменты являются химически стабильными, и, как правило, не оказывают отрицательное воздействие на бетон до тех пор, пока дозирование не превышает порог в 5 % от содержания цемента по массе.

Синтетические пигменты оксида железа являются недорогими, их существует достаточно большое разнообразие. Они передают строительным изделиям красный цвет. Окись хрома обеспечивает стабильный зеленый цвет. Диоксид титана используется для достижения светлых тонов, белых, а также позволяет сделать светлый цвет при использовании серого цемента.

Более широкий диапазон оттенков для окрашивания строительных изделий достигается за счет использования органических пигментов в сочетании с неорганическими. Органические пигменты ярче, обеспечивают гораздо более интенсивное окрашивание, являются более чистыми, чем оксиды и, таким образом, могут помочь в достижении более глубоких цветов, чем при использовании только окислов. При этом использование органических пигментов зачастую требует изменения количества воды затворения и изменяет время отверждения строительных смесей. Сажа является одним из наиболее распространенных органических пигментов, используемых в бетоне. Пигмент фталоцианина меди придает различные оттенки синего и зеленого цветов.

Таким образом, использование пигментов для производства строительных материалов на основе цемента в каждом случае требует дополнительных исследований для установления их влияния на характеристики бетонов и поиска оптимальных дозировок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-33-50064, а также в рамках выполнения НИР по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области.

Список литературы:

1. Беленький Е.Ф., Рискин И.В. Химия и технология пигментов. Л.: Химия, 1960. 756 с.
2. Носков А.С., Руднов В.А., Беяков В.А. Влияние железооксидных пигментов на физико-механические свойства бетона // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. 2013. № 2. С. 82–85.
3. Лесовик В.С., Нечаев А.Ф., Стрельцова Т.П., Мухачева В.Д. Химические диспергаторы в получении железооксидного пигмента из шламов скважинной гидродобычи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 12–15.
4. Лукашевич О.Д. Получение цветного бетона с использованием пигментов из железосодержащих шламов водоподготовки // Вестник

- Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 5 (52). С. 127–137.
5. Стрельцова Т.П., Лопатко А.И., Никулин Ю.Ю. Отходы КМА для окрашивания цементных систем // Сухие строительные смеси. 2014. № 2. С. 32–33.
 6. Федосеева Е.Н., Зорин А.Д., Занозина В.Ф., Кузнецова Н.В., Кабанова Л.В., Самсонова Л.Е. Пигмент для окраски кирпича и бетона на основе отхода «пыли металлургического производства» // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2013. № 4–1. С. 103–108.
 7. Нелюбова В.В., Никулина М.В. Разработка способа модификации пигментов // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 264–266.
 8. Нелюбова В.В., Череватова А.В., Строкова В.В., Гончарова Т.Ю. Особенности структурообразования окрашенных силикатных материалов в присутствии наноструктурированного вяжущего // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 25–28.
 9. Строкова В.В., Баскаков П.С., Мальцева К.П. Уточнение методики расчета критической объемной концентрации пигментов в составе лакокрасочных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 144–148.

ТЕХНОГЕННОЕ СЫРЬЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Лебедев А.А., аспирант,
Челядник М.С., магистрант**

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

В настоящее время на территории Российской Федерации накоплено около 80 млрд. т. промышленных отходов, которые занимают почти 300 тыс. гектаров полезных земель [1].

Основными источниками многотоннажных отходов являются: горнообогатительная, металлургическая, химическая, лесная, деревообрабатывающая, текстильная отрасли промышленности; энергетический комплекс; промышленность строительных материалов; агропромышленный комплекс; бытовая деятельность человека. Использование техногенного сырья - мощный экологический ресурс [2-5].

В условиях нарастающей экологической напряженности в мире проблема рационального использования и эффективного сбережения природных ресурсов становится важнейшей задачей.

Исключительно важное значение имеет не только сбережение сырьевых ресурсов, но и их повторное использование.

Важную роль в утилизации (использовании) вторичных сырьевых ресурсов играет строительство и промышленность строительных материалов [6-8].

Отрасли промышленности используют два вида сырья: природное и техногенное (вторичное).

Известно, что создавая материалы, мы пытаемся копировать геологические процессы, а строительные композиты являются техногенным аналогом горных пород [9].

Однако использование вторичного сырья связано с рядом трудностей. Это обусловлено содержанием в составе горнопромышленных отходов ряда минералов и элементов примесей, не свойственных традиционному минеральному сырью. Кроме того, отходы характеризуются широким диапазоном изменения минерального и химического состава, физико-химических и технологических свойств. Снижение отрицательного влияния этих факторов и получение высококачественных изделий может быть обеспечено управлением качеством вторичного сырья [9].

Техногенные виды сырья для производства стеновых материалов многообразны.

Керамические стеновые материалы изготавливают из глинистого сырья путем формования изделий, сушки и обжига.

Пригодные для получения кирпича горные породы встречаются во вскрыше угольных разрезов, месторождений огнеупорных и бентонитовых глин, флюсовых и других известняков, железистых кварцитов, марганцевых руд, строительного камня и песка, серы, графита и др. Утилизируются они редко и изучены, как правило, слабо. В производстве обожженного кирпича наиболее эффективными являются хвосты углеобогащения, отходы коксохимических производств и зола тепловых электростанций. Эти отходы применяются как отощающая и топливная добавка. Введенные в измельченном состоянии в запесоченные и лёссовидные суглинки, они оказывают положительное влияние на процессы формирования и сушки сырца, снижают расход топлива на обжиг и повышают прочность готовых изделий. При использовании в кирпичном производстве в качестве добавки золы-уноса она вводится в шихту в количестве 8-20 %, если глина малопластичная, и 40-48 % - при применении высокопластичных глин. При этом зола должна иметь температуру размягчения 1200-1400 °С, содержать зерен размером свыше 3 мм не более 5 % объема золошлаковой смеси, серы (в пересчете на SO₃) не более 2 %, присутствие зерен карбонатной породы крупнее 1 мм не допускается. Отходы углеобогащения и зола ТЭС могут применяться не только как добавка, но и как основные компоненты шихты. Технология производства кирпича из шихт, содержащих 70-100 % отходов углеобогащения, разработана рядом институтов и принята межведомственной комиссией. В НИИ стромпроект разработаны составы зологлиняного кирпича - золокерама, изготавливаемого с использованием 65-85 % золы и 15-35 % глины. При производстве золокерама расход топлива по сравнению с традиционной технологией сокращается не менее чем в 1,5 раза. В качестве отощающей добавки при изготовлении кирпича могут использоваться вместо песка отходы сухой магнитной сепарации железных руд [10].

Силикатные изделия из известково-песчаных смесей производят как штучные, так и крупноразмерные изделия, называемые силикатными.

Наиболее широко распространен *силикатный кирпич*. Силикатные камни, а иногда и кирпич, выпускают пустотелыми. По назначению кирпич и камни разделяют на рядовые и лицевые, последние могут быть

неокрашенными, окрашенными. Применение силикатного кирпича: для кладки стен зданий и, прежде всего, как отделочный материал. Не допускается применение: 1) в помещениях с повышенной влажностью (подвалы, фундаменты, цокольная часть зданий, бани, прачечные); 2) при повышенных температурах (газоходы, дымовые трубы, изоляция термических поверхностей и др.). Силикатные изделия могут быть также крупноразмерными. К ним относятся панели для несущих стен и перегородок. В настоящее время рассмотрена возможность использования в качестве компонента сырьевой смеси при производстве силикатных изделий не только природного сырья, но и техногенного, такого как шлаки, золы ТЭЦ, а также отходы керамического гравия, вскрышных пород горнодобывающей промышленности, которые изначально имеют высокую удельную поверхность и не требуют дополнительных энергетических затрат на помол. Применения такого сырья позволит расширить сырьевую базу, снизить себестоимость, а также улучшить физико-механические свойства готовых изделий [11].

Изделия из ячеистого бетона Особый интерес для производства ячеистых бетонов представляют мелкозернистые техногенные отходы промышленности, которые позволяют снизить энергозатраты на предварительное измельчение и помол материалов и уменьшение их стоимости на 15-18%.

К таким тонкодисперсным техногенным отходам можно отнести шламы горнодобывающих комбинатов, золы-уноса, улавливаемые электрофильтрами на энергетических предприятиях, отходы газоочистки производства феросилиция, пыль газоочистки производства металлургического марганца и саморассыпающийся шлак металлического марганца, шламы травильных производств металлургических заводов, шламы глиноземной промышленности, и особенно красные шламы, пылевидные отходы также могут быть использованы в производстве ячеистого бетона [12].

Крупноразмерные стеновые изделия из легких бетонов на пористых заполнителях Легкие бетоны на пористых заполнителях получают все большее применение в строительстве благодаря меньшей плотности при достаточно большой прочности и ряду сравнительно благоприятных свойств.

Истощение сырьевой базы хорошо вспучивающихся глин требует разработки новых способов получения пористых заполнителей из других видов сырья. В мировой практике накоплен большой опыт получения пористых заполнителей из техногенных отходов, в первую очередь металлургических и топливных шлаков и зол. В частности, из

шлаков ферросплавного производства получен шлакостекло - гранулянт (ШСГ) двух классов по назначению: А - для конструкционно-теплоизоляционных бетонов и Б - для конструкционных, в том числе высокопрочных, классов до В80 включительно. Себестоимость ШСГ в 3...5 раз меньше, чем керамзита, а энергозатраты на производство - на порядок без снижения прочности. Из шлакозольных отходов ТЭС получен малоэнергоёмкий пористый наполнитель - шлакозит, обладающий прочностью на сжатие в цилиндре 8 МПа при насыпной плотности 800 кг/м³. Является перспективным конструкционным материалом.

Использование техногенных отходов для производства высококачественных пористых наполнителей повышенной прочности и малой насыпной плотности представляет собой новое направление в технологии пористых наполнителей и легких бетонов, развиваемое в России, США и других странах, предопределяемое неограниченными запасами этих отходов и природоохранными требованиями их утилизации. Для теплоизоляционных и некоторых конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов применяют органические легкие наполнители из древесины, стеблей хлопчатника, костры, гранул пено - полистирола и пенополиуретана, пористого стекла, различных волокон и др. [13].

Гипсобетонные изделия в качестве наполнителей при изготовлении гипсобетонных изделий используют кварцевый песок, пористые наполнители (керамзит, шлаковую пемзу), опилки, стружки, льняную костру, макулатуру. Для уменьшения плотности к гипсовым смесям добавляют вспенивающие вещества, которые также по своей природе могут быть техногенными.

Стеновые изделия из арболита относятся к группе легких бетонов, являются органическими стеновыми материалами и изготавливаются на основе древесного наполнителя, применяют и минерализатора, связующих. В технологии производства применяют кусковые отходы от деревообработки, лесопиления [14].

Среди техногенных отходов могут быть газообразные, жидкие и твердые продукты. Многие из них загрязняют воздух и воду, использование таких вторичных продуктов позволит снизить энергозатраты на 10-30 %, что является также актуальной проблемой 21 века. Известно, что улавливанием и нейтрализацией вредных отходов стали заниматься только в связи с бурным развитием промышленности в конце 19 – начале 20 века. Полностью эта проблема до сих пор не решена.

Список литературы:

1. Агеева М.С., Шаповалов С.М., Боцман А.Н., Ищенко А.В. К вопросу использования промышленных отходов в производстве вяжущих веществ. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 9. С. 58-62.
2. Lesovik R.V., Leshchey S. I., Ageeva M.S., Karatsupa S. V., Alfimova N. I. The Use Of Zeolite-Containing Rottenstone Powder For The Composite Binding Production / International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) // 2015.т.10.№24. p 44889-44895
3. Агеева М.С., Шаталова С.В., Головина Т.А., Капустина А.А., Минаков С.В. Влияние времени хранения композиционных вяжущих на их активность // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 7-10.
4. Alfimova N. I., Shadskiy E. E., Lesovik R. V., Ageeva M.S. Organic-Mineral Modifier On The Basis Of Volcanogenic-Sedimentary Rocks 2014. Т. 1. № 12. С. 365-396.
5. Ageeva M.S., Lesovik R.V., Erofeev V.T., Sopin D.M., Lesovik G.A. The efficient composite building materials of the iron and steel industry waste // В сборнике: 19-те INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. С. 1433-1435.
6. Агеева М.С., Шаталова С.В., Головина Т.А., Капустина А.А., Минаков С.В. Влияние времени хранения композиционных вяжущих на их активность // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 3-10.
7. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья: // Saarbruken. Изд-во LAP,2015.100 с.
8. Агеева М.С., Карацупа С.В., Помощников Д.Д. Регулирование свойств шлако-цементного вяжущего // В сборнике: Современные тенденции в образовании и науке сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 26 частях. 2013. С. 8-9.
9. Суворова О.В., Макаров Д.В., Кременецкая И.П., Васильева Т.Н. Использование техногенного сырья для получения [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation_ksr/3.30.pdf
10. Сырье для производства строительных материалов [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL:

- (http://studopedia.ru/14_39312_sire-dlya-proizvodstva-stenovich-materialov.html) (дата обращения 02.10.16.)
11. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // *Фундаментальные исследования* 2013. №6. С. 39-112.
 12. Abramova P.S., Mestnikov A.E., Lesovik V.S., Ageeva M.S., Lesovik G.A., Kalashnikov N.V. Ceramsite concrete durability: prediction and reality // *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. Т. 9. № 12. С. 1073-1077.
 13. Легкие бетоны [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://msd.com.ua/stroitelnye-materialy/legkie-betony-2/> (03.10.16.)
 14. Строительные материалы из древесных отходов [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-99-drevesina/11.htm> (дата обращения 03.10.16.)

СТЕКЛОФИБРОБЕТОН КАК «ЗЕЛЕНый» КОМПОЗИТ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Левицкая К.М.,

Пучка О.В., канд. техн. наук, проф.

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

Новый композиционный материал, который получен на основе цемента с мелким наполнителем и дисперсноармированный щелочестойким стекловолокном называется стеклофибробетон. Данный материал в настоящее время получил широкое распространение для изготовления сборных конструкций, применяемых в различных отраслях строительства и промышленности [1].

Стеклофибробетон является разновидностью фибробетона и изготавливается из мелкозернистого бетона и армирующих его отрезков стекловолокна (фибр), равномерно распределенных по объему бетона в изделия или в отдельных его частях.

Конструкции из стеклофибробетона применяют для экономии трудозатрат, снижения стоимости строительства, повышения долговечности и эксплуатационной надежности строительных конструкций.

При дисперсном армировании улучшаются прочностные свойства бетона и эксплуатационные характеристики конструкций, например, устойчивость к износу, температурно-влажностным воздействиям, к динамическим воздействиям и так далее. К примеру, плотность бетона до 2500 кг/м^3 , а при армировании материала показатель увеличивается до 3500 кг/м^3 [2].

Стеклофибробетон относится к «зеленым» композитам. Об этом говорит его происхождение. Сам цемент изготавливается из известняка и определенных видов глин. Так же используются другие, так же имеющие природное происхождение, наполнители, такие как кварцевый песок или стеклофибра. Стоит сказать о работе пластификатора, а точнее о том, что после затвердевания стеклофибробетона, его особенности таковы, что при его содержании около 0,001% от общего объема не наблюдается какого-либо отрицательного воздействия. Можно сказать, что по своей сути, бетон – это воссозданный камень, который не имеет свойства выделять летучие органические элементы и пыль. К достоинствам бетона можно отнести возможность его использования в качестве акустического барьера для шума. Волны шума

не передаются по матрице бетона, а хорошо отражаются, не вызывая колебаний в материале. Особенно хороши изделия из него для использования в SPA - салонах, аквапарках, банях - так как материал сопротивляется проникновению хлоридов [3].

Разделяют стеклофибробетоны(СФБ) по своему назначению на специальные, гидроизоляционные, декоративные и конструкционные. Исходя из назначения, материалу придаются необходимые свойства за счет длинноволокнистых и коротковолокнистых элементов стекловолокнутой арматуры и технологии изготовления.

Данный вид материалов имеет довольно высокие технологические свойства при формировании изделий любой нужной формы, обладает большой ударной прочностью, трещиностойкостью, упругостью, высокими показателями прочности при изгибе, водонепроницаемостью, а при необходимости даже декоративной поверхностью.

Хотелось бы отметить такие возможности стеклофибробетона, как:

1) стойкость к коррозионным процессам, потому что СФБ армируется стекловолокном и в нем отсутствует такая составная как металл;

2) абсолютно водонепроницаем;

3) данный материал пластичен, а это значит, что имеется возможность изготавливать различные декоративные элементы, объемные конструкции и так далее, то есть решать любую архитектурную задачу;

4) СФБ можно придавать любое цветовое решение, при этом не изменяет первоначальный цвет со временем;

5) имеет прочную структуру, что гарантирует более длительный срок эксплуатации изделий;

6) в процессе эксплуатации не подвержен появлению значительных дефектов;

7) огнестойкое и не меняет своих характеристик в условиях высоких температур;

8) достаточно низкий вес СФБ;

9) инертен к химическим реагентам;

10) морозостоек;

11) прозрачен для электромагнитного излучения;

12) экологически чистый материал;

13) сейсмически устойчив.

По физическим и физико-химическим качествам стеклофибробетон превосходит обычный бетон сразу по нескольким параметрам:

1) прочностью на изгиб и растяжение (превышает бетон в 4-5 раз);

2) ударной прочностью (в 10-15 раз);

- 3) морозостойкостью (до 300 циклов – обычный бетон от 50);
- 4) водонепроницаем (W14);
- 5) имеет высокую степень сцепления с обычным бетоном;
- 6) обладает высокой стойкостью к трещинообразованию.

Невозможно не отметить особенность технологии производства этого материала. Стеклофибробетон имеет неизбежную усадку после заливки, а самый большой процент усадки происходит на стадии твердения. Он, как правило, зависит от водоцементного и песчано-цементного отношения. Увеличивая процент содержания фибры и случайной ее ориентации, уменьшают, вызванное усадкой, трещинообразование. При этом дисперсное армирование значительно снижает риск распространение усадочных трещин [4].

Рассматривая характеристики стеклофибробетона, необходимо отметить преимущества и недостатки СФБ перед другими отделочными материалами (Таблица 1) [5].

Таблица 1. Преимущества и недостатки СФБ

1	2	3
Материал	Преимущества	Недостатки
Пенополиуретан (ППУ)	долговечен (фасад до 10 лет); стоек к перепадам температур; четкость рисунка, при хорошем качестве формы; не гниет; не впитывает запахи.	горюч; синтетическое происхождение; временная усадка; не устойчив к механическим повреждениям; индивидуальные заказы очень дорогие; плотность 300 кг.на м.кв.
Пенополистирол (ПСБ-С) – сделан из полистирола и его производных Плотность 50 кг.на м.кв.	простота и легкость монтажа; влагостойкость; теплопроводный; очень низкая цена; легко хранится, транспортируется; не гниет;	горюч; синтетическое происхождение; паронепроницаемость; материал электризуется и собирает пыль; небольшой выбор рисунка в декоре, не обладает чёткостью, размытые элементы; недолговечность (фасад до 10 лет); низкий уровень ударопрочности; впитывает запахи; хрупкий при перевозке; индивидуальные заказы невозможны.

1	2	3
Бетон. Песконабивной. Товарный (серый цемент + песок, вода)	не горюч; прочный; стоек к любым погодным условиям (до 150 циклов); долговечность, при условии высокой марки цемента;	низкий уровень тепло и звукоизоляции; тяжелый материал; нечеткий рисунок. Высокая нагрузка на здания. Дорогой монтаж.
Стеклокомпозит	эластичный, прочный при малом весе; антикоррозийный водоотталкивающие качества; возможность выполнения изделий объемных форм и конфигураций; простота эксплуатации; хорошо удерживает тепло	морозостойкость (до 50 циклов); при низких толщинах, может деформироваться; долгие сроки изготовления, относительно сфб в 2-3 раза; не рекомендуется использовать в детских садах и детских учреждениях. Высокая цена. Долгие сроки производства
Керамогранит	экологичность; не горюч; стоек к любым погодным условиям (до 120 циклов) долговечность; прочность, износостойкость;	хрупкость при транспортировке; невозможно изготовить декоративные изделия; отсутствие возможности для индивидуальных проектов;
Натуральный камень (гранит)	экологичен; не горюч; стоек к любым погодным условиям; престижен; прочен; долговечен; механическая прочность, износостойкость; природные уникальные фактуры;	высокая цена; тяжелый материал; не везде возможно смонтировать; при больших объемах, невозможна одноцветность материала

К сожалению, есть ограничения на использование стеклофибробетона. Нельзя применять данный материал:

1. на фасадах деревянных зданий (дерево имеет свойство ссыхаться или разбухать, в зависимости от влажности);

2. в несущих конструкциях в виде пустотелого материала (СФБ в основном используется в декоре – здесь высока его экономичность);

3. на фасадах, где невозможно установить специальные крепления (металлическую подсистему) или если нельзя закрепиться, по какой-либо причине, в стену.

4. в непосредственной близости от источника огня - более 40С (внутренняя отделка каминов) [6].

Но, так как преимуществ данного материала гораздо больше, чем недостатков, в современном строительстве имеет большой спрос на изделия из стеклофибробетона для фасадного декора, реставрации памятников архитектуры и жилищном строительстве. Сфера их применения не ограничивается фасадами, он находит свою применение в сфере малых архитектурных форм для ландшафтного дизайна, изготовления ротонд и балюстрад. Также интересно направление изготовления несъемной опалубки из СФБ.

Список литературы:

1. Интернет-сайт «Гид по цементу» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cementgid.ru/sertifikaciya-cement/>. – (Дата обращения: 04.09.2016).
2. Поспелова Е.А., Здесенко В.А. Применение статистических методов для повышения качества автоклавного ячеистого бетона// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №6. С.50-54
3. Информационно-правовой портал «Гарант.ру»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71239928/92>. – (Дата обращения: 06.09.2016).
4. Сайт компании «КонсультантПлюс»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aif.ru/money/business/11892>. – (Дата обращения: 07.09.2016).
5. Интернет-ресурс «RUCEM.RU»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rucem.ru/?fn_mode=fullnews&fn_id=3376. – (Дата обращения: 10.09.2016).
6. ГОСТ 31108-2003 "Цементы общестроительные". - М.: МНТКС, 2003 - 26 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Левицкая К.М., студент,

Юраков Н.С., аспирант

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

Композиционные материалы нашли широкое применение в строительной индустрии всего мира. Они являются конструкционными и могут быть неметаллическими и металлическими. В состав таких материалов входят различные усиливающие компоненты, такие как волокно и нити из более прочного материала. Изменяя наполнение, можно получать композиционные материалы с заданными параметрами по коррозионной или абразивной стойкости, по прочности и другим показателям.[1-10]

Говоря о практическом применении «зеленых» композитов в строительстве важно отметить, что более 30% от всего мирового объема выпускаемых полимерных композиционных материалов (КМ) используется именно в строительной индустрии, что составляет около 4 миллионов тонн. Наибольшее применение данные материалы находят в жилищно-коммунальном хозяйстве, при строительстве транспортной инфраструктуры, а также при возведении промышленных и жилых зданий. [11-20]

Изучая данный вопрос применительно к России, можно отметить, что еще в 2013 году был утвержден комплекс мероприятий по совершенствованию механизмов производства композиционных материалов и изделий из них. Но, несмотря на это, применение композитов до сих пор находится на крайне низком уровне. На данный момент в Минпромторге РФ подготовлены методические рекомендации по разработке региональных программ внедрения и практического применения композитов в строительстве. Такие программы уже сегодня разрабатываются и внедряются в отдельных регионах России.

Преимущества КМ исходят из предъявляемых к ним требований, таких как: технологичность, высокая прочность, огнестойкость, соответствие санитарным нормам по выделению вредных веществ в окружающую среду, долговечность, улучшенные показатели теплоизоляции, акустики, износа, декоративного вида и другие. Тем не менее, сейчас фактически невозможно найти материалы, которые бы обеспечивали выполнение всех традиционных и специфических требований в полной мере.

Самыми распространёнными композиционными материалами являются бетоны. В настоящее время производится самые различные виды этого материала, отличающиеся по свойствам и составу. Современные бетоны производятся как на традиционных цементных матрицах, так и на полимерных. Высокоэффективные бетоны по прочности приближаются к металлам. Наиболее экологически чистый неорганический полимерный бетон. При производстве таких бетонов, в качестве заменителя портландцемента, используют «летучую золу» (содержащие известь продукты сгорания, образующиеся при очистке топочных газов), один из наиболее распространенных промышленных побочных продуктов на земле. По сравнению с обычным портландцементом (ОПС), геополимерный бетон (ГПХ) имеет лучшую устойчивость к коррозии и огнестойкость (до 2400 °F), высокую прочность на сжатие и прочность на разрыв, и низкую усадку.

Второе место среди композиционных материалов занимают древесные композиты. К данному виду материалов можно отнести цементностружечные плиты, клееные деревянные конструкции, фанера, арболиты, ксилолиты, древесные пластики, древесностружечные плиты, древесноволокнистые плиты, древесные пресспорошки, древесные прессмассы, термопластичные древесно-полимерные композиты. Помимо получения материалов с новыми эксплуатационными свойствами производство древесных композитов имеет еще ту выгоду, что оно позволяет экономно использовать древесину, поскольку при этом используется большое количество древесных отходов от других производств.

Органопластики так же относятся к композиционным материалам, в которых наполнителями служат органические синтетические, природные и искусственные волокна (жгуты, нити, бумага, ткани и пр.). Органопластики обладают относительно высокой прочностью при растяжении и низкой плотностью, высоким сопротивлением удару и динамическим нагрузкам. Но характеризуются низкой прочностью при сжатии и изгибе. По объемам производства органопластики (биополимеры, биопластики и биокомпозиты) превосходят алюминия, стали и пластмассы.

Еще одним из распространенных «зеленых» композитов является углепластик. Название этих полимерных композитов исходит из основного наполнителя – углеродных волокон. Данные волокна получают из природных и синтетических волокон на основе целлюлозы, нефтяных пеков, сополимеров акрилонитрила, каменноугольных пеков и так далее. Матрицами в углепластиках служат терморезистивные или

термопластичные полимеры. Если сравнивать углепластики со стеклопластиками, то можно отметить, что у первых более высокий модуль упругости и более низкая плотность. Углепластики – это прочные материалы, но, в то же время, очень легкие.

Боропластики- это композиционные материалы, которые содержат борные волокна в качестве наполнителя, внедренные в терморезистивную полимерную матрицу, при этом волокна могут быть в виде мононитей, а также жгутов, оплетенных вспомогательной стеклянной нитью или лент, в которых борные нити переплетены с другими нитями. Из-за высокой стоимости производства борных волокон, боропластики в основном используются при производстве авиационной и космической техники, точнее, в некоторых деталях, которые подвергаются длительным нагрузкам в условиях агрессивной среды.

Пресспорошки или прессмассы используются как наполнитель для изготовления бакелита. Данный материал является наполненным полимером и впервые был открыт вначале 20 века Лео Бакеландом в США. Бакелит состоит из смолы и пресспорошка. Сама по себе смола – это хрупкое вещество, которое обладает низкой прочностью, но при добавлении наполнителя, под давлением необратимо отвердевает. Так, созданный им материал приобрел большую популярность. Первое серийное изделие произведено по данной технологии в 1916, это – ручка переключателя скоростей автомобиля «Роллс-Ройс».

Текстолиты – это слоистые пластинки, которые армированы тканями из различных волокон. Технология получения данного материала была разработана в 20-х годах 20 века на основе фенолформальдегидной смолы. Полотна ткани пропитывают смолой, после чего прессуют при повышенной температуре и получают текстолитовые пластины. Связующими в текстолитах является широкий круг терморезистивных и термопластичных полимеров, а иногда и неорганические связующие на основе силикатов и фосфатов. В качестве наполнителя используются ткани из самых разнообразных волокон – синтетических, углеродных, хлопковых, базальтовых, стеклянных, асбестовых и так далее. Соответственно разнообразны свойства и область применения текстолитов.

При создании КМ с металлической матрицей используют алюминий, медь, никель, магний и так далее. В качестве наполнителя служат высокопрочные волокна, тугоплавкие частицы различной дисперсности, нитевидные монокристаллы оксида алюминия, оксида бериллия, нитридов алюминия и кремния и т.д. длиной 0,3-15 мм и

диаметром 1-30 мкм. Основными преимуществами композитов с металлической матрицей, по сравнению с неусиленным металлом, являются: повышенная жесткость, повышенное сопротивление ползучести, повышенная прочность и повышенное сопротивление износу.

Армирование керамических материалов волокнами, керамическими и металлическими дисперсными частицами позволяет получать высокопрочные композиты. Такие материалы получили название КМ на основе керамики. К сожалению, ассортимент волокон, которые пригодны для армирования, существенно ограничен свойствами исходного материала. Поэтому чаще всего используют металлические волокна. Сопротивление растяжению растет незначительно, но зато повышается сопротивление тепловым ударам — материал меньше растрескивается при нагревании. Армирование керамики дисперсными металлическими частицами приводит к новым материалам (керметам) с повышенной стойкостью, устойчивостью относительно тепловых ударов, с повышенной теплопроводностью. Из высокотемпературных керметов делают детали для газовых турбин, арматуру электропечей, детали для ракетной и реактивной техники. Твердые износостойкие керметы используют для изготовления режущих инструментов и деталей.

В настоящее время интенсивно развивается такой класс композиционных материалов, как нанокompозиты. Нанокompозиты - многофазные твердые материалы, где хотя бы одна из фаз имеет средний размер кристаллитов (зерен) в нанодиапазоне (до 100 нм), или структуры, имеющие повторяющиеся наноразмерные промежутки между различными фазами. Эти структуры составляют композит. В механическом смысле нанокompозиты отличаются от обычных композитных материалов из-за исключительно высокого отношения площади поверхности к объему усиливающей фазы или исключительно высокого соотношения характерных размеров. Усиливающий материал может состоять из частиц, листов или волокон. Область взаимодействия между матрицей и усиливающей фазой обычно на порядок больше, чем для обычных композитов. Таким образом, большая площадь поверхности усиливающей фазы означает, что относительно малое количество усилителя может оказать существенное влияние на макроскопические свойства композита. Например, добавление углеродных нанотрубок улучшает электро- и теплопроводность.

При использовании «зеленых» композитов, мы приобретаем целый ряд преимуществ, таких как экологичность, легкая утилизация,

устойчивость к агрессивным средам, увеличение срока службы изделий и сооружений. Стоит отметить, что КМ создаются под выполнение определенных задач, соответственно не могут вмещать в себя всевозможные преимущества. Однако, проектируя новый композит, инженер может создать композиционный материал с улучшенными характеристиками.

Список литературы:

1. Ключев С.В., Лесовик В.С., Ключев А.В., Бондаренко Д.О. К вопросу применения нескольких видов фибр для дисперсно-армированных бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 81-83.
2. Лесовик В.С., Строкова В.В., Кривенкова А.Н., Ходыкин Е.И. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 25-27.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В. Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
7. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
8. Вишневецкая Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник Белгородского

- государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53-56.
9. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.
 10. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., 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.
 11. Лесовик В.С., Володченко А.А. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.
 12. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
 13. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
 14. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Елистраткин М.Ю., Прасолова Е.О., Воронов В.В., Глаголев Е.С. Эффективные зеленые композиты с использованием неорганических пластификаторов // В сборнике: Научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 85-89.
 15. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
 16. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
 17. 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.

18. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
19. Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород, 2005.
20. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬ-БЕТОНОВ

**Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.,
Агеева М.С., канд. техн. наук, доц.,
Никулина А.С., магистрант,
Матюхина А.А., магистрант,
Попов Д.Ю.**

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

Одним из путей повышения надежности и долговечности, а также существенного снижения нагрузок от собственной массы при использовании бетонных конструкций является применение дисперсной арматуры для получения различных строительных конструкций. Дисперсное армирование позволяет управлять структурой материала путем его модификации, введением новых структурных элементов, что позволяет принципиально улучшить свойства конечного материала [1-3].

Стекловолокно – уникальный материал, сочетающий в себе свойства будто бы не совместимых материалов, какими являются стекло и ткани. Заданные химические свойства, влагостойкость, высокая прочность в сочетании с высокой гибкостью открывают широкие возможности для использования его в различных областях [4,5].

Ценность волокон состоит в том, что они не только придают бетону новые свойства, но и открывают путь принципиально новой технологии изготовления строительных изделий. В строительной отрасли используется специально разработанное щелочестойкое стекловолокно.

Для правильной реализации свойств армирующих нитей в бетоне необходимо их ориентировать в направлении действия нагрузки. Поэтому возникает необходимость создания следующего структурного уровня – текстильного полотна. Структуры применяемых полотен также варьируются, могут использоваться как тканые, так и вязаные. Ориентация нитей в полотнах может быть в двух и трех направлениях действия нагрузок, что обеспечивается использованием армирующих нитей различного типа в структуре одного и того же полотна. Основное назначение таких полотен, как правило, связано с механическими, химическими и др. свойствами [5].

Европейские строительные фирмы, в последнее время всё шире и шире в своей практике применяют текстиль-бетон, при изготовлении которого в качестве арматуры для бетонной матрицы используются

сетки, маты, ткани различных видов, изготавливаемые из стеклянного волокна. Для армирования бетона стекловолокнистый текстиль используется вместе со стекловолокном (рубленным или ровницей). Такой композитный материал получил название текстиль-бетон, который сегодня широко используется в различных областях. Материал экономически выгоднее и прочнее марочного бетона и обладает высоким инновационным потенциалом [4,5].

Использование текстиля в качестве арматуры для бетона является относительно новой областью исследований. Армирование бетона текстильными структурами дает множество преимуществ, что позволяет изготавливать бетонные элементы достаточно тонкими, поскольку отсутствует риск образования коррозии, кроме того, текстильная арматура более гибкая и драпируемая, и поэтому форма бетонных элементов может широко варьироваться, что позволяет создавать сложные архитектурные формы и элементы [6].

Основные преимущества текстильно-армированного бетона состоят в следующем:

- отсутствие коррозии;
- создание более тонких и легких конструкций;
- возможность создания сложных форм за счет превосходной драпируемости;
- легкость при обращении с полотнами;
- увеличенная долговечность конструкции.

Использование текстиль-бетона позволяет повысить эксплуатационные и технические характеристики конструкций благодаря следующим свойствам материала:

- высокая прочность на растяжение и изгиб (в 4-5 раз выше, чем у аналогичных материалов);
- высокая ударопрочность (в 10-15 раз выше, чем у традиционного бетона);
- морозостойкость (более 300 циклов);
- водонепроницаемость (W20);
- устойчивость к трещеобразованию и коррозии;
- огнеупорность.

Готовят такой бетон, например, методом пневмонабрызга. Раствор готовят отдельным весовым дозированием цемента, химической добавки, песка и воды и их смешением в бетономешалке циклического действия. Затем раствор подается в нагнетательную установку через сито с размером 2 мм. На следующей стадии пневмонабрызг

стеклофибробетона в форму осуществляется послойно: первоначально на дно формы наносится предварительный слой раствора (без стекловолокна толщиной 0,5-2,0 мм); затем можно укладывать сетку, каждый последующий слой (6 мм) (со стекловолокном) наносится за два прохода по двум взаимно перпендикулярным направлениям; после нанесения каждого слоя смесь уплотняется с помощью пружинного валика.

Дальнейший пневмонабрызг и последующее уплотнение производятся до получения заданной толщины изделия. После этого с краев формы удаляются остатки стеклофибробетона, поверхность изделия выравнивается и заглаживается. Поддоны с формами с помощью мостового крана устанавливаются на упоры контейнеро-накопителей, которые затем плотно укрываются полиэтиленовой пленкой или любым другим водонепроницаемым материалом для исключения потерь влаги во время выдержки изделий [7].

Конструкционные композиты на текстильной основе становятся эффективным строительным материалом, особенно подходящим для разнообразных легковесных строительных конструкций. Основная область их применения находится там, где применение стальной арматуры ограничено.

Изделия из текстиль-бетона функциональны и эстетически привлекательны, обладают небольшим весом. Благодаря этому они просты в обработке, не требуют больших затрат на монтаж и перевозку, в также позволяют снизить нагрузки на перекрытия и несущую конструкцию зданий.

Несмотря на то, что текстиль-бетон обладает высоким инновационным потенциалом, его качества можно совершенствовать, а потому материал рассматривается специалистами как материал будущего. Представляется интересным и перспективным направлением использование в составе такого бетона многокомпонентных вяжущих веществ и техногенных песков. Многокомпонентность бетонной композиции позволит эффективно управлять процессами структурообразования на всех этапах технологии приготовления бетона, обеспечивая высокие эксплуатационные характеристики. Синергетическое взаимодействие всех компонентов будут обеспечивать требуемые технологические и эксплуатационные свойства бетонной смеси. При этом будет решаться вопрос утилизации техногенного сырья и снижения себестоимости конечного продукта.

Таким образом, использование текстильных армирующих волокон в мелкозернистых бетонных изделиях позволяет получать композиты с

физико- механическими и эксплуатационными свойствами, значительно превосходящих свойства традиционных железобетонных изделий, что требует глубокого изучения и практической апробации. Создание высокопрочного мелкозернистого бетона, сочетающего в себе высокоплотную и высокопрочную матрицу с армирующими элементами возможно при использовании отходов промышленности, а также многокомпонентных вяжущих веществ.

Список литературы:

1. Столяров О.Н., Горшков А.С. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве//Инженерно-технический журнал,2009. №4. С. 17-20.
2. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна // Бетон и железобетон, 2011. №3. С. 7 – 9.
3. Ключев С.В., Лесовик Р.В. / Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон стекловолокном // Бетон и железобетон, 2011. №6. С. 4 -6
4. Лесовик Р.В., Ключев С.В. /Техногенные пески для производства высококачественного фибробетона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2012. №. 8 (163). С. 31 – 33.
5. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Ключев С.В., Лесовик Г.А., Сопин Д.М. / Разработка методологии проектирования мелкозернистых фибротекстиль бетонов на техногенных песках белгородской области. // Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области,2015. С. 227-241.
6. Загороднюк Л.Х., Ильинская Г.Г. Классификация добавок для армирования мелкодисперсных композитов // Белгород: Издательство БГТУ, 2012. С.24-27
7. <http://allpatents.ru/patent/2301207.html>

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИБРОБЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫРЬЯ КАМБОДЖИ

**Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Толстой А.Д., канд. техн. наук, проф.,
Совани Ч., канд. техн. наук (Камбоджа),
Вырмаскин А.В., студент,
Образцов В.В.**

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

Применяемое в бетоне вяжущее во многом определяет его свойства, в том числе и высококачественных фибробетонов. Их составы разрабатывают в основном с использованием композиционных вяжущих. [1-9]

Разработанные на кафедре СМИК БГТУ им. В.Г. Шухова технологические приемы и способы (интенсивное перемешивание, использование микронаполнителей, химических добавок и др.), позволяющие получить мелкозернистые высокопрочные бетоны с расходом цемента, не превышающим норму для обычных бетонов.

В специфических условиях строительства зданий и сооружений Камбоджи с учетом сухого жаркого климата возникают свои условия структурообразования при твердении вяжущих. Данные условия требуют использования высокоэффективных модификаторов, которые могли бы обеспечить высокую механохимическую активацию вяжущего.

Установлено влияние составляющих композиционного вяжущего и наноструктурированного модификатора на процессы формирования структуры посредством экспериментальных исследований опытных образцов цементного камня. Для этого смешивали портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства ЗАО «Белгородский цемент» (г. Белгород) промышленной тонкости помола – 300 м²/кг с суперпластификаторами «Карбоксилат» С-3 и «Полипласт СП-1». Выбор данных суперпластификаторов обусловлен наличием подобной органической добавки в Камбодже – MAPEFLUIDN100.

Были исследованы 9 экспериментальных составов и установлено оптимальное количество добавки суперпластификатора и ее вид (табл. 1).

Таблица 1–Результаты определения вида добавки суперпластификатора и ее оптимального содержания

Содержание добавки, % от массы	Расход материалов		Диаметр расплыва, D, мм	
	ПЦ 42,5Н, г	Вода, г		
0,1	100	34,6	62	60
0,2		33,5	113	96
0,3		33,1	133	112
0,4		33,0	147	120
0,5		32,9	162	128
0,6		32,0	166	134
0,7		31,8	171	142
0,8		31,0	178	153
0,9		30,5	180	160

Растекаемость (подвижность) цементного теста определяли на приборе «усеченный конус», объемом 120 см³, верхним диаметром 36 мм и нижнем 64 мм (в свету).

Массу цемента, воды и суперпластификатора перемешивали в течение трех минут, после чего заполняли миниконус полученным раствором и плавно поднимали его в вертикальном направлении. Растекаемость определяли измерением диаметра расплыва (лепешки) в направлениях, соответствующих наибольшему и наименьшему значениям и вычисляли среднее арифметическое (рис. 1).

Из полученных результатов следует, что содержание суперпластификатора «Полипласт СП-1» в количестве 0,5 % от массы вяжущего дает оптимальный расплыв миниконуса – D=162 мм (В/Ц=0,32), в то время, как добавка «Карбоксилат» «Полипласт СП-1» требуют введения большей дозировки, для получения аналогичного пластифицирующего эффекта.

Результаты свидетельствуют о том, что наибольший эффект дает добавка «Полипласт СП-1», которая и была принята для дальнейших исследований.

Таким образом, механохимическое взаимодействие клинкерных минералов портландцемента с суперпластификатором в процессе смешивания и истирания способствовало снижению водопотребности и повышению при этом реологических свойств.

Установлено оптимальное соотношение компонентов НСМ в композиционном вяжущем. В качестве таких компонентов в данной работе использовали глину месторождения Пномпень, мел месторождения Компонг Чам и базальт месторождения Мондол Кири.

Указанные материалы измельчались совместно и отдельно в вибромельнице, до разной степени помола, после чего смешивались в разных пропорциях с цементом.

Исходя из теоретических положений о недопустимости большого количества ионов Ca^{+2} в твердеющей смеси в присутствии суперпластификатора, приняли соотношение глины:базальта:мела = 2:2:1. Указанные материалы измельчались совместно и отдельно в вибромельнице, до разной степени помола, после чего смешивались в разных пропорциях с цементом и пластификатором.

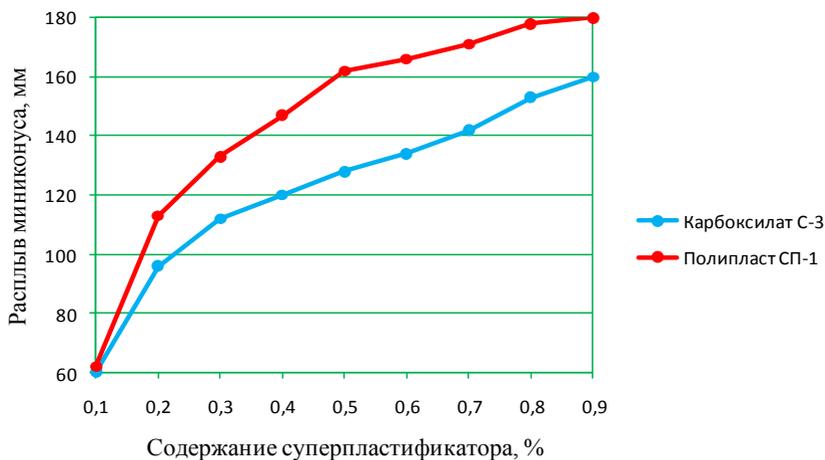


Рисунок 1 – Зависимость расплава миниконуса от количества и вида добавки

Композиционное вяжущее было получено смешивание измельченного до 600 м²/кг НСМ состава – глина:базальт:мел = 2:2:1 при его содержании 1,3,5,7 и 10 % с цементом (табл. 3.3).

Согласно полученным данным, композиционное вяжущее, состоящее из цемента, суперпластификатора и НСМ состава глина:базальт:мел = 2:2:1 обладает более высокими показателями прочности по сравнению с составом без НСМ (табл.3.3).

Оптимальная дозировка НСМ составляет 3%. Увеличение прочностных показателей объясняется низкой водопотребностью смеси и плотной пространственной упаковкой частиц в полученном цементном камне (табл. 2).

Таблица 2 – Прочность КВ с различными соотношениями глина:базальт: мел в НСМ

№ п/п	Состав вяжущего		Прочность при сжатии, МПа, в возрасте 28 сут.	Прирост прочности, %
	Вяжущее	НСМ (3,0 % от Ц)		
			соотношение глина:базальт:мел	
1	Ц+0,5 % «Полипласт СП-1»	–	48,2	–
2		2:2:1	67,5	40,1
3		2:1:1	65,3	35,5
4		1:2:1	66,2	37,3
5		1:1:2	64,1	36,2

Таким образом, установлено оптимальное соотношение компонентов НСМ глина:базальт:мел – 2:2:1. Образцы данного состава с общим содержанием добавки НСМ 3 % показали наибольший прирост прочности при сжатии в 28-суточном возрасте – 40,1 %.

Существенное увеличение прочностных показателей объясняется высокой свободной внутренней энергией компонентов НСМ, а также более интенсивным образованием новых гидратных минералов в присутствии добавки модификатора.

Микроструктура композиционного вяжущего, полученного при раздельном помоле и последующем смешении компонентов также однородная, но в отличие от совместного помола, в ней наблюдается

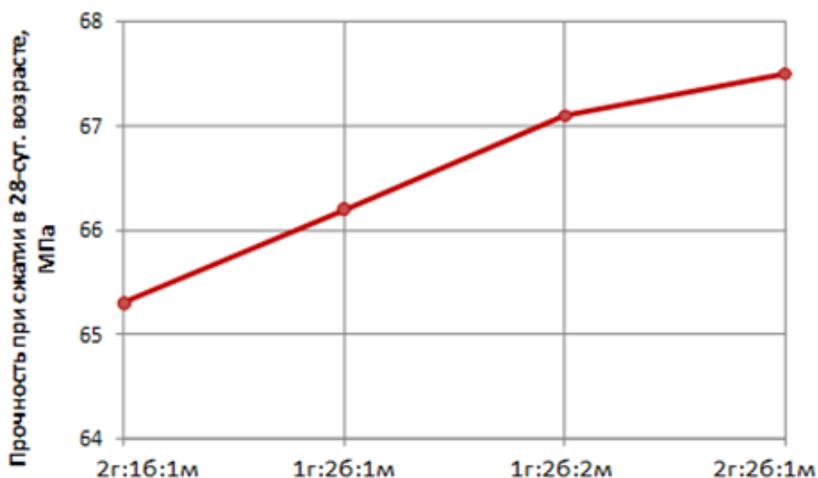
появление игольчатых кристаллов длиной более 5 мкм (рис. 3.3, а), пронизывающих весь объем структуры материала. Отмечаются микротрещины, образующиеся по причине меньшей степени механоактивации и диффузией микрочастиц НСМ и цемента. Это приводит к снижению предела прочности при сжатии на ~7,5 МПа по сравнению с вяжущими, полученными при совместном помоле.

Таблица 3 – Прочность КВ с различным процентным содержанием НСМ

№ п/п	Состав вяжущего	Предел прочности при сжатии, МПа	Прирост прочности, %
1	Цемент	41,4	–
2	Ц+0,5 % «Полипласт СП-1»	48,2	16,4
3	Ц+0,5 % «Полипласт СП-1»+1 % НСМ	57,1	38,0
4	Ц+0,5 % «Полипласт СП-1»+3 % НСМ	67,5	45,5
5	Ц+0,5 % «Полипласт СП-1»+5 % НСМ	59,0	42,6
6	Ц+0,5 % «Полипласт СП-1»+7 % НСМ	56,9	37,6
7	Ц+0,5 % «Полипласт СП-1»+10 % НСМ	65,5	34,9

Таким образом, установлено влияние тонкости помола компонентов НСМ на физико-механические свойства композиционного вяжущего.

Исследования проводили на образцах-кубах из смеси одинаковой подвижности – диаметр расплыва конуса 160 мм. Составы готовили следующим образом: тонкомолотая комплексная добавка предварительно измельчалась вибрационной мельнице до удельной поверхности 450, 600 и 900 м²/кг. Портландцемент использовали промышленной удельной поверхности – 300 м²/кг. Композиционное вяжущее получали смешиванием указанных компонентов в пропорции: Ц – 97 % НСМ – 3 % (табл. 3.5).



Соотношение компонентов НДМ (глина:базальт:мел)

Рисунок 2 – Зависимость прочности образцов композиционного вяжущего от соотношения компонентов НСМ

Наиболее интенсивный рост прочности композиционного вяжущего наблюдается в интервале значений удельной поверхности до $600 \text{ м}^2/\text{кг}$, при дальнейшем помоле прочность повышается незначительно (рис. 4).

В дальнейших исследованиях использовали КВ с удельной поверхностью – $600 \text{ м}^2/\text{кг}$, что обусловлено наиболее высокими прочностными показателями. Состав вяжущего: цемент – 97 %, НСМ – 3 % (табл. 4, состав 3).

Выводы

Микроструктура композиционного вяжущего, полученного при совместном помоле цемента с пластифицирующей добавкой (0,5 %) обладает более однородным строением по сравнению с обычным цементом, что связано со снижением водоцементного отношения. В составе гидратных новообразований отмечается наличие плотных соединений вблизи зерен НСМ и в контактных зонах, минимальное количество пор и микротрещин.

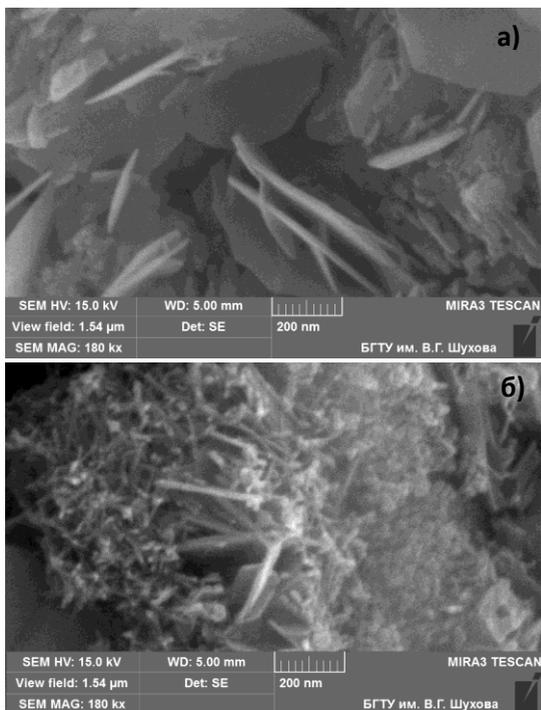


Рисунок 3 –
 Микроструктура КВ с
 использованием НСМ
 ($S = 600 \text{ м}^2/\text{кг}$):
 а) – раздельный помол
 ($\times 180000$);
 б) – совместный помол
 ($\times 180000$)

Таблица 4–Прочностные показатели КВ в зависимости оттонкости
 помола

№ п/п	Состав, %		В/Ц	Тонкость помола, $\text{м}^2/\text{кг}$	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа
	Портландцемент (Ц+0,5 % «Полипласт СП-1»)	НСМ				
1	100	–	0,28	300	48,2	8,3
2	97	3	0,29	450	60,2	8,9
3			0,32	600	67,5	9,5
4			0,34	900	67,8	9,4

Список литературы:

1. Лесовик В.С. Шахова Л.Д., Кучеров Д.Э. Классификация активных минеральных добавок для композиционных вяжущих с учетом их генезиса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 10-14.
2. Гатинский Ю.Г. Кайнозой Юго-Востока азиатского континента и некоторые вопросы процесса рифтогенеза // Изв. Вузов. Геология и разведка. 1980. № 3. С. 17-18.
3. Кропоткин П.Н. Индокитай, Геологическое строение // БСЭ, 1969. т. 18 С. 58-62.
4. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Новиков К.Ю. Совершенствование состава и свойства порошковых бетонов с техногенным сырьем / Вестник Белгородского государственного технологического им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 19-24.
5. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С., Ковалева И.А., Баженова О.Г., Новиков К.Ю. К вопросу использования техногенного сырья в производстве порошковых бетонов композиционных вяжущих. // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды, сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 384-390.
6. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Присяжнюк А.П., Воронов В.В., Баженова О.Г., Якимович И.В., Саридис Я.В. Эффективные порошковые композиции на техногенном сырье // 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. 406-411.
7. Толстой А.Д., Ковалева И.А.: Мелкозернистые бетоны на многокомпонентном вяжущем с применением техногенных продуктов // В сборнике: Инновационные направления в научной и образовательной деятельности. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 3-х частях.
8. Толстой А. Д., Лесовик В.С, Загороднюк Л.Х., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья //Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 101-109
9. Лесовик В.С., Фомина Е.В., Хотомченко О.В. Исследование условий эксплуатации строительных материалов с учетом возрастающих

- экологических нагрузок // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 409-414.
10. Строчкова В.В., Лесовик В.С., Данакин Н.С., Муртазаев С.А.Ю., Алисултанова Э.Д., Васнева В.А. Междисциплинарная научно-образовательная система непрерывной подготовки кадров «школа – вуз – предприятие» // Белгород, 2015.
 11. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья // Белгород, 2015.
 12. Bessmertnyi V.S., Lesovik V.S., Krokhin V.P., Puchka O.V., Nikiforova E.P. The reducing effect of argon in the plasma treatment of high-melting nonmetallic materials (a review) // Glass and Ceramics. 2001. Т. 58. № 9-10. С. 362-364.
 13. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Горлов А.С., Перельгин Д.Н., Романович А.А., Колесников А.В. Энерго-ресурсосберегающие комплексы тонкого и сверхтонкого измельчения материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2006. № 11-12. С. 60-68.
 14. Тарасов А.С., Лесовик В.С., Коломацкий А.С. Гидратация клинкерных минералов и цемента с добавками пенообразователей // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 22-25.
 15. Лесовик В.С., Гридчина А.А. Монолитные бетоны на основе расширяющих добавок и химических модификаторов // Строительные материалы. 2015. № 8. С. 81-83.
 16. Вайсера С.С., Пучка О.В., Лесовик В.С., Бессонов И.В., Сергеев С.В. Эффективные акустические стеклокомпозиты // Строительные материалы. 2016. № 6. С. 28-31.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МОДИФИКАЦИИ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТОВ

Логанина В.И.¹, д-р техн. наук, проф.,
Стрельцова Т.П.^{1,2}, канд. техн. наук,
Нелюбова В.В.³, канд. техн. наук, доц.

¹Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

²Белгородский государственный национальный
исследовательский университет

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

Многие свойства пигментов, а особенно их поведение в окрашиваемом материале зависят не столько от химического состава и структуры вещества, находящегося внутри пигментных частиц, сколько от параметров поверхности (фотохимической активности (ФХА), взаимодействия с дисперсионной средой, диспергируемости и пр.), поэтому для целенаправленного изменения или повышения качественных свойств пигментов часто используют поверхностную модификацию, информация о характере которой входит в техническое описание пигмента. Модификацию пигментов проводят на предприятиях – производителях пигментов различными методами.

Однако, в случае использования нетрадиционного сырья в качестве окрашивающих компонентов, необходимо тщательное изучение их состава, структуры и свойств для разработки оптимальных и эффективных способов модификации. Ранее выполненными работами обоснована возможность применения отходов гидродобычи железной руды в качестве пигмента лакокрасочных материалов [1–5]. Разработка принципов проектирования пигментов из отходов руды для колорирования бетона требует изучения их химико-структурных особенностей и глубокого анализа существующих способов модификации, что в комплексе обеспечит получение пигментных компонентов с высокой окрашивающей способностью и стойкостью в различных средах.

Модификация неорганическими веществами.

Модификацию проводят путем осаждения на поверхности пигментов оксидов алюминия, кремния, цинка, магния, кальция из водных растворов солей металлов, создавая в водной суспензии условия для их осаждения в виде гидроксидов на поверхности пигментных

частиц. Такая модификация приводит к улучшению многих свойств пигментов, в частности модификация SiO_2 , диоксида титана приводит к снижению ФХА, так как наличие слоя модификатора приводит к снижению подвижности электронов в кристалле TiO_2 . Модификация TiO_2 , оксидом алюминия приводит к улучшению диспергируемости, так как образующиеся на поверхности частиц наноиголки Al_2O_3 препятствуют их агрегации. Кроме того, алюмосиликатные оболочки на поверхности частиц диоксида титана уменьшают его абразивность.

Механохимическая модификация – обработка наполнителей в присутствии неорганических или органических пигментов в высокоскоростных агрегатах. В результате такой обработки образуются ядерные (оболочковые) пигменты, содержащие частицы типа ядро (наполнитель)-оболочка (пигмент), обладающие свойствами, близкими к свойствам пигмента, при содержании последнего всего 15–30%:

Модификация органическими веществами. Основной целью модификации пигментов органическими веществами является улучшение диспергируемости и совместимости с пленкообразующими системами.

Адсорбционное модифицирование осуществляется за счет адсорбции различных ПАВ на поверхности пигментных частиц, в результате чего имеют место гидрофобизация поверхности и улучшение совместимости с гидрофобными пленкообразователями. Весьма эффективна сорбционная модификация на стадии синтеза, в момент образования дисперсных частиц пигмента.

Химическое модифицирование проводят путем дегидратации, этерификации, алкоксилирования с применением различных реагентов, содержащих реакционно-способную по отношению к поверхности пигмента группу и гидрофобный радикал.

Модификация кремнийорганическими соединениями общей формулы RO-Si-(R)_3 , например, триметилхлорсиланом

Механохимическая модификация проводится путем интенсивного диспергирования пигмента в присутствии мономеров и инициаторов полимеризации. При диспергировании пигментные частицы разрушаются с образованием активных центров, на которых идет полимеризационный процесс, в результате чего на поверхности частиц образуется тонкий слой полимера, улучшающий совместимость пигментов с пленкообразователями.

Наибольших эффектов от модификации органическими веществами достигают при частичной модификации, когда на поверхности частиц наряду с гидрофобными участками остаются

гидрофильные. При внесении модифицированного таким образом пигмента в органорастворимую (гидрофобную) среду пигментные частицы образуют цепочечные структуры за счет взаимодействия гидрофильных участков поверхности, происходящего под действием термодинамического принципа «подобное стремится к подобному». Наличие цепочечных структур приводит к эффекту армирования и возрастанию когезионной прочности покрытий при относительно небольшом наполнении.

Таким образом, корректный подбор способов и агентов модификации позволит получать пигменты с необходимой укрывистостью для обеспечения высокой колорирующей способности, а также повысить долговечность пигментов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-33-50064.

Список литературы:

1. Нечаев А.Ф., Стрельцова Т.П. Промышленная утилизация отходов скважинной гидродобычи (СГД) железных руд для стройиндустрии // Маркшейдерский вестник. 2009. № 3. С. 55–57.
2. Мальцева К.П., Баскаков П.С., Стрельцова Т.П. Стабилизация пигмента на основе отходов гидродобычи руды неорганическим полимером // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 590–593.
3. Гридчин А.М., Строкова В.В., Карацупа С.В. К вопросу утилизации карьерных отходов Лебединского ГОКа // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2004. № 8. С. 127.
4. Стрельцова Т.П., Лопатко А.И., Никулин Ю.Ю. Отходы КМА для окрашивания цементных систем // Сухие строительные смеси. 2014. № 2. С. 32–33.
5. Нечаев А.Ф., Стрельцова Т.П., Мухачева В.Д., Ломаченко С.М. Некоторые аспекты агрегативной устойчивости пигментных суспензий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 122–124.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ВЫСОЛАМИ НА ВИБРОПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Лунёв Р.С., инженер,
Боцман Л.Н., канд. техн. наук, доц.,
Лунёва Е.В., аспирант

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

Вибропрессованные изделия в процессе жизни и эксплуатации подвергаются агрессивному воздействию окружающей среды – попеременному замораживанию и оттаиванию, наличию влаги, механического воздействия, и поскольку тротуарная плитка фактически дорожный бетон, она взаимодействует с химическими реагентами, в последствии чего происходит разрушение изделия [1].

Солевой налет сам по себе практически безвреден, но несет эстетическое несовершенство, от которого все пытаются избавиться. Он образуется из-за наличия в теле бетона продуктов гидратации цемента, а именно гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В процессе формирования цементного камня гидроксид кальция реагирует с углекислым газом CO_2 , происходит карбонизация [2]. В процессе «созревания» изделия происходит движение карбоната кальция на поверхность к воде, находящейся на изделии. После того, как вода высыхает, образуются белые пятна, так называемые высолы [3].

Для предотвращения появления высолов обычно используют специальные средства [4]. На этапе производства изделий, в бетон добавляют комплексные модифицирующие добавки с гидрофобизирующим компонентом, которые позволяют:

1. Повысить формуемость, связность и уплотняемость.
2. Придать поверхности изделий гидрофобные свойства.
3. Облегчить смачивание компонентов бетонной смеси.
4. Обеспечить снижение шелушения поверхности.
5. Увеличить плотность бетона.
6. Ускорить набор прочности.
7. Повысить морозостойкость изделий.
8. Повысить качество лицевой поверхности готовых изделий.
9. Снизить капиллярное водопоглощение.
10. Увеличить водонепроницаемость.

Механизм действия данных добавок заключается в их адсорбции на частицах цемента [5]. В отличие от добавок пластификаторов [6],

которые на поверхности частиц цемента образуют электростатический слой, данные добавки образуют пузырьки воздуха. При этом размеры пузырьков значительно меньше, чем размеры частиц цемента. Они экранируют частицы цемента, препятствуя тем самым их слипанию и способствуя диспергированию (и как результат высвобождение воды). Частицы бетона под действием внешней силы (вибрации) скользят по этим пузырькам, так называемый эффект «шарики-подшипников». В результате чего образуется плотная и однородная структура бетонной смеси и бетона. На торцевой поверхности изделий выделяется избыток воды в виде специфических полосок, при этом консистенция бетона остается связной (тиксотропной) и сохраняет заданную форму. Таким образом, данные добавки «запирают» перенос соли к поверхности, и создают водоотталкивающие свойства, что в свою очередь снижает риск образования высолов.

Следующим методом борьбы с высолами является применение специальных водоотталкивающих защитных пропитывающих составов, а также пропиток для упрочнения и повышения качества, которые наносятся, непосредственно на само изделие. Данные составы позволяют:

1. Снизить адгезию льда к поверхности.
2. Увеличить водонепроницаемость.
3. Снизить водопоглощение.
4. Повысить гидрофобность поверхности.

Механизм действия данных составов заключается в том, что они проникают в поверхность бетона и в результате взаимодействия с цементными зернами образуют продукты реакции, которые значительно снижают пористость основания. Данный способ избавляет от высолов на первоначальном этапе, но после стирания данного средства с поверхности изделия также возможно появление высолов.

По большей части, практически все высолы образуются в первые месяцы после изготовления плитки, поэтому данные методы направлены на снижение негативных эффектов именно во время изготовления вибропрессованных изделий [7].

В настоящее время существуют более экономичные и действенные способы борьбы с высолами, такие как импрегнирование, методы ускоренной карбонизации и метод пресс-вакуумирования.

Под импрегнированием понимается нанесение специальных водоотталкивающих составов на основе лаков под давлением. Для этого необходимо на линии вибропрессования установить дополнительное оборудование в виде распылительной установки грунтовки и лака.

Грунтовка наносится на свежееотформованное изделие, тогда как лак наносится только после сушки. Применение грунтовки позволяет экономить дорогостоящий лак и наносить его только на готовое изделие. Сушка изделия с лаком осуществляется только под ультрафиолетом.

Обычная карбонизация происходит в течение 1-2 месяцев, если высолы не проявились в это время, то из-за упрочнения поверхности они не появятся впоследствии. Для процесса ускоренной карбонизации используется углекислый газ, который подается в камеру на этапе сушки изделий. В процессе такой сушки поверхность изделий становится более прочной, и соли карбоната натрия не могут проникнуть к поверхности изделия. При данном методе сам процесс карбонизации происходит намного быстрее, что снижает риск появления высолов.

Пресс-вакуумирование – способ уплотнения пластичной бетонной смеси с использованием усилия прессования совместно с удалением избыточной воды из бетонной смеси и уплотнением поверхности изделия при помощи вакуума [8]. Преимущества данной технологии:

1. Применение рядовых материалов.
2. Высокая плотность бетона (до 2560 кг/м^3), как следствие, высокие физико-механические характеристики готовой продукции;
3. Достаточное количество воды для наиболее полной гидратации цемента, что оптимально для получения плотного и прочного цементного камня;
4. Рациональное использование цемента, как клея и заполнителя микропустот, снижает риск образования высолов.

Эффективная работа системы заполнителей с плотной упаковкой, которая достигается за счет полифракционного состава и уплотнения смеси под действием высокого давления, при котором происходит механическое зацепление зерен заполнителей и снижение процента зерен слабого щебня, так называемых «концентраторов напряжений» [9, 10].

Таким образом, технология пресс-вакуумирования позволяет достичь при прочих равных условиях более высокие показатели качества и долговечности бетонного изделия, который по своим эксплуатационным свойствам приближается к натуральному граниту.

Все представленные технологии позволяют снизить риск появления высолов на готовом изделии или даже полностью устранить их. Однако, мировой опыт показывает, что наиболее эффективными являются последние три технологии, т.к. они помимо устранения высолов

позволяют достичь улучшенных показателей качества плитки, снизить энергопотери, что в свою очередь влечет снижение себестоимости производства готовых изделий.

Список литературы:

1. Сулейманова Л.А., Малокова М.В. Высолы (выцветы) на поверхности бетонных изделий //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 28–31.
2. Попова А.В., Денисова Ю.В., Косухин М.М. Причинывысолообразования на стеновых камнях и методы их устранения //Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 1. С. 49.
3. Политаева А.И., Шайбадуллина А.В., Вологжанина С.А., Жаров К.П. Высолообразование на поверхности строительных изделий в процессе их эксплуатации// Инновации и моделирование в строительном материаловедении и образовании: сб. научн. тр. под общ. ред. В.В. Белова. 2015. С. 73–78.
4. Фоменко Ю.В., Топчиев А.И., Литвинова Ю.В., Гринев А.П. Способы снижения высолообразования тротуарной плитки// Строительные материалы. 2007. № 8. С. 46–47.
5. Косухин М.М., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с различными типами пластифицирующихдобавок// Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 6 (582). С. 26–29.
6. Косухин М.М., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В., Попова А.В., Лещев С.И., Комарова Н.Д. Вибропрессованные бетоны с суперпластификатором на основе резорцинформальдегидных олигомеров// Строительные материалы. 2006. № 10. С. 32–34.
7. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Малокова М.В. Высокоплотные составы вибропрессованных бетонов// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 48–50.
8. Пресс-вакуумирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ezavodspb.ru/?do=menu&id=9575>. (Дата обращения 03.10.2016), свободный.
9. Сулейманова Л.А., Агеева М.С., Малокова М.В., Анучкин Я.А., Шураков И.М. Оптимизация параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 56–60.
10. Сулейманова Л.А., Малокова М.В. Вибропрессованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей. Белгород: Изд.-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. 144 с.

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРЫ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Мирюк О.А., доктор техн. наук, проф.
Рудненский индустриальный институт

Оптимизация структуры – важнейшее условие для улучшения прочностных и теплофизических свойств поризованных материалов. Целесообразны бесцементные композиции, обеспечивающие высокопористую структуру, превышающую по прочности цементные аналоги.

Особый интерес представляют композиционные магнезиальные вяжущие из каустического магнезита и наполнителя. Разработка поризованных композиций на основе смешанных магнезиальных вяжущих обеспечивает ресурсосбережение производства, позволяет использовать широкий спектр методов формирования ячеистой структуры [1].

Для магнезиальных композитов в качестве затворителя используются растворы солей, превышающие по плотности воду – традиционный затворитель цементных пенобетонов.

Предварительные исследования показали [2], что, по сравнению с водой, раствор хлорида магния обеспечивает получение пены пониженной кратности и повышенной плотности. Выявлена предпочтительность протеиновых пенообразователей для солевых растворов.

Показана целесообразность сульфомагнезиальных композиций оксихлоридного твердения. Отмечено снижение прочности ячеистых сульфомагнезиальных материалов по сравнению с магнезиальными пенобетонами [2]. Выявлено что ухудшение прочностных свойств сульфомагнезиальных пенобетонов обусловлено отрицательным влиянием протеинового пеноконцентрата на пенообразующую способность и твердение гипсовых пеномасс. Для дальнейшего развития технологии сульфомагнезиальных пенобетонов необходимо уточнение способа приготовления формовочных масс.

Цель работы – исследование влияния технологических приемов поризации пеномасс на структуру магнезиальных композиций.

На первом этапе исследованы варианты приготовления магнезиальных и сульфомагнезиальных формовочных масс, отличающиеся последовательностью внесения компонентов в общую массу, предпочтительностью первичного контакта компонентов,

характером воздействия на обрабатываемый материал.

Магнезиальные массы, приготовленные тремя способами, отличаются по количеству и характеристикам пор (таблица 1; рисунки 1 – 3).

Таблица 1– Влияние способа приготовления пеномассы на свойства магнезиального бетона

Способ приготовления пеномассы	Кратность пеномассы	Средняя плотность пенобетона, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Пористость
Трехстадийный	4,3	330	2,1	средняя
Предварительное перемешивание суспензии	2,5	590	7,3	мелкая
Одностадийный	2,1	610	7,5	очень мелкая

Сульфомагнезиальные массы, приготовленные шестью способами (таблица 2), проявляют зависимость от последовательности смешения компонентов формовочной массы.

Самостоятельное приготовление гипсовой массы обеспечивает энергичное связывание сульфата кальция водой и способствует потере подвижности пеномассы. Наибольший выход пеномассы при исключении первичного контакта пенообразователя с гипсовым компонентом.

Мелкая однородная пористость достигается при условиях, обеспечивающих энергичное первоначальное непосредственное воздействие на гипсовую массу. Сопоставление характеристик пенобетона позволяет отдать разделному приготовлению суспензий (таблица 2).

На следующем этапе исследована возможность снижения плотности магнезиальных пенобетонов за счет дополнительной поризации.

При использовании пеноконцентрата (ПК) ячеистая структура формируется за счет механического воздействия на формовочную массу при перемешивании в миксерном смесителе. Происходит вовлечение и равномерное распределение воздуха в структуре. Пористость однородная, замкнутая, мелкая, диаметр ячеек 0,1–1 мм (рисунок 4, таблица 3).

Снижение плотности бетона достигается за счет газообразующей добавки – перекиси водорода H_2O_2 . Эффективность газообразователя зависит от консистенции формовочной массы, которую регулируют соотношением «жидкость : твердое».

Пенополистирольные гранулы (ППС) существенно понижают плотность композитов. Для эффективного использования ППС необходима умеренно вязкая масса, способная равномерно обволакивать гранулы, формируя монолит.

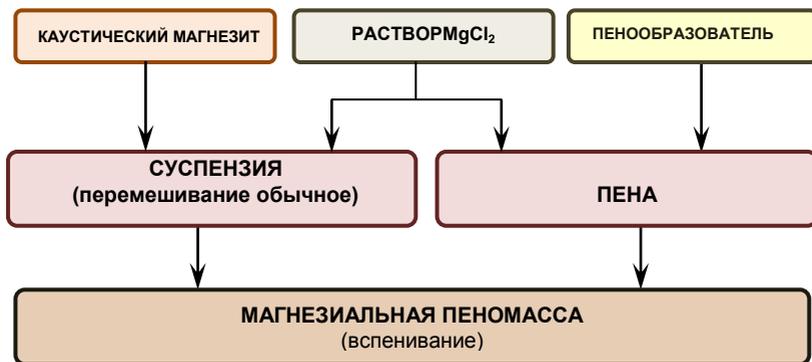


Рисунок 1 – Трехстадийный способ приготовления магниевой пены

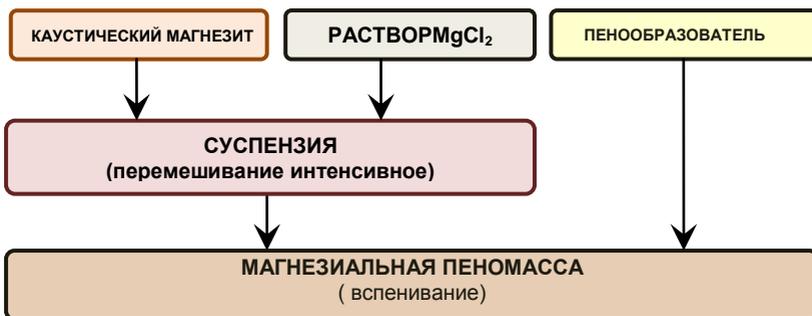


Рисунок 2 – Предварительное перемешивание магниевой пены

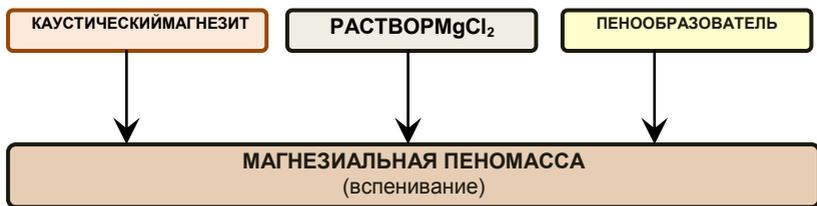


Рисунок 3 – Одностадийный способ приготовления магниевой пены

Таблица 2 – Влияние способа приготовления пены на свойства сульфатомгниезного бетона

Способ приготовления пены	Кратность пены	Средняя плотность пенобетона, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Пористость
Трехстадийная подготовка сульфатомгниезной пены	4,0	380	1,3	крупная с разрывами
Раздельное приготовление суспензий	4,1	390	1,7	очень мелкая
Предварительное интенсивное перемешивание сульфатомгниезной суспензии	2,5	690	6,3	средняя
Предварительная подготовка магниевой пены	2,3	640	5,3	средняя с пустотами
Предварительная подготовка гипсовой пены	2,5	470	3,5	мелкая
Одностадийная подготовка сульфатомгниезной пены	2,6	640	6,3	мелкая

Таблица 3 – Свойства поризованных магниезных композитов

Порообразующий компонент	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность при сжатии композита, МПа
Нет	2050	50,0
Нет	1500	22,5
ПК	520	4,0
H_2O_2	650	4,6
Гранулы ППС	470	2,0
ПК + ППС	330	1,0
ПК + H_2O_2	290	1,2
ПК + H_2O_2 + ППС	220	0,8

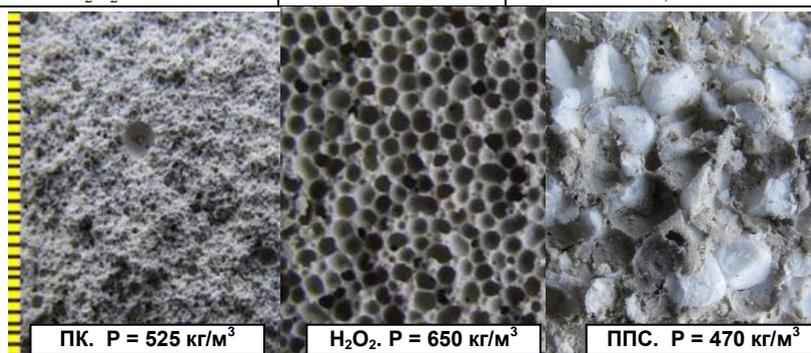


Рисунок 4 – Структура магниезных композитов различной поризации

Исследовано совместное влияние компонентов, поризующих магниезные композиции. Целесообразно сочетание пеноконцентрата с перекисью водорода. При совмещении пеноконцентрата и гранул пенополистирола образуется структура с плотностью 300 кг/м^3 . Для понижения плотности композитов использована комплексная поризация материала, предусматривающая сочетание всех порообразователей.

Выводы. Магниезные композиции поризованной структуры проявляют высокую чувствительность к последовательности смешения компонентов формовочной смеси.

Мелкопористая прочная структура пенобетона на основе смешанного сульфомагниезного вяжущего обеспечивается раздельным приготовлением магниезной и гипсовой суспензий.

Предложен способ комплексной поризации магниезных

композигов, сочетающий вспучивание суспензии и последующее омоноличивание ячеистой массой пористых гранул.

Список литературы:

1. Ахметов Д.А., Ахметов А.Р., Бисенов К.А. Ячеистые бетоны (газобетон и пенобетон). Алматы: Ғылым, 2008. 384 с.
2. Мирюк О.А. Особенности приготовления пеномасс для бесцементного ячеистого бетона // Техника и технология силикатов. 2011. Т. 18. № 3. С. 12 – 17.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА АРКТИЧЕСКИХ И ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

**Морозова М.В., ассистент,
Фролова М.А., канд. хим. наук, доц.**
*Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова*

Одним из перспективных направлений получения бетонов высокого класса прочности и морозостойкости является использование высокодисперсных модифицирующих добавок, позволяющих повышать прочность и морозостойкость конечного продукта.[1-9] В настоящее время установлено, что одним из основных показателей, определяющих прочность, плотность (водонепроницаемость) и долговечность отвердевшего цементного камня является водоцементное отношение (В/Ц), оказывающее решающее значение в формировании объема порового пространства при гидратации минералов. [10-17]

Экспериментально доказано, что увеличение В/Ц резко снижает прочность на сжатие цементного камня и отрицательно сказывается на показателях морозостойкости бетона. Однако оптимальное водоцементное отношение с точки зрения формирования структуры бетона вызывает значительные трудности при практическом использовании бетонного теста, связанные, прежде всего с его малой подвижностью.

Поэтому решение вопросов, связанных с управлением величиной водоцементного отношения в процессе получения и твердения бетона, является важной, прежде всего, с практической точки зрения, задачей.

Известно, что введение модифицирующих компонентов наноразмерного уровня в состав строительных композитов способствует направленному формированию их структуры и позволяет получать изделия с заранее заданными свойствами [18,19].

В 2002 году в 100 км к северо-востоку от г. Архангельска началась опытно-промышленная разработка трубки «Архангельская» месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова. В процессе обогащения кимберлитовых руд песчано-глинистые породы в обводненном состоянии направляются в хвостохранилище, где ежегодно складывается до 1 млн. тонн отходов. Особенностью пород Архангельской алмазоносной промышленности является их масштабная сапонитизация (60...70%) [20].

Известно, что высокодисперсное состояние сапонита характеризуется значительной величиной удельной поверхности, а, следовательно, огромным запасом свободной поверхностной энергии, который можно использовать для формирования структуры материала. В исследованиях авторы разработали способ выделения сапонит-содержащего материала (ССМ) методом электролитной коагуляции. [21]

В работе [22] установлено, что ССМ является хорошим сорбентом водной фазы, а в разработана методика измерения процесса водопоглощения по величине удельного массового изменения объемов реакционной смеси (q).[23]

Целью исследований является получение морозостойкого мелкозернистого бетона, с использованием модифицирующей добавки, регулирующей водоцементное отношение.

Для получения мелкозернистого бетона был взят портландцемент класс прочности 32,5 Н и мелкозернистый заполнитель - строительный песок, месторождения «Кеница», Архангельская область.

Сапонит-содержащий материал был выделен из оборотной воды методом электролитной коагуляции и высушен до постоянной массы при температуре 105 °С.

Экспериментальным путем были подобраны оптимальные режимы диспергирования материала на планетарной шаровой мельнице Retsch PM100. При этом скорость вращения составила 420 об/мин. Данные режимы диспергирования позволили получить устойчивые воспроизводимые результаты размерных характеристик ССМ.

Размер частиц определяли на анализаторе размера субмикронных частиц и дзета - потенциала Delsa Nano методом измерения динамического и электрофоретического светорассеяния.

Высокодисперсный образец охарактеризовали методом сорбции азота на анализаторе Autosorb-iQ-MP по величине удельной поверхности $S_{уд}$ (теория BET).

В процессе диспергирования были получены образцы (семь фракций) сапонит-содержащего материала с размерным диапазоном частиц от 1 мкм до 400 нм.

Таблица 1 – Время диспергирования и характеристики образцов ССМ

№ образца	Время диспергирования проб, мин.	Средний размер частиц D, нм.	Удельная поверхность $S_{уд}$, м ² /кг
1	5	1113±23	18 610
2	10	827±52	19 810

3	30	764±43	21 210
4	60	591±28	30 359
5	90	445±40	50 670
6	110	447±34	50 672
7	120	517±22	35 280

В качестве высокодисперсной добавки на основе сапонит-содержащего материала применяли опытный образец со средним размером частиц 445 нм.

В центре коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» (ЦКП «Арктика») на электронном растровом микроскопе Zeiss Sigma VP были сделаны фотографии высокодисперсного сапонит-содержащего материала, увеличенные до 20 000 раз с разрешением до 1,3 нм.

На рисунке 1 представлено размерное распределение пробы №5, которое показывает равномерность распределения частиц в этом диапазоне. Экспериментальные данные, полученные на анализаторе размера субмикронных частиц хорошо согласуются с данными, полученными на электронном микроскопе (рисунок 2).

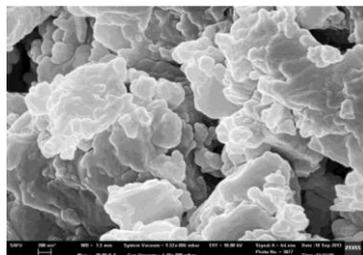
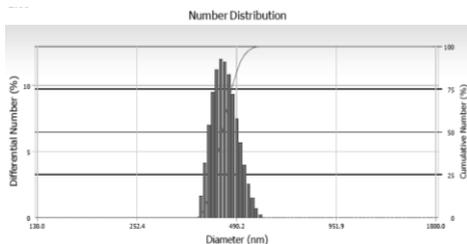


Рисунок 1 – Размерное распределение частиц в опытном образце

Рисунок 2 – Микрофотография опытного образца ССМ

Кроме того, электронная микроскопия показала, что строение ССМ имеет чешуйчатый характер с многочисленными пустотами, которые способны заполняться водой. Удельная поверхность сапонит-содержащего материала составила $S_{уд} = 50\ 670\ \text{м}^2/\text{кг}$

Для создания опытных образцов бетона (150x150x150 мм) использовался рассчитанный состав композита с учётом В/Ц = 0,3 (контрольные образцы) и В/Ц = 0,5 (опытные образцы с добавкой ССМ равном 7% от массы цемента и песка). Количество модификатора

рассчитывалось на основании результатов кинетических исследований процесса водопоглощения из условия, что материал за 30 минут изменит В/Ц отношение смеси с 0,5 до 0,3.

Испытания на прочность путём сжатия проводились после 28 суток выдержки бетонных кубиков на прессе ИП-1250.

Испытания на морозостойкость осуществлялись путем попеременного замораживания и оттаивания образцов в ваннах с 5% раствором хлорида натрия в диапазоне температур от -50 °С до +20 °С. Для замораживания бетонных образцов использовалась камера «ТХВ-64».

Водопоглощение бетонных образцов определяется по ГОСТ 12730.5-84.

В таблице 2 показаны прочностные и морозостойкие характеристики испытываемых образцов.

Таблица 2 - Прочностные характеристики и морозостойкость образцов мелкозернистого бетона

Количество циклов попеременного замораживания и оттаивания	Контрольный образец мелкозернистого бетона (В/Ц = 0,3)	Опытный образец мелкозернистого бетона (В/Ц = 0,5)
	Среднее значение максимальной нагрузки, МПа	
0	41,3	72,9
75	49,4	73,7
100	45,0	73,7
150	35,8	73,5
200	11,00	73,3
300	-	73,4

На основании полученных данных был отмечен факт значительного увеличения прочности бетонных образцов с модифицирующей высокодисперсной добавкой, по сравнению с контрольными. При этом бетонный композит опытного состава выдерживает не менее 300 циклов попеременного замораживания и оттаивания, в то время как контрольный – 100 циклов.

Вывод

Ведение высокодисперсной добавки ССМ позволяет получить мелкозернистые бетоны с пределом прочности при сжатии 73,2 МПа, морозостойкостью не ниже F300 и водонепроницаемостью W10.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.
2. Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород. 2005.
3. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
4. 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.
5. 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 «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
6. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В. Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
7. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
8. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
9. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
10. Фролова М.А., Тутьгин А.С., Айзенштадт А.М., Лесовик В.С., Махова Т.А., Поспелова Т.А. Критерий оценки энергетических свойств поверхности // Наносистемы: физика, химия, математика. 2011. Т. 2. № 4. С. 120-125.

11. Клюев С.В., Лесовик В.С., Клюев А.В., Бондаренко Д.О. К вопросу применения нескольких видов фибр для дисперсно-армированных бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 81-83.
12. Лесовик В.С., Строкова В.В., Кривенкова А.Н., Ходыкин Е.И. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 25-27.
13. 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.
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. Вишневская Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53-56.
16. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.
17. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., 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. T. 24. № 11. С. 1496-1502.
18. Фомина Е.В., Кожухова Н.И., Пальшина Ю.В., Строкова В.В., Фомин А.Е. Влияние механоактивации на размерные параметры. Строительные материалы. 2014. №10. С. 28-33.
19. Смирнов В.А. Размерные эффекты и топологические особенности наномодифицированных композитов. Нанотехнологии в строительстве: науч. интернет-журнал 2011. №4 (14). С. 17-26. Режим доступа: nanobuild.ru;
20. Коршунов А.А., Невзоров А.Л. Перспективы и направления утилизации отходов обогащения кимберлитовых руд на месторождении им. М.В. Ломоносова. Журнал «Проблемы региональной экологии». 2009. №2. С. 213-216.
21. Тутьгин А.С., Айзенштадт М.А., Айзенштадт А.М., Махова Т.А. Влияние природы электролита на процесс коагуляции сапонит-содержащей суспензии. — Геоэкология. 2012. № 5. С.379-383
22. Морозова М.В., Айзенштадт А.М., Фролова М.А., Махова Т.А. Использование сапонит-содержащих отходов в качестве компонента

- сухой строительной смеси для мелкозернистых бетонов с улучшенными эксплуатационными характеристиками. – Academia. Архитектура и строительство. 2015. №4. С. 137-141
23. Морозова М.В., Айзенштадт А.М., Тутьгин А.С. Водопоглощение сапонит-содержащих отходов обогащения кимберлитовых руд. — Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 11. С. 29-31.

КОМПЛЕКСНЫЕ ДОБАВКИ С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ

Муртазаев С-А. Ю., д-р техн. наук, проф.

*Грозненский государственный нефтяной технический
университет имени акад. М.Д. Миллионщикова*

Батаев Д. К-С., д-р техн. наук, проф.

*Комплексный научно-исследовательский
институт Российской академии наук*

Абдуллаев А.М., инженер

*Грозненский государственный нефтяной технический
университет имени акад. М.Д. Миллионщикова*

Известно, что наиболее эффективным способом создания высокопрочных бетонов является применение современных пластифицирующих добавок на основе эфиров поликарбоксилатов [7]. Добавка гиперпластификаторов в рецептуру бетона в сравнении с бездобавочным цементным камнем способствует формированию плотной и однородной структуры, образующей при раскалывании поверхности с раковистозанозистым изломом, что подтверждает высокую прочность и однородность камня, который предпочтительно состоит из низкоосновных фаз типа С-S-H(B) [3,4]. В некоторых источниках указано снижение воды затворения на 40% и более, в результате чего добиваются марки бетона 800 и более. В работах [8] приводятся результаты использования пластифицирующих добавок позволяющих увеличить подвижность бетонных смесей без снижения прочности бетона, уменьшить количество воды затворения, а также снизить расход цемента, увеличивая конечные прочностные характеристики бетонов, что позволяет добиться хороших результатов наиболее доступным способом. Кроме всего перечисленного, актуальным является экономия цемента, связанная с интенсивным ростом цен на него. Если несколько лет назад даже применение недорогого суперпластификатора оправдывалось лишь при изготовлении высокопрочных бетонов, то при действующих в настоящее время ценах на цемент использование даже дорогих пластификаторов имеет экономическую эффективность [4]. Применяемые в настоящей работе гиперпластификаторы по своему строению являются привитыми сополимерами, их присутствие в большей степени проявляется диспергированием цементных систем

[1,12]. Вместе с тем, действие таких достаточно сложных по своему строению органических веществ на процессы гидратации и структурообразования цементного камня еще недостаточно изучено. Важной составляющей предлагаемых исследований является применение добавок бентонитовой глины природного происхождения, наночастиц активированного бентонита полученных нами в лабораторных условиях и наночастиц золь-геля кремниевой кислоты, который также был получен нами экспериментальными методами. Поэтому исследование процессов структурообразования, кинетики твердения и формирования гидратных фаз в присутствии этих добавок несомненно представляет научный и практический интерес.

Целью работы является определение структурных и физико-механических свойств цементного камня и бетона с применением пластифицирующих добавок различного типа для получения высококачественных бетонных композитов и разработка технологического регламента для их внедрения в производственную практику.

Для изготовления экспериментальных образцов использовался цемент Чир-Юртовского цементного завода Чеченской Республики (ЧР). Нормальную густоту цементного теста определяли по ГОСТ 310.3-76. Изготавливали кубы 20х20х20 мм - 6 секций по ГОСТ 22685 для определения прочности и исследования свойств цементного камня рентгенофазовыми методами. Для изготовления растворов мелкозернистого бетона использовался монофракционный песок по ГОСТ 6139. В качестве добавок в опытах использовали гиперпластификатор Frem-GiperS-TB, порошок природного бентонита Чеченской республики, водная суспензия наночастиц активированного бентонита ЧР размерами 128 нм, а также наночастицы золь-геля кремниевой кислоты [9,12]. По ГОСТ 30459-2003 и ГОСТ 310.4-81 соответственно определяли прочностные характеристики цементного камня и бетона с добавками, при этом использовался монофракционный песок по ГОСТ 6139. Исследования изменения структуры цементного камня проводили на дифрактометре японского производства SHIMATSUXRD-6000 (Япония).

В таблице 1 приведены результаты исследования показателей удобоукладываемости и физико-механических характеристики образцов-кубов цементного камня 20*20*20 мм.

Таблица 1 – Результаты исследования показателей удобоукладываемости и физико-механических характеристики образцов-кубов цементного камня

Расход цемента (Ц), г	Нормальная густота (НГ), г	Frem-Giper S-TB, %	Бентонитовый природный порошок, %	Суспензия из наночастиц активированного бентонита, %	Наночастицы геля кремниевой кислоты, %	Прочность на сжатие, МПа
500	23,25		-	-	-	112,5
500	18,4	0,6	-	-	-	132,9
500	17,6	0,6	0,4	-	-	137,2
500	15	0,6	-	0,4	-	138,6
500	19	0,6	-	-	0,4	147,8
500	23,3	-	0,4	-	-	121,9
500	21,6	-	-	0,7	-	129,9
500	23,2	-	-	-	0,4	135,2

В результате введения порошкообразного природного бентонита (табл.1) прочность на сжатие исследуемого образца незначительно отличается от контрольного, но использование суспензии наночастиц активированного бентонита и наночастиц золь-геля кремниевой кислоты увеличивает показатели прочности на 15 и 20%. Нормальная густота цементного теста при этом снижается на 7,1 и 0%. Более высокие показатели прочности достигнуты применением в комплексе с гиперпластификатором трех вышеуказанных добавок. При совместном использовании гиперпластификатора и порошка бентонитовой глины прочность цементного камня увеличивается в сравнении с контрольным на 21%, введение суспензии с наночастицами активированного бентонита в комплексе с гиперпластификатором сокращает количество воды затворения на 35%, а прочность кубиков при этом превышает контрольный на 23 %. Существенно повышаются (более 30 %) показатели прочности цементного камня с комплексной добавкой из гиперпластификатора и наночастиц золь-геля кремниевой кислоты, хотя значение нормальной густоты для данного теста не были столь отличительны как при введении суспензии наночастиц активированного бентонита.

Для подтверждения характеристик прочности цементного камня были получены рентгенограммы для образцов из таблицы 1 (рисунок 1-8).

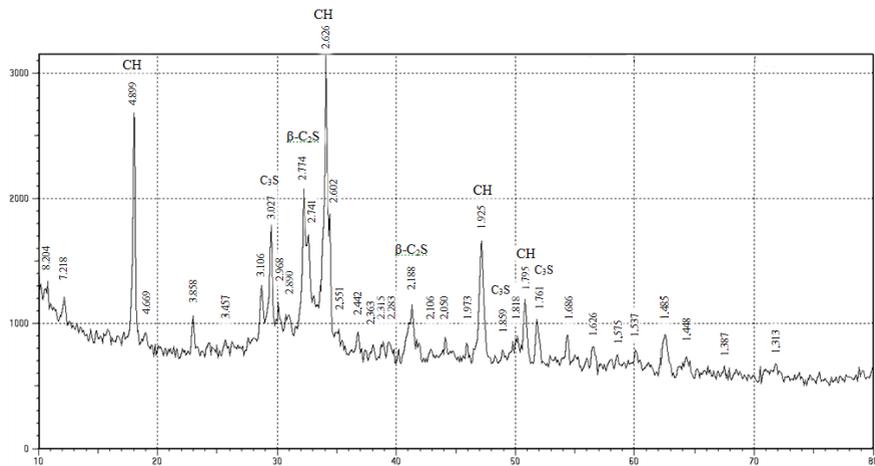


Рисунок 1 – Рентгенограмма цементного камня контрольного образца через 28 суток твердения

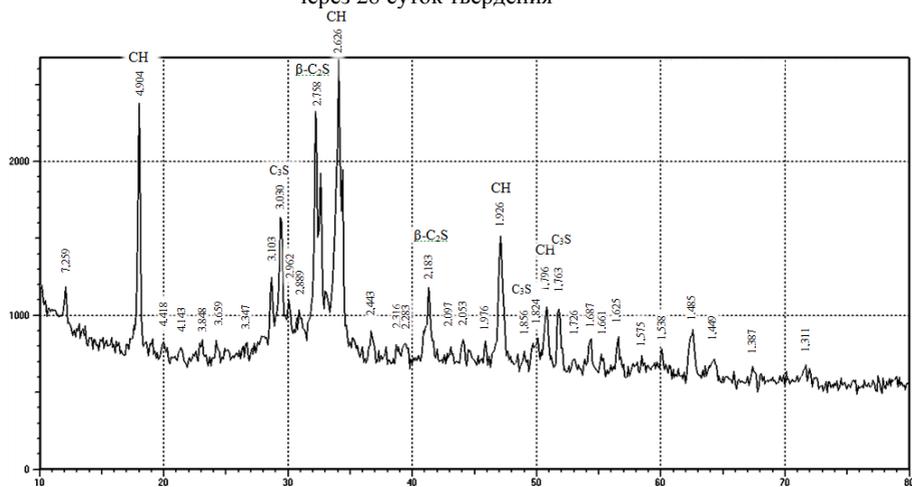


Рисунок 2 – Рентгенограмма цементного камня с добавкой бентонитового порошка через 28 суток твердения

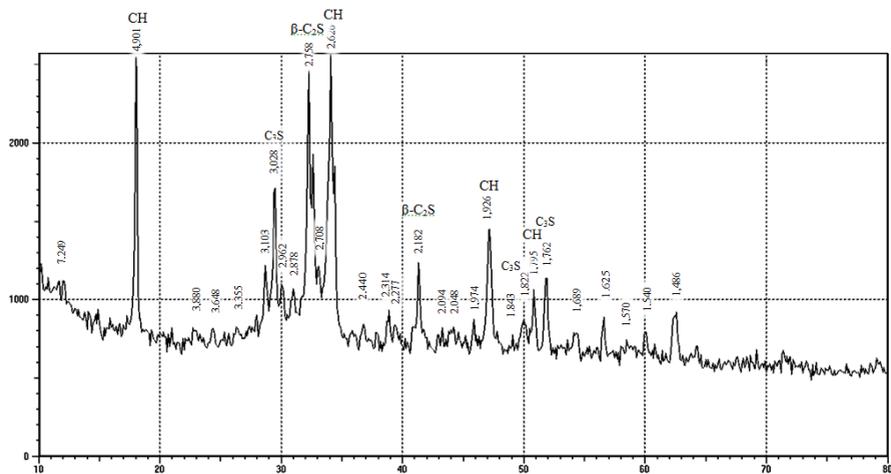


Рисунок 3 – Рентгенограмма цементного камня с добавкой суспензии наночастиц активированного бентонита через 28 суток твердения

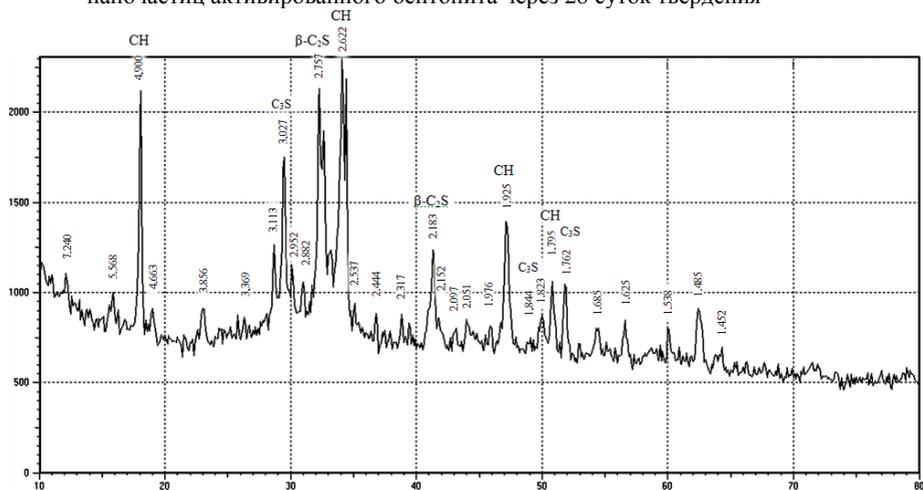


Рисунок 4 – Рентгенограмма цементного камня с добавкой наночастиц золь-геля кремниевой кислоты через 28 суток твердения

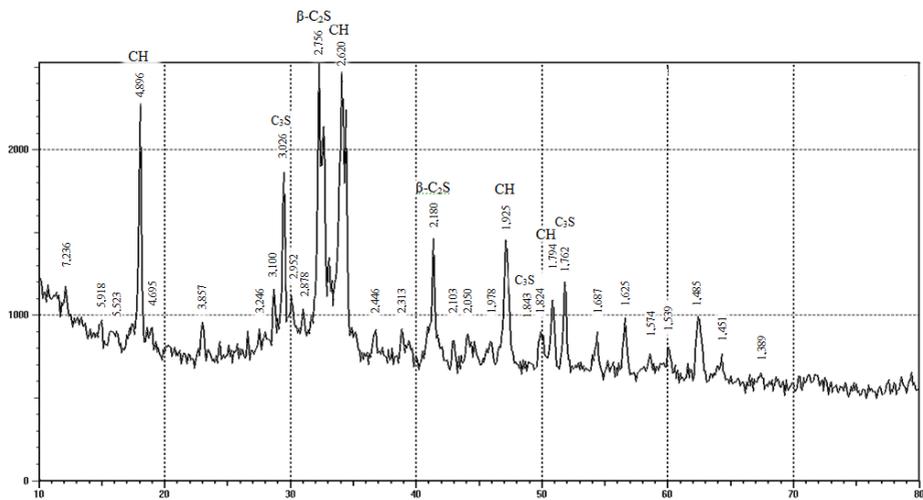


Рисунок 5 – Рентгенограмма цементного камня с добавкой гиперпластификатора Frem-GiperSTB через 28 суток твердения

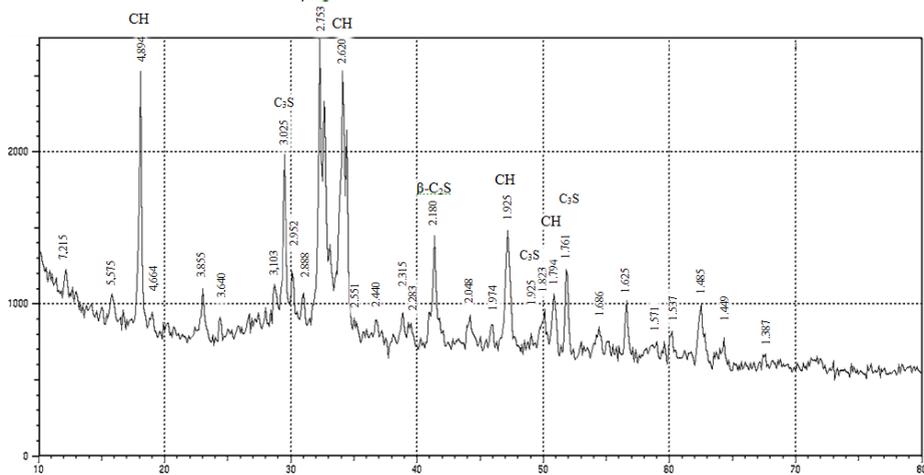


Рисунок 6 – Рентгенограмма цементного камня с добавкой гиперпластификатора Frem-GiperSTB и бентонитового порошка через 28 суток твердения

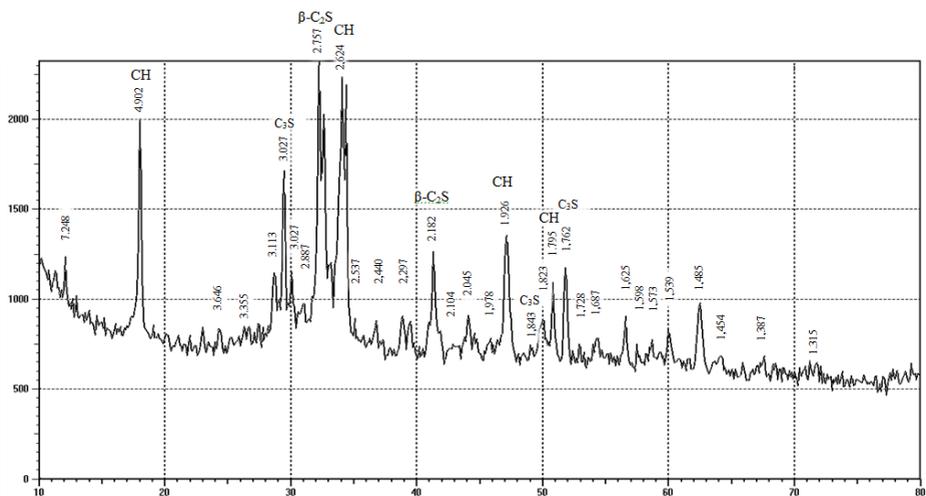


Рисунок 7 – Рентгенограмма цементного камня с добавкой гиперпластификатора Frem-GiperSTB и суспензии наночастиц активированного бентонита через 28 суток твердения

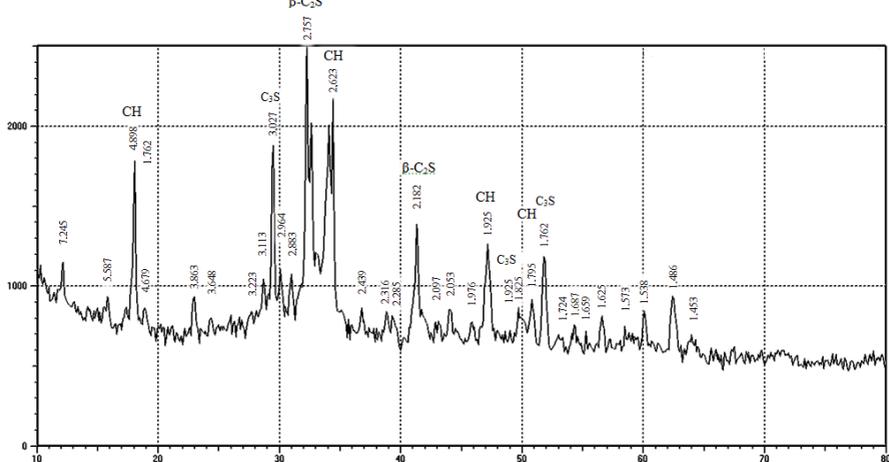


Рисунок 8 – Рентгенограмма цементного камня с добавкой гиперпластификатора Frem-GiperSTB и наночастиц золь-геля кремниевой кислоты через 28 суток твердения

Таким образом, рентгенофазовый анализ образцов цементного камня показал, что в результате введения добавок полученных в лабораторных условиях по сравнению с бездобавочными образцами (контрольными) после 28 суток нормального твердения суммарная интенсивность портландита (СН) снижается. Суммарная интенсивность пиков алита (C_3S) в образцах с добавками бентонитового порошка, суспензии наночастиц активированного бентонита и наночастиц золь-геля кремниевой кислоты несколько ниже по сравнению с контрольным составом. Однако, в образце с добавкой гиперпластификатора суммарная интенсивность алита (C_3S) незначительно выше, чем у контрольного образца. При этом интенсивность пиков принадлежащих белиту ($\beta-C_2S$) в цементном камне с приготовленными нами добавками из бентонитового порошка, суспензии наночастиц активированного бентонита и наночастиц золь-геля кремниевой кислоты практически не отличается от контрольного состава, но после введение гиперпластификатора суммарная ее интенсивность резко повышается. Несмотря на эти отличия, по данным таблицы 1 видно, что для вышеуказанных образцов с добавками превышение прочности составляет около 20%. При использовании гиперпластификатора в комплексе с добавками, приведенными в нашей работе, кроме композиции с бентонитовым порошком, происходит резкое снижение суммарной интенсивности по всем пикам принадлежащих портландиту (СН), что указывает на ускорение процесса гидратации клинкерных минералов. Изменение интенсивности пиков алита (C_3S) здесь практически не выявлено, но показано увеличение интенсивности пиков белита ($\beta-C_2S$). Помимо этого, интенсивность пиков (1.819\AA) принадлежащих низкоосновным гидросиликатам кальция CSH(B) для цементного камня с комплексными добавками выше по сравнению с бездобавочным и другими образцами с более низкой степенью превышения прочности. Также можно утверждать, что эти пики CSH(B) для составов с комплексными добавками имеют более выраженный характер. В дефректограммах цементного камня с комплексными добавками, имеющие более высокие показатели прочности интенсивность пиков высокоосновных гидросиликатов кальция CSH(A) (3.106\AA) более высокая по сравнению с другими образцами. Известно также, что увеличение содержания низкоосновных гидросиликатов кальция CSH(B), сопровождающаяся в нашем случае еще и уменьшением интенсивности линий CSH(A), приводят к более высокой вяжущей способности [4] и их образование имеет связь с повышенными показателями прочности цементного камня по сравнению с

контрольными образцами. Подтверждением таких изменений в интенсивности является значительное увеличение прочностных характеристик цементного камня с добавками в комплексе.

Для изучения влияния полученных композиций добавок на прочностные характеристики мелкозернистого бетона и выявления более точной их зависимости прочности от содержания добавок были проведены исследования с использованием монофракционного песка (табл.2).

В результате введения добавок на основе бентонитовой глины и суспензии наночастиц активированного бентонита, прочность мелкозернистого бетона на сжатие через сутки превышает контрольные на 9 и 100%, а на изгиб 0 и 60%, через 7 суток твердения их показатели на сжатие выше на 7 и 34%, а при изгибе дают результаты схожие с контрольными (табл.2).

Таблица 2 – Прочностные показатели образцов балочек 4*4*16 см мелкозернистого бетона с использованием стандартного монофракционного песка по ГОСТ 6139

Ц, г	П, г	В, г	Fre m- Gip. S- ТВ, %	Бент поро шок пр, %	Бент нано сусп, 128 нм, %	Золь гельк ремн. кисл. ,%	Прочность, МПа, <small>сжатие</small>		
							1 сут	7 сут	28 сут
450	1350	225	-	-	-	-	36.16	228.1	301.6
							1.15	4.68	5.38
450	1350	174	0,5	-	-	-	108.6	355.8	434.6
							3.22	5.89	5.94
450	1350	169	0,5	0,3	-	-	107.9	437.5	476.6
							3.19	5.97	6.02
450	1350	163	0,5	-	0,6	-	124.6	409.6	474.6
							3.73	5.86	5.92
450	1350	159	0,5	-	-	0,3	118.8	427.3	538.6
							3.64	5.84	5.95
450	1350	223	-	0,3	-	-	36.9	237.7	305.6
							1.07	4.59	5.85

450	1350	210	-	-	0,6	-	<u>68.2</u> 1.78	<u>284.9</u> 4.59	<u>339.9</u> 5.94
450	1350	222	-	-	-	0,3	<u>47.28</u> 1.50	<u>271.2</u> 4.60	<u>352.6</u> 5.97
450	1350	171	0,6	-	-	-	<u>118.7</u> 3.35	<u>374.8</u> 6.01	<u>474.1</u> 6.12
450	1350	166, 5	0,6	0,4	-	-	<u>126.8</u> 3.28	<u>425.3</u> 6.17	<u>486.7</u> 6.18
450	1350	155	0,6	-	0,7	-	<u>135.6</u> 3.83	<u>458.6</u> 5.98	<u>514.6</u> 6.14
450	1350	173	0,6	-	-	0,4	<u>147.3</u> 3.77	<u>478.4</u> 5.96	<u>570.7</u> 6.15
450	1350	226	-	0,4	-	-	<u>39.44</u> 1.15	<u>245.2</u> 4.71	<u>318.6</u> 5.94
450	1350	209	-	-	0,7	-	<u>72.2</u> 1.85	<u>305.9</u> 4.70	<u>358.3</u> 6.02
450	1350	225	-	-	-	0,4	<u>49.52</u> 1.57	<u>278.2</u> 4.68	<u>369.4</u> 6.08
450	1350	169	0,7	-	-	-	<u>111.2</u> 3.29	<u>365.2</u> 5.95	<u>460.1</u> 5.98
450	1350	165	0,7	0,5	-	-	<u>118.1</u> 3.12	<u>449.1</u> 5.88	<u>501.2</u> 5.91
450	1350	153	0,7	-	0,8	-	<u>128.6</u> 3.61	<u>419.6</u> 5.62	<u>466.0</u> 5.89
450	1350	171	0,7	-	-	0,5	<u>129.6</u> 3.57	<u>392.9</u> 5.81	<u>541.0</u> 5.91
450	1350	228	-	0,5	-	-	<u>39.7</u> 1.02	<u>245.4</u> 4.56	<u>309.9</u> 5.83
450	1350	207	-	-	0,8	-	<u>68.8</u> 1.74	<u>296.8</u> 4.57	<u>338.5</u> 5.80

450	1350	226	-	-	-	0,5	$\frac{44.36}{1.52}$	$\frac{270.0}{4.54}$	$\frac{354.4}{5.82}$
-----	------	-----	---	---	---	-----	----------------------	----------------------	----------------------

При использовании в качестве добавки наночастиц золь-геля кремниевой кислоты, прочность на сжатие и изгиб после 1 суток твердения превышают значения контрольного образца на 37%, а в возрасте 7 суток показатели при изгибе почти не отличаются от контрольных, тогда как на сжатие они выше на 22%. После 28 суток твердения, прочность на сжатие по сравнению с контрольным, увеличивается на 5,6 и 20,4%, а введение наночастиц золь-геля кремниевой кислоты на 23%, при этом, на изгиб эти балочки дают прочность на 10, 12 и 13% превышающую показатели контрольного образца. Отдельное использование Frem-GiperS-TB через 1, 7 и 28 суток твердения увеличивает прочность при сжатии на 300, 64 и 57%, а показания этих же образцов при изгибе выше контрольных на 190, 28 и 14%. При совместном же использовании этих добавок с Frem-GiperS-TB, прочность некоторых образцов увеличивается почти в 2 раза. Комплексным использованием Frem-GiperS-TB с бентонитовым порошком, прочность при сжатии через 1, 7 и 28 суток твердения увеличивается на 250, 86 и 61%, а на изгиб эти показатели выше на 185, 32 и 15% контрольных. В результате комплексного введения суспензии наночастиц активированного бентонита совместно с Frem-GiperS-TB, прочность при сжатии через 1, 7 и 28 суток твердения увеличивается на 273, 100 и 70%, а на изгиб эти образцы через 1, 7 и 28 суток дают значения, превышающие контрольные на 233, 28 и 14%. Наибольший результат достигается применением гиперпластификатора Frem-GiperS-TB с наночастицами золь-геля кремниевой кислоты. Использование такой композиции через 1, 7 и 28 суток твердения, показатели прочности на сжатие превышают значения контрольных составов на 306, 109 и 89%, а при изгибе, эти образцы после 1, 7 и 28 суток набирают прочность, превышающую результаты контрольного на 228, 27 и 14%. Таким образом, использование полученных нами в лабораторных условиях добавок бентонитового порошка, суспензии наночастиц активированного бентонита и наночастиц золь-геля кремниевой кислоты по отдельности, а также совместно с гиперпластификатором Frem-GiperS-TB в комплексе, приводит к значительным увеличениям показателей прочности, что дает основание для широкого применения данных добавок в производстве.

Исходя из полученных результатов и определения значения оптимальной концентрации добавок для мелкозернистого бетона с подвижностью ПЗ, были приготовлены образцы из мелкозернистого бетона по ГОСТ 310.4-81 с меньшей подвижностью смеси П1 (табл. 3).

Таблица 3 – Прочностные показатели образцов из мелкозернистого бетона

Ц, г	П, г	В, г	Fre m- Gip. S- TB, %	Бент. порош ок пр, %	Бент. нанос усп, 128 нм, %	Золь гельк ремн .кисл ., %	Прочность, МПа,		
							1 сут	7 сут	28 сут
500	1500	200	-	-	-	-	69.7	397.5	493.4
							1.89	4.97	5.41
500	1500	168	0,6	-	-	-	144.5	483.9	554
							3.49	6.17	6.56
500	1500	163	0,6	0,4	-	-	161.2	509.4	620.7
							3.57	6.24	6.59
500	1500	158	0,6	-	0,7	-	178.5	526.1	643.5
							3.98	6.27	6.94
500	1500	169	0,6	-	-	0,4	183.7	556.2	651.2
							3.97	6.25	7.05
500	1500	202	-	0,4	-	-	78.4	409.9	516.6
							1.96	5.07	5.72
500	1500	191	-	-	0,7	-	96.3	433.1	551.8
							2.03	5.14	6.03
500	1500	198	-	-	-	0,4	82.6	431.5	563.3
							1.98	5.14	6.11

По результатам проведенных исследований (табл. 3) установлено, что снижение количества воды кардинально не влияет на значение показателя прочности, которые сопоставимы с прочностью высокопрочных мелкозернистых бетонов. Наиболее высокую прочность показали составы с использованием комплексных добавок. Максимальный результат был получен на составе с комплексной добавкой на основе гиперпластификатора Frem-GiperSTB и

наночастицы золь-геля кремниевой кислоты, где за 28 суток твердения она составляет 65,1 МПа. Высоких показателей прочности достигли также составы на основе комплексных добавок Frem-GiperSTB с бентонитовым порошком и Frem-GiperSTB с суспензией наночастиц активированного бентонита, для которых прочность через 28 суток твердения составляла 62,0 и 64,3 МПа соответственно [11]. На основании полученных данных можно констатировать, что полученные бетоны относятся к высокопрочным мелкозернистым бетонам с повышенными показателями ранней прочности, так как через сутки твердения они имеют прочность свыше 30% от нормативной прочности контрольного образца 28 суточного твердения.

Предложенные в настоящей работе комплексные добавки относятся к добавкам, повышающим прочность цементных композиций (табл.1 ГОСТ 24211-2003).

Установлена эффективность применения гиперпластификатора совместно с добавками на основе бентонитового порошка, суспензии наночастиц активированного бентонита и наночастиц золь-геля кремниевой кислоты для повышения прочности получаемых структур. Рентгенофазовые исследования цементного камня с применением этих добавок подтверждают полученный эффект набора прочности.

Введение в цементные композиции полученных добавок из местного сырья Чеченской Республики, а также добавок, полученных лабораторными методами, позволяет эффективно использовать цементную составляющую в бетонах, где в разы увеличивается прочность мелкозернистого бетона, значительно снижается водопотребность приготовленных смесей и повышаются плотность бетонов и прочностные характеристики твердеющей структуры.

Полученные комплексные добавки являются добавками полифункционального действия, повышающие раннюю и проектную прочность с водоредуцирующими и пластифицирующими эффектом.

Полученная минеральная добавка из природного бентонита и суспензии наночастиц активированного бентонита ранее не были исследованы в качестве добавок в цементных композициях. Результаты данной работы позволяют рекомендовать предложенные добавки производстве строительных материалов как современные комплексные модификаторы цементных композиций на основе нанодобавок, расширяющую ресурсную базу минеральных добавок для модифицирования бетонных смесей.

Список литературы:

1. Абдуллаев А.М., Муртазаев С.-А.Ю. Повышение удельной поверхности цементов диспергирующим действием ПАВ. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. №1. 2016.
2. Абдуллаев А.М., Абдуллаев М.А.-В. Повышение удельной поверхности цементов диспергирующим действием ПАВ. Актуальные проблемы современного материаловедения: коллективная монография. / Российский фонд фундаментальных исследований. Грозный: КНИИ РАН. 2015.
3. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. Технологии и свойства: учебник / - 3-е изд., перераб. И доп./Репринтное воспроизведение издания 1979 г. М.: ЭКОЛИТ. 2011. 480 с.
4. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества: Учебник для вузов / под ред. А.В. Волженский. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. 464 с.
5. Захаров С.А. Оптимизация составов бетонов высокоэффективными поликарбонатными пластификаторами // Строит. Материалы. 2008. №3. С. 42-43.
6. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Ресурсосбережение при производстве железобетонных изделий с добавками гиперпластификаторов. Технологии бетонов. 2013. №5. С.40-41.
7. Краснобаева С.А., Медведева И.Н., Брыков А.С., Стафеева З.В. Свойства материалов на основе портландцемента с добавкой метакаолина МКЖЛ // Цемент и его применение. 2015. №1. С. 50-55.
8. Ласман И.А., Васюнина С.В., Дунин А.В. Эффективность применения пластифицирующих добавок при производстве бетонных смесей и бетонов. 2012. №1-2. С. 16-17.
9. Лихачев А.В., Булгакова И.С. О некоторых особенностях работы бетонной добавки «Полипласт БФ». Технологии бетонов. 2014. №5. С.8-11.
10. Медведева И.Н. О формировании ранней прочности цементного камня. Популярное Бетонведение. 2007. №3.
11. Межидов В.Х., Висханов С.С., Даудова А.Л. Химический состав и некоторые свойства бентонита месторождения Катаяма (Чеченская республика) // Известия Вузов. Северо-Кавказский регион. «Технические науки». 2013. №4. С. 67-70.
12. Тараканов О.В., Белякова Е.А. Влияние суперпластификаторов на пластичность цементных и минеральных паст. Технологии бетонов. 2013. №2. С.18-20.

БЕТОНЫ МЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА

Муртазаев С-А.Ю., д-р техн. наук, проф.

*Грозненской государственной нефтяной технической
университет имени акад. М.Д. Миллионщикова*

Сайдумов М.С., канд. техн. наук, доц.

*Грозненской государственной нефтяной технической
университет имени акад. М.Д. Миллионщикова*

Аласханов А.Х., канд. техн. наук, доц.

*Грозненской государственной нефтяной технической
университет имени акад. М.Д. Миллионщикова*

Использование доступного, дешевого, часто невостребованного местного сырья в производстве строительных композиционных материалов, к которому, помимо природных ресурсов, можно отнести сырье техногенного происхождения, является одной из важнейших задач современной строительной индустрии [1-3].

Из различных источников известно, что в нашей стране ежегодно образуется около 17 млн. тонн отходов строительства и сноса зданий и сооружений, 60 % которых составляют кирпичные, бетонные и железобетонные отходы. Темпы роста объема указанных отходов составляют около 25 % в год [4].

В одной только Чеченской Республике за последние два десятилетия частично или полностью разрушены тысячи зданий и сооружений из кирпича, бетона и железобетона с образованием огромного количества техногенного сырья, которое приводит загрязнению окружающей среды городов.

Производство строительных композитов может быть осуществлено с использованием техногенного сырья [5,6].

Имеется многолетний опыт использования заполнителей из бетонного лома в качестве сырья для производства строительных материалов и изделий, однако принципы их правильного применения с учетом их химического и вещественного состава достаточно четко не изучены и не разъяснены.

Проблема ликвидации бетонных и других строительных отходов, возникающих в результате сноса зданий и сооружений, в настоящее время очень актуальна, особенно для крупных мегаполисов Российской Федерации, а также ближнего и дальнего зарубежья. Прежде всего, это

связано с отсутствием возможности размещать такое огромное количество отходов на городских и пригородных свалках, так как это может привести к катастрофическому загрязнению окружающей среды городов. [2].

Несмотря на то, что техногенное сырье используется в нашей стране крайне мало из-за малоизученности их свойств, в последнее время производство вторичных материалов на их основе растет и набирает темпы, и они становятся серьезной альтернативой традиционным строительным материалам.

В настоящее время многими учеными исследуются свойства вторичных заполнителей из бетонного лома. Их применяют для обустройства щебеночных оснований под полы и фундаменты зданий, под асфальтобетонные покрытия дорог всех классов, в качестве крупного заполнителя в бетонах, при производстве бетонных и железобетонных изделий, при отсыпке временных дорог, при подсыпке под все виды тротуарных дорожек, при подсыпке под автостоянки и асфальтированные площадки, под фундаментное основание, в ландшафтной архитектуре и т.д.

При дроблении бетонного лома помимо крупного заполнителя образуются отсеvy дробления, объем которых составляет около 25-30 % от дробимого материала, которые в настоящее время не используются из-за содержания в них так называемой каменной муки. Отсевы дробления бетонного лома представляют собой частицы размером менее 5 мм. Особенностью данных отсеvов является то, что они образованы из обломков зерен крупного и мелкого заполнителей и цементного камня дробимого бетона, который по структуре своей является многокомпонентной системой.

Единственным правильным решением данной проблемы является утилизация пылевидной части отсева дробления бетонного лома путем его вторичного использования в практике строительного материаловедения, т.е. использовать его в качестве активного наполнителя в производстве многокомпонентных высокоактивных вяжущих и как мелкий заполнитель для получения композиционных материалов на их основе, пылевидное составляющее которого играет одновременно еще и роль низкомарочного вяжущего.

К тому же использование отсеvов дробления бетонного лома в строительных композитах позволит почти без затрат увеличить объем производства продукции более чем на 10 % и даст значительный экономический эффект [8].

Таким образом, для повышения эффективности использования отсевов дробления бетонного лома были проведены исследования их свойств на пробах, отобранных из конструкций зданий в Чеченской Республике, подвергшихся полному или частичному разрушению.

Исследования проводились на отсевах дробления таких сборных железобетонных конструкций как плиты перекрытия, ригели, перемычки, колонны, лестничные марши с учетом их первоначальной прочности и срока эксплуатации.

Изучены гранулометрический (табл. 1), минеральный и химический составы (табл. 2) этих продуктов.

Таблица 1 – Гранулометрический состав отсева дробления бетонного лома

Наименование сырья для отсева	Остатки на ситах, % по массе					Проходит через сито № 0,16, % по массе	Содержание пыл. и глин. частиц, % по массе	Модуль крупности M_k
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16			
	<u>частный</u> <u>полный</u>	<u>частный</u> <u>полный</u>	<u>частный</u> <u>полный</u>	<u>частный</u> <u>полный</u>	<u>частный</u> <u>полный</u>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бетонный лом	<u>18,3</u> 18,3	<u>10,4</u> 28,7	<u>7,1</u> 35,8	<u>25,7</u> 61,5	<u>22,6</u> 84,1	15,9	-	2,3

Химический состав отхода дробления, представленный в таблице 2, свидетельствует о возможном наличии в материале соединений способных твердеть при взаимодействии с водой.

Имея, на первый взгляд, непригодную для использования в композитах гранулометрию, данный отход дробления, как было доказано лабораторными исследованиями, обладает рядом достоинств, которым в настоящее время не придают значения.

К тому же, используя современные теоретические и практические методы исследования, ученые МГСУ [9] показали преимущества вторичного использования мелкой фракции отсевов дробления в качестве мелкого заполнителя и активной составляющей бетонов плотной и ячеистой структуры. Соединения, входящие в состав отсева

дробления, свидетельствуют о химической однородности данного отхода с минералами портландцемента.

Таблица 2 – Химический состав продукта дробления бетонного лома

№ п.п.	Компоненты (оксиды), входящие в состав отсева дробления бетонного лома	Содержание, %, в отсевах дробления бетонного лома
1	SiO ₂	51,40
2	CaO	35,23
3	Al ₂ O ₃	5,01
4	Fe ₂ O ₃	3,72
5	K ₂ O	1,50
6	MgO	1,25
7	SO ₃	0,60
8	Na ₂ O	0,51
9	TiO ₂	0,31
10	MnO	0,08
11	Другие неорганические компоненты	0,29
12	п.п.п.	0,10

При изучении минерального состава отсева дробления бетонного лома с помощью рентгенографического анализа зафиксированы следующие минералы и продукты гидратации цемента: кварц в количестве 50 %, кальцит – около 30 %, гидросиликаты кальция – до 6 % и другие соединения. Особенно следует отметить наличие негидратированного портландцемента в количестве 4 % по массе, что составляет около 30 % по массе от исходного портландцемента, который применялся при производстве железобетонных конструкций.

Исследования проводились на отходах дробления бетонных конструкций, в которых в качестве заполнителей применялись известковый щебень и кварцевый песок, что объясняет сравнительно большое содержание кальцита.

Для выявления гидравлической активности отсева дробления бетонного лома производили его помол до разных значений удельной поверхности, а затем готовили тесто нормальной густоты отдельно с каждым порошком разного помола. Полученные данные показали, что при увеличении тонкости помола продукта дробления происходит увеличение прочности затвердевшей композиции.

Начало и конец схватывания теста наблюдается уже при помоле отсева дробления до удельной поверхности $S_{уд} = 250-350 \text{ м}^2/\text{кг}$ (начало схватывания - 6 часов и конец схватывания - 15 часов), далее с увеличением тонкости помола эти сроки уменьшаются и при удельной поверхности равной $900 \text{ м}^2/\text{кг}$ начало схватывания происходит через 1 час, а конец через 3 часа 10 мин (рис. 1 и табл. 3).

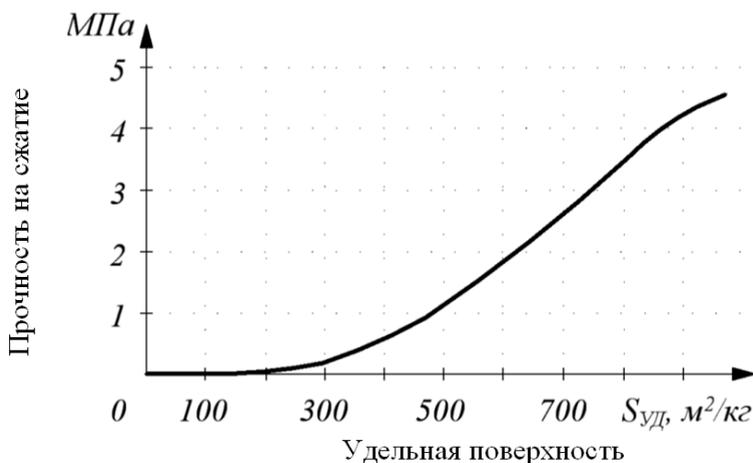


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности на сжатие образцов в возрасте 28 суток от удельной поверхности молотого отсева дробления бетонного лома

О степени взаимодействия исходного и молотого отсева дробления с цементом судили по результатам исследования затвердевших растворных образцов. Последние готовили путем смешивания немолотого и молотого отсева дробления, в отдельности, с цементом М500 в соотношении 1:3 при В/Ц = 0,4. Тонкость помола отсева дробления составляла $300 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Прочность образцов на сжатие $R_{сж}$ с молотым отсевом дробления выше прочности образцов с немолотым примерно на 10-30 %. Полученные данные можно объяснить наличием негидратированного цемента, который удалось «пробудить» в процессе помола, а также реакционной способностью карбонатов, имеющих в отсеве. Входящие в состав молотого отсева дробления тонкодисперсные карбонаты кальция (25-30 % CaCO_3 по массе) играют роль микровключений в матричном материале, образуют каркас и помогают создавать прочную микробетонную структуру.

Таблица 3 – Влияние тонкости помола отсева дробления бетонного лома на физико-механические свойства затвердевшего теста

Удельная поверхность $S_{уд.}, \text{м}^2/\text{кг}$	В/Т	Сроки схватывания		$R_{СЖ}$ через 1 сутки после пропаривания, МПа	$R_{СЖ}$ через 15 суток после пропаривания, МПа
		Начало	Конец		
65 (не молотый)	0,33	Более 12 часов	-	0	0
300	0,16	5 часов 30 мин	Более 14 часов	0,18	0,22
450	0,18	3 часа 10 мин	Более 12 часов	0,63	0,72
550	0,20	1 час 50 мин	8 часов 30 мин	0,96	1,15
900	0,21	1 час	3 часа 10 мин	3,95	4,34

Выступая в качестве зародышей, центров кристаллизации в процессе структурообразования, карбонаты имеют существенное положительное влияние на физико-химические процессы твердения бетона.

Таким образом, дополнительный помол позволяет вовлечь данный отход в процесс твердения. Это открывает возможность повышения прочностных характеристик бетонных композитов, экономии дорогостоящего и энергоемкого портландцемента при их производстве. Данные результаты были взяты за основу для получения многокомпонентных вяжущих (МКВ) с использованием отсева дробления бетонного лома как активного микронаполнителя.

Для изучения степени влияния наполнителя из отсева дробления бетонного лома на свойства многокомпонентных вяжущих были проведены систематизированные исследования. В качестве вяжущего использовали портландцемент М500 Д0 Чири-Юртовского цементного завода. Приготовление многокомпонентных вяжущих производилось в лабораторной роликовой мельнице МЛР-15 с объемом загрузки 5 кг. Исследовались многокомпонентные вяжущие с содержанием наполнителя от 0 до 60 % и добавки «БИО-НМ» в количестве 1,5-3 % от массы вяжущего. Рецептура и свойства разработанных многокомпонентных вяжущих веществ представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Рецептура и свойства многокомпонентных вяжущих

Вид вяжущего	Состав МКВ, % по массе			S _{уд.} , м ² /к г	Нормальная густота, %	Активность вяжущего, МПа
	Чири Юрт. ПЦ	Наполнитель из отсева	Добавка «БИО-НМ»			
МКВ100	100	-	2	541	15	81
МКВ80	80	20	2	548	16	75
МКВ60	60	40	2	562	17	60
МКВ40	40	60	2	579	18	29

Сравнительные данные по пористости цементного камня на основе исходного портландцемента и портландцемента, прошедшего механохимическую обработку, показали, что пористость цементного камня на МКВ60 снижается почти в 2 раза по сравнению с пористостью цементного камня на портландцементе. В 6-6,5 раз снижается количество крупных (капиллярных) пор радиусом более 1 мкм, на порядок уменьшается содержание капиллярных пор радиусом 1-0,1 мкм. Эффективный радиус пор смещается в сторону более тонких.

При исследовании свойств бетонных композитов на основе разработанных многокомпонентных вяжущих с наполнителем из отсева дробления бетонного лома установлено, что полученные бетонные композиты различного класса по прочности характеризуются слитной структурой и значительным снижением клинкерной составляющей. Отношение призменной прочности к кубиковой находится в пределах 0,79-0,81 и возрастает с увеличением прочности многокомпонентных вяжущих.

Кроме того, бетонные композиты на основе многокомпонентных вяжущих веществ имеют более длительный на 3-6 ч период формирования структуры по сравнению с бетонами на основе портландцемента и имеют умеренные относительные деформации усадки, которые не превышают 0,7-0,85 мм/ми отличаются повышенной плотностью, прочностью, низким радиусом пор, а, следовательно, повышенной стойкостью и водонепроницаемостью.

Список литературы:

1. Попов К.Н. Новые строительные материалы и материалы из промышленных отходов / К.Н. Попов [и др.]. М.: Логос-Развитие, 2002. 152 с.
2. Баженов Ю.М. Мелкозернистые бетоны из техногенного сырья для

- ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю.М. Баженов, Д.К.-С. Батаев, Х.Н. Мажиев [и др.]. Грозный, 2011. С.342.
3. Александров А.В. Снос зданий и переработка строительного мусора // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. 2003. №1. С.50.
 4. Заурбеков Ш.Ш. Утилизация бетонного и железобетонного лома /Ш.Ш. Заурбеков, М.С. Сайдумов, М.А.-В. Абдуллаев [и др.] // Экология и промышленность России. 2011. №2. С.26-28.
 5. Исмаилова З.Х. Эффективные мелкозернистые бетоны на основе техногенного сырья из золошлаковых смесей /З.Х. Исмаилова, С.А. Алиев, Б.Т. Муртазаев [и др.] //Экология и промышленность России. 2011. №7. С.23-25.
 6. Буткевич Г.Р. Нужно увеличивать производственную мощность карьеров. //Технологии строительства. 2007. № 7 (55). С.146-147.
 7. Рахимов Р.З. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья / Р.З. Рахимов, У.Х. Магдеев, В.Н. Ярмаковский // Материалы межд. конгресса «Наука и инновации в строительстве SIB-2008». Современные проблемы строительного материаловедения и технологии. 2008. С.441-448.
 8. Чистов Ю.Д. Ячеистые бетоны из мелких отходов дробления бетонного лома – путь к малоотходным технологиям в строительстве / Ю.Д. Чистов, М.В. Краснов // Популярное бетоноведение. 2005. № 6. С.24-29.

РЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ПЛАСТИФИКАТОРА

Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.,

Молчанов А.О., аспирант,

Кузьмина Н.О., аспирант,

Переверзев М.О., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к применению композитов, отличающихся повышенными эксплуатационными характеристиками, что позволяет обеспечивать не только высокую надежность конструкций, но и повышенную эстетичность зданий и сооружений. Одним из наиболее простых способов модифицирования сырьевых смесей, применяемых для получения функциональных материалов, является использование химических добавок различного назначения и состава [1–8]. При этом выбор конкретного вида добавки обуславливает необходимость корректировки или контроля того или иного свойства растворной смеси. Так, к настоящему моменту известен положительный опыт использования так называемых самоуплотняющихся растворов и бетонов. Главной особенностью таких смесей является высочайшая подвижность, добиться которой возможно применением супер- и гиперпластификаторов (или их комплексов) преимущественно зарубежного производства. Кроме того, ввиду активной политики импортозамещения актуальными становятся вопросы развития отечественного рынка химических добавок.

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы являлось изучение влияния добавок, входящих в одну пластифицирующую группу, российского и зарубежного производства. В работе использовали суперпластификаторы СП СУБ производства Полипласт (Россия), а также MasterGlenium SKY 591 и MasterGlenium 115 производства BASF (Германия). Подбор оптимального количества добавки осуществляли по методике миниконуса, разработанной НИИЖБ. Оптимальным считали то количество добавки, введение которого обеспечивает максимальную растекаемость.

Изучение реологических особенностей цементного теста с добавками и без осуществляли при помощи ротационного вискозиметра Rheotest RN 4.1. Для изучения влияния добавок на реологию цементных

паст готовили тесто нормальной густоты, после чего в полученный раствор вводили дозировку добавки, соответствующую оптимальной. Съемку проводили при комнатной температуре.

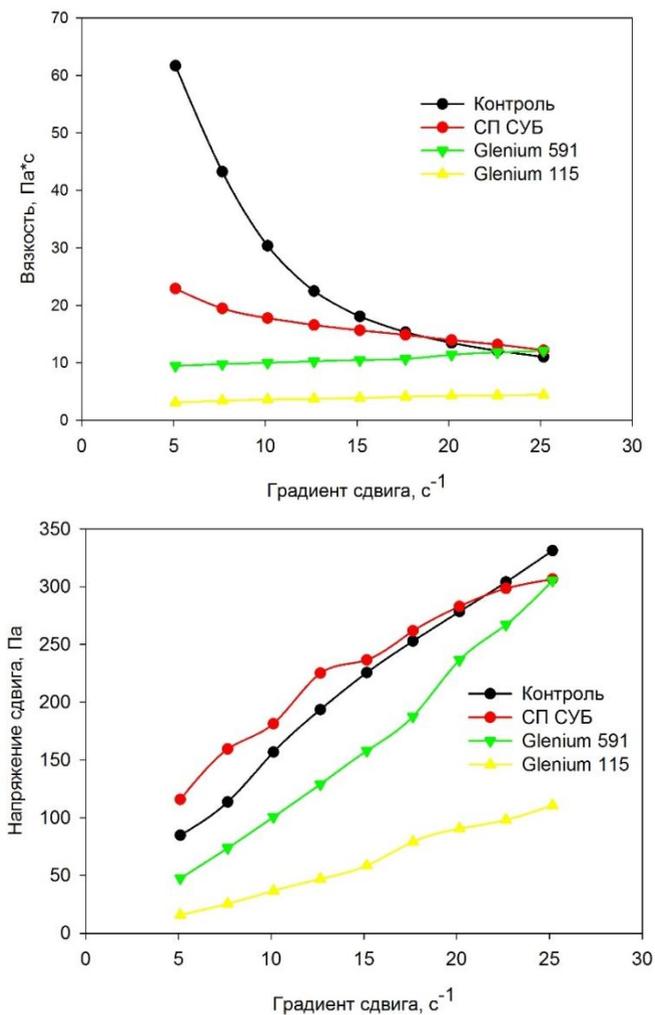


Рисунок 1 – Реограммы цементного теста в зависимости от вида пластификатора:
а) вязкость; б) напряжение сдвига

Анализ полученных данных свидетельствует о типичном для данных систем ходе течения кривых: наблюдается равномерное снижение вязкости системы при увеличении нагрузки (рис. 1, а). «Чистое» цементное тесто характеризуется максимальной вязкостью, что обусловлено с одной стороны существенной гигроскопичностью частиц цемента, а с другой – их высокой активностью и способностью создавать пространственные коагуляционные структуры в объеме жидкости. Введение пластифицирующих компонентов приводит к резкому падению вязкости: в 3 раза для СП СУБ; в 6 раз для Glenium 591 и в 10 раз для Glenium 115. Величина конечной вязкости для контрольного и составов с первыми двумя добавками практически одинакова. Реограммы образца с пластификатором Glenium 115 отличаются практически нулевой вязкостью. При этом разница между начальной и конечной вязкостью незначительна.

Вероятным объяснением разной степени действия добавок является отличие их химической основы. Импортные добавки представляют собой эфиры поликарбоксилатов, эффективность которых обусловлена длиной полимерных цепочек, обеспечивающих диспергирующее действие на агрегированные частицы цемента и их раздвижку, а также более полное покрытие поверхности частиц с формированием сольватных оболочек и высвобождения свободной воды в системе. Результатом указанных воздействий является существенное увеличение подвижности и практически полное исключение возможности формирования коагуляционных структур за счет взаимодействия частиц между собой.

Таким образом, показана возможность получения цементных растворов с минимальными значениями вязкости, что необходимо для получения самоуплотняющихся растворных смесей. Обоснована необходимость применения пластифицирующих добавок на поликарбоксилатной основе для обеспечения максимальной подвижности смеси, введение которых в состав смесей позволяет снизить начальную вязкость смесей до 10 раз.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект №14-43-08020, а также в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Огурцова Ю.Н., Строкова В.В., Латыпов В.М. Особенности структурообразования цементных систем в присутствии

- полисиликатов натрия // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 54–58.
2. Огурцова Ю.Н., Строкова В.В., Ищенко А.В., Лабузова М.В. Оценка влияния гидрофобизирующих добавок на функциональные свойства гранулированного наноструктурирующего заполнителя // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 47–50.
 3. Денисова Ю.В., Полуэктова В.А., Строкова В.В. Фунгицидные свойства оксифенольных модификаторов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 8. С. 13–18.
 4. Боцман Л.Н., Строкова В.В., Ищенко А.В., Боцман А.Н. Модифицирование бетона за счет введения различных видов добавок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 90–94.
 5. Гайда Ю.В., Айзенштадт А.М., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Оптимизация процесса полимеризации глиоксаля – компонента органоминеральной добавки для укрепления песчаных грунтов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 6–10.
 6. Чеботарева Е.Г., Владимирова В.А., Огрель Л.Ю., Строкова В.В. Наномодифицированные эпоксидные связующие с повышенными характеристиками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 120–124.
 7. Бухало А.Б., Нелюбова В.В., Строкова В.В., Сумин А.В. Сравнительная оценка газообразователей для производства ячеистого бетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 42–45.
 8. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Бондаренко А.И., Кобзев Е.В. Реотехнологические свойства суспензий механоактивированных кварцевых компонентов кварцевых компонентов и композиционных вяжущих на их основе // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31–2 (50). С. 179–185.

СТРУКТУРА АВТОКЛАВНОГО КОМПОЗИТА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЕГО СВОЙСТВА

Нелюбова В.В.¹, канд. техн. наук, доц.,

Осадчий Е.Г.², д-р хим. наук, проф.,

Либерова А.В.¹, студент,

Безродных А.А.¹, магистрант

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

²*Институт экспериментальной минералогии РАН*

В настоящее время существует широкое разнообразие мелкоштучных кладочных изделий, одним из наиболее востребованным представителем которых является силикатный кирпич автоклавного твердения, что обусловлено их оптимальными эксплуатационными свойствами и возможностью использования сырья различного состава и происхождения [1, 2 и др.]. На свойства кладочного материала, в частности, его прочностные характеристики, прочность сцепления с кладочным раствором, влияет качество поверхности, особенности его структуры, пористость и т.д. При этом общая пористость композита складывается из макропористости, формируемой за счет дефектов при получении материала (нерационально подобранный состав, недоуплотнение композита, захват пузырьков воздуха и т.д.), и микропористости, связанной с особенностями твердения изделия, качества заполнителя (оказывающего влияние на плотность контактной зоны заполнителя с вяжущим) и т.д., и, как правило, складывающейся из мелких пор и капилляров.

Целью настоящей работы является изучение структурных особенностей прессованных изделий автоклавного твердения с использованием наноструктурированного модификатора, эффективность которого доказана многочисленными работами научного коллектива. Для изучения пористости композитов в работе применен метод адсорбции газа с использованием прибора Sorbi. Кроме того, анализ макро- и микропористости изделий производился с использованием метода растровой электронной микроскопии.

Как видно из полученных данных (рис. 1), использование модификатора сдвигает общую нанопористость композитов в меньшую сторону. Наблюдается увеличение объема нанопор наряду со снижением макропор. Это связано с уплотнением структуры материалов за счет использования НМ, выступающего в качестве

микронаполнителя между более крупными частицами заполнителя (кварцевого песка), а также за счет синтеза разноразмерных новообразований различной морфологии.

Для изучения изменения морфоструктуры при введении модификатора, были проведены исследования микроструктуры поверхности и свежего скола образцов. Исследования производили с использованием сканирующего электронного микроскопа Mira Tescan в Центре высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

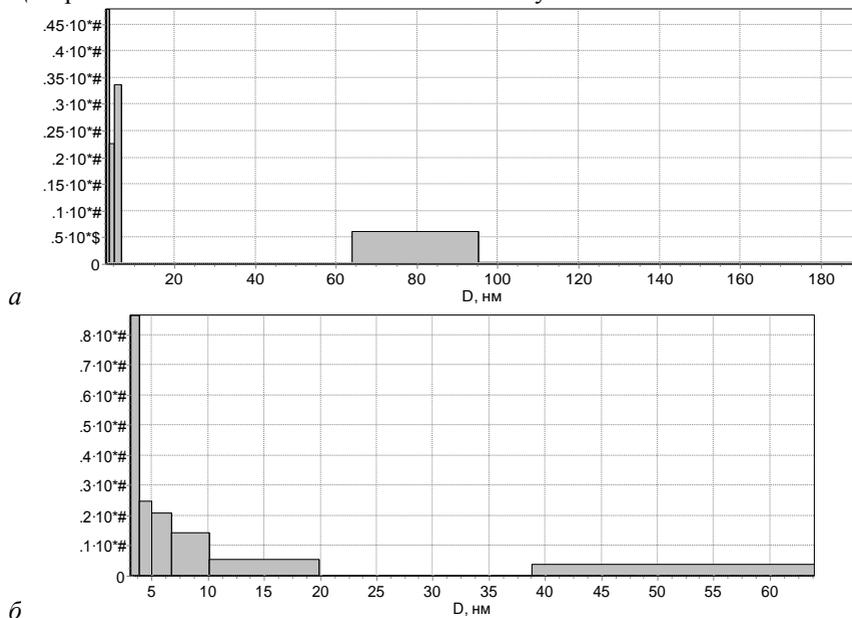
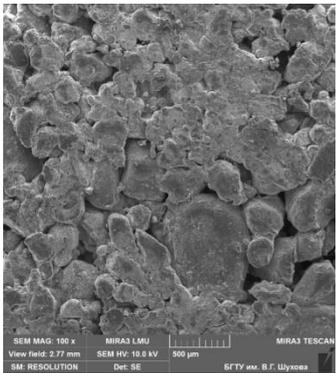
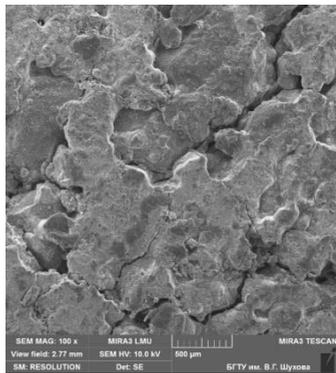


Рисунок 1 – Пористость прессованных композитов в зависимости от состава: а) контрольный состав; б) экспериментальный состав с НМ

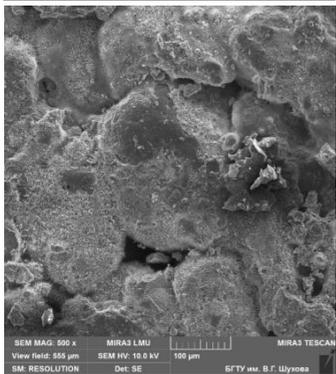
Анализ микроструктуры ненарушенной поверхности образцов (рис. 2) позволил проанализировать влияние НМ на свойства изделия с точки зрения качества лицевой поверхности или поверхности контактирующей с кладочным раствором. Так, образцы контрольного состава характеризуются поверхностью с высоким содержанием пор и пустот (рис. 2, а, в, д). Между зернами заполнителя и вяжущего наблюдается четко различимая контактная зона.



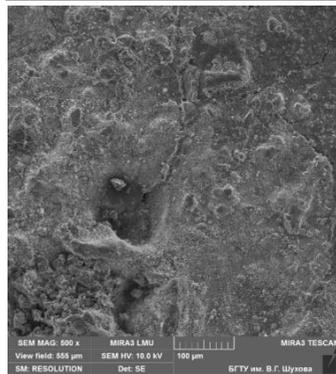
a)



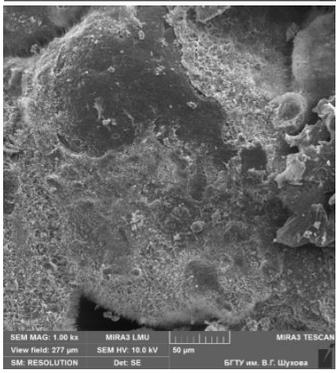
б)



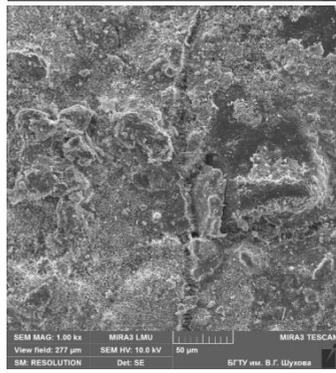
в)



г)



д)



е)

Рисунок 2 – Микроструктура поверхности образцов в зависимости от состава:
а, в, д) контрольный состав; *б, г, е)* экспериментальный состав с НМ

Более крупные зерна заполнителя окружены мелкими частицами (рис. 2, в). Наряду с монолитными зонами, присутствуют разуплотненные участки, в которых связка между компонентами практически полностью отсутствует. Композиты экспериментального состава отличаются равномерной структурой, в которой количество пустот значительно меньше (рис. 2 а, б). Заполнитель практически не «отделим» от объема всего материала (рис. 2 в, г). Поверхность заполнителя у экспериментальных образцов (рис. 2. г, е), в отличие от контрольных (рис. 2. в, д), не наблюдается. Это связано большим количеством связующего вещества, монолитизирующего заполнитель. При условии одинакового количества известково-кремнеземистого вяжущего в экспериментальных и контрольных составах, это можно объяснить тем, что НМ, заменяя заполнитель, являясь высокодисперсной составляющей и более активным компонентом вяжущего, интенсифицирует формирование большего количества новообразований. Механические трещины, неизбежные и образующиеся при приготовлении образцов, характерны для обоих составов.

Таким образом, введение наноструктурированного модификатора в прессованные композиты автоклавного твердения приводит к увеличению плотности упаковки материала, снижению его микропористости и дефектности поверхности. Тем не менее, сдвиг пористости в нанообласть, а также наличие мелких трещин на поверхности образцов (практически закрытых новообразованным веществом) создает возможность возникновения капиллярного подсоса материалов, что будет способствовать лучшей адгезии кладочного раствора к мелкоштучным изделиям.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-33-50264.

Список литературы:

1. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н., Абросимова О.С. Эксплуатационные характеристики силикатного кирпича, изготовленного с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 11–14.
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.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С УЧЕТОМ ЕГО СОСТАВА И СПОСОБА МЕХАНОАКТИВАЦИИ

Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.,
Попов А.Л., аспирант,
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В строительной индустрии основной функцией задачи оптимизации строительных смесей всегда являлось понижение расхода дозировки цемента без снижения требуемых строительно-технических характеристик. Из множества путей достижения данной задачи самым оптимальным и распространенным является механоактивация минерального сырья недостаточно активного в исходном состоянии. Так, мерой активности в цементных смесях является способность минерального компонента связывать в нерастворимые в воде соединения свободный гидрат окиси кальция, выделяющийся при твердении цемента. К таким минеральным компонентам относятся кремнезёмсодержащее сырьё, активность которого при соотвествующей механоактивации может возрасть в разы [1–4].

Помимо механоактивации существует значительная корреляция между активностью и минералогическим составом кремнезёмсодержащего сырья. Поэтому эффективно использовать сырьё с содержанием кварца порядка 95% и низким содержанием глинистых примесей, но такое сырьё встречается в природе довольно редко. Гораздо более распространены полевошпатовые пески, с более низким содержанием кварца (около 70 %), с примесями минералов таких групп как полевые шпаты, ортоклазы и плагиоклазы. Такие пески более известны как речные пески, месторождения которых расположены по берегам рек в виде крупных песчаных кос. Эффективное использование данных песков в производствах цементных смесей может быть актуально в регионах с менее развитой инфраструктурой и повышенным ценообразованием на строительные материалы. В связи с этим необходимо сравнить активность полевошпатового песка с кварцевым песком.

Целью данной работы являлось изучение и сопоставление свойств полевошпатового речного песка Ленского бассейна (табл. 1) и кварцевого песка Корочанского месторождения. В качестве основного

показателя использовалась активность как интегральная характеристика. Активность кремнеземсодержащего сырья высчитывалась по количеству активных центров и по поглощению ионов кальция в пересчете на CaO на 1 г сырья (метод Д.И. Запорожца, Рекомендации ИСО № 1156).

Таблица 1

**Минералогический состав
речного песка**

Минерал	Содержание, %
Кварц	29,84
Альбит	17,48
Микроклин	4,71
Иллит	2,46
Биотит	1,06
Роговая обманка	2,59
Гисмондин	1,08
Аморфная фаза	40,78

В связи с тем, что всё большее распространение начинают приобретать композиционные вяжущие на основе цемента (вяжущих низкой водопотребности, тонкомолотый многокомпонентный цемент), изготовление которых производится по двухстадийной технологии с предварительным помолом кварца до необходимой удельной поверхности и последующей диспергацией

совместно с цементом, в работе рассматриваются компоненты после предварительного помола с дисперсностью, выражаемой удельной поверхностью, равной 300–350 м²/кг [5–10 и др.]. При этом измельчение компонентов осуществлялось в шаровой и планетарной мельницах.

Для определения активности кремнеземсодержащего сырья по методу Запорожца, готовился известковый раствор с необходимой концентрацией, добавлением в дистиллированную воду комовой негашеной извести и выдерживался в герметично закрытой емкости две недели. Затем в цилиндрическую емкость наливали 1100 мл полученного раствора имеющего концентрацию 1,1–1,2 г CaO/л. Емкость подвергалась перемешиванию в течении 10–15 минут, после чего пипеткой отбирали 100 мл раствора и фильтровали. Необходимые 50 мл фильтрата титровались соляной кислотой для определения начальной концентрации CaO в растворе.

Затем брали 10 г исследуемого материала и всыпали в оставшиеся 1000 мл известкового раствора. Получившийся раствор перемешивали необходимый промежуток времени, после чего аналогично предыдущему отбирали пробу 100 мл. Отобранную пробу фильтровали в сосуд емкостью 250 мл, для формирования фильтрата объемом 50 мл.

Для определения концентрации оксида кальция, поглощенного исследуемым материалом, использовали титрование 0,05N раствором HCl. Концентрацию CaO определяли по формуле:

$$C_{CaO} = 758AT/B$$

Количество СаО, поглощенного кварцевым сырьем в известковом растворе, определяли как разность начальной и конечной концентрации СаО. На основании этих данных вычисляли количество извести, поглощенной 1 г кварцевого компонента.

Оптическую плотность растворов для количественного определения центров адсорбции измеряли спектрофотометрическим методом в ультрафиолетовых и видимых областях спектра с помощью спектрофотометра LEKI SS120713. Измерения проводились в стеклянных кюветах относительно растворителя – дистиллированной воды.

Содержание активных центров Бренстеда, эквивалентное количеству адсорбированного индикатора, рассчитывали по формуле:

$$q_{pKa^*} = \frac{C_{ind} \cdot V_{ind}}{D_0} \left(\left| \frac{D_0 - D_1}{a_1} \right| \pm \left| \frac{D_0 - D_2}{a_2} \right| \right)$$

Таблица 2

**Свойства кремнеземистых компонентов
в зависимости от состава и типа мельницы**

Компонент	Удельная поверхность, м ² /кг	Количество поглощенного СаО по методу Запорожца, мг/г	Количество активных центров, мг·эquiv/г
Песок речной планетарная	302	59	6,16
Песок речной шаровая	303	50	3,24
Песок кварцевый планетарная	313	47,7	12,4
Песок кварцевый шаровая	314	31	7,8

Исходя из полученных данных (табл. 2), можно говорить о противоречивых свойствах активности полевошпатовых песков. Так, полевошпатовый песок характеризуется меньшим содержанием активных бренстедовских центров по сравнению с кварцевым песком, что не мешает ему поглощать больше СаО из известкового раствора. Последняя характеристика является приоритетной для эффективности

композиционных вяжущих, так как на прямую влияет на способность вяжущего связывать в соединения избыточный портландит, выделяющийся при гидратации цемента.

Также из результатов исследований видно, что механоактивация в планетарной мельнице, кроме очевидной ускоренной активации компонента, является более качественным активатором по сравнению с шаровой мельницей. Образцы при приблизительно равных степенях помола характеризуется большим количеством поглощенного СаО и почти в два раза большим содержанием активных брэнстедовских центров.

Таким образом, показано влияние состава сырья, способов его механоактивации на реакционную активность кварцевых компонентов, оцениваемой по активной удельной поверхности, сорбционной способности и количеству активных центров. Доказана эффективность и не уступающая активность генетически более слабого сырья в виде речного полевошпатового песка, как компонента композиционного вяжущего.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект №14-43-08020.

Список литературы:

1. Нелюбова В.В., Алтынник Н.И., Гафарова Н.Е. Влияние способа механоактивации на активность кварцевых компонентов ячеистобетонной смеси // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2014. № 4. С. 63–67.
2. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Композиционное вяжущее для порошковых бетонов с промышленными отходами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 6–9.
3. Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 53–57.
4. Соловьева Л.Н., Огурцова Ю.Н., Бондаренко А.И., Боцман А.Н. Характеристики песков с учетом их применения в композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 31–33.
5. Агеева М.С., Шаповалов С.М., Боцман А.Н., Ищенко А.В. К вопросу использования промышленных отходов в производстве вяжущих веществ // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 9. С. 58–62.

6. Нелюбова В.В., Кобзев В.А., Сивальнева М.Н., Подгорный И.И., Пальшина Ю.В. Особенности наноструктурированного вяжущего в зависимости от генезиса сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 25–28.
7. Строкова В.В., Жерновский И.В., Фоменко Ю.В. О влиянии размерных параметров полиморфных модификаций кварца на его активность в композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. №3. С. 72–73.
8. Строкова В.В., Сумин А.В., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А. Модифицированное вяжущее с использованием наноструктурированного минерального компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 36–39.
9. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 5 (88). С. 95–99.
10. Агеева М.С., Сопин Д.М., Гинзбург А.В., Калашников Н.В., Лесовик Г.А. Разработка композиционных вяжущих для закладочных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 43–47.

ОСОБЕННОСТИ ПЕНООБРАЗУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

**Нецвет Д.Д., аспирант,
Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.,
Серенков И.В., студент**

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

Выбор сырьевых компонентов в известной мере обуславливает как технологию производства пенобетона, так и технические и эксплуатационные характеристики получаемой продукции [1–10]. При проектировании технологии производства ячеистых бетонов особое внимание уделяют характеристику применяемых пенообразователей и качеству получаемой пены. Результаты исследований и производственная практика показали, что оптимальной является пена с плотностью 60–80 г/л и диаметром пор от 0,5 до 1 мм. Однако стоит отметить, что характеристики пены во многом определяются возможностями применяемого оборудования и типом, свойствами выбранного пенообразователя.

Помимо характеристик применяемых сырьевых материалов, необходимо учитывать специфику взаимодействия пенообразователей и вяжущего. В работах [11–14] не раз упоминалось влияние пенообразователей различной природы на процессы гидратации цемента и кинетику набора прочности материала. Для разработки эффективных пенообразователей и определения оптимальных условий их использования важно знать химическую природу и основы физико-химических взаимодействий молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ), входящих в их состав.

Классификация ПАВ основывается на их химической структуре, строении и коллоидно-химическим свойствам (рисунок 1).

Различные свойства пены по-разному влияют на структуру образования, формирования и твердения пенобетонной массы, что в последующем может отражаться на качестве стеновой конструкции и времени эксплуатации зданий и сооружений в целом. Первоочередное влияние на свойства и качество пенобетона оказывает химическая природа пенообразователя, от которой зависят основные технологические аспекты.

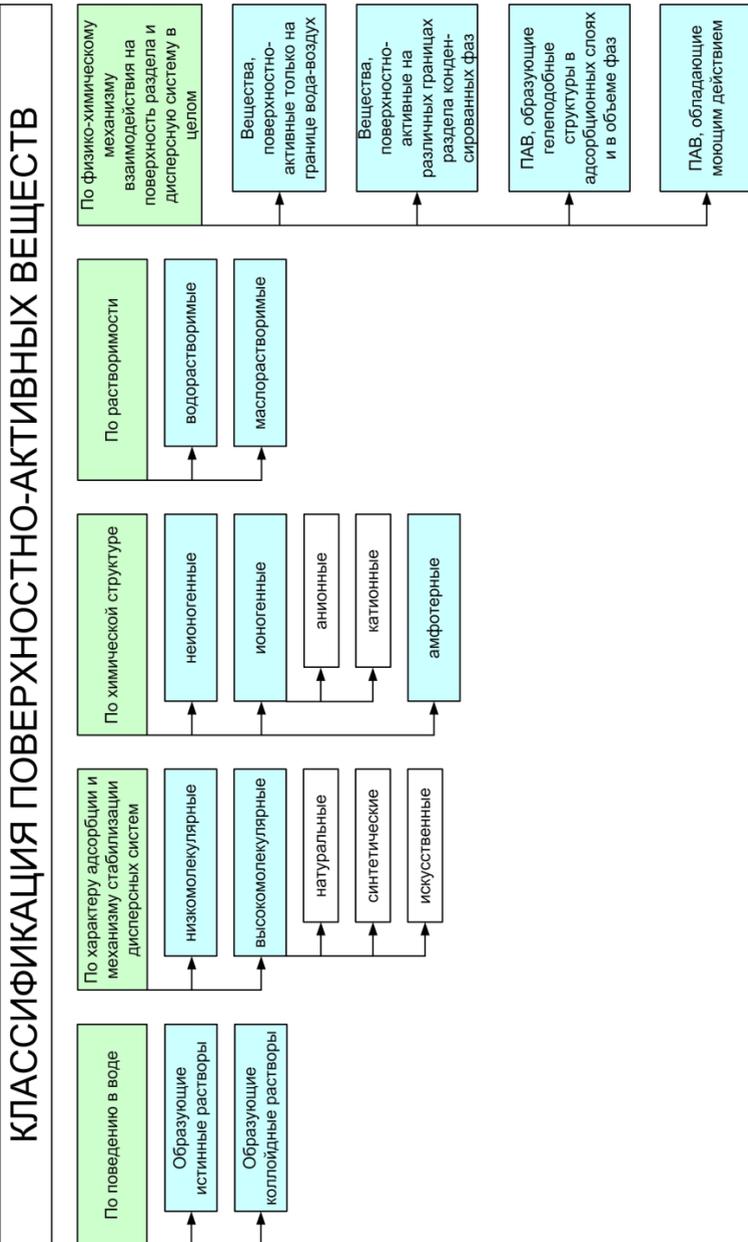


Рисунок 1 – Классификация поверхностно-активных веществ по различным признакам

В литературе выделяют ряд параметров, наиболее полно характеризующий применяемый пенообразователь и получаемую пену [1, 5]: кратность, стабильность, дисперсность, плотность пены, несущая способность, влияние на изменение пластической вязкости ячеисто-бетонной композиции, гидрофобизация или гидрофолизация внутреннего порового пространства ячеистого бетона, совместимость активной основы пенообразователя с компонентами вяжущего, в частности с основными клинкерными минералами, совместимость пены с другими компонентами, применяемыми для изготовления пенобетона.

В качестве классификационных признаков пенообразователей для пенобетонов выделяют структуру и физико-химический механизм их воздействия на поверхность раздела фаз и дисперсную систему в целом.

Л.Д. Шаховой в работе [11] приведены следующие классификации пенообразователей (рисунок 2).

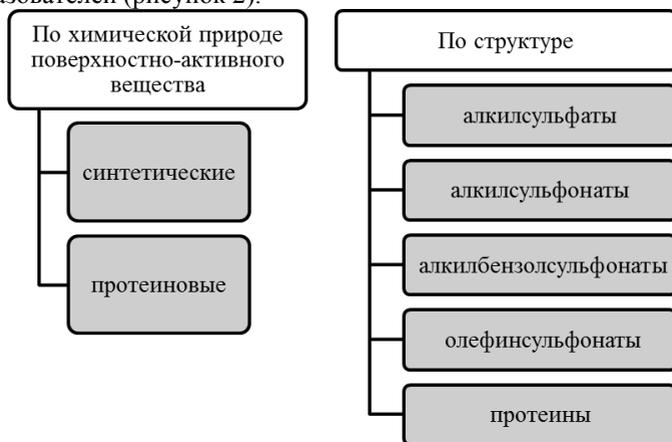


Рисунок 2 – Классификация пенообразователей

В группу синтетических пенообразователей отнесены пенообразователи, полученные из синтетических ПАВ. Они обеспечивают получение пен высокой кратности при относительно низкой температуре (30–40 °С) и в воде любой степени жесткости (морской и др.), в кислой, нейтральной и щелочной средах, не образуют нерастворимых соединений Са и Mg, практически не гидролизуются, устойчивы к кислотам.

Протеиновые пенообразователи получают на основе растительного или животного сырья путем тепловой полимеризации или экстракции из

растворов. В качестве сырья для получения протеиновых пенообразователей используют сапонины, лигнины, канифоль (растительное сырье), боенскую кровь, рога, копыта, кожный покров, шерсть, перья (животное сырье – протеины) для выделения коллагена с последующей тепловой обработкой до образования желатина.

В настоящее время ПАВ чаще всего применяют не как индивидуальное вещество, а как композицию. Это объясняется рядом причин экономического и физико-химического характера. Часто дефицитные и дорогостоящие ПАВ можно заменить более дешевыми композициями. Широко распространены композиции низко- и высокомолекулярных ПАВ. Добавление к ПАВ минеральных и органических продуктов усиливает пенообразующую способность, устойчивость пены в минерализованной воде.

Коммерческие составы пенообразователей часто содержат дополнительные вещества, влияющие на повышение стойкости пены в высокоминерализованных цементных растворах. Для увеличения пенообразующей способности и устойчивости пен к синтетическим моющим веществам предлагается добавлять тринатрий фосфат (ТНФ) и карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) и др. Такие пенообразователи относятся к композиционным пенообразователям.

Имеется ряд исследований, посвященных разработке пенообразователей, позволяющих получить пенобетон низкой плотности (до 500 кг/м^3) с высокими прочностными показателями, а также средней и высокой плотностей ($400\text{--}1200 \text{ кг/м}^3$) [14]. При этом авторы достигают высоких результатов по повышению стойкости пены в цементном тесте и, как следствие, прочности ячеистого композита. Рассматривается вопрос снижения расхода пенообразователя и уменьшения времени активации.

В настоящее время имеется ряд методов подбора пенообразователей для получения пенобетонов различной плотности в виде рекомендаций и утвержденных инструкций. Их анализ показал, что до сих пор не существует единой методики подбора пенообразователя в зависимости от вида и концентрации. Это можно объяснить тем, что физико-технические свойства пенобетонов зависят от многих факторов: химической природы пенообразования, способа получения пены, вещественного состава пенобетонной смеси, вида цемента и его минералогического состава и др.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в обеспечении качества и повышении эксплуатационных характеристик ячеистых бетонов значительное внимание стоит уделять применяемым

пенообразо-вателям. Каждому типу пенообразователей целесообразно подбирать как оптимальную концентрацию, так и наиболее рациональный режим активации, минерализации и обработки готового изделия. При неправильном выборе пенообразователя, несопоставимым с выбранным вяжущим, механизма активации его раствора, способа получения пены и пеномассы про-исходит преждевременное разрушение ячеистой структуры до набора не-обходимой прочности массива. В противном случае развиваются усадоч-ные деформации, приводящие к образованию сплошных каналов слияния пузырьков по толщине изделия, повышению плотности и снижению тепло-технических характеристик.

Подбор технологической схемы получения ячеистых композитов осуществляется при оценке следующих параметров: кратность, стабильность, дисперсность, плотность пены, несущая способность, влияние на реологические характеристики пенобетонной смеси, гидрофобизация или гидрофолизация внутреннего порового пространства ячеистого бетона, совместимость активной основы пенообразователя с компонентами вяжущего и с другими компонентами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Департамента внутренней и кадровой политики Белгородской области в форме гранта на проведение НИР по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области, договор № 40-гр. от 19.10.2016, а также в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Сумин А.В., Строкова В.В., Нелюбова В.В., Еременко С.А. Пеногазобетон с наноструктурированным модификатором // Строительные материалы. 2016. № 1–2. С. 70–75.
2. Хархардин А.Н., Сивальнева М.Н., Строкова В.В. Топологический расчет основных параметров фибры для получения пенобетона на основе бесцементного наноструктурированного вяжущего // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2016. Т. 8. № 4. С. 73–88.
3. Бухало А.Б., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Теплоизоляционный неавтоклавный пеногазобетон с нанодисперсными модификаторами. Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. 137 с.
4. Сивальнева М.Н., Павленко Н.В., Пастушков П.П., Строкова В.В., Нецвет Д.Д. Тепловлажностные характеристики фибропенобетона на основе наноструктурированного вяжущего // Физика и технология наноматериалов и структур: сб. научных статей 2-й Международ. науч.-практ. конф. Курск: ЮЗГУ, 2015. С. 210–215.

5. Местников А.Е., Семенов С.С., Федоров В.И., Строкова В.В., Нелюбова В.В., Жерновская И.В., Сутакова Э.М. Структура и свойства пенобетона автоклавного твердения на основе кварц-полевошпатовых песков ленского бассейна // Перспективные материалы в технике и строительстве: ПМТС 2015: Материалы II Всерос. науч. конф. мол. уч. с международным участием. Томск: ТГАСУ, 2015. С. 482–485.
6. Нелюбова В.В., Алтытник Н.И., Строкова В.В., Подгорный И.И. Реотехнологические свойства ячеистобетонной смеси с использованием наноструктурированного модификатора // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 58–61.
7. Василенко М.И., Старостина И.В. Отходы микробиологических производств - потенциальное сырье для получения пенообразователей, используемых в строительной индустрии // Фундаментальные исследования. 2004. № 3. С. 98–99.
8. Павленко Н.В. Анализ эффективности пенообразователей для получения пенобетона автоклавного твердения на основе ВКВС // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 4. С. 14–16.
9. Шахова Л.Д., Нестерова Л.Л., Черноситова Е.С. Схемы гидратации основных клинкерных минералов в присутствии пенообразователей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2005. № 9. С. 258–261.
10. Шахова Л.Д. Роль пенообразователей в технологии пенобетонов // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 16–19.
11. Величко Е.Г., Комар А.Г. Рецептурно-технологические проблемы пенобетона // Строительные материалы. 2004. № 3. С. 26–29.
12. Кобидзе Т.Е., Коровяков В.Ф., Киселев А.Ю., Листов С.В. Взаимосвязь структуры пены, технологии и свойств получаемого пенобетона // Строительные материалы. 2005. № 1. С. 26–29.
13. Гоманн М. Поробетон. Системное проектирование и строительство: руководство. Белгород: ЛитКараВан, 2010. 271 с.
14. Хитров А.В. Технология и свойства пенобетона с учетом природы вводимой пены: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 Санкт-Петербург, 2006. 49 с.
15. Ружинский С., Портик А., Савиных А. Все о пенобетоне. – СПб.: СтройБетон, 2006. 630 с.

КОМПОЗИТНАЯ ФИБРА. ЗНАКОМСТВО И ПЕРВИЧНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛА

**Нуртдинов М.Р.,
Бурьянов А.Ф., д-р техн. наук, доц.**
*Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет*

В области армирования бетонов интенсивно развивается применение стеклопластиковой арматуры[1-3]. О вопросах применения арматуры диаметров от 4мм написано множество статей и исследований. Гораздо менее изученной является композитная фибра. Материал получают методом пултрузии, технологией протяжки стеклянных нитей через фильеру, нагретую до определенной температуры, в ходе которой осуществляется полимеризация композита[4].

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики некоторых видов материалов, применяемых для дисперсного армирования бетонов:

Таблица 1 – Характеристики различных видов фибры

Волокно	Плотность, г/см ³	Модуль упругости, ГПа	Прочность на растяжение, МПа	Удлинение при разрыве, %
Стеклоянное	2,6	55	1800	1,5-3,5
ПАН	1,17	42309	500-600	26
Углеродное	2	200-250	2000-3500	1,0-1,6
Асбестовое	2,6	68-70	900-3100	0,6-0,7
Базальтовое	2,65	42681	1600-3200	1,4-3,6
Стальное	7,8	210	600-3150	3-4

Как видно из таблицы, модуль упругости стеклянного волокна, применяемого в данной фибре, позволяет отнести ее к высокомодульным.

Длина фибры составляет 40 мм, толщина 0,7-0,9 мм, геометрический фактор 50 единиц. Средняя плотность 1,54 гр/см³. На рисунках 1,2 представлен внешний вид исследуемого материала.

Общеизвестно, стекловолокно обладает низкой коррозионной стойкостью в щелочной среде, и нуждается в защите от агрессивного воздействия бетона[5]. Также волокно подвержено смятию и комкованию при перемешивании бетонной смеси, что сильно снижает эффект от введения фибры[6]. Данные недостатки решаются скреплением волокон полимерным композитом, который, во-первых, является защитным слоем для стекловолокна, во-вторых, придает ему жесткость для сохранения вытянутой формы при приготовлении бетонной смеси.



Рисунок 1 – Общий вид материала

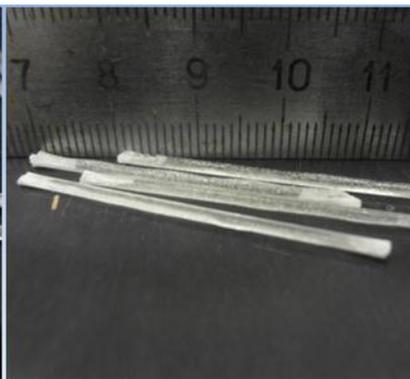


Рисунок 2 – Размер отдельных образцов

Работа фибры в бетоне зависит не только от характеристик материала, из которого она изготовлена, но и от силы её сцепления с бетонной матрицей, насколько хорошо она сможет передавать усилия в контактной зоне без проскальзываний. Негативный эффект наблюдается по причинам низкой адгезии полимера к бетонной матрице, а также уменьшенной площади контактной зоны из-за объединения волокон в единый массив при протягивании.

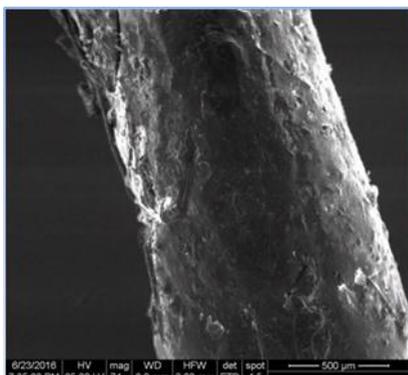


Рисунок 3 – Поверхность фибры в средней части образца

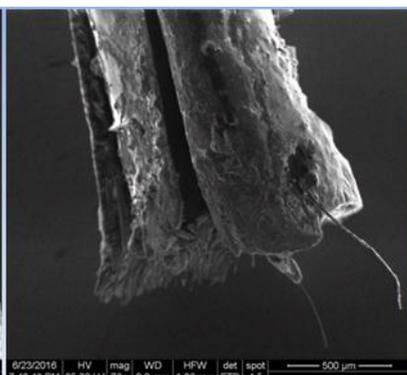


Рисунок 4 – Поверхность фибры в концевой части.

Исследована поверхность фибры под микроскопом, фотографии представлены на рисунках 3,4,5,6. На снимке 3 поверхность испытываемого материала гладкая, механическое зацепление при такой структуре фактически отсутствует. На 4 рисунке наблюдается пушение хвостовой части фибры. Вероятной причиной является механическая рубка фибры, так как из-за высокой хрупкости полимерная матрица разрушается на границе разрезания, вызывая разделение волокон возле режущей кромки при прохождении лезвия. На рисунках 5,6 подтверждается хорошее распределение связующего компонента, что обеспечивает более полную работу стекловолокна без проскальзываний отдельных нитей относительно друг друга.

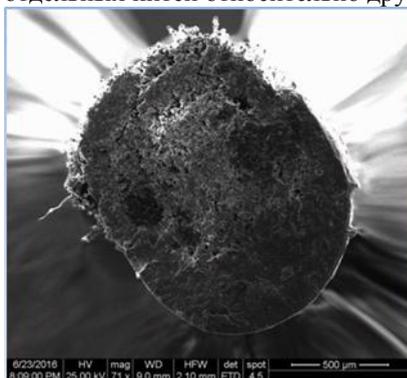


Рисунок 5 – Торцевая часть фибры

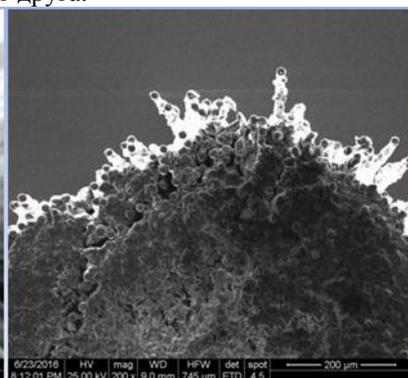


Рисунок 6 – Кромка фибры

Несмотря на все преимущества композитного материала, недостаточная прочность защитной оболочки может стать ограничением для достижения результатов, сравнимых по эффективности со стальной фиброй, разрушение полимерной матрицы мгновенно приводит к выкалыванию фибры из бетона[7]. Улучшение результатов возможно в перспективе применения фибры с геометрическим фактором 80-100 единиц, именно такие значения позволяют получить максимальный эффект[8]. Также стеклопластиковая фибра может применяться для повышения огнестойкости бетона как добавка[9-10], снижающая внутренние напряжения при высоких температурах. Оправдано применение в области торкрет-бетонов, введение фибры повышает толщину наносимого за один проход слоя, защищая бетон от сползания с обрабатываемых поверхностей[11], и, как дисперсная добавка, улучшает трещиностойкость конструкции.

Список литературы:

1. V. Dhand, G. Mittal, K.Y. Rhee, S.J. Park, D. Hui. A short review on basalt fiber reinforced polymer composites. *Compos Part B Eng*, 73 (2015), pp. 166–180
2. Hongyu Cui, Michael R. Kessler. Pultruded glass fiber/bio-based polymer: interface tailoring with silane coupling agent. *Compos. A Appl. Sci. Manuf.*, 65 (2014), pp. 83–90
3. Ильин Д.А., Ильина Т.А., Виговская А.В. Способы повышения эксплуатационных характеристик композитной полимерной арматуры.// Восемнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Строительство - формирование среды жизнедеятельности. Сборник трудов», 2015, с. 858-861.
4. Meyer RW. *Handbook of pultrusion technology*. London: Chapman and Hall; 1985. ISBN 0-412-00761-4.
5. M. Sayyar, P. Soroushian, M.M. Sadiq, A. Balachandra, J. Lu. Low-cost glass fiber composites with enhanced alkali resistance tailored towards concrete reinforcement. *Constr Build Mater*, 44 (2013), pp. 458–463
6. Bensaid Boulekbache, Mostefa Hamrat, Mohamed Chemrouk, Sofiane Amziane. Flowability of fibre-reinforced concrete and its effect on the mechanical properties of the material. *Construction and Building Materials* 24 (2010) 1664–1671.
7. Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф., Елсуфьева М.С. Особенности производства сталефибробетонных изделий и конструкций// *Строительные материалы*. 2014. № 3. С. 18-21.

8. Antoine E. Naaman. Engineered Steel Fibers with Optimal Properties for Reinforcement of Cement Composites. //Journal of Advanced Concrete Technology Vol.1, No 3, p. 241-252, November 2003
9. V. K. R. Kodur; Fu-Ping Cheng; Tien-Chih Wang; and M. A. Sultan. Effect of Strength and Fiber Reinforcement on Fire Resistance of High-Strength Concrete Columns. J. Struct. Eng. 2003.129, p. 253-259.
10. Luke A Bisby, Mark F Green and Venkatesh K R Kodur. Response to fire of concrete structures that incorporate FRP. Prog. Struct. Engng Mater. 2005; 7, p.136-149
11. Marc Jolin, J.-D. Lemay, N. Ginouse, B. Bissonnette, and É. Blouin-Dallaire, "The effect of spraying on fiber content and shotcrete properties" in "Shotcrete for Underground Support XII", Professor Ming Lu, Nanyang Technological University Dr. Oskar Sigl, Geoconsult Asia Singapore PTE Ltd. Dr. GuoJun Li, Singapore Metro Consulting. Eds, ECISymposiumSeries, (2015).

КИСЛОТОСТОЙКИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО ВЯЖУЩЕГО

**Осадчая М.С., инженер,
Череватова А.В., д-р техн. наук, проф.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Повышение энергоэффективности производства строительных материалов требует внедрения новых технологий получения вяжущих и строительных материалов на их основе.

Вовлечение в производство колоссальных по объемам алюмосиликатных отходов горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности для производства вяжущих представляется актуальной задачей строительной отрасли. В особой степени это относится к разработке атермальных технологий создания новых типов силикатных и алюмосиликатных вяжущих¹, что, является одним из наиболее перспективных направлений поисковых исследований современного строительного материаловедения.

Россия обладает уникальной сырьевой базой, масштабными ресурсами горных пород, различного агрегатного состояния, генетического типа, которые могут представлять ценность как однокомпонентное сырье для производства нового типа вяжущих.

В качестве исходного сырья для получения алюмосиликатного вяжущего рассматривается порода кислого состава в виде гранитного отсева.

Следует отметить, что до настоящего времени гранит в различных вяжущих композициях (в том числе и кислотостойких) использовался в качестве добавки-заполнителя и не играл какой-либо важной функциональной роли в процессе структурообразования и твердения данных систем.

Комплексом ранее проводимых исследований установлено, что при механохимической активации алюмосиликатного сырья в водной среде происходит формирование исходных реакционных компонентов для образования геополимерных вяжущих без внешней щелочной

¹ Под атермальным (низкотемпературным) синтезом неорганических вяжущих веществ, следует понимать технологии, в которых отсутствуют этапы направленного высокотемпературного преобразования отдельных, или всех, сырьевых компонентов.

активации [1–3]. Это возможно за счет содержания в системе нанодисперсного компонента и формирования в процессе помола золя, а затем и геля алюмосиликатной кислоты с последующим структурообразованием по полимеризационно-поликонденсационному механизму.

Целью данного исследования является создание принципиально нового высокоэффективного кислотостойкого материала на основе алюмосиликатного вяжущего с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

В данном случае алюмосиликатное вяжущее выступает в роли активного минерального компонента.

В ходе исследования планировалось решить следующие задачи:

– наиболее полно использовать эффект структурообразования в вяжущей системе за счет применения алюмосиликатного компонента с повышенной степенью реакционного взаимодействия;

– осуществить возможность механохимической активации алюмосиликатного компонента за счет высокоэнергетичного мокрого помола.

– получить высококачественные кислотостойкие материалы (бетоны, покрытия и др.) с направленно регулируемыми свойствами.

Для получения алюмосиликатного компонента была использована порода кислого состава в виде гранитного отсева Полтавского месторождения (Гереевский карьер, Украина). Так же применялась вода по ГОСТ 23732.

Минеральный состав гранита, согласно результатам количественного РФА представлен композицией (масс.%): кварц – 35,9; альбит – 51,9; анортит – 3,9; роговая обманка – 3,3 и биотит – 3,9.

Алюмосиликатный компонент получали методом одностадийного механохимического синтеза в водной среде. Синтез проводился в течение 12 часов, в 200-литровой лабораторной шаровой мельнице (тип: РМШ-200) с корундовой футеровкой.

В процессе помола осуществлялся поэтапный мониторинг основных технологических параметров (рН, температура, плотность, дисперсность), а так же характера изменения структурных характеристик и химико-минералогического состава исследуемой вяжущей системы. Величина удельной поверхности синтезируемого вяжущего изменялась от 1500 м²/кг (2 часа помола) до 7300 м²/кг (12 часов помола).

В результате было получен алюмосиликатный компонент – минеральное вяжущее, влажность которого составила 20,5%,

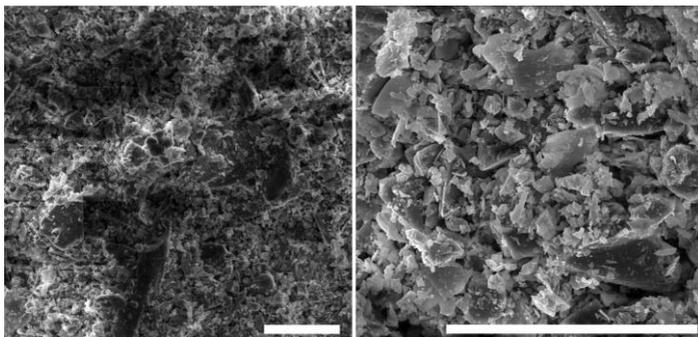


Рисунок 1 – Микроструктура образца затвердевшего гранитного вяжущего. Масштабный отрезок соответствует 20 микронам

относительная плотность: 2080 кг/м^3 , содержание частиц менее 5 мкм - 48% , удельная поверхность - $6700 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Основным ключевым критерием качественной оценки получаемого вяжущего является повышение содержания в исследуемой системе аморфизованной алюмосиликатной составляющей, которая, по результатам количественного РФА составила $25 \text{ масс.}\%$.

Процесс выщелачивания полевых шпатов из гранитного сырья, в ходе механохимической активации, может быть охарактеризован зависимостью величины pH от времени механоактивации.

Уменьшение величины pH на этапе после 20% времени активации может свидетельствовать о начале процесса полимеризации алюмосиликатного коллоидного компонента вяжущего.

Как правило, низкотемпературная полимеризация в системе $\text{MeO}-(\text{Al-Si})\text{O}_2$ приводит к образованию цеолитовых фаз. Следует отметить, что их фиксация является прямым доказательством геополимеризационных процессов.

Образцы затвердевшего вяжущего характеризуются плотной упаковкой аллотиморфных частиц сцементированных геополимерным материалом (рис. 1). Кроме того, при мокром помоле мельницы потребляют меньше электроэнергии, их производительность на $10\text{--}15 \%$ больше.

Далее кислотостойкий композиционный материал получали путем смешивания подготовленного алюмосиликатного компонента – заменителя микронаполнителя в закрытом гравитационном смесителе с инициатором твердения – кремнефтористым натрием.

При подготовке композиций использовали кремнефтористый натрий (гексафторсиликат натрия) по ТУ 113-08-587-86. Далее в уже

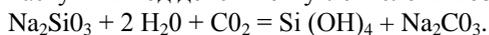
подготовленную композицию вводили щелочной компонент – жидкое стекло и осуществляли перемешивание.

При подготовке композиций использовали высокомодульное жидкое стекло по ГОСТ 13079-93 с силикатным модулем 2,6 - 3,0.

Полученный кислотостойкий композиционный материал может быть так же использован как базовый продукт для производства кислотостойких бетонов. Добавление в готовую композицию жидкого стекла или воды не допускается.

Твердение таких кислотостойких композиций протекает в результате сложных физико-химических процессов, при которых выделяется постепенно кристаллизующийся гель ортокремниевой кислоты, который цементирует частицы наполнителя.

Кислотостойкость кремнекислоты весьма высока. Гидролиз щелочного силиката с выделением геля кремневой кислоты может наступить под действием углекислоты воздуха:



Эта реакция протекает с малой скоростью, поскольку диффузия углекислоты вглубь стекла замедляется из-за образования на его поверхности плотной пленки. Наиболее эффективно действует добавка кремнефтористого натрия, рассматриваемого как ускоритель или «инициатор» твердения [4].

В вяжущем, содержащем Na_2SiF_6 , идет следующая реакция: $\text{Na}_2\text{SiF}_6 + 2\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 6\text{NaF} + 3\text{Si}(\text{OH})_4$.

Однако существует мнение, что вначале происходит гидролиз исходных компонентов, а затем лишь наступает взаимодействие продуктов гидролиза. Следует отметить, что натриевые или калиевые силикаты по своей химической природе как соли сильных оснований и слабых кислот должны обладать способностью к гидролитической диссоциации.

Гидролиз может наступить под действием многих кислот, вызывающих существенное понижение pH и выделение геля кремниевой кислоты. Установлено [4], что не связанное кремнефтористым натрием жидкое стекло легко выщелачивается водой и кислотами слабой концентрации. Поэтому рекомендуют по возможности применять стекло с модулем, близким к трем, и значительную по массе добавку кремнефтористого натрия к цементу.

Далее, в ходе проводимых экспериментальных исследований, из полученного алюмосиликатного кислотостойкого композиционного материала изготавливались лабораторные образцы. Непосредственно

после получения композицию заливали в открытые формы образцов-балочек размером 16×4×4 см.

Процесс твердения проходил в естественных условиях при температуре 22±2 °С в течение 3-х суток, после чего образцы были высушены до постоянной массы при температуре 65 °С, в течение суток.

Таблица 1 – Некоторые составы и основные физико-технические характеристики алюмосиликатного кислотостойкого вяжущего

№	Состав алюмосиликатного кислотостойкого вяжущего				Физико-технические характеристики	
	Алюмосиликатный компонент	Содержание алюмосиликатного компонента, %	Инициатор твердения (кремefтористый натрий), %	Щелочной компонент (жидкое стекло, силикатный модуль 3,0), %	Кислотостойкость в соляной кислоте, %	Предел прочности при сжатии, МПа
1	<u>Заменитель микронаполнителя¹</u>	71	4	-	94	40
2	<i>Тот же алюмосиликатный компонент</i>	71	4	25	96	42
3	<i>Тот же алюмосиликатный компонент</i>	67	6	-	92	38
4	<i>Тот же алюмосиликатный компонент</i>	67	6	27	92	36
5	<i>Тот же алюмосиликатный компонент</i>	62	8	-	94	42,2
6	<i>Тот же алюмосиликатный компонент</i>	62	8	30	95,5	43,5
7	<u>Промышленный аналог²</u>	71	4	-	90	25
8	<i>Тот же алюмосиликатный компонент</i>	71	4	25	93	27

1- *Заменитель микронаполнителя, полученный в результате мокрого помола гранитного отсева*: минеральное вяжущее.

2 - *Промышленный аналог (по ТУ 21 УССР 220-79)*, где в качестве микронаполнителя выступает тонкомолотый гранитный отсев с минеральными добавками и удельной поверхностью до 4000 м²/кг.

Проводились испытания лабораторных образцов на кислотостойкость и водостойкость. Определение прочностных характеристик – предела прочности при сжатии, проводились на гидравлическом прессе ПГМ 100. Результаты испытаний в сравнении с производственным аналогом представлены в таблице 1.

При введении алюмосиликатного компонента в виде минерального вяжущего вместо микронаполнителя, прочность по сравнению с аналогом увеличилась на 50 %. Результаты испытаний лабораторных образцов показали так же высокую водостойкость ($K_p = 0,99$) и высокие показатели кислотостойкости (см. таблицу 1.).

Таким образом, при использовании тонкомолотого алюмосиликатного компонента в виде минерального вяжущего, появляется возможность повысить эффективность производства кислотостойких материалов, путем оптимизации зернового состава исходной смеси, за счет регулирования содержания в системе определенного количества нанодисперсных частиц. За счет повышения степени дисперсности (в 1,5 раза) вяжущих компонентов, достигаемой мокрым измельчением, более высокой степени аморфизации и механической активации частиц, вполне реально существенно повысить физико-механические и эксплуатационные характеристики материала.

**Работа выполнена в рамках служебного задания по з/б теме № А-27/15 Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы (№ 2011-ПР-146. Мероприятие 2).*

Список литературы:

1. Череватова А.В., Жерновский И.В., Строкова В.В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Dudweiler Landstr. 99, 661123 Saarbücken, Germany, 2011. 170 с., ISBN: 978-3-8454-4041-5.
2. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В. Алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья //Строительные материалы. № 1-2, 2014. С.53-56.
3. Череватова А.В., Кожухова Н.И., Осадчая М.С., Жерновский И.В. Особенности реотехнологических свойств наноструктурированного алюмосиликатного вяжущего в присутствии комплексных

- модификаторов различной природы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 9. С. 36–39.
4. Субботкин М. И. Курицина Ю.С. Кислотоупорные бетоны и растворы. М., 1967.

СОКРАЩЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ УСАДКИ В ЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛАХ НА РАННЕЙ СТАДИИ ТВЕРДЕНИЯ

**Попов Д.Ю., аспирант,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*
Мещерин В.С., д-р техн. наук, проф.
Технический университет Дрездена, Германия

В раннем возрасте, когда цементное тесто еще пластично и не обладает основными физико-механическими свойствами, испарение свободной несвязанной воды с поверхности бетона и пластическая усадка - являются двумя основными движущими силами трещинообразования [1-3]. Пластическая усадка является следствием быстрой потери воды с поверхности бетона, приводящей к образованию отрицательного капиллярного давления в микропорах, что вызывает сжатие смеси, которое, в свою очередь, может привести к образованию трещин [4].

Наиболее сильно склонны к образованию трещин крупногабаритные конструкции с большой площадью открытой поверхности, например, плиты перекрытия, полы (рис. 1) и изделия, имеющие неоднородное поперечное сечение (перепады в толщине) [5].



Рисунок 1 – Образовавшиеся трещины на поверхности бетонного пола в первые 4 часа поле заливки [5]

Во многих источниках литературы [6] пластическая усадка бетона объясняется с точки зрения процесса испарения влаги и действием капиллярного давления. Малининой Л.А. [7] была измерена величина капиллярного давления и установлена кинетика процесса усадки. Пластическая усадка в бетоне и цементном тесте при наличии внешнего

массообмена со средой быстро растет в первые сутки твердения. В дальнейшем отрицательное капиллярное давление продолжает расти, но интенсивность роста резко замедляется. На формирование капиллярно-пористой структуры цементных материалов оказывают влияние процессы внешнего массообмена, интенсивность протекания которых зависит от температуры, относительной влажности окружающей среды и скорость ветра. Так, высокая скорость испарения влаги с поверхности бетона приводит к резкому понижению капиллярного давления микропористой структуры, неравномерной влажности слоев бетона и влечет за собой интенсивное трещинообразование и, как следствие, значительное снижение физико-механических показателей бетона.

Процесс внешнего массообмена не всегда может быть контролируемым, а внешний уход, за поверхностью бетона, не всегда возможным [8]. Поэтому, чтобы заведомо не подвергать цементные изделия влиянию пластических деформаций в первые часы после формовки и предотвратить процессы трещинообразования на ранней стадии твердения, необходимо обеспечить внутренний уход за бетоном. Это возможно используя водоудерживающие добавки природного и искусственного происхождения. Так в качестве средства за внутренним уходом бетона были использованы суперабсорбирующие полимеры SAP (superabsorbent polymers).

Суперабсорбирующие полимеры SAP являются наиболее эффективным средством борьбы с трещинообразованием в высокопрочных бетонах, вызванным аутогенной усадкой, обеспечивают внутренний уход путем введения равномерно распределенных по всему объему бетона микровключений, содержащих свободную воду [9].

Впервые полимеры SAP были применены для внутреннего ухода в 2006 г. при возведении павильона FIFA к чемпионату мира в Кайзерслаутерне. Сооружение представляет собой филигранную конструкцию из самоуплотняющегося армированного фиброй бетона с прочностью на сжатие цилиндра 145 МПа [10]. Внутренний уход позволил значительно сократить аутогенную усадку, не оказав при этом негативного воздействия на удобоукладываемость бетона (осадка конуса — 780 мм), а также его прочность на сжатие и на изгиб.

Только в 2007 году специальным техническим комитетом был подготовлен отчет, суммирующий имеющиеся знания в этой области и обеспечивающий прочную основу для дальнейших исследований. До 2007 года основными областями применения суперабсорбирующего полимера являлись сферы здравоохранения и гигиены.

В настоящее время общепотребительные SAP в большинстве случаев представляют собой ковалентные полиэлектролиты с поперечными связями. В насыщенном ионами растворе, находящемся в порах цементного камня, SAP могут адсорбировать такое количество воды, которое приблизительно в двадцать раз превышает их вес. SAP добавляют в бетон в порошкообразной форме, и они поглощают воду в процессе приготовления бетонной смеси, образуя, таким образом, микроскопические водяные поры. Размер и распределение микроскопических водяных пор можно целенаправленно откорректировать, выбирая размер частиц и водопоглощающую способность частиц.

Для установления эффективности использования добавок SAP в борьбе с пластической усадкой, было исследовано влияние двух суперабсорбирующих добавок различной дисперсности (SAP-I представляет собой добавку ВЗ дисперсностью менее 200 мкм и от 200 до 500 мкм и SAP-II представляет собой добавку FLOSET 129XB4N дисперсностью менее 200 мкм и от 200 до 500 мкм) на цементный камень в климатической камере при различных режимах работы. Первый режим: $T=20$ °С, $\omega=65$ %, $v_{\text{ветр.}}=4$ м/с, второй составляет: $T=35$ °С, $\omega=40$ %, $v_{\text{ветр.}}=5,5$ м/с.

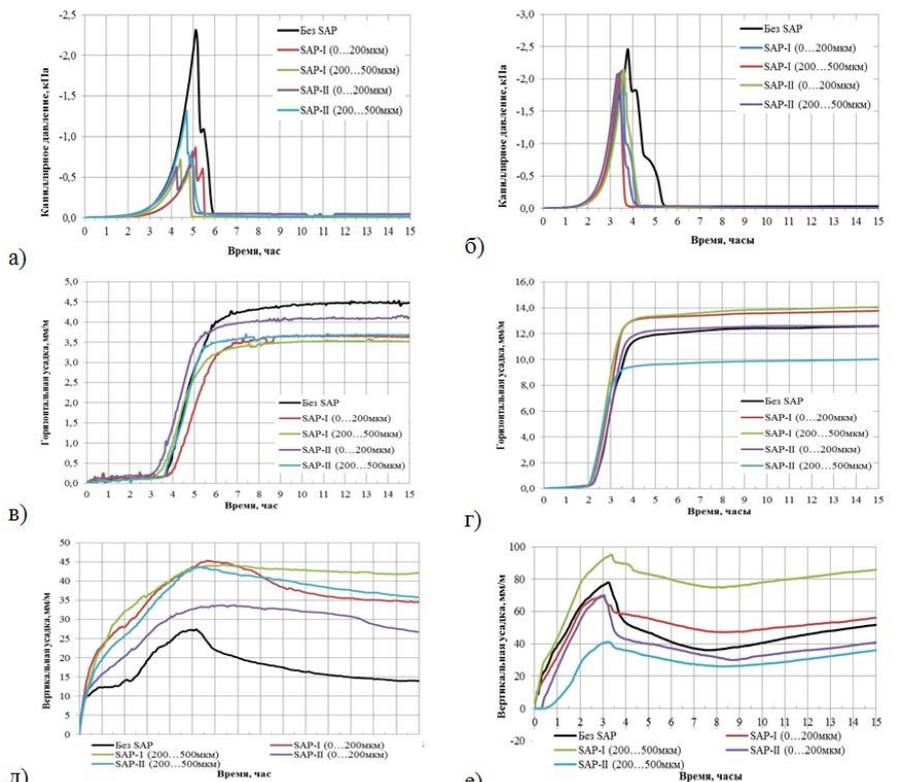
Основной причиной пластической усадки бетона в первые часы твердения является образование низкого капиллярного давления в микропорах бетона. Чем давление ниже, тем выше риск образования трещин приводящих к понижению физико-механических характеристик и разрушению бетона.

Во время эксперимента, все образцы, имеющие в своем составе суперабсорбирующие полимеры SAP, показали отклонение капиллярного давления от контрольных бездобавочных образцов в сторону повышения. Наибольшее изменение наблюдалось в образцах, испытываемых в климатическом режиме №1, имитирующем климат средней полосы России (рис.4, а). Так, добавка SAP-II(200...500мкм) имеет повышение капиллярного давления на 44%, добавки SAP-I(0...200мкм) и SAP-II(0...200мкм) имеют практически равное повышение на 65% от контрольного, а добавка SAP-I(200...500мкм) на 70%.

Также все добавки показали значительное уменьшение горизонтальной усадки в сравнении с контрольным образцом (рис. 4, в). Добавка SAP-II(0...200мкм) уменьшает горизонтальную усадку на 7%,

добавки SAP-I(0...200мкм) и SAP-II(200...500мкм) примерно на 18% и добавка SAP-I(200...500мкм) снижает на 22%.

Однако при этом, все испытываемые добавки показали значительное увеличение вертикальной усадки в сравнении с бездобавочным образцом (рис. 4, д). Добавки SAP-I(0...200мкм), SAP-I(200...500мкм) и SAP-II(200...500мкм) увеличивают вертикальную усадку примерно на 64-67%, а добавка SAP-I(0...200мкм) увеличивает на 26%.



Режим 1 ($T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\omega=65\%$, $v_{\text{ветр.}}=4\text{ м/с}$)

Режим 2 ($T=35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\omega=40\%$, $v_{\text{ветр.}}=5,5\text{ м/с}$)

Рисунок 4 – Графики проведенных испытаний цементного камня:

Климатический режим №1: а) капиллярное давление в микропорах, в) горизонтальная усадка, д) вертикальная усадка;
 Климатический режим №2: б) капиллярное давление в микропорах, г) горизонтальная усадка, д) вертикальная усадка.

Значения графиков климатического режима №2 имеют иной характер. Капиллярное давление образцов содержащие все виды добавок SAP имеют незначительные отклонения в сторону повышения и составляют 17-19% от контрольного образца (рис. 4, б).

Добавки SAP-I(0...200мкм) и SAP-I(200...500мкм) приводят к увеличению горизонтальной усадки образцов цементного камня на 12%, добавка SAP-II(0...200мкм) практически не влияет на горизонтальные деформации образца и только лишь добавка SAP-II(200...500мкм) снижает горизонтальную усадку цементного камня на 20% (рис. 4, г).

Характер поведения добавок, при изучении графика вертикальной усадки, также различен (рис. 4, е). Добавка SAP-I(200...500мкм) приводит к увеличению вертикальной усадки цементного камня на 22%, величины вертикальных усадок для добавок SAP-I(0...200мкм) и SAP-II(0...200мкм) равны и являются на 10% ниже значения контрольного образца. Добавка SAP-II(200...500мкм) приводит к снижению вертикальной усадки на 48%.

Как видно из графиков образцов испытываемых в одних климатических режимах, резкие изменения показателей горизонтальной и вертикальной усадок происходят в одно время со скачками капиллярного давления. Так, при испытании в режиме 1, резкие скачки капиллярного давления и изменения усадок в образцах, происходят в интервале времени 4 ч 15 мин и 5 ч 10 мин. При испытании в режиме 2, скачки капиллярного давления и изменения усадок наблюдаются в интервале времени 3 ч 20 мин и 3 ч 45 мин. Это говорит о том, что в условиях подверженных сильному испарению влаги с поверхности бетона, пластическая усадка развивается интенсивнее, что, в свою очередь, подвергает риску образования трещин.

В результате проведённых исследований было установлено, что образовавшееся отрицательное капиллярное давление производит всестороннее сжатие, вызывая значительную усадку свежееотформованного бетона. Среди предложенных суперабсорбирующих добавок, FLOSET 129XB4N дисперсностью менее 200мкм в климатическом режиме 1 показала наилучший результат. В более сухом климатическом режиме наилучшими показателями обладает та же добавка FLOSET 129XB4N, но дисперсностью 200-500мкм.

Полученные данные свидетельствуют о том, что добавки SAP обладающие высокой абсорбирующей способностью и играющие роль накопителей, применяемые в борьбе с аутогенной усадкой бетона,

также эффективны в борьбе с пластической усадкой бетона на ранней стадии твердения.

Таким образом, установлено, что на стадии изучения влияния добавки SAP на цементный камень выявлена положительная тенденция сокращения пластической усадки, что предопределяет снижение рисков трещинообразований при создании цементных материалов.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267-271.
2. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Влияние составов материалов на формирование структуры строительных композитов // *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*. 2015. № 4. С. 69–79.
3. Попов Д.Ю., Лесовик В.С., Мещерин В.С. Химическая усадка цементного камня на ранней стадии твердения // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2016. №8. С. 6-12.
4. Tazawa E.I., Miyazawa S., Kasai T. Chemical shrinkage and autogenous shrinkage of hydrating cement paste // *Cement and Concrete Research* 1995. №25 (2). P. 288–292.
5. Slowik V., Schmidt M., Fritzsche R. Capillary pressure in fresh cement-based materials and identification of the air entry value // *Cement and Concrete Composites*. 2008. № 30. P. 557–565.
6. Lerch W., Plastic shrinkage. *ACI J. Proc.* ACI. 1957. № 53. P. 797–802.
7. Каримов И. Усадка цементного камня и бетона при высыхании (литературный обзор) [Электронный ресурс]. И. Каримов. Уфа, 2006. С. 15 – Режим доступа: <http://dh.ufanet.ru/Articleshrinkage.html>.
8. Lesovik V. S. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works / V. S. Lesovik, I. L. Chulkova, L. Kh. Zagordnyuk, A. A., Volodchenko, and Popov D. Y. // *Research Journal of Applied Sciences*, 2014. №9.P. 1100-1105.
9. Schröfl C., Mechtcherine V., Gorges M. Relation between the molecular structure and the efficiency of superabsorbent polymers (SAP) as concrete admixture to mitigate autogenous shrinkage // *Cement and Concrete Research*. 2012. № 42. P. 865–873.
10. Mechtcherine V., Dudziak L., Schulze J., Stahr H.: Internal curing by Super Absorbent Polymers — Effects on material properties of self-compacting fibre-reinforced high performance concrete. International RILEM Conference on Volume Changes of Hardening Concrete: Testing and Mitigation, O. M. Jensen et al. (eds.), RILEM Proceedings PRO 52, RILEM Publications S.A.R.L. 2006. P. 87–96.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ СУЛЬФАТОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭТТРИНГИТА ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Рахимбаев Ш.М., д-р техн. наук, проф.,

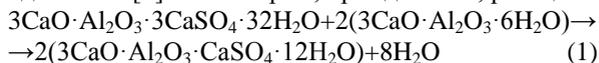
Половнева А.В., аспирант,

Рахимбаев И.Ш., канд. техн. наук

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

Фазовые превращения в системе $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ влияют на процессы структурообразования в цементных системах и конечные физико-механические показатели строительных изделий и конструкций. Не учет этого иногда может приводить к резкому ухудшению показателей, особенно при тепловой обработке, вплоть до растрескивания изделий. Экспериментальные исследования этой системы приводились многими отечественными и зарубежными авторами, их результаты отражены в ряде монографий [1-4], а также в диссертации [5]. Однако данные различных авторов о температуре устойчивости этtringита ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) и моносульфата ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) недостаточно однозначны. Так например одни авторы утверждают, что этtringит устойчив до $70-80^\circ\text{C}$ [4], а другие что он может существовать при более высоких температурах [5]. Причины этих разногласий не установлены. Наиболее крупные расчеты этой системы были представлены в работе [2], установлено, что при температуре до $343-363\text{ K}$ этtringит устойчив, выше этой температуры становятся устойчивыми формы моносульфата. Указано, что результаты этих расчетов подтверждаются экспериментальными данными [6]. Данный интервал температур слишком широк и требует уточнения, к тому же в приведенных работах не рассматривается влияние сульфатов на температуру устойчивости этtringита и моносульфата.

Наши расчеты были выполнены с использованием данных приведенных в [2]. Рассмотрим, прежде всего, реакцию:



$$\Delta H_p = 17,72 \text{ ккал};$$

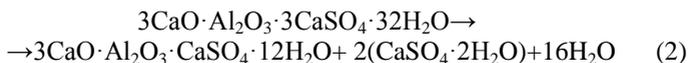
$$\Delta G_{298}^\circ = -0,14 \text{ ккал};$$

$$\Delta a = 58,75;$$

$$\Delta b = -0,119;$$

$$\begin{aligned} \Delta c &= 21,36 \cdot 10^5; \\ \Delta H_0 &= \Delta H_p + \Delta a \cdot T + 0,5 \cdot \Delta b \cdot T^2 + \Delta c \cdot T^{-1}; \\ \Delta H_0 &= 12664,12 \text{ кал}; \\ \Delta G_{298}^\circ &= \Delta H_0 + \Delta a \cdot T \cdot \ln T + 0,5 \cdot \Delta b \cdot T^2 + 0,5 \cdot \Delta c \cdot T^{-1} + 298 \cdot x; \\ x &= 302,46; \\ \Delta G_{313}^\circ &= -143,95 \text{ кал}; \\ \Delta G_{333}^\circ &= -6,32 \text{ кал}; \\ \Delta G_{353}^\circ &= 356,112 \text{ кал}. \end{aligned}$$

величины ΔG_T° в диапазоне температур от 313–353 °К равняются: $\Delta G_{298}^\circ = -0,14$ кал; $\Delta G_{313}^\circ = -143,95$ кал; $\Delta G_{333}^\circ = -6,322$ кал. Из этих данных следует, что при температуре 298 °К существует равновесие между этtringитом и моносulfатом, т.е. они присутствуют в системе примерно в равных количествах. При более высокой температуре реакция смещается в сторону образования дополнительного количества моносulfата. При снижении температуры она смещается в обратную сторону. Расчеты показывают, что если в системе присутствует избыточное количество гипса, то «термостойкость» этtringита повышается:



$$\begin{aligned} \Delta H_p &= 45,3 \text{ ккал}; \\ \Delta G_{298}^\circ &= -8,8 \text{ ккал}; \\ \Delta a &= 76,268; \\ \Delta b &= -69,96 \cdot 10^{-3}; \\ \Delta c &= 43,04 \cdot 10^5; \\ \Delta H_0 &= \Delta H_p + \Delta a \cdot T + 0,5 \cdot \Delta b \cdot T^2 + \Delta c \cdot T^{-1}; \\ \Delta H_0 &= 33869,815 \text{ кал}; \\ \Delta G_{298}^\circ &= \Delta H_0 + \Delta a \cdot T \cdot \ln T + 0,5 \cdot \Delta b \cdot T^2 + 0,5 \cdot \Delta c \cdot T^{-1} + 298 \cdot x; \\ x &= 363,996; \\ \Delta G_{313}^\circ &= 7195,772 \text{ кал}; \\ \Delta G_{353}^\circ &= 2631,479 \text{ кал}; \\ \Delta G_{373}^\circ &= 325,671 \text{ кал}. \\ \Delta G_{383}^\circ &= -952,245 \text{ кал}. \end{aligned}$$

Таким образом, расчеты показывают, что температура устойчивости этtringита зависит от состава системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaSO}_4-\text{H}_2\text{O}$.

Как следует из принципа Ле-Шателье на направление реакции оказывает влияние содержание сульфатов в системе, увеличение содержания гипса смещает реакцию влево, т.е. в сторону образования этtringита, а дефицит гипса оказывает обратное действие.

Термодинамические расчеты показали, что избыток гипса повышает температуру устойчивости этtringита до 80 °С и более.

Для верификации термодинамического расчета нами проведен рентгенофазовый анализ образцов, твердевших в камере ТВО при 40 °С и 80 °С и в нормальных условиях. Они были исследованы после 1 и 7 сут. твердения и 1 года (в нормальных условиях). На рисунках 1-5 представлены рентгенограммы цементного камня, твердевшего в камере ТВО при 40 и 80 °С.

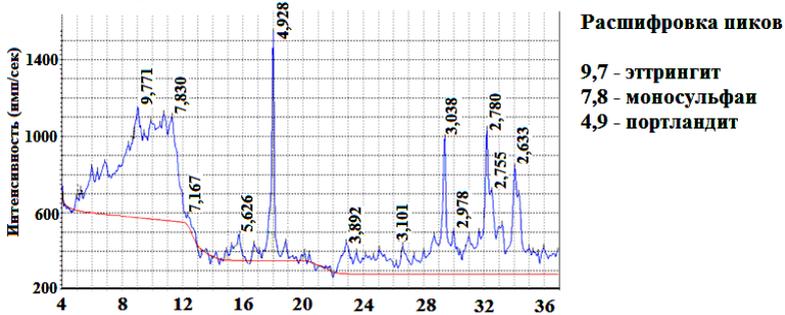


Рисунок 1 – Рентгенограмма цементного камня на белгородском цементе после ТВО при 40 °С через 1 сутки

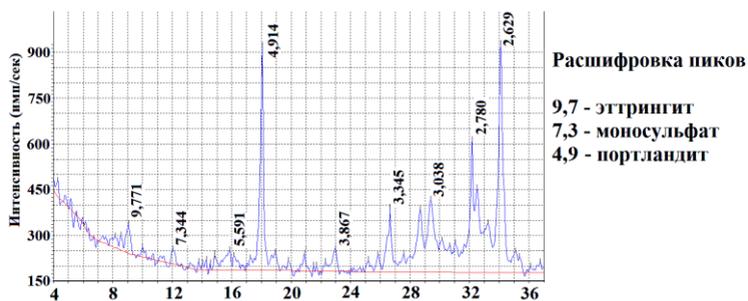


Рисунок 2 – Рентгенограмма цементного камня на белгородском цементе после ТВО при 40 °С через 1 год

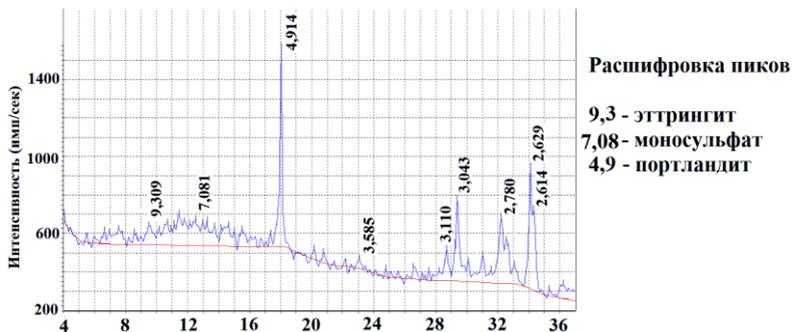


Рисунок 3 – Рентгенограмма цементного камня на белгородском цементе после ТВО при 80 °С через 1 сутки

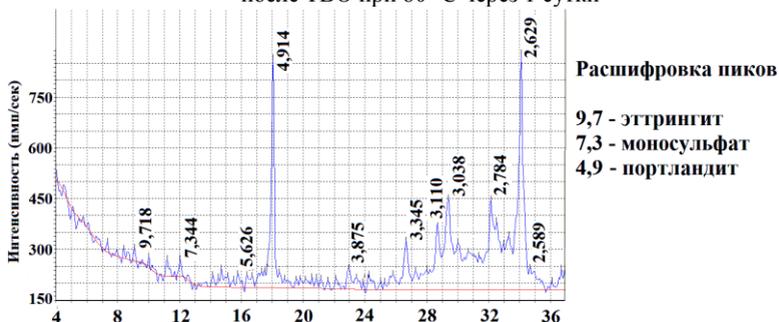


Рисунок 4 . Рентгенограмма цементного камня на белгородском цементе после ТВО при 80 °С через 1 год.

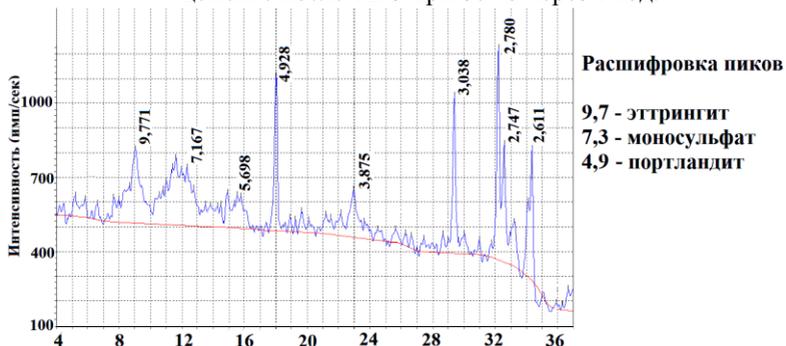


Рисунок 5 – Рентгенограмма цементного камня на белгородском цементе, твердевшего в нормальных условиях, через 1 сутки

Первичным продуктом кристаллизации при комнатной температуре в системе $C_3A-CaSO_4-H_2O$ независимо от содержания сульфатов, всегда является этtringит (9,7 Å), но с течением времени, взаимодействуя с избытками оставшегося C_3A , этtringит превращается в моносульфат (7,6 Å).

При нормальных условиях через сутки в образцах содержится много смеси этtringита и моносульфата, а через 7 суток количество моносульфата возрастает, при этом пик этtringита уменьшился примерно в 3 раза.

При пропарке с температурой изотермической выдержки 40 °С везде присутствует этtringит и моносульфат. Причем и сразу после пропарки, и через сутки, и через год пики мало меняются.

При 80 °С этtringит разлагается. Сразу через сутки пика нет, а через 7 сут и через год он появляется, т.к. кристаллизуется вторичный этtringит – продукт разложения первичного этtringита, когда моносульфат повторно реагирует со свободным гипсом.

Возможной причиной слабого роста прочности бетона после ТВО при 80 °С является кристаллизация вторичного этtringита. При 40 °С этtringит и моносульфат не претерпевают серьезных изменений.

Резюмируя изложенное можно отметить следующее:

При пропарке бетонных и железобетонных изделий с температурой изотермической выдержки 80-95 °С, что практикуется на большинстве заводов РФ, этtringит, который является первичным продуктом в этой системе – разлагается, а при последующем охлаждении и твердении в нормальных условиях может кристаллизоваться вторичный этtringит, что является причиной снижения прочности изделий. При низкотемпературной пропарке при 40 °С этtringит устойчив, и не претерпевает изменений, что положительно влияет на кинетику твердения изделий в этих условиях.

Список литературы:

1. Бутт Ю.М. Твердение вяжущих при повышенных температурах / Бутт Ю.М., Рашкович Л.Н. – М.: Стройиздат, 1965. – 225 с.
2. Бабушкин В. И. Термодинамика силикатов./ Бабушкин В. И. Матвеев Г. М., Мчедалов-Петросян О. П. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. 129 с.
3. Тейлор Х. Ф. Химия цемента / Х.Ф. Тейлор. – М.: Мир, 1996. 560 с.
4. Ли Ф.М. Химия цемента и бетона / Перевод с английского: Левман Б.С. / М.: Госстройиздат, 1961. 647 с.

5. Самченко С.В. Структурообразование при твердении сульфатированных цементов / автореф. дисс. д.т.н., Изд. центр РХТУ им. Менделеева. 2005. 37 с.
6. Ларионова З.М. Фазовый состав микроструктуры и прочность цементного камня и бетона / З.М. Ларионова, Л.В. Никитина, В.Р. Горшин. М.: Стройиздат, 1977. 234 с.
7. Рахимбаев Ш.М., Сердюкова А.А. О механизме действия ускорителей схватывания и твердения цементной матрицы бетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 26-28.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С БИОЦИДНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

**Рыкунова М.Д., магистрант,
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.,**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Повышение долговечности строительных материалов является весьма актуальным направлением в области мировой строительной индустрии. На сегодняшний день около 50 % от общего объема регистрируемых повреждений связаны с процессами биокоррозии [1–3], именно поэтому биологическая коррозия становится определяющим фактором долговечности и надежности зданий и сооружений.

Наиболее рентабельным и технологичным способом противодействия биодеструкции строительных материалов – это применение химических добавок, направленных на подавление жизнедеятельности патогенных микроорганизмов (биоцидов). Их введение в состав смеси на начальных стадиях проектирования материалов позволяет придать тому или иному композиту «иммунитет» от агентов биокоррозии или другими словами обеспечить его определенной биостойкостью.

Проблемам биокоррозии и ее влияния на эксплуатационные свойства композитов [4–8], а также разработке композитов, неуязвимых по отношению к различным микроорганизмам [9–12] в настоящее время посвящено большое количество работ.

Тем не менее, контроль физико-механических свойств строительных материалов не позволяет в полной мере оценить влияние биоцидов различного состава на процессы, протекающие в системе «вяжущее–биоцид–вода». Целью настоящей работы является изучение влияния биоцидных препаратов на морфо-структурные особенности цементного камня с их применением при помощи растровой электронной микроскопии.

Для оценки степени влияния биоцидных компонентов на структурообразование цемента, были изучены образцы различного состава: контрольный состав чистого цемента (1) и модифицированного цементного камня, путем выборки составов, прочностные показатели которых не уступали контрольному (составы 2–5) (табл. 1). В качестве биоцидов в данной работе использовались препараты сходного действия

с разными химическими основами: Диновис – глиоксаль, Биопласт – полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, ЧАС. Концентрация

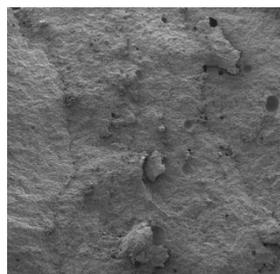
Таблица 1 – Матрица составов

№ п/п	Название
1	Цементный раствор
2	Цементный раствор + «Диновис»
3	Цементный раствор + «Диновис»
4	Цементный раствор + «Биопласт»
5	Цементный раствор + «Биопласт»

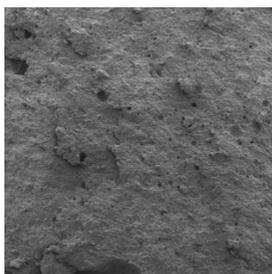
биоцидных добавок подбиралась с учетом рекомендаций производителей. В роли структурообразующего компонента выступал цементный раствор на основе цемента ЦЕМ I 42,5 Н производства ЗАО

«Белгородский цемент» согласно ГОСТ 31108–2003. Все образцы формовались с нормальной густотой и твердели в течение 28 суток, после чего сколы образцов были отправлены на анализ.

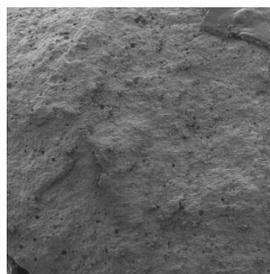
Анализ макропористости цементного камня (рис. 1) свидетельствует о схожести структуры образцов, независимо от состава.



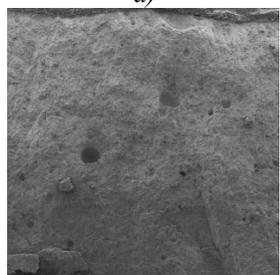
а)



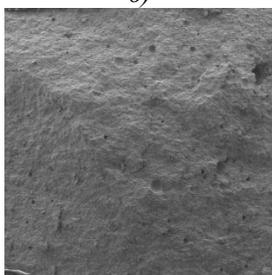
б)



в)



г)

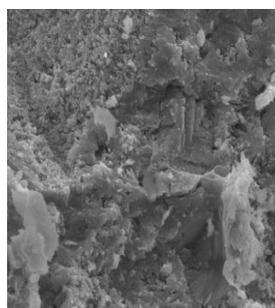


д)

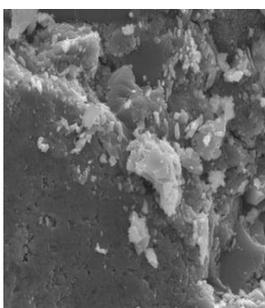
Рисунок 1 –
Микроструктура
цементного камня:
а – контрольный состав;
б – состав №2; *в* –
состав № 3;
г – состав № 4;
д – состав № 5.

Во всех образцах наблюдается изометрическая морфология пор,

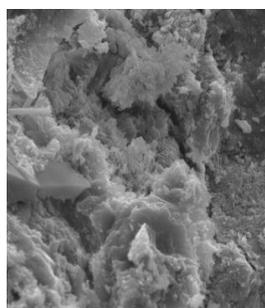
формирующихся при твердении и удалении излишек воды. Минимальное количество микротрещин свидетельствует о монолитности цементного камня и высоких прочностных характеристиках. Следует отметить, что в образцах модифицированного цементного происходит улучшение капиллярно-пористой структуры (размер пор 350–450 мкм) по сравнению цементного камня без добавок (700–800 мкм). При этом образцы цементного камня с Диновисом (рис. 1, б, в) отличаются более плотной и однородной мелкопористой структурой по сравнению с образцами, содержащих Биопласт (рис. 1, г, д). Такой результат достигается за счет особого взаимодействия добавки Диновис с цементом, которая в свою очередь выступает в роли своеобразного «диспергатора» макропор за счет вспенивающегося эффекта, что положительным образом скажется на усадочных напряжениях.



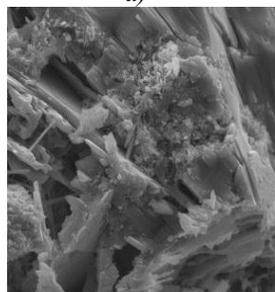
а)



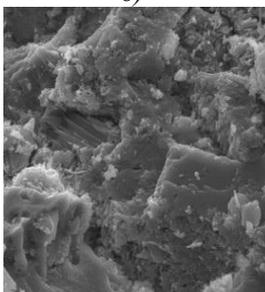
б)



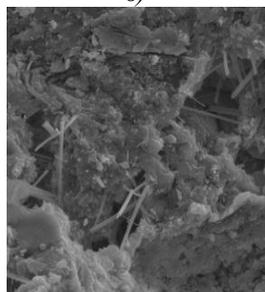
в)



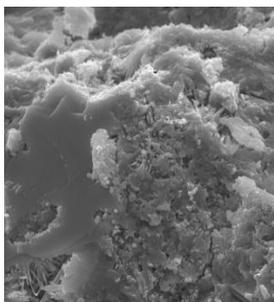
г)



д)

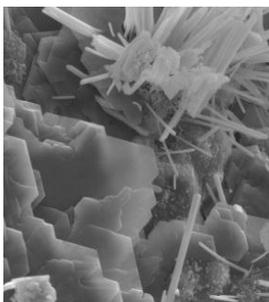


е)



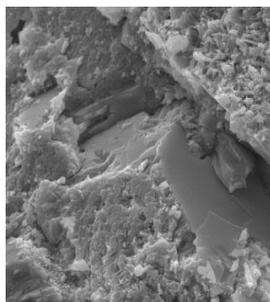
View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 8.99 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

ж)



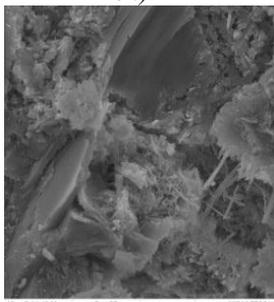
View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 8.89 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

з)



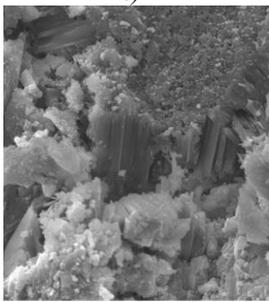
View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 9.01 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

и)



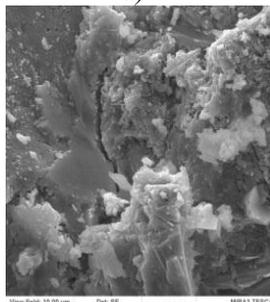
View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 9.01 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

к)



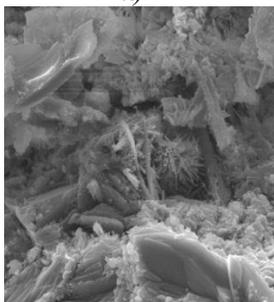
View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 9.23 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

л)



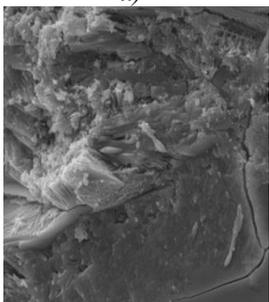
View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 9.27 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

м)



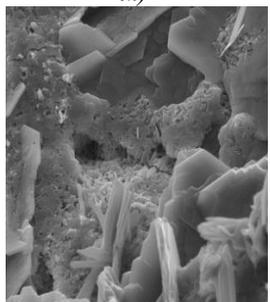
View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 9.02 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

н)



View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 9.48 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

о)



View field: 10.00 µm Det: SE MIRA3 TESCAN
SEM HV: 7.0 kV SM: RESOLUTION: 2 µm
BI: 8.00 WD: 9.92 mm BFTY inv. B.F. Шыгон

п)

Рисунок 2 – Морфология новообразований при твердении образцов в течение 28 суток:
а-в – контрольный состав; г-е – состав № 2; ж-и – состав № 3;
к-м – состав № 4; н-п – состав № 5

Общая масса новообразований представлена сростками хлопьеобразных частиц неправильной формы, в межчастичных пространствах которых растут столбчатые и игольчатые кристаллы (рис. 2, а–в). Формирование микротрещин в образцах, вероятно, связано с большей пластичностью и высоким содержанием капиллярной воды (рис. 2, г, м, о). В разуплотненных участках модифицированного цементного камня во всех составах видны сформированные новообразования нитевидной структуры (рис. 2, е, з, к, н). Кристаллические образования отличаются четко выраженным столбчатым габитусом с длиной кристаллов около 2,5 мкм, шириной до 0,5 мкм. При этом основная масса кристаллов представлена более мелкими кристаллами преимущественно пластинчатой структуры толщиной до 0,2 мкм (рис. 2, з, п).

Как известно, формирование игольчатой структуры способствуют быстрому набору заданной прочности цементного камня, а также повышает его однородность. Таким образом, присутствие биоцидных компонентов в системах способствует некоторой интенсификации структурообразования цементного камня и приводит к уплотнению структуры затвердевшей системы, что в целом обуславливает оптимизацию макро- и микроструктуры цементного камня. При этом полученные данные подтверждают возможность получения композитов с пролонгированными биостойкими свойствами, обеспечивающими долгий срок эксплуатации в агрессивной среде.

Работы выполнены в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Василенко М.И., Заика Ю.И. Сравнительная оценка видового разнообразия микроскопических грибов в атмосфере различных функциональных зон г. Белгорода // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2011. № 3 (98). С. 42–48.
2. Василенко М.И., Гончарова Е.Н. Микробиологические особенности процесса повреждения бетонных поверхностей. Белгород. 2013. №4, С. 886–891.
3. Огрель Л.Ю., Павленко В.И., Глущенко В.И., Прудникова Т.И. Повреждения строительных материалов плесневыми грибами // Экология и промышленность. 2000. №4. С. 39–40.
4. Строганов В.Ф., Сагадеев Е.В., Потапова Л.И., Куколева Д.А. Комплексное исследование процессов биоповреждения минеральных строительных материалов // Известия КГАСУ. 2011. № 4 (18). С. 274–281.

5. Строганов В.Ф., Куколева Д.А., Вахитов Б.Р. Оценка биостойкости строительных материалов в биологически-активных средах // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 202–207.
6. Огрель Л.Ю., Кичигин Е.В., Грабазей А.В., Сыромятников А.В. Биокоррозия сельскохозяйственных строительных конструкций и их антикоррозийная обработка модифицированными реактопластами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2006. № 14. С. 75–82.
7. Баженова М.Е., Ерофеев В.Т., Борышев А.Н. Исследование стойкости полимерных и металлополимерных трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5-2 (38). С. 415–421.
8. Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Казначеев С.В., Смирнов В.Ф. Влияние эксплуатационной среды на биостойкость строительных композитов // Инженерно-строительный журнал. № 7. 2012. С23–98.
9. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Сураева Е.Н., Богатов А.Д., Казначеев С.В. Биоцидный портландцемент // Строительные материалы и технологии. №1 (63). 2016. С. 83–90.
10. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Казначеев С.В., Богатов А.Д., Лазарев А.В. Стойкость эпоксидных композитов в условиях воздействия модельной бактериальной среды // Вестник ВРО РААСН. № 17. 2014. С. 227–238
11. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Завалишин Е.В., Кретова В.М., Лазарев В.Ю. Биостойкость шлакощелочных вяжущих, затворенных жидким стеклом // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 3 (48). С. 183–186.
12. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Богатова С.Н., Богатов А.Д., Казначеев С.В. Биостойкие строительные композиты на основе отходов стекла // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и арх. 2009. № 16 (35). С. 122–126.

ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА С РЕАКЦИОННО-АКТИВНЫМ МИНЕРАЛЬНЫМ КОМПОНЕНТОМ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ

Саламанова М.Ш., канд. техн. наук, доц.,

Бисултанов Р.Г., инженер,

Муртазаева Т.С.-А., инженер

*Грозненский нефтяной технический университет имени
акад.М.Д. Миллионщикова*

Опыт высотного строительства в Чеченской Республике также имеет небольшой срок и представлен комплексом высотных зданий "Грозный Сити". Но на этом масштабное строительство уникальных и высотных комплексов не остановилось и в настоящее время начаты работы по возведению башни «Ахмат тауэр» высотой более 400 метров (рис. 1).

С конца 2015 года ведутся работы по устройству буронабивных свай с одновременной разработкой котлована под основание высотной башни. В соответствии с проектом, на устройство основания требуются 216 буронабивных свай диаметром 1,5 м и глубиной 65 м, которые будут нести нагрузку от сплошного плитного ростверка.

Устройство конструктивных элементов многофункционального высотного здания «Ахмат тауэр» требует обязательного применения высококачественных модифицированных бетонов с линейкой классов от В40 и выше до В150.

Подобные высококачественные бетоны гарантированно обеспечивают повышенные параметры эксплуатационной надежности зданий и сооружений, работающих в условиях различного сочетания воздействий окружающей среды и собственных нагрузок здания [4].

Широкая номенклатура современных бетонных композитов и апробированные технологические приемы применения, предложенные отечественными и зарубежными учеными, позволила отработать принципиально новые эффективные технологические схемы их получения. В основу получения таких бетонов положено использование эффективных химических модификаторов, улучшающих реологические свойства бетонных смесей и способствующие повышению его физико-механических показателей, реакционно-активных тонкоизмельченных минеральных компонентов природного и техногенного происхождения, а также микроармирующих элементов [1,3].



Рисунок 1 – Многофункциональный комплекс «Ахмат-Тауэр»

Особое внимание уделяется крупному заполнителю, прочность которого должна быть не менее чем на 20 % выше прочности бетона, а максимальная крупность заполнителя не должна превышать 8-20 мм. Обычно в качестве крупного заполнителя используется тщательно фракционированный прочный щебень (базальт, боксит, диабаз, кварц), который в сравнении с гравием обладает лучшим сцеплением с растворной составляющей бетона. Помимо повышенных требований к физико-механическим и техническим показателям, заполнители должны быть тщательно промыты, не должны содержать пыли, глины, гумуса и др. Таким образом, к настоящему времени накоплен определенный опыт производства высококачественных бетонов, который, однако, необходимо адаптировать под конкретные условия производства [2].

В научно-техническом центре коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова с начала 2000 годов проводятся экспериментальные исследования, направленные на получение и оптимизацию рецептур высококачественного и долговечного бетона. Результаты проведенных в этом направлении исследований показали,

что существующий сырьевой потенциал Чеченской Республики позволяет получать бетоны до класса В 40, а если расширить географию использования природных ресурсов регионами СКФО, то можно получить высококачественные бетоны класса В90-В100.

Как известно, получение высококачественных бетонов основано на управлении структурообразованием цементного камня через использование высокоактивных цементов. Но в нашей стране такие цементы практически не производятся, а выпускаемые цементы ПЦ – 500 по своим свойствам уступают зарубежным производителям. Поэтому особую роль в модификации структуры бетона играют реакционно-активные тонкоизмельченные минеральные компоненты природного и техногенного происхождения [5].

В технологии бетона реакционно-активные минеральные добавки традиционно рассматриваются как компоненты реализующие значительные резервы экономии цемента, повышения прочности, улучшения ряда других свойств бетона [7]. Их используют для получения композиционных вяжущих и они могут быть разделены на две большие группы:

- минеральные добавки, обладающие гидравлическими свойствами (АМД);

- добавки – наполнители, улучшающие зерновой состав и структуру затвердевшего цементного камня и бетона.

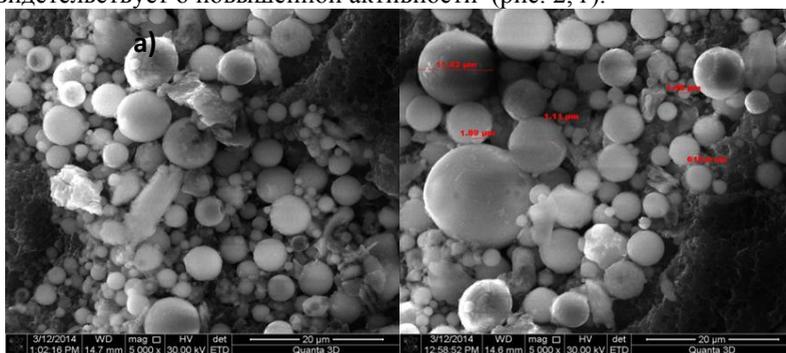
В качестве минеральных добавок первой группы применяют гранулированный шлак, природные или искусственные пуццоланы, топливные золы, микрокремнезем, вулканические горные породы, трепел, глиеж, обожженные сланцы и др. Ко второй группе относят добавки, способствующие улучшению порового пространства бетона, существенно не повышающие водопотребность цемента, а также не снижающие долговечность бетона (доломит, известняк, кварцевый песок и др.).

В рамках работ, проводимых в этом направлении, нами разработаны рецептуры модифицированных бетонов с комплексным использованием композиционного вяжущего, в составе которого используются минеральные добавки различного происхождения, химической добавки Полипласт СП-1 и высококачественных фракционированных заполнителей.

Северный Кавказ обладает большими запасами природного сырья для развития данных разработок, месторождения известняков, доломитов, песчаников, вулканических горных пород, мелких кварцевых песков практически неисчерпаемы. Установлено, что известняковая мука содержит в своем составе частички кальцита,

которые находясь в тонкодисперсном состоянии будут равномерно распределяться в объеме цементной матрицы тем самым, микроармируя его изнутри [2]. Кроме того, за долгие годы функционирования промышленных предприятий и эксплуатации ТЭЦ накоплены тысячи тонн техногенного сырья, занимающие значительные территории и загрязняющие окружающую среду [3]. В первую очередь к ним относятся золошлаковые отходы, являющиеся ценным сырьем для производства композиционных вяжущих материалов.

Исследование зерен реакционно-активных тонкоизмельченных минеральных компонентов различного генезиса осуществлялось на растровом электронном микроскопе Quanta 3D 200 i с интегрированной системой микроанализа Genesis Apex 2 EDS от EDAX, в результате было выявлено, что поверхность зольных микросфер не содержит дефектов в виде наростов или трещин, имеются неровности различной формы и размеров, а у отдельных микросфер установлена закрытая пористость оболочек (рис. 2, а). Вулканический пепел имеет скрыто-или мелкокристаллическую структуру и большую пористость, присущую эффузивным пирокластическим породам (рис. 2, б). Поверхность зерен известняковой муки представлена неровностями различной формы и размеров, установлена закрытая пористость оболочек у отдельных частиц (рис. 2, в). Частицы зерен кварцевого порошка имеют изометрические, осколочной формы частицы, возможно нарастание регенерационных каемок, имеющих оптическую ориентировку, иногда это приводит к восстановлению кристаллографических форм, преобладают микронные частицы, что свидетельствует о повышенной активности (рис. 2, г).



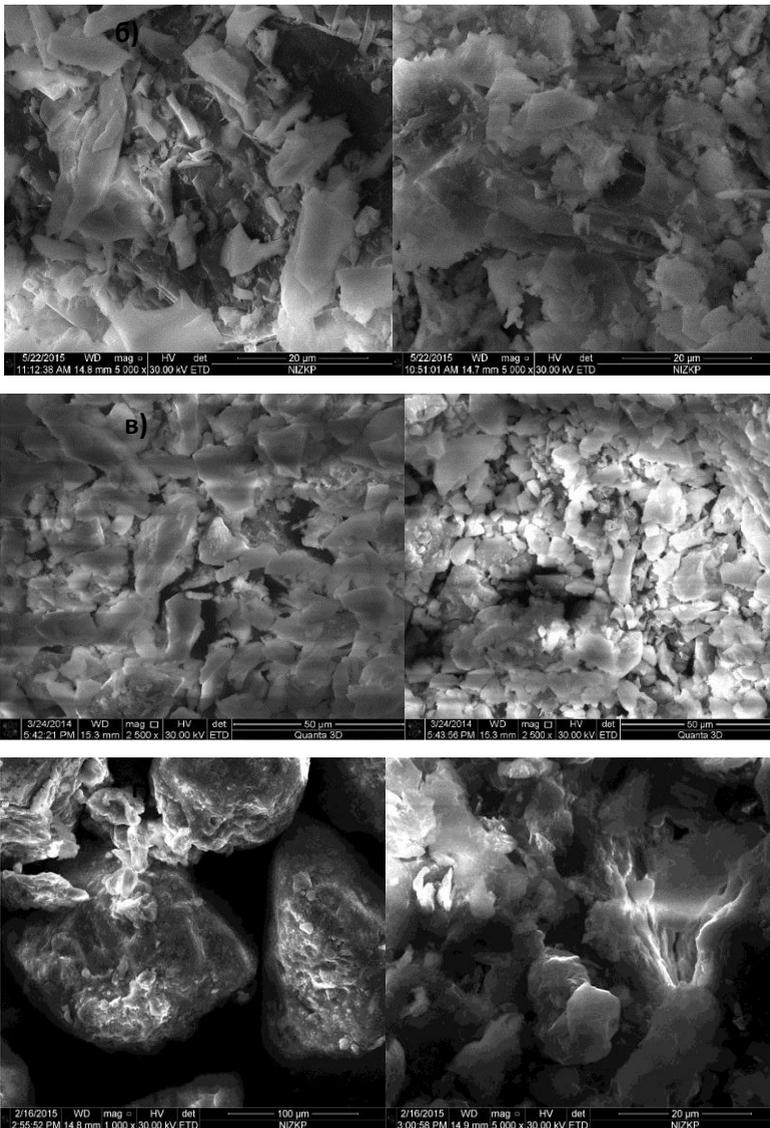


Рисунок 2 – Микрофотографии: а) зольных микросфер ТЭЦ г. Грозного; б) частиц вулканического пепла; в) частиц известняковой муки; г) зерен песка Веденского месторождения

Для разработки составов композиционного вяжущего и степени наполнения системы «портландцемент – минеральная добавка» исследованные минеральные добавки подвергались помолу в лабораторной шаровой мельнице в течение 20, 30 и 40 минут. Удельная поверхность активных минеральных добавок определялась на приборе ПСХ-12 [3], результаты испытаний приведены на рисунке 3.

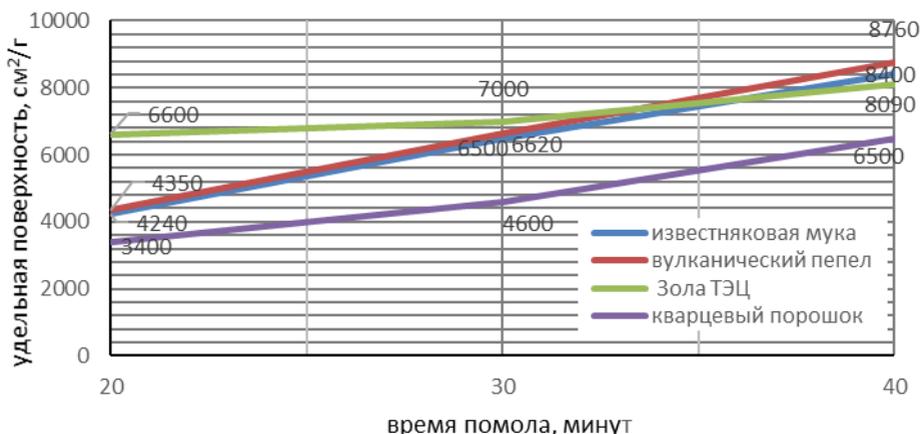


Рисунок 3 – Зависимость удельной поверхности минерального компонента от времени помола

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что наиболее рациональное время помола - 30 минут. Полученная удельная поверхность минеральных добавок создает более плотную упаковку цементного камня, не меняя при этом водопотребность композиционного вяжущего.

С целью установления оптимального насыщения системы портландцемент–минеральная добавка (ПЦ:МД) приготавливались составы композиционных вяжущих в соотношении ПЦ:МД=70:30 и ПЦ:МД=60:40 и определялись свойства вяжущего (табл. 1)

Таблица 1 – Свойства композиционного вяжущего (КВ)

Вяжущее	Соотношение ПЦ:МД	Нормальная густота, %	Активность, МПа
Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н,	100:0	25,0	52,2

ГУП «ЧЕЧЕНЦЕМЕНТ» (3376 см ² /г)			
Цемент+известняковая мука (6500 см ² /г)	70:30	25,5	53,7
Цемент+ кварцевый порошок (4600 см ² /г)		24,6	55,3
Цемент+ зола ТЭЦ (7000 см ² /г)		26,4	38,4
Цемент+ вулканический пепел (6620 см ² /г)		25,2	58,1
Цемент+известняковая мука (6500 см ² /г)	60:40	25,8	42,1
Цемент+ кварцевый порошок (4600 см ² /г)		27,0	44,2
Цемент+ зола ТЭЦ (7000 см ² /г)		26,6	34,6
Цемент+ вулканический пепел (6620 см ² /г)		27,0	46,7

Результаты проведенных исследований показали, что наиболее рациональными являются составы композиционных вяжущих с использованием минеральных добавок из вулканического пепла и кварцевого порошка с соотношением 70:30 % с удельной поверхностью 6620 см²/г и 4600 см²/г соответственно, при этом характерен максимальный прирост активности вяжущего и незначительное увеличение нормальной густоты, а также возможна экономия до 30% портландцемента.

Далее приготавливались формовочные смеси, в составы которых входили разработанные рецептуры композиционного вяжущего на исследованных минеральных добавках (ПЦ:МД=70:30 %). Как было отмечено выше, для получения высококачественных бетонов необходимы качественные и прочные заполнители. В виду того, что в Чеченской Республике отсутствует такой заполнитель, то кубовидный **щебень из гранит-диабазовых пород фракции 5-10 и 10-20 мм, приобретался для испытаний из РСО-Алания. Мелкий заполнитель был получен фракционированием кварцево-полевошпатового песка** $M_{кр} = 2,8$ – ГОСТ 8736 Алагирского месторождения с мелким кварцевым песком $M_{кр} = 1,8$ Червленского месторождения – ГОСТ 8736,

в соотношении 75:25 %, которое было принято в результате экспериментальных исследований. Основные свойства заполнителей Алагирского месторождения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные свойства заполнителей

Песок Алагирского месторождения фракции 0-5 мм							
Наименование показателя		Значение показателя					
Зерновой состав песка	Размер сит, мм	5	2,5	1,25	0,63	0,135	0,16
	Частные остатки, %	0,9	17,4	12,3	25,8	30,5	10,5
	Полные остатки, %	0,9	18,3	30,6	56,4	86,9	97,4
Модуль крупности		2,87					
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %		0,9					
Истинная плотность зерен, кг/м ³		2690					
Насыпная плотность, кг/м ³		1450					
Пустотность песка, %		45,8					
Щебень Алагирского месторождения фракции 5-20 мм							
Наименование показателя		Значение показателя					
Зерновой состав щебня	Размер сит, мм	12,5	10	7,5	5	<5	
	Частные остатки, %	0,0	9,2	38,6	42,5	9,3	
	Полные остатки, %	0,0	9,2	47,8	90,3	99,6	
Определение прочности щебня		М1200					
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %		0,8					
Истинная плотность зерен, кг/м ³		2700					
Насыпная плотность, кг/м ³		1450					

Содержание дробленых зерен, %	85,2
Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, %	12,2
Пустотность щебня, %	44,9

С применением предложенных компонентов была получена бетонная смесь с осадкой конуса от 5 до 10 см, соответствующая марке по подвижности П2. Из бетонной смеси каждого состава формовалось 9 образцов-кубов с ребром 10 см, из них 6 образцов подвергались тепловлажностной обработке в пропарочной камере по режиму 2+3+7+2 часа при температуре изотермической выдержки 80 °С, остальные подвергались естественному твердению в течение 28 суток. В таблице 3-4 приведены экспериментальные составы и свойства исследуемых бетонов.

Таблица 3 – Составы исследуемых бетонов

№ состава	Расход материалов, кг/м ³									В/Ц
	ПЦ	Щ	П	В	Д	Реакционно-активный компонент				
						ИМ	ВП	З	КП	
1	31 5	1120	78 0	16 7	3, 9	135	-	-	-	0,37
2	31 5	1120	78 0	17 1	3, 9	-	135	-	-	0,38
3	31 5	1120	78 0	17 6	4, 2	-	-	135	-	0,39
4	31 5	1120	78 0	16 2	3, 8	-	-	-	135	0,36
5	33 6	1100	79 0	17 8	3, 9	144	-	-	-	0,37
6	33 6	1100	79 0	18 0	3, 9	-	144	-	-	0,38
7	33	1100	79	18	4,	-	-	144	-	0,39

	6		0	7	2					
8	33 6	1100	79 0	17 3	3, 8	-	-	-	144	0,36
9	45 0	1120	78 0	16 2	3, 5	-	-	-	-	0,36
10	48 0	1100	79 0	17 8	3, 4	-	-	-	-	0,37

Примечание: ПЦ– портландцемент; Щ – Алагирский щебень фракции 5-20 мм; П– фракционированный мелкий заполнитель на основе кварцево-полевошпатового песка Алагирского месторождения и песка Червленского месторождения; Д – добавка Полипласт СП-1 в % от массы цемента; ИМ– известняковая мука; ВП– вулканический пепел; З– зола ТЭЦ г. Грозного; КП– кварцевый порошок; В/Ц– водоцементное отношение.

Таблица 4 – Физико-механические свойства бетона

№ состава	Подвижность смеси, ОК, см	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа		
			после ТВО	Через 27сут после ТВО	В возрасте 28 сут естественного твердения
1.	5	2353	45,7	47,6	46,2
2.	5	2358	54,1	56,6	52,8
3.	6	2350	42,2	42,8	42,4
4.	5	2352	52,3	54,7	51,6
5.	5	2516	52,1	53,4	50,5
6.	5	2518	55,8	58,9	55,2
7.	6	2510	45,1	48,9	44,3
8.	5	2516	53,9	56,8	54,7
9.	6	2370	50,1	50,5	44,2
10.	6	2382	51,8	52,3	46,8

Анализ результатов испытаний показал, что прочностные характеристики бетона изменяются как в зависимости от вида применяемого тонкоизмельченного минерального наполнителя, так от расхода вяжущего. Установлено, что прочность бетона после пропаривания по заданному режиму и через 27 суток последующего твердения незначительно превышают показатели прочности бетона естественного твердения. Следовательно, разработанные рецептуры бетонов можно использовать при монолитном строительстве. Кроме того, использование композиционного вяжущего с использованием вулканического пепла дает лучшие результаты прочности на сжатие в сравнении с бетоном на бездобавочном портландцементе [8].

Изучение эксплуатационных характеристик, таких как водостойкость, морозостойкость и водонепроницаемость, показало, что все эти свойства зависят от состава композиционного вяжущего и его активности, а также от вида и значения показателя пористости материала (табл. 5, рис. 4).

Таблица 5 – Эксплуатационные свойства бетона на композиционном вяжущем (КВ)

Показатель	Реакционно-активный компонент			
	ИМ	ВП	З	КВ
Рецептура КВ, %	70:30	70:30	70:30	70:30
Активность КВ, МПа	53,7	58,1	38,4	55,3
Предел прочности при сжатии, МПа	46,20	52,80	42,40	51,60
Предел прочности при изгибе, МПа	3,13	3,96	2,87	3,42
Пористость, %	9,70	7,60	12,40	6,90
Морозостойкость, цикл	F300	F350	F200	F350
Выдерживаемое давление, МПа	1,40	1,60	1,20	1,80
Водопоглощение, %	4,20	3,50	5,20	3,60
Водостойкость, K_p – коэффициент размягчения	0,79	0,89	0,63	0,90

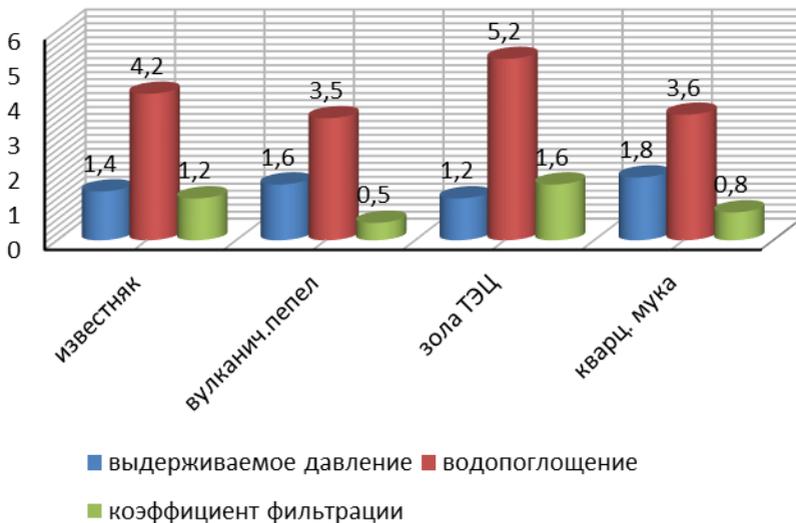


Рисунок 4 – Зависимость давления воды от водопоглощения и коэффициента фильтрации

Таким образом, по результатам проведенных исследований доказана эффективность модификации структуры бетона реакционно-активным тонкоизмельченным минеральным компонентом природного и техногенного происхождения в комплексе с химической добавкой Полипласт СП-1. Данные разработки позволяют получать высококачественные бетоны класса для монолитного строительства, в том числе и высотного. Предложенные рецептуры бетона позволяют принимать экономически оправданные решения, но при этом они не снижают надежность и эксплуатационную долговечность бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Список литературы:

1. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Материалы 1 Всероссийской конференции. М., 2001. С. 91-101.
2. Баженов Ю.М. Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: АСВ. 2006. 289 с.

3. ГОСТ Р 56178-2014 Модификаторы органо-минеральные типа МБ для бетонов, строительных растворов и сухих смесей. –М.: Стандартинформ. 28 с.
4. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Кардумян Г.С. и др. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва –Сити» // Строительные материалы, № 10, 2006, С. 8-12.
5. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. –М.: ООО Мастер Бетон. 2015. -258 с.
6. Муртазаев, С-А. Ю., Исмаилова З.Х. Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах // Строительные материалы. 2008. №3. С. 57–58.
7. Муртазаев, С-А. Ю. Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г. Влияние тонкодисперсных микронаполнителей из вулканического пепла на свойства бетонов Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозный: ГНТУ. 2015. Т 1. С.171-176.
8. Саламанова М.Ш., Сайдумов М.С., Муртазаева, Т.С-А., Хубаев М. С-М. Высококачественные модифицированные бетоны на основе минеральных добавок и суперпластификаторов различной природы // Инновации и инвестиции. 2015. №8. С. 159-163.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

Саламанова М.Ш., канд. техн. наук, доц.,

Сайдумов М.С., канд. техн. наук, доц.,

Тулаев З.А., инженер

*Грозненский нефтяной технический университет имени
акад.М.Д. Миллионщикова*

Широкое распространение в технологии цемента получили активные минеральные добавки, в качестве которых используются природные вещества вулканического происхождения, обладающие пуццоланическим связыванием портландита. По данным многочисленных исследований [5,6] их применение позволило достигнуть высоких результатов в технологии обычного и высокопрочного бетонов повышенной долговечности.

По химическому составу добавки вулканического происхождения состоят в основном из кремнезема и глинозема (70—90%), в них присутствует небольшое количество СаО и MgO (2—4%), щелочей Na₂O и K₂O (3—8%) и гидратной воды, удаляемой при прокаливании (5—10%). По фазовому составу они представляют собой смесь частично аморфизованного стекла (50—80%) и некоторых силикатов и алюмосиликатов, а также их гидратов в кристаллическом состоянии. Обычно в них содержатся и различные примеси. Плотность вулканических пород колеблется в пределах 2300—2600 кг/м³. Насыпная масса в среднем 1200—2000 кг/м³ [4,7].

Горные породы вулканического происхождения в России обнаружены в Кабардино-Балкарии, и они являются уникальным сырьем для строительной индустрии. В Республике известно семь известных месторождений вулканических пород: Заюковское (вулканический туф), Каменское (вулканический туф), Куркужинское (вулканический туф, пепел), Лечинкаевское (облицовочный туф), Нальчикское (вулканический туф, пепел, пемза), Кенженское (вулканический пепел, вулканический туф), Белореченское (вулканический пепел

Вулканический пепел здесь применяют в качестве мелкого заполнителя в керамзитобетоне, в плотных и поризованных конструкционно-теплоизоляционных пеплобетонах классов В3,5-В7,5 средней плотностью 1200-1550 кг/м³ и в штукатурных растворах.

В научно-техническом центре коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова проводятся экспериментальные исследования и разработки, направленные создание высокофункциональных бетонов с использованием горных пород вулканического происхождения и эффективных суперпластификаторов. Обязательным элементом разработки является комплексное введение в состав бетона реакционно-способных порошковых минеральных компонентов и органических модификаторов, называемых органоминеральными добавками (ОМД).

Традиционная технология приготовления ОМД (рис.1) предусматривает затворение водными растворами ПАВ предварительно размолотого минерального компонента и дальнейшее высушивание при температуре 150...170°C до остаточной влажности материала 1...1,5 %. Полученная порошкообразная добавка легко формируется и поддается брикетированию. В таком виде ОМД легко складывается, транспортируется, дозируется и вводится в бетонную смесь.

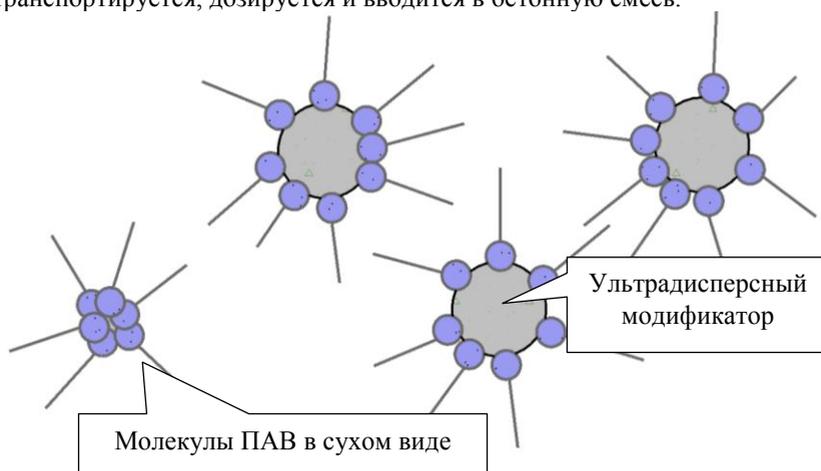


Рисунок 1 – Структура органоминеральной добавки

В данной работе предложена технология приготовления ОМД с использованием предварительно размолотого минерального наполнителя с дальнейшим его размолом совместно с порошкообразным ПАВ, до определенной удельной поверхности. Тем самым, реализуется основной принцип механохимической активации поверхности минерального наполнителя, способствующий повышению

его поверхностной энергии. Присутствие молекул ПАВ предотвращает сближение тонкодисперсных частиц наполнителя и стабилизирует его свойства, а, следовательно, становится носителем ПАВ.

Для проверки выдвинутой рабочей гипотезы был выполнен эксперимент с привлечением различных по химическому составу и механизму действия пластифицирующих добавок:

- С-3 - суперпластификатор на основе сульфированных нафталиноформальдегидных соединений в форме порошка;
- ЛСТ - суперпластификатор лигносульфонат технический в форме порошка;
- REOMAX PC 3904 P - гиперпластификатор на основе модифицированных и стабилизированных поликарбоксилатных сополимеров в форме порошка.

Суперпластификаторы С-3 и ЛСТ это известные добавки, механизм действия основан на эффекте электростатического отталкивания частиц цемента и минеральной добавки и стабилизации суспензии. Действие пластификатора нового типа REOMAX PC 3904 P основано на совокупности электростатического и пространственного эффекта, который достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира.

Перечисленные пластификаторы использованы в составе комплексных добавок, подготовленных различными способами (табл. 1).

Рецептура ОМД подобрана экспериментальным путем, обеспечивая необходимые условия для эффективного синтеза композиционного вяжущего. Содержание вулканического пепла 20% от массы цемента, при этом концентрация пластификаторов в вяжущем изменяется от 0,2 до 1,5 % от массы цемента, что соответствует существующим рекомендациям по дозировке: С-3 — от 0,2 до 1,0; ЛСТ - от 0,2 до 1,5; REOMAX PC 3904 P - от 0,5 до 1,0 % от массы цемента.

Совместный помол минеральной и органической составляющих в роликовой мельнице в течение 1 ч (удельная поверхность ОМД 970 м²/кг) был осуществлен с целью механохимической активации добавок обоих видов, а также усиления процесса адсорбции пластификаторов на поверхности вулканического пепла, вплоть до хемосорбции.

Таблица 1 – Состав и способ подготовки ОМД

Шифр смеси	Состав ОМД, %		Способ подготовки
	Вулкан. пепел	пластификатор	
Вулкан. пепел+С-3	20	1	Совместный помол в роликовой мельнице
Вулкан. пепел+ЛСТ	20	1	Совместный помол в роликовой мельнице
Вулкан. пепел+ REOMAX	20	1	Совместный помол в роликовой мельнице

Приготовленные органоминеральные добавки были перемешаны совместно с цементом в соотношении 21:79 %. Из полученных композиций было приготовлено тесто нормальной густоты и сформованы кубики 70x70x70 мм для испытания прочностных характеристик. Исследования проводились в сравнении с ЦЕМ I 42,5Н Чири Юртовского цементного завода, а также композициями, содержащими минеральную и органические добавки в отдельности. Результаты испытаний композиционного вяжущего приведены в таблице 2.

Все исследованные органоминеральные добавки проявили водоредуцирующее действие, так как отмечено снижение показателя нормальной густоты композиционных вяжущих. Наилучшим водоредуцирующим действием обладает композиционное вяжущее Цемент+(Вулкан. пепел + REOMAX) снижающие нормальную густоту до 20 %.

Так же использование органоминеральных добавок приводит к повышению прочности, как в ранние сроки твердения, так и в возрасте 28 суток. Наиболее эффективной следует считать ОМД «Вулканический пепел + REOMAX», приготовленную путем совместного помола и механохимической активации в роликовой мельнице вулканического пепла и гиперпластификатора REOMAX РС

3904 P. Совместный помол приводит, как бы, к внутреннему проникновению гиперпластификатора в поверхность частиц вулканического пепла, тем самым усиливая процесс его мономолекулярной адсорбции, а также способствуя тонкому помолу и активации пепла.

Таблица 2– Результаты испытаний композиционных вяжущих с ОМД

Вяжущее	Нормальная густота, %	Предел прочности на сжатие, МПа, в возрасте, сут.	
		7	28
ЦЕМ I 42,5Н	24,5	34,5	52,2
Цемент + Вулкан. пепел	25,2	39,7	54,8
Цемент + (Вулкан. пепел + С-3)	22,4	40,5	56,5
Цемент + (Вулкан. пепел +ЛСТ)	22,2	40,7	57,5
Цемент+(Вулкан. пепел + REOMAX)	20,1	43,1	70,2

Таким образом, разработаны составы композиционного вяжущего на основе вулканического пепла с активностью 70 МПа, доказана эффективность использования гиперпластификатора REOMAX PC 3904 P на основе поликарбоксилатных сополимеров в форме порошка.

Список литературы:

1. Aitcin P. C. Cements of yesterday and today. Concrete of tomorrow. Cem. and Concr. Res., 2000; 30, pp. 1349-1359. Walraven J.C. Concrete a new century. Proc. of the 1st FIB Congr., Tokyo, 2002. -PP. 11-22.
2. Bentur A. Cement materials - nine millennia and a new century: past, present and future. / A. Bentur // Journ. of materials in civil eng. 2002. №1. PP. 2-22.
3. Муртазаев С-А.Ю. Цементная промышленность Чеченской республики / С-А. Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, У.В. Ватаев// журнал Вестник Академии наук ЧР. Грозный, 2014. № 1 (22). С. 109-114.
4. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников// – М.: АСВ, 2006. 289 с.
5. Хежев Т.А. Экспериментально-теоретические исследования огнезащитных свойств гипсовеермикулитобетонов с добавками вулканических горных пород / Т.А. Хежев, Х.А. Хежев // Проблемы

- рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов: материалы 4-й Международной конференции. – Архангельск. 2010. С. 153–156.
6. Ахматов М.А. Применение отходов камнепиления туфкарьеров и рыхлых пористых пород в качестве заполнителей легких бетонов и конструкций из них / М.А. Ахматов. Нальчик, 1981. 128 с.
 7. Саламанова М.Ш. Формирование структуры и свойств эффективных модифицированных бетонов / М.Ш. Саламанова, З.Х. Исмаилова// Международная заочная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности». Тамбов, 2014. С. 141-145.

ВЛИЯНИЕ ФИБРЫ НА КИНЕТИКУ ТВЕРДЕНИЯ БЕСЦЕМЕНТНОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГО

**Сивальнева М.Н., ст. преподаватель,
Капуста И.Н., магистрант**

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

В настоящее время популярность строительных конструкций из ячеистого и плотного бетона с применением армирующих добавок набирает обороты. Использование фибры приводит к снижению осадочно-деформационных явлений, к повышению устойчивости системы в ранние сроки и технико-эксплуатационных характеристик материалов при дальнейшем наборе прочности [1–5].

Выбор вяжущего и фиброволокна играет определяющую роль в процессе производства и при формировании основных свойств композита. При эффективном взаимодействии сырьевых компонентов в микроармированных системах и обеспечении совместной работы вяжущего и волокна можно в достаточной степени повысить основные характеристики бетонов. Фибра способна принимать часть внутренних напряжений, возникающих в материале под нагрузкой, вяжущее обеспечивает матричный каркас системы и воспринимает основную часть нагрузок. В связи с этим при разработке оптимальных составов фибропенобетона следует учитывать вещественную природу минеральной связующей системы и фиброволокон, характер их взаимодействия.

В связи с этим изучалось влияние фибры органической и неорганической природы на бесцементную систему наноструктурированного вяжущего (НВ) силикатного состава [6–9]. Рассматривалось влияние армирующей добавки на процесс удаления воды из системы вяжущего при твердении. Для этого проводилось изучение кинетики сушки армированных и неармированных образцов наноструктурированного вяжущего. Исследуемые образцы имели следующие составы: НВ (контрольный образец); НВ с синтетической фиброй (волокно строительное микроармирующее ВСМ); НВ с базальтовой фиброй, дополнительной длина каждого вида волокна была различной – 6 и 12 мм. Расход компонентов составил 0,2 % от массы вяжущего по сухому веществу.

Для испытаний были получены образцы размером 20×20×20 мм.

Суть измерения состояла в определении массы образцов через равные промежутки времени с точностью до 0,01 г.

Известно, что механизм твердения НВ не сопровождается химическими процессами гидратации, а основывается на кристаллизационном срастании кремнеземных частиц вяжущего. Поэтому в качестве параметра, характеризующего интенсивность сушки, выступает количество удаляемой во времени воды. Кинетические особенности выявлялись сразу после расформовки образцов вяжущего, начальная влажность которых находилась в пределах 6 %, так как после этого происходит резкое увеличение площади соприкосновения поверхности образца с воздушной средой, и более интенсивно происходит удаление свободной воды из материала.

Определение кинетики сушки производилось при температуре 40 °С с помощью влагомера Sartorius MA35, находящегося на базе Центра коллективного пользования БГТУ им. В.Г. Шухова. Прибор предназначен для экспресс-анализа влажности продукции. Выбор температурного режима обусловлен двумя факторами: при повышенных температурах происходит чрезмерно быстрое удаление влаги из внутренних слоев вяжущего, что приводит к развитию деструктивных процессов; с целью дальнейшего сопоставления и ориентирования результатов на конечное изделие – фибропенобетонные блоки, для которых рекомендован температурный режим обработки в пределах 35–40 °С [10, 11].

В процессе сушки происходит постоянное автоматическое взвешивание образца и пересчет влажности относительно первоначального значения массы. В связи с данной спецификой прибора для графического отображения динамики удаленной влаги образцов вяжущего представлена зависимость дифференциального показателя влажности от времени сушки (рисунок 1). Результаты фиксировались через каждые 5 минут. Измерение продолжалось до установления постоянного значения, что свидетельствовало о завершении процесса.

Как и предполагалось, наибольшее время сушки имеет неармированный образец вяжущего. Введение микроармирующих компонентов приводит к снижению времени сушки более чем на 30 %. Самое минимальное время сушки показывает вяжущее, армированное базальтовой фиброй при длине волокна 12 мм (32 %). Значения данной кривой отличаются от остальных и характеризуются быстрой потерей влаги в ранний период, что наиболее важно, так как процесс раннего структурообразования приводит к повышению качества материала за

счет снижения внутренней дефектности.

Анализ графических данных позволяет утверждать, что микроармирующие добавки интенсифицируют процесс сушки, сокращая её общую продолжительность, что, в первую очередь, связано с кластеризацией системы, центрированной волокном.

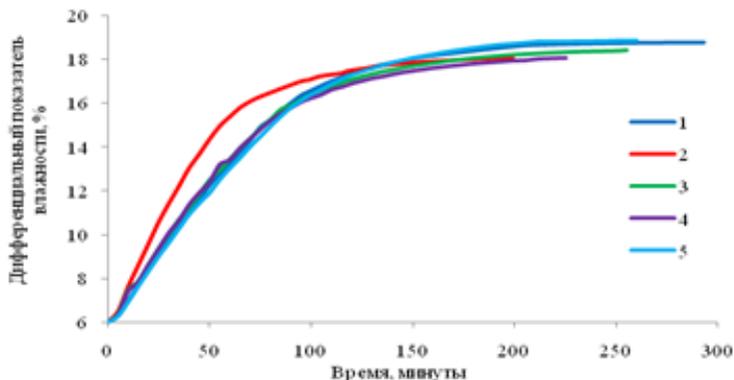


Рисунок 1 – Кинетика сушки образцов вяжущего при температуре 40 °С на влагомере Sartorius MA35:

1 – НВ; 2 – НВ + базальтовая фибра (12 мм); 3 – НВ + ВСМ-6;
4 – НВ + базальтовая фибра (6 мм); 5 – НВ + ВСМ-12

Таким образом, анализ теоретической модели и экспериментальное её подтверждение путем изучения кинетики сушки образцов вяжущего при температуре 40 °С позволил выявить преимущества введения фиброволокна, как структурирующего компонента. В результате интенсифицируется процесс структурообразования наноструктурированного вяжущего на начальном этапе и сокращается продолжительность всего периода твердения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Департамента внутренней и кадровой политики Белгородской области в форме гранта на проведение НИР по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области, договор № 40-гр. от 19.10.2016, а также в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Lesovik R.V., Klyuyev S.V., Klyuyev A.V., Ntrebenko A.V., Yerofeyev V.T., Durachenko A.V. Fine-grain concrete reinforced by polypropylene fiber // *Research Journal of Applied Sciences*. 2015. 10. С. 624–628.
2. Ключев С.В., Ключев А.В., Лесовик Р.В. Оптимальное проектирование высококачественного фибробетона // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2015. № 6. С. 119–121.
3. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсно-армированный бетон полипропиленовым волокном // *Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф.* 2011. С. 244–247.
4. Моргун В.Н., Талпа Б.В. Влияние вида дисперсной арматуры на свойства пенобетонов // *Строительные материалы*. 2008. № 6. С.48–49
5. Хархардин А.Н., Лесовик В.С., Сопин М.В. Дисперсное армирование пенобетона // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2005. № 9. С. 237–241.
6. Строкова В.В., Павленко Н.В., Капуста М.Н. Принципы получения ячеистых фибробетонов с применением наноструктурированного вяжущего // *Academia. Архитектура и строительство*. 2013. № 3. С. 114–117.
7. Павленко Н.В., Капуста М.Н., Мирошников Е.В. Особенности армирования ячеистых бетонов неавтоклавного твердения на основе наноструктурированного вяжущего // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. № 1. С. 33–36.
8. Нелюбова В.В., Строкова В.В., Павленко Н.В., Жерновский И.В. Строительные композиты с применением наноструктурированного вяжущего на основе сырья различных генетических типов // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 11–15.
9. Череватова А.В., Строкова В.В., Жерновский И.В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения: монография. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. 161 с.
10. Череватова А.В., Павленко Н.В. Пенобетон на основе наноструктурированного вяжущего // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2009. № 3. С. 115–119.
11. Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В., Шаповалов Н.А. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2011. № 4. С. 48–51.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ВЯЖУЩИХ СИСТЕМ

**Сивальнева М.Н., ст. преподаватель,
Кобзев В.А., аспирант,
Еременко С.А., студент**

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

Известно, что цементная промышленность – это энергоемкая отрасль, которая сопровождается высоким потреблением природных ресурсов и вредными выбросами в экосферу. Данные обстоятельства сказываются на стоимости как самого цемента, так и материалов на его основе.

В связи с этим наибольшую популярность набирают бесцементные вяжущие системы различных типов (геополимерные вяжущие, щелочесиликатные вяжущие, наноструктурированные вяжущие и другие силикатные и алюмосиликатные вяжущие) [1–8].

Высококонтрированные алюмосиликатные вяжущие (ВAB) представляют собой измельченное в мокрой среде алюмосиликатное сырье. Его применение в основном ориентировано на разработку многослойных строительных изделий, теплоизоляционных и жаропрочных пенобетонов, огнеупорных керамобетонов, тонкокерамических систем. В данной работе рассмотрено ВAB на основе гранита, помол которого осуществлялся в лабораторной шаровой мельнице в течение 11 часов с использованием в качестве модификатора жидкого стекла.

В виду того что микроструктурный анализ является одним из важных методов исследования материалов, направленных на изучение структурных и морфологических особенностей композитов, проведено исследование микроструктуры вяжущей системы на различных этапах.

Современные возможности получения изображения поверхности объекта с высоким пространственным разрешением на микро- и наноуровнях, а также информации о составе и строении приповерхностных областей материалов выделяют растровую электронную микроскопию (микроскоп Mira 3 FesSem). С ее помощью проведены исследования образцов алюмосиликатного вяжущего на разных стадиях помола, а именно через 5, 8 и 11 часов от начала механоактивационного воздействия. Исследования выполнены с

использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Были сделаны отливки вяжущего, предварительно высушенные в естественных условиях. Для более детального и наглядного отображения структурных особенностей каждого образца в отдельности изучались как поверхность объекта, так и его скол при разномасштабном увеличении.

Все объекты вяжущего на разных технологических этапах механоактивации характеризуются полидисперсным распределением частиц основной массы, что указывает на полиминеральный состав гранитного вяжущего и разную размалывающую способность каждого из компонентов (рисунок 1).

Система сложена угловатыми частицами с раковистым изломом, морфология которых схожа с частицами кварца. Помимо этого, достаточно четко диагностируются призматические зерна полевых шпатов, отличающиеся совершенной спайностью. Слюдистые минералы системы представлены частицами пластинчатой формы.

Фотографии микроструктуры скола и поверхности образцом имеют отличительные особенности. На поверхности скола образцом 5-часового помола наглядно отображается более плотная и однородная структура основной матрицы с тонкой разветвленной сеткой новообразований (рисунок 1, а). При большем увеличении наблюдаются монолитные слои уплотненной структуры вяжущего с разломами, образованными в процессе получения «свежего» скола образцом.

Фотографии поверхности исследуемого объекта (рисунок 1, б) характеризуются присутствием крупных угловатых частиц размером до 30 мкм. Наблюдается некоторая неоднородность сцепления поверхностного слоя материала, вероятно, вызванная малой активностью и недостаточностью вяжущих свойств (рисунок 1, б, г). При этом с увеличением времени помола размеры мелкодисперсных частиц снижаются, а сцепление компонентов увеличивается.

У образцов ВАВ после 11 часов помола различия между изображениями скола и поверхности сводятся к минимуму (рисунок 1, д, е). Следует отметить наличие мелких частиц размерами от 100 нм до 2,5 мкм, равномерно распределенных в системе. Полидисперсный состав вяжущего является благоприятным фактором для создания высокоплотной упаковки, что, в свою очередь, приводит к повышению физико-механических параметров как самого ВАВ, так и материалов на его основе. Однородность и связность вяжущей системы, формирующие условия для создания единого композита, могут свидетельствовать о

компонентов, равномерного распределения мелких частиц, достаточной стабильности и формирования активных связей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №14-43-08020, и Департамента внутренней и кадровой политики Белгородской области в форме гранта на проведение НИР по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области, договор № 40-гр. от 19.10.2016.

Список литературы:

1. Кожухова Н.И., Чижов Р.В., Жерновский И.В., Логанина В.И., Строкова В.В. Особенности структурообразования геополимерной вяжущей системы на основе перлита с использованием различных видов щелочного активатора // Строительные материалы. 2016. № 3. С. 61–64.
2. Чижов Р.В., Кожухова Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В. Алюмосиликатные бесклинкерные вяжущие и области их использования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 6–10.
3. Мирюк О.А. Бесцементные поризованные композиции // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. № 2. С. 101–107.
4. Нелюбова В.В., Строкова В.В., Павленко Н.В., Жерновский И.В. Строительные композиты с применением наноструктурированного вяжущего на основе сырья различных генетических типов // Строительные материалы. 2013. № 2. С. 11–15.
5. Строкова В.В., Сумин А.В., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А. Модифицированное вяжущее с использованием наноструктурированного минерального компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 36–39.
6. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В. Алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // Строительные материалы. 2014. № 1–2. С. 38–41.
7. Череватова А.В., Кожухова Н.И., Осадчая М.С., Жерновский И.В. Особенности реотехнологических свойств наноструктурированного алюмосиликатного вяжущего в присутствии комплексных модификаторов различной природы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 9. С. 36–39.
8. Stroková V.V., Cherevatova A.V., Pavlenko N.V., Nelubova V.V. Prospects of application of zero-cement binders of a nonhydration hardening type // World Applied Sciences Journal. 2013. T. 25. № 1. С. 119–123.

ТВЕРДЕНИЕ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ БЕТОНОВ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА КАМБОДЖИ

Сованн Ч., канд. техн. наук

Камбоджа

Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,

Толстой А.Д., канд. техн. наук, доц.,

Вырмаскин А.В., студент,

Баранов А.В.

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

Значительная часть территории Индокитая занята палеозойскими и мезозойскими складчатыми системами и Индосинийским срединным массивом, проходящим по направлению с запада на восток (рис. 1).

В центре и на юго-востоке полуострова расположен Индосинийский массив, представляющий собой ряд блоков, разьединенных разломами. Восточный блок сложен из докембрийских образований, большая часть которых перемежается палеозойскими и мезозойскими геологическими отложениями. Горные породы Мьянсо-Малайской равнины отличаются однотипным терригенно-карбонатным составом, в отличие от палеозойских и нижнемезозойских образования Северо-Вьетнамской зоны, которые представлены разнообразными отложениями. В среднекарбоневом периоде на этой территории имели место значительные тектонические изменения, которые сопровождались интенсивным магматизмом. Несогласно с ними залегают верхнепалеозойские и триасовые толщи морских и континентальных отложений. В конце триасового периода и начале юрского движение геосинклиналей привело к существенному поднятию и глубокому внедрению гранитов. С этого момента интенсивно формировались основные юрские и меловые континентальные впадины, которые в последствии составили основу современных геологических особенностей данных территорий [1,2].

Кайнозойском периоде имели место образования эффузивных горных пород (главным образом базальтов). Так образовались Меконгская, Менамская и Ханойская наложенные депрессии, заполненные аллювиальным слоем большой мощности.

Индокитайский полуостров принадлежит к числу наименее устойчивых областей на земном шаре с точки зрения эндогенных и экзогенных процессов. Коррозийные и эрозийные процессы протекают

здесь быстрее, чем в умеренных широтах, что дополняет и усиливает характерную для всей территории тектоническую неустойчивость. Платформа же, из-за своей древности и благодаря неоднократным геологическим воздействиям сильно изменилась.

Большую часть территории Камбоджи занимает заболоченная аллювиальная равнина (нижнее течение реки Меконг и ее притоков), полого поднимающаяся на север. На ней возвышаются отдельные холмы (пномы) высотой до 400–650 м. На западе располагается гора Кравань высотой 1813 м, на востоке – отроги хребта Чыонгшон, на севере – отроги массива Дангрэк.

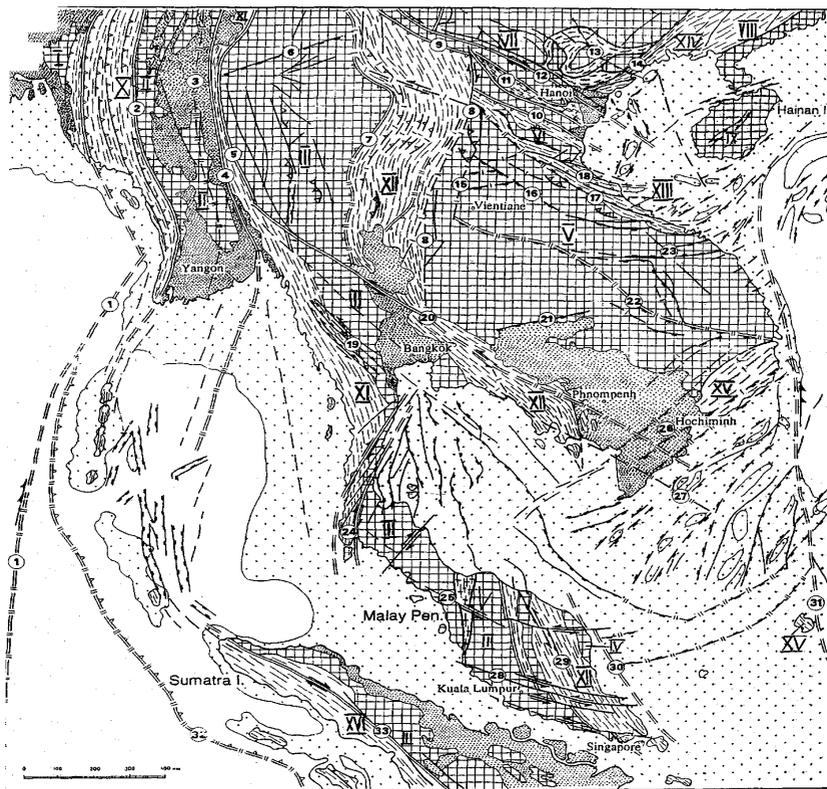


Рисунок 1 – Геологическое строение земной коры Индокитая

Климат тропический, муссонный. В среднем на равнине выпадает 700–1500 мм, в горах – до 2000 мм осадков в год. Среднемесячные температуры на равнине 26–30°C. Наиболее крупная река – Меконг. В Камбодже расположено самое крупное на полуострове Индокитай озеро Тонлесап.

Территория Камбоджи расположена в юго-восточной части палеозойских складчатых систем, обрамляющих гетерогенный индосинийский докембрийский массив. По особенностям геологического строения в пределах складчатых систем выделяются следующие области: западная, центральная, северная и восточная. Западная часть представляет собой складчатую область, сложенную докембрийскими гнейсами, слабометаморфизированными карбонатно-терригенными отложениями нижнего и среднего палеозоя, пермскими известняками и комплексом эффузивных и интрузивных пород основного и ультраосновного состава (предположительно, пермь-триас). Все эти образования смяты в линейные складки (северо-западного и субмеридионального простирания) и несогласно перекрыты полого дислоцированными преимущественно обломочными отложениями верхнего триаса – юры мощностью до 1,5–3 км, включающими в низах разреза пачки эффузивных пород кислого состава. Породы складчатого основания прорваны гранитами юрского возраста (180 млн. лет). Предполагается также присутствие более древних гранитоидов. В пределах западной части страны установлены месторождения и рудопроявления молибдена, свинца, цинка, олова, бокситов, фосфоритов и др.

Центральная часть занята кайнозойской впадиной Тонлесап, строение которой недостаточно изучено. Предполагается, что основание ее сложено дислоцированными комплексами палеозоя – мезозоя, перекрытыми кайнозойскими отложениями (в том числе четвертичными мощностью несколько сотен метров). К юго-востоку от впадины Тонлесап простирается Меконгская впадина, в которой, по геофизическим данным, установлено резкое увеличение мощности кайнозойского разреза до 4 км. На территории центральной Камбоджи выявлены месторождения каолина.

Северная и восточная части характеризуются широким развитием неравномерно дислоцированных осадочных и вулканогенных отложений верхнего палеозоя, триаса и юры общей мощностью до 2–3 км. В северо-восточных районах они залегают на фундаменте, сложенном метаморфическими породами докембрия и нижнего палеозоя, и представлены преимущественно полого складчатыми

мелководными и континентальными отложениями с преобладанием вулканитов кислого состава.

Твердение и структурообразование цементного камня в бетоне – это основополагающие процессы, способствующие формированию главных свойств бетона – прочность, проницаемость, долговечность и др. [3-12]

Весь процесс структурообразования цементного камня в бетоне можно условно разделить на два основных периода: 1) формирование структуры и 2) период ее упрочнения (стабилизации). Роль НСМ в каждом периоде значительна. В каждой стадии структурообразования действие НСМ характеризуется определенными значениями возникающих (или преобладающих) в это время показателей. Основным показателем можно считать градиент скорости диффузии высвобождающейся межслоевой жидкости к месту реакции гидратообразования. Чем выше этот показатель, тем больше будет скорость срастания образующихся кристаллов новообразований. Эти процессы, придают структуре твердеющего бетона специальные физико-механические свойства. Возникающая при этом структура под влиянием напряжений не деформируется и разрушается необратимо, а наоборот самопроизвольно восстанавливаются. Поэтому механические воздействия (например, вибрирование) с целью совершенствования структуры в этом случае не целесообразны.

Рост количества сростков кристаллов новообразований приводит к увеличению объема концентрации новообразований и плотности геля в поровом пространстве между частицами композиционного вяжущего. Структура компонентов НСМ (глинистая порода) на этом этапе служит как бы демпфером, поскольку выделение «питающей жидкости» в этот период не происходит, благодаря этим напряжениям.

Таким образом, формирование структуры цементного камня на основе КВ – сложный физико-химический процесс. Поэтому получение бетона с высокими физико-механическими свойствами определяются, прежде всего, с эффективным управлением процессом структурообразования и создание методов контролирование этого процесса

В этом смысле НСМ является мощным регулятором процесса структурообразования, с глубоким регулирующим эффектом. Его роль проявляется как на микро, так и на нано уровне формирования структуры бетона.

Введение НСМ приводит к стабилизации процесса гидратообразования, за счет формирования гелеподобных

пространственных водных структур, что приводит к самоармированию твердеющей системы. В целом добавка НСМ – высокоэффективный модификатор оптимизации структуры цементного камня и бетона.

Полученные результаты позволили предложить технологическую схему изготовления композиционного вяжущего с добавкой НСМ (рис. 2).

Технологическая схема производства КВ включает следующие основные технологические переделы:

- подготовку исходных компонентов (измельчение глинистой породы, базальта и мела, их дозировку);
- смешивание исходных компонентов в соотношении 2:2:1;
- совместный помол до удельной поверхности $S_{уд} = 600 \text{ м}^2/\text{кг}$;
- дозировка цемента и суперпластификатора (0,5 % от массы цемента);
- смешивание цемента с суперпластификатором;
- смешивание цемента и суперпластификатора с тонкомолотыми компонентами НСМ.



Рисунок 2 – Общая технологическая схема производства композиционного вяжущего

Выводы

Исследования показали, что осадочные горные породы Камбоджи являются эффективным минеральным компонентом для получения НСМ с достаточными запасами внутренних энергетических характеристик. Установлено, что на их основе возможно получение композиционных вяжущих с высокими физико-механическими свойствами.

Разработан новый наноструктурированный модификатор (НСМ) композиционного вяжущего, состоящего из глины, базальта и мела, смешанных в соотношении 2:2:1 при совместном помоле до удельной поверхности $S = 600 \text{ м}^2/\text{кг}$. Установлен характер процессов структурообразования композиционного вяжущего, полученного путем введения в портландцемент суперпластификатора и НСМ в условиях жаркого климата Камбоджи, заключающийся в избирательном воздействии этих компонентов на процессы синтеза новообразований.

Установлено оптимальное содержание НСМ в цементных вяжущих и влияние ее тонкости помола на физико-механические и технологические свойства композиционных вяжущих. Исследовано влияние способа помола сырьевых компонентов и установлено, что наиболее оптимальной дозировкой является 3 % НСМ с учетом технико-экономической целесообразности.

Микроструктура композиционного вяжущего, полученного при совместном помоле цемента с пластифицирующей добавкой (0,5 %) обладает более однородным строением по сравнению с обычным цементом, что связано со снижением водоцементного отношения. В составе гидратных новообразований отмечается наличие плотных соединений вблизи зерен НСМ и в контактных зонах, минимальное количество пор и микротрещин.

Установлена взаимосвязь технологических и физических факторов с кинетикой процесса структурообразования, и конечным результатом этого процесса – параметрами структуры и физико-механическими свойствами. Увеличение прочности композита при введении НСМ обеспечивается за счет:

- ускорения начальной стадии твердения при наличии дополнительных центров кристаллизации;
- образования дополнительных контактов между кристаллогидратами за счет связывания, выделяющейся в процессе гидратации извести;
- обеспечения высокоплотной упаковки за счет полидисперсного состава добавки.

Список литературы:

1. Мосяков Д.В. Камбоджа: внутреннее развитие. 1979-1991 гг. // М.: Стройиздат 1991. 148 с.
2. Vickery, M. Kampuchea, Politics // Economics and Society. L. 2010. 211 p.
3. Lupandina N.S., Saprionova Z.A., Sverguzova S.V., Lesovik V.S. Copper and nickel substances extraction from water mediums by waste of disaccharide production // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 8. С. 310-315.
4. Шахова Л.Д., Лесовик В.С. Методология исследований высокоризованных композиционных систем // Academia. Архитектура и строительство. 2007. № 3. С. 83-86.
5. Чулкова И.Л., Лесовик В.С. Формирование структуры и свойств известково-реставрационных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 64-68.
6. Курбатов В.Л., Лесовик В.С., Дайронас М.В. Бетоны на заполнителях из валуно-галечно-гравийно-песчаных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 20-22.
7. Коломацкая С.А., Тарасов А.С., Лесовик В.С. Тепловыделение на ранних стадиях твердения ячеистого бетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 40-43.
8. Бессмертный В.С., Минько Н.И., Бондаренко Н.И., Лесовик В.С., Яхья Мохаммед Яхья, Бондаренко Д.О., Табит Салим Аль-Азаби Исследование влияния плазменной обработки стеновых строительных материалов на потребительские свойства защитно-декоративных покрытий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 59-62.
9. Лесовик В.С., Перькова М.В., Бабаев В.Б. Архитектурная геоника как междисциплинарное направление в архитектурной науке и практике // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 74-79.
10. Бессмертный В.С., Ильина И.А., Лесовик В.С., Борисов И.Н., Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О. Кинетические параметры дегидратации гидросиликатов при плазменной модификации силикатного кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 231-235.
11. Лесовик В.С., Федюк Р.С. Теоретические предпосылки создания цементных композитов повышенной непроницаемости // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2016. № 1 (47). С. 65-72.

12. 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. T. 9. № 4. C. 233-245.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Соколова Ю.В.¹, аспирант,
Айзенштадт А.М.¹, д-р хим. наук, проф.,
Строкова В.В.², д-р техн. наук, проф.,
Нелюбова В.В.², канд. техн. наук, доц.

¹Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова

²Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

Предварительные исследования, представленные в работах [1-2], показали возможность использования добавки на основе глиоксаля и сапонит-содержащего отхода для укрепления песчаных оснований дорог и инженерных коммуникаций. Модификация грунта органоминеральной добавкой увеличивает его удельное сцепление в 50 раз.

Однако в настоящее время окончательно не определен оптимальный состав добавки. Согласно проведенным экспериментам по исследованию дисперсионного взаимодействия в системе глиоксаль-кремнезем, содержание глиоксаля составило 0,52% от массы песка. Для обеспечения равномерной полимеризации глиоксаля по всему объему опытного образца использовался сапонит-содержащий отход, основными породообразующими минералами которого являются сапонит – 63 %, кварц – 10% и доломит – 10% [3]. Количество сапонит-содержащего материала (ССМ) было определено исходя из его удельного водопоглощения и составило 17% от массы песчаной фракции [4]. Ввиду того, что основным функциональным компонентом используемого отхода является сапонит, для уменьшения содержания так называемой «инертной» неорганической составляющей органоминеральной добавки предполагается использовать данный минерал, предварительно выделив его из сапонит-содержащего материала.

Сапонит представляет собой глинистый минерал, слоистый силикат из группы монтмориллонита, характеризующийся следующим элементным составом: $(Ca_{0,5}, Na)_{0,3}(Mg, Fe)_3(SiAl)_4O_{10}(OH)_2 \times 4H_2O$ - и обладающий свойствами бентонитов [3].

Известно, что в состав глин входят различные минеральные примеси, значительно ухудшающие их свойства и приводящие в ряде

случаев к непригодности глины для технических целей. Так, например, примеси кварцевого песка значительно ухудшают такие свойства глин, как пластичность, связующую способность и водоупорность.

В настоящее время применяют различные методы очистки глин: механические, физические, химические.

Но наиболее технологически простым и ускоренным, на наш взгляд, является метод отмучивания [5]. Данный метод основан на явлении седиментации более крупных и тяжелых частиц.

Исходя из минералогического состава ССМ, можно предположить, что если в качестве минеральной составляющей добавки использовать чистый сапонит, то массовое содержание модификатора можно сократить на 40 %. При этом по нашему мнению, будет обеспечено его максимальное водонасыщение.

Цель исследований, представленных в данной работе, заключается в уменьшении содержания минеральной составляющей добавки путем очистки сапонит-содержащего отхода от примесей и исследовании прочностных характеристик грунта (максимальное напряжение при сжатии) с исходным и отмученным сапонитом.

Для достижения поставленной цели изготавливали две группы образцов: с ССМ до (контрольный) и после отмучивания (опытный).

Первоначально сапонит-содержащий материал доводили до постоянной массы при температуре $105\pm 5^\circ\text{C}$.

Затем очищали от примесей методом отмучивания. Для этого отбирали пробу ССМ массой 300 г, предварительно разбив крупные куски на более мелкие, и помещали в емкость с водой на сутки до образования однородной суспензии. Соотношение сапонит-содержащего материала и воды – 1:3. Далее смесь тщательно перемешивали и оставляли на пару минут, чтобы тяжелые примеси осели на дно. Суспензию, оставшуюся на поверхности, сливали в другой сосуд. После этого извлекали очищенный сапонит путем выпаривания воды в сушильном шкафу при температуре $105\pm 5^\circ\text{C}$.

Высушенные пробы исходного (контрольная) и отмученного (опытная) ССМ измельчали на планетарной шаровой мельнице RetschPM100 (продолжительность помола – 60 мин., 420 об/мин, 80°C). Размер частиц образцов определяли на установке DelsaNanoSeriesZetaPotentialandSubmicronParticleSizeAnalyzers, средний размер частиц составил 591 ± 28 нм.

Для исследования прочностных характеристик грунта с контрольной и опытной пробой сапонит-содержащего материала изготавливали образцы-таблетки с оптимальным содержанием глиоксаля 0,52% от массы песка, но различным количеством сапонита: 0, 5, 10, 17 % от массы песка на гидравлическом прессе ПЛГ-20 (рисунок 1) при давлении 1 МПа.

Диаметр образцов – 30 мм и высота 18-19 мм (рисунок 2). Образцы выдерживали в естественных условиях в течение суток и затем испытывали на сжатие на универсальной настольной испытательной машине AGS-5kNXSHIMADZU (рисунок 3).



Рисунок 1 – Гидравлический пресс ПЛГ-20



Рисунок 2 – Образец песчаного грунта с добавкой глиоксаля и сапонит-содержащего материала

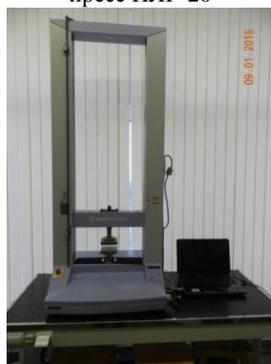


Рисунок 3 – Универсальная настольная испытательная машина AGS-5kNXSHIMADZU

Вид полученной зависимости силы от хода для опытного образца с 10%-ным содержанием сапонита представлен на рисунке 4.

После завершения серии экспериментов, состоящих из трех параллельных измерений, рассчитывали среднее значение максимального напряжения при сжатии.

Результаты испытания сведены в таблицу 1 и представлены на рисунке 5.

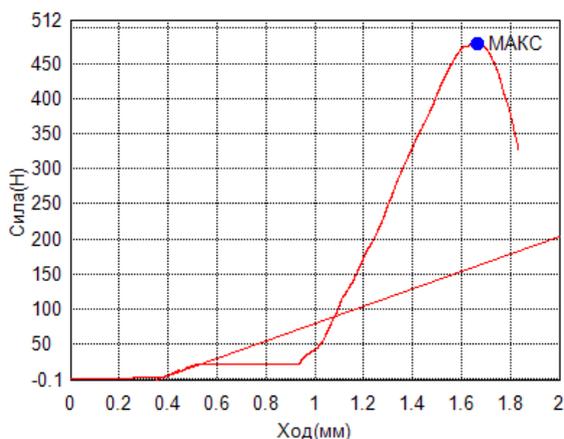


Рисунок 4 – Зависимость силы от хода для опытного образца с 10%-ным содержанием сапонита

Таблица 1 – Максимальное напряжение при сжатии для контрольного и опытного образцов песчаного грунта с различным количеством сапонит-содержащего материала

Количество ССМ (в процентах от массы песка), С, %	Максимальное напряжение для контрольного образца, σ , МПа	Максимальное напряжение для опытного образца, σ , МПа
0	0,160	0,160
5	0,210	0,325
10	0,300	0,678
17	1,040	1,536

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Показана принципиальная возможность улучшения свойств песчаных грунтов с помощью введения органоминеральной добавки на основе глиоксаля и сапонит-содержащего отхода.

2. Установлено, что уменьшение содержания примесей в сапонит-содержащем отходе приводит к повышению прочностных характеристик грунта и увеличению эффективности добавки в целом. Максимальное напряжение при сжатии увеличивается в среднем в 1,5 раза.

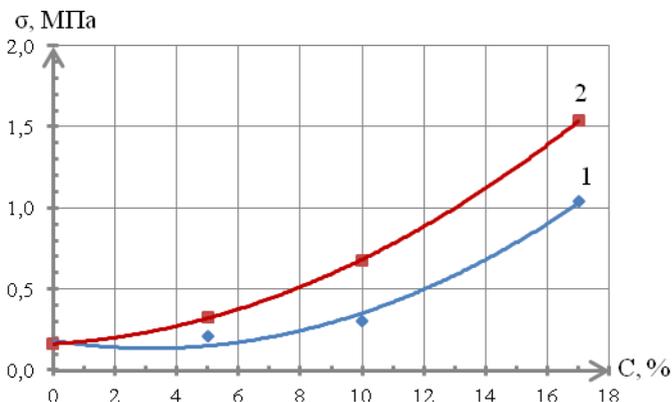


Рисунок 5 – Зависимость максимального напряжения при сжатии от количества ССМ: 1 – контрольный образец; 2 – опытный образец

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-33-50121.*

Список литературы:

1. Гайда Ю.В., Айзенштадт А.М., Мальков В.С., Фомченков М.А. Органоминеральная добавка для укрепления песчаных грунтов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 11. С. 17–21.
2. Гайда Ю.В., Айзенштадт А.М., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Оптимизация процесса полимеризации глиоксаля – компонента органоинеральной добавки для укрепления песчаных грунтов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 6–10.
3. Гайда Ю.В., Айзенштадт А.М. Характеристика сырьевых материалов для органоинеральной добавки // Материалы I всероссийской конференции с международным участием «Инновационные материалы и технологии для строительства в экстремальных климатических условиях». Архангельск: САФУ, 2014. С. 83–89.
4. Морозова М.В., Айзенштадт А.М., Тутыгин А.С. Водопоглощение сапонит-содержащих отходов обогащения кимберлитовых руд // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 11. С. 29–31.
5. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний. Утвержден: Госстрой СССР, 05.10.1988.

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ОБЪЕМНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАНОЧАСТИЦ В ПОКРЫТИЯХ

Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,

Баскаков П.С., ст. преподаватель,

Мальцева К.П., студент,

Сайделов С.Р., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Способность формирования твердой нерастворимой пленки из раствора – одно из основных требований к лакокрасочным материалам. Физическая сущность процесса пленкообразования состоит в возможности перехода полимерного раствора из жидкого состояния в твердое на поверхности различных субстратов с образованием адгезионного слоя.

Основой лакокрасочного покрытия является пленкообразующее вещество, способное эффективно связывать пигменты и наполнители. Являясь непрерывной средой по объему покрытия, пленкообразующее заполняет промежутки между минеральными частицами наполнителей и подложкой, поэтому главное внимание обычно сосредотачивается именно на нем.

Главная функция покрытия и, как следствие, пленкообразующего – защитная. Ее осуществляют с помощью двух факторов: химическими свойствами самого пленкообразующего и адгезией с покрываемой поверхностью. Во втором факторе играют существенную роль свойства покрываемой поверхности, которые в конечном итоге определяют характеристики полученного покрытия. Для нанесения покрытия на поверхность строительных материалов, являющимися, по сути, пористыми минеральными субстратами, необходимо провести комплексную их обработку перед нанесением биоцидных покрытий.

Во всех остальных случаях (первый фактор) свойства пленки не зависят от покрываемой поверхности и всецело определяются характеристиками пленкообразователя и другими компонентами пленки. Несмотря на обилие исследований химии полимеров и поверхностных явлений [1-3], точные методики исследований еще мало разработаны. Руководствуясь стандартной моделью жидкости на пограничной поверхности, свойства пленки могут быть определены молекулярной природой вещества и характером ориентации молекул.

Одним из путей повышения биоцидной функции ЛКМ является

интенсификация выделения на поверхностный слой наночастиц серебра (НЧС). Структура тонкого слоя на границе раздела полимер – воздух представляет собой конденсированную фазу, толщина которой не превышает радиуса корреляции структурного взаимодействия частиц полимерной дисперсии связующего. Ввиду значительно более крупного по сравнению с ним и выходящего за его пределы наноразмерного серебра, измерение локальных свойств граничного слоя и объемного значения становится несущественным.

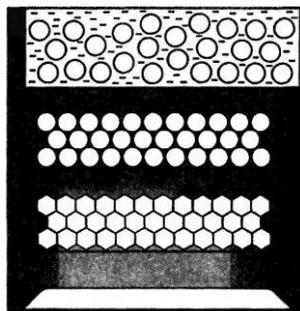


Рисунок 1 – Упрощенная схема процесса пленкообразования для дисперсий полимеров

Для определения структуры пленки с наночастицами, необходимо более детально рассмотреть процесс пленкообразования дисперсии по сравнению со стандартной моделью (рис. 1 и рис. 2) [4].

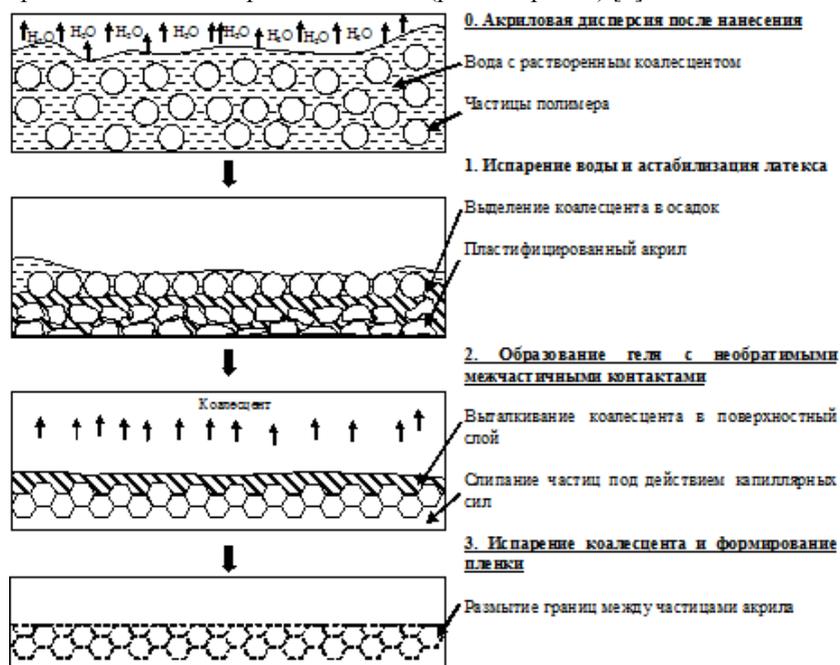


Рисунок 2 – Схема процесса пленкообразования из латексов в присутствии коалесцентов

Для рассмотрения процесса структурообразования латексов при испарении растворителя при добавлении НЧС следует учитывать такие необходимые компоненты ВД-ЛКМ как коалесценты. Они выполняют роль органических растворителей при формировании нерастворимой пленки, при этом должны хорошо растворяться в воде и испаряться медленнее. Как правило, они представляют собой гликоли и их производные, вводимые с целью улучшения пленкообразующей способности, придания морозостойкости и улучшения розлива красок. Механизм их действия основан на смещении адсорбционного равновесия на границе полимер-вода (рис. 3).

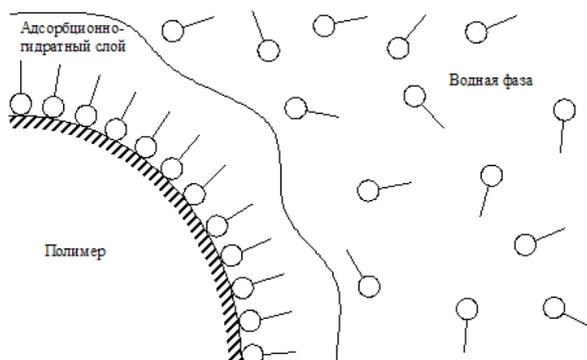


Рисунок 3 – Адсорбционное равновесие на границе полимер-вода

Если рассматривать полимерную дисперсию как чистую лиофобную систему, то для достижения адсорбционного равновесия необходимо наличие поверхностно-активных веществ (ПАВ). В настоящее время производители наиболее распространенных акриловых и стирол-акриловых дисперсий используют анионные ПАВ. С помощью их достигается минимальный размер частиц полимера в дисперсии, гидратация адсорбционного слоя, что, несомненно, повышает стабильность системы. Введение водорастворимых коалесцентов, таких как пропиленгликоль, в малых дозах позволяет пластифицировать верхний слой частиц, что способствует их лучшему растворению. Однако, в тоже время, смешиваемые с водой многоатомные спирты содержат гидрофобные фрагменты, которые делают систему более лиофильной. При малом соотношении гликоля к воде это не оказывает видимого эффекта на свойства дисперсии, однако, по мере испарения воды на нанесенной поверхности (рис. 2, стадия 1) гликоль, увеличивая свою долю в растворе, позволяет сместить равновесие дисперсии в

сторону растворителя. Адсорбционно-гидратный слой с молекулами воды и ПАВ неотвратно деградирует и утончается, что вызывает уменьшение энергии энтропийного отталкивания. Вследствие чего частицы полимера коагулируются и в дальнейшем полностью растворяются в нем (рис. 2, стадия 2), образуя однородную, гомогенную пленку с необходимым для ЛКМ набором деформационно-прочностных свойств.

Опираясь на процессы структурообразования описанной в данной модели в дальнейшем возможно изучение прочих факторов, косвенно проходящих параллельно процессам полимеризации, а именно идентификации положения наночастиц в покрытии.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Квасников М.Ю. Фторсодержащие лакокрасочные композиции и покрытия на их основе: автореф. дис. ... д-р. техн. наук. – М.: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. 34 с.
2. Композиционные материалы. Том 6. Поверхности раздела в полимерных композитах. Под ред. Э. Плюдемана. М.: Изд. «Мир», 1978 – 294 с.
4. Якубович С.В. Испытание лакокрасочных материалов М.: Изд. Химия. 1952. 480 с.
5. Казакова Е.Е., Скороходова О.Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. М.: Изд. Пэйнт Медиа. 135 с.
6. Строкова В.В., Сумин А.В., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А. Модифицированное вяжущее с использованием наноструктурированного минерального компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 36-39.
7. Огурцова Ю.Н., Латыпов В.М., Строкова В.В. Особенности структурообразования цементных систем в присутствии полисиликатов натрия // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 54-58.
8. Нелюбова В.В., Строкова В.В., Осадчий Е.Г., Подгорный И.И., Шаповалов Н.А. Механоактивация как способ управления процессами структурообразования автоклавных материалов на различных уровнях организации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 7-9.
9. Строкова В.В., Огурцова Ю.Н., Боцман Л.Н. Влияние характеристик активного компонента на степень пропитки мелкозернистого бетона

- при эпикристаллизационном модифицировании // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 97-101.
10. Гайда Ю.В., Айзенштадт А.М., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Оптимизация процесса полимеризации глиоксаля – компонента органоминеральной добавки для укрепления песчаных грунтов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 6-10.
 11. Нелюбова В.В., Кобзев В.А., Сивальнева М.Н., Подгорный И.И., Пальшина Ю.В. Особенности наноструктурированного вяжущего в зависимости от генезиса сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 25-29.
 12. Нелюбова В.В., Алтынник Н.И., Строкова В.В., Подгорный И.И. Реотехнологические свойства ячеистобетонной смеси с использованием наноструктурированного модификатора // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 58-61.
 13. Оноприенко Н.Н., Рахимбаев Ш.М. Влияние вязкости водорастворимых полимеров на их эффективность как компонентов строительных растворов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 62-66.
 14. Ильина Т.Н. О взаимодействии водорастворимых полимеров с компонентами гранулируемых шихт // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 110-113.
 15. Лопанов А.Н. Серебро. Физико-химические свойства. Биологическая активность. СПб.: Изд. Агат, 2005. 400 с.
 16. Фоменко Е.А., Ольгинский А.Г. Определяющая роль процессов контактообразования в формировании свойств укрепленных грунтов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2006. № 34-35. С. 43-45.
 17. Строкова В.В., Баскаков П.С., Мальцева К.П. Уточнение методики расчета критической объемной концентрации пигментов в составе лакокрасочных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 144-148.

ОТХОДЫ ТЭС КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ АЛЮМОСИЛИКАТНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Строкова В.В.¹, д-р техн. наук, проф.,
Маркова И.Ю.¹, канд. техн. наук,
Марков А.Ю.¹, аспирант,
Шиман А.А.², исследователь,
Дмитриева Т.В.¹, канд. техн. наук, доц.,
Степаненко М.А.¹, студент

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

*Корпорация по исследованию и развитию в области
дорожного строительства и транспорта, КОРАСФАЛТОС, Колумбия*

В настоящее время приобрела широкое распространение тенденция ресурсо- и энергосбережения, которая акцентирует особое внимание на возможности вторичного использования техногенного сырья. Все отходы условно можно разделить на следующие классы: механогенные; пирогенные; хемогенные; биогенные (рисунок 1).

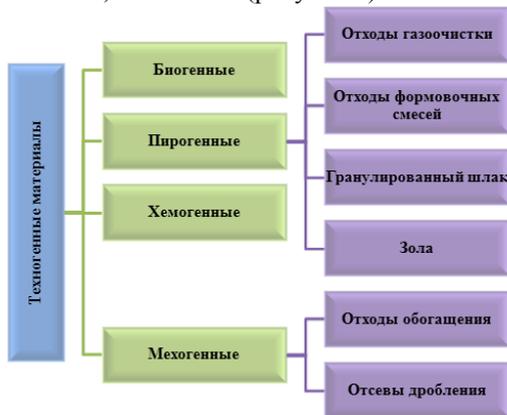


Рисунок 1 – Классификация техногенных материалов

Наибольший интерес для строительной индустрии в целом среди техногенных материалов представляют пирогенные и механогенные. Среди техногенного сырья пирогенного происхождения одно из первых мест по объему образования занимают золы и шлаки от сжигания твердых видов топлива. Это связано с тем, что основным

источником для выработки электроэнергии в нашей стране являются топливосодержащие ископаемые (антрацитовые, бурые и каменные угли, горючие сланцы, торф).

В Российской Федерации около 70 % всей электроэнергии вырабатывает от сжигания твердого топлива – углей, сланца, торфа. В результате образуется около 50 млн. т золошлаковых отходов в год. В нашей стране насчитывается около 200 действующих ТЭС, многие из которых ежегодно образуют 1 млн. т золы и шлака, а станции, сжигающие многозольное топливо – 5 млн. т. Отходы топливно-энергетического комплекса, образующиеся в топках тепловых электростанций, представляют собой огромные скопления золы в виде пылевидных остатков и кускового шлама, а также различные золошлаковые смеси [1]. Эти продукты высокотемпературной обработки (1200–1700 °С) минеральной части топлива нашли широкое применение во многих странах мира, и, учитывая мировую тенденцию к увеличению доли вторичного рынка использования отходов, следует прогнозировать повышение темпов их переработки и у нас в России.

В зависимости от вида топлива зола подразделяется на несколько видов (рисунок 2). Содержание золы при сгорании топлива различно: в каменных и бурых углях – 1–45 %, в горючих сланцах – 50–80 %, в топливном торфе 2–30 %.



Рисунок 2– Классификация зол в зависимости от вида топлива

В России и мире в настоящее время проводят активные исследования по перспективам внедрения золошлаковых отходов в промышленность строительных материалов, самую крупнотоннажную по потреблению сырья и производству готовой продукции [2–5]. Особый интерес в применении золошлаковых отходов представляет дорожное строительство. Данная область промышленности является крупнотоннажным потребителем зол. Золы и золошлаковые смеси используют для устройства подстилающих и нижних слоев оснований [6–8], полной и частичной замены вяжущих при стабилизации грунтов

цементом и известью, как минеральный порошок в асфальтовых бетонах и растворах, как добавки в дорожных цементных бетонах [7]. Применение золошлаковых отходов в асфальтовых материалах является перспективной, актуальной и экономически целесообразной разработкой. В практике дорожного строительства известно проведение ряда исследований по изучению возможности применения золошлаковых отходов в качестве минерального порошка в составе асфальтобетонной смеси [10, 11]. Кроме того, исследована возможность использования зол-уноса, полученных при сжигании каменных и бурых углей, в качестве добавки для модификации дорожного битума.

В результате проведенных исследований установлено, что свойства отходов ТЭС, определяющие их использование как модификатора битума, зависят, прежде всего, от химико-минералогического состава, дисперсности, пористости, формы и текстуры поверхности частиц. В свою очередь существует ряд факторов, которые определяют свойства зол-уноса (рисунок 3).



Рисунок 3 – Факторы, влияющие на состав и свойства зол-уноса

Исследование физико-механических характеристик зол-уноса с использованием стандартных и альтернативных методов позволило проанализировать наиболее значимые свойства с точки зрения

использования их в дорожно-строительных композитах [12–14]. В результате проведенных исследований установлены наиболее информативные характеристики зол-уноса, которые позволяют определить целесообразность и прогнозировать эффективность использования зол-уноса как модификаторов битума. Кроме того, установлены закономерности их влияния на свойства модифицированного битума, использование которых в результате приводит и к повышению качества асфальтобетона (рисунок 4).



Рисунок 4 – Свойства зол-уноса и их влияние на свойства дорожно-строительных композитов

Использование зол-уноса ТЭС в качестве структурирующей добавки к битуму при производстве асфальтобетона позволяет повысить физико-механические и вязкоупругие свойства битума.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №14-41-08024, а также в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Путилин Е.И. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС. 2003. 60 с.
2. Чулкова И.Л. Автоматизированное проектирование строительных композитов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. № 5 (27). С. 101–106.
3. Абызов А.Н., Юферов П.А., Рытвин В.М., Перепелицын В.А., Григорьев В.Г. Применение жаростойких бетонов на основе высокоглиноземистых техногенных материалов взамен импортных огнеупоров // Новые огнеупоры. 2012. № 3. С.83–84.
4. Berry E.E., Malhotra V.M. Fly Ash for use in concrete – a critical review // АСЦ. 1982. Vol. 2. № 3. P. 59–73.
5. Lane R.O., Best J.F. Properties and use of fly ash in Portland cement concrete // Concrete international. 1982. Vol. 4. № 7. P. 81–92.
6. Сиротюк В.В., Иванов Е.В. Вязкоупругие характеристики битума и их оценка по стандартным показателям // Автомобильные дороги. 2013. № 9. С. 89–92.
7. Степенец В.Г., Исаенко М.В., Герасимов А.В., Герасимова И.В. Опыт строительства дорожных одежд с основаниями из золоминеральных смесей в Омской области // Автомобильные дороги. 2013. № 9. С. 93–94.
8. Езов В.В., Марсов Ю.П., Таршилов Л.М. Преимущества оснований из ЗМС // Автомобильные дороги. 2013. № 9. С. 96–97.
9. Ярмолинская Н.И., Закурдаев И.Е., Латкин А.С. Использование золошлаков гидроудаления дальневосточных ТЭС // Автомобильные дороги. 1988. № 9. С 17–19.
10. Nagesh Tatoba Suryawanshi, Samitinjay S. Bansode, Pravin D. Nemade. Suryawanshi Use of Eco-Friendly Material like Fly Ash in Rigid Pavement Construction & It's Cost Benefit Analysis // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2012. Vol. 2. № 12. P. 795–800.
11. Маркова И.Ю., Строкова В.В., Дмитриева Т.В. Влияние зол-уноса на вязкоупругие характеристики дорожного битума // Строительные материалы. 2015. №11. С. 28–31.
12. Маркова И.Ю., Дмитриева Т.В., Кожухова Н.И., Марков А.Ю. Состав и свойства зол-уноса как модификаторов битумного вяжущего // Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий: IX Межрегион. науч.-техн. конф. молодых ученых, специалистов и студентов ВУЗов, Апатиты, 15–17 апр. 2015 г. Апатиты, 2015. С. 69–71.
13. Строкова В.В., Маркова И.Ю., Дмитриева Т.В. Исследование вариативности физико-механических свойств техногенного сырья в виде зол-уноса ТЭС различных генотипов с точки зрения

- использования для модификации битума // Междисциплинарные подходы в материаловедении и технологии. Теория и практика: Всероссийское совещание заведующих кафедрами материаловедения и технологии материалов, Белгород, 6–8 окт. 2015 г. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 224–229.
14. Лютенко А.О., Строкова В.В., Лебедев М.С., Дмитриева Т.В., Николаенко М.А. Анализ микроструктуры алюмосиликатного сырья с позиции применения его в дорожном строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 33–38.

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ, ПОЛУЧЕННЫХ В ВИХРЕВОЙ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Сумской Д.А., аспирант,

Канева Е.В., аспирант,

Загороднюк Л.Х., д.т.н., проф.,

Фомин А.Е., аспирант,

Мохамад Альфажр Абдулкарим, аспирант

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

В России энергопотребление в домах составляет 400...600 кВт·ч/год на 1 м², этот показатель предполагают снизить к 2020 году на 45%.

Практика строительства энергоэффективных домов в России показывает, что цифры энергопотребления для одинакового по конструктиву дома выше Европейских норм на 35...50%, что значительно эффективнее, чем традиционные методы строительства в России. Технология строительства энергосберегающих домов за несколько лет внедрения в России оправдала свою эффективность. На сегодняшний день, как отмечают, профессионалы строительной сферы и различные издания, современная технология строительства активно используется не только в Москве, но и в других городах меньшего размера, например, в Орле [1].

Для получения теплоизоляционных штукатурных растворов важное значение определяет соотношение вяжущее и заполнитель, которое обеспечивает определенные требуемые плотности и прочности полученного композита.

Традиционно для обычных штукатурных растворов берется соотношение вяжущее: заполнитель от 1:1 до 1:8. Для получения теплоизоляционных растворов целесообразно использовать легкий заполнитель с пористой структурой с целью снижения плотности и обеспечения более высоких теплоизоляционных свойств системе. Наиболее эффективны такие материалы, как вспененный полистирол, керамзит, шлаковая пемза, вермикулит, вспученный перлит. Использование таких заполнителей имеет сегодня приоритетное значение. В качестве заполнителя в теплоизоляционных штукатурных растворах в нашей стране наиболее эффективно применение вспученного вермикулита и вспученного перлита [2-4].

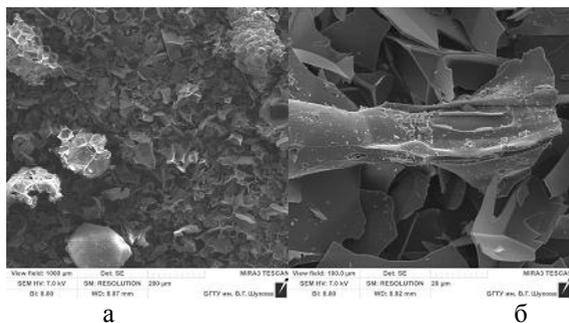
При подборе соотношения вяжущее и заполнитель, в нашем случае, цемент – перлитовый песок основополагающим является выбор оптимального соотношения между этими компонентами. При высоком содержании перлитового песка и низком содержании цемента штукатурный раствор имеет низкую плотность и низкий коэффициент теплопроводности, однако, штукатурный раствор имеет рыхлую неравномерную структуру и поверхность штукатурного раствора будет растрескиваться и осыпаться, и не выдержит множественные перепады температур. При высоком содержании цемента и низком содержании перлита раствор не растрескивается, не крошится, однако, имеет высокую плотность, прочность и теплопроводность, что снижает сопротивление теплопередаче и ухудшает теплофизические свойства штукатурного раствора. Выходом из этой ситуации является изменение свойств вяжущего, повышение доли цементного теста в растворе за счет замены части портландцемента минеральной добавкой, имеющей среднюю насыпную плотность намного меньшую, чем портландцемент. Реализация вышеизложенного позволит создать сухую теплоизоляционную штукатурную смесь с улучшенными физико-механическими и теплофизическими свойствами.

В качестве сырьевых материалов были применены цемент ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2003) ЗАО “Белгородский цемент” и перлитовая пыль. Для установления оптимального состава композиционного вяжущего использовали агрегат-вихревую струйную мельницу ВСМ-01, футировка рабочей камеры-лунная поверхность. Гранулометрический анализ исследовали на установке MicroSizer 201.

В ходе исследований получены микрофотографии исходных материалов - перлитовой пыли и портландцемента, а также композиционных вяжущих при увеличении от 2 до 200 мкм. На рисунке 1 (а,б) показаны зёрна неизмельчённой перлитовой пыли, имеющие оскольчато-пластинчатую форму, а на рисунке 2 (а,б) частицы портландцемента. На рисунке 3 (а,б) приведены микрофотографии перлитовой пыли, измельченной в вихревой струйной мельнице. Как видно, помол в установке повлиял на частицы перлита, которые приобрели тонко-пластинчатую форму по типу “шоколадной крошки”. Помол влияет на структуру зёрен, а следовательно повлияет на свойства композиционного вяжущего.

Вяжущие композиции получали совместным помолом цемента и перлитовой пыли в агрегате. Содержание перлита в композиции от 5 до 10 %. На фотографиях 4 (а,б) и 5 (а,б) видно формирование микроструктуры цементного камня и перлитовых зёрен. Изучение

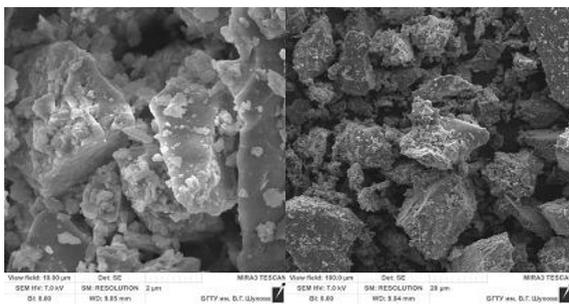
микроструктуры показало, что зёрна в вихревой струйной мельнице истираются между собой, в струйных потоках о внутреннюю стенку мельницы, раздавливаются между мелющимися телами и футеровкой камеры.



а

б

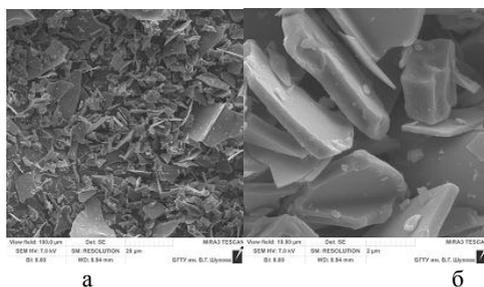
Рисунок 1 – Перлитовая пыль



а

б

Рисунок 2 – Портландцемент



а

б

Рисунок 3 – Перлитовая пыль, измельчённая в вихревой струйной мельнице

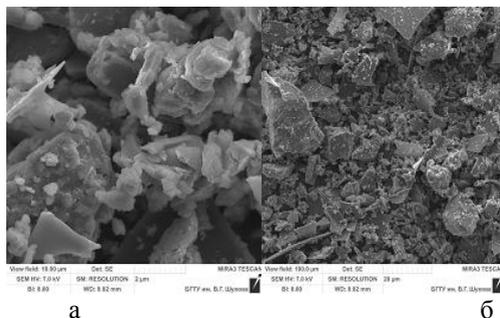


Рисунок 4 – Композиционное вяжущее (содержание перлита 10%), измельчённое в вихревой струйной мельнице

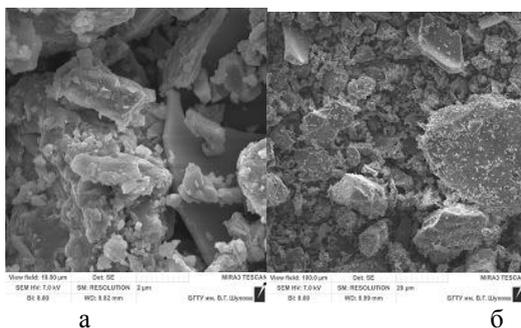


Рисунок 5 – Композиционное вяжущее (содержание перлита 5%), измельчённое в вихревой струйной мельнице

Получение высокоэффективных вяжущих веществ нового поколения сегодня сопровождается использованием сложных, с химической и минеральной точки зрения, составов компонентов с целью получения высококачественных бетонов разного функционального назначения с улучшенными, а иногда и с принципиально новыми свойствами и определенной заранее заданной структурой. В основу создания таких вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией на всех ее этапах: использование активных компонентов, разработка оптимальных составов, применение химических модификаторов, использование механохимической активации компонентов и некоторых других приемов [5-12].

Очевидно, что в обозримом будущем приоритет, по-прежнему, будет принадлежать модифицированным и смешанным вяжущим [13-16]. В настоящее время проводятся экспериментально-теоретические исследования и разработки в направлении оптимизации составов вяжущих с добавками, изучение процессов их структурообразования и свойств, апробации новых видов добавок, в том числе ультрадисперсных.

Список литературы:

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях: Проблема и пути ее решения / Ю.А. Матросов. М.: НИИСФ. 2008. 496 с.
2. Трофимов Б.Я. Теплоизоляционные штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем / Б.Я.Трофимов, Р.Я.Ахтямов, Р.М.Ахмедьянов // Цемент и его применение. 2002. №3. С. 38-39.
3. Материалы и изделия на основе вспученного перлита / А.В.Жуков [и др.]. М.: Стройиздат, 1972. 159 с.
4. Набиевский С.Ю. Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и негорючих теплоизоляционных изделиях / С.Ю. Набиевский. М.: Строительные материалы. 2006. 496 с.
5. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова// Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С.267-271.
6. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк Л.Х., Д.А. Беликов, А.Ю. Щекина, А.А. Куприна //Строительные материалы.- 2014. №7. С. 82-85.
7. Загороднюк Л.Х. Композиционные вяжущие на основе органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей/Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С.25-31.
8. Загороднюк Л.Х. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.А. Беликов // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112-119.
9. Lesovik V.S. Structure-formation of contact layers of composite materials / V.S. Lesovik, L.H. Zagorodnyuk, M.M. Tolmacheva, A.A. Smolikov, A.Y. Shekina, M.H.I. Shakarna // Life Science Journal. 2014. Т. 11№ 12. С. 948-953.
10. Kuprina A.A. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin/ A. A. Kuprina, V. S. Lesovik, L. H. Zagorodnyuk, M. Y. Elistratkin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. 9: 816-819.
11. Lesovik V. S. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works /

- V. S. Lesovik, I. L. Chulkova, L. Kh. Zagordnyuk, A. A., Volodchenko, and Popov D. Y. // Research Journal of Applied Sciences, 2014, T. № 9. С. 1100-1105.
12. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей./ В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 4-9.
 13. Баженов, Ю.М. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами /Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин// Изв. вузов. Строительство. 1996. №7. С. 55-58.
 14. Комохов П.Г. Научно-технологическая технология конструкционного бетона как композиционного материала. Часть 1 / П.Г. Комохов //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. №4. С. 36-38.
 15. Комохов П.Г. Научно-технологическая технология конструкционного бетона как композиционного материала. Часть 2 / П.Г. Комохов //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. №5. С. 26-29.
 16. Лесовик В.С. О развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» / В.С. Лесовик, В.В. Строкова // Строительные материалы. 2006. №8. С. 18-20.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ С ОТХОДАМИ ПЕРЛИТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Сумской Д.А., аспирант,
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Чулкова И.Л., д-р техн. наук, проф.,
Воронов В.В., аспирант,
Канева Е.В., аспирант,
Науменко Н.А., студент,
Туцкая И.Н.**

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

К теплоизоляционным относят материалы с низкой теплопроводностью, предназначенные для тепловой изоляции строительных конструкций, промышленного оборудования и трубопроводов. Использование материалов с низкой теплопроводностью в ограждающих конструкциях, например, в крупнопанельных жилых зданиях, дает возможность снизить расход материалов по сравнению с конструкциями без тепловой изоляции. Рациональное использование 1 т теплоизоляционных материалов дает возможность экономить до 200 т топлива (в условном исчислении) в год [1].

Получение высокоэффективных вяжущих веществ нового поколения сегодня сопровождается использованием сложных, с химической и минеральной точки зрения, составов компонентов с целью получения высококачественных бетонов разного функционального назначения с улучшенными, а иногда и с принципиально новыми свойствами и определенной заранее заданной структурой. В основу создания таких вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией на всех ее этапах: использование активных компонентов, разработка оптимальных составов, применение химических модификаторов, использование механохимической активации компонентов и некоторых других приемов [2-12].

В последние годы для получения высококачественных бетонов и повышения эффективности использования цемента в различных цементных композициях, применяют композиционные вяжущие вещества. При приготовлении композиционных вяжущих веществ к

основному вяжущему компоненту добавляют различные специальные добавки и активные минеральные компоненты. Для регулирования свойств композиционных вяжущих в них вводят различные органические добавки, что позволяет в широком диапазоне варьировать свойства композиционного вяжущего в зависимости от их назначения [13-18].

В настоящее время ведутся экспериментально-теоретические исследования по оптимизации составов строительных композитов, изучение процессов структурообразования и свойств цементных вяжущих в различных строительных композитах.

Исходя из того, что композиционные вяжущие состоят из вяжущих, минеральных и органических компонентов, мы на первом этапе изучали вяжущие композиции из цемента и минеральной добавки – вспученного перлитового песка, полученных в различных помольных агрегатах: в шаровой и вибрационной мельницах, с установлением оптимального соотношения цемента и минеральной добавки, обеспечивающего эффективные физико-механические показатели вяжущих композиций.

Вяжущие композиции, приготовленные в вибрационной мельнице, показали наилучшие показатели предела прочности при сжатии 55,6 МПа при содержании добавки перлитового песка 5 и 10%, и времени помола 30 мин. При увеличении продолжительности времени помола значительно увеличивается удельная поверхность вяжущей композиции, что приводит к существенному снижению предела прочности при сжатии.

В результате проведения экспериментов установлено, что вяжущие композиции, полученные в шаровой мельнице при наибольшем расходе перлита 10% обеспечивают наилучшие показатели предела прочности при сжатии по сравнению с бездобавочным цементом на 12%, а вяжущие композиции, приготовленные в вибрационной мельнице при расходе перлита 5% имеют прочность, превосходящую прочность бездобавочного цемента на 14%.

При использовании в качестве минеральной добавки вспученного перлитового песка в вяжущих композициях мы обеспечиваем экономию высокоэнергоемкого цемента.

Добавка вспученного перлитового песка в композиционном вяжущем позволит создать надежный прочный контакт с крупными перлитовыми зёрнами теплоизоляционного заполнителя; существенно снизить среднюю плотность композиционного вяжущего с 2200 кг/м^3 до 1815 кг/м^3 , что на 17,5 % меньше, чем у обычного бездобавочного

цементного камня. Добавка Melflux 6681F позволит существенно снизить водопотребность композиционного вяжущего с 28 до 22 %, что на 28,5 % меньше, чем у обычного бездобавочного цементного камня.

Полученное композиционное вяжущее позволит в два раза снизить расход цемента и, вследствие чего, эти добавки позволят за счет снижения содержания воды и цемента в теплоизоляционной штукатурке снизить плотность обычного теплоизоляционного штукатурного раствора на цементном вяжущем со средней плотности 440 кг/м³ до плотности 285 кг/м³.

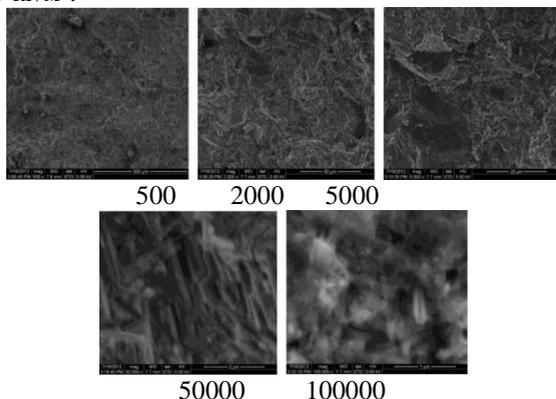


Рисунок 1 – Микрофотографии структуры композиционного вяжущего в возрасте 28 сут (предел прочности при сжатии 95,2 МПа)

Микрофотографии структуры композиционного вяжущего оптимального состава представлены на рис. 1. Микроструктура композиционного вяжущего характеризуется однородным плотным строением блоков-агрегатов, которые скреплены со всех сторон продуктами гидратации, отмечается наличие плотных образований контактной сетки с переплетением контактных слоев, которые обеспечивают тесные контакты с минимальным содержанием пор. Специфика структуры позволила активно формироваться новообразованиям, что способствовало формированию микроструктуры контактных зон и всего камня в целом, что подтверждается результатами физико-механических испытаний, обеспечивая предел прочности при сжатии в два раза превосходящий прочность бездобавочного цемента и составляющий 95,2 МПа.

Таким образом, получено композиционное вяжущее отвечающее поставленным выше задачам.

Установлено, что использование перлитового песка в качестве компонента композиционного вяжущего обеспечит снижение расхода и высокоэнергоемкого вяжущего – портландцемента и снизит плотность полученного композиционного вяжущего, а вследствие этого и плотность теплоизоляционного раствора, а значительные физико-механические показатели композиционного вяжущего позволят существенно снизить (в 2 раза) расход вяжущего в теплоизоляционном растворе.

Установлено, что использование полученных композиционных вяжущих, приготовленных с введением 10% перлитового песка и пористого заполнителя – перлитового песка обеспечивает высокие физико-механические и эксплуатационные характеристики теплоизоляционных растворов, что объясняется химическим и минеральным сродством легкого перлитового заполнителя и тонкодисперсного композиционного вяжущего, полученного с использованием перлитового песка.

Изучение микроструктуры сколов теплоизоляционного раствора, полученного на вспученном перлитовом песке и композиционном вяжущем показало, что структура раствора равномерно пористая. Отмечаются тонкозернистые образования на внутренних поверхностях пор, по всей поверхности скола отмечается наличие блоков-агрегатов, на которых наблюдаются проросшие кристаллические новообразования. Просматриваются зерна перлита, на которых, как на полочках, формируются кристаллические новообразования, окаймляющие поры. Таким образом, созданное сродство структур в сырьевых компонентах будет способствовать формированию мелкокристаллических новообразований, которые обеспечат повышенную прочность и долговечность теплоизоляционного раствора.

Кроме того, особенности зерен минеральной добавки оскольчато-пластинчатой формы, полученной в шаровой мельнице, в вяжущих композициях создадут лучший контакт при гидратации композиционных вяжущих и повысят теплозащитные свойства строительных конструкций.

Список литературы:

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях: Проблема и пути ее решения. М.: НИИСФ. 2008. 496 с.
2. Лесовик В.С. Технология теплоизоляционных, жаростойких и акустических материалов и изделий / В.С. Лесовик, Н. И. Алфимова. – Белгород: Изд-во БГТУ. 2010. 296 с.

3. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород / В.С. Лесовик, В.В. Строкова, А.Н. Кривенкова, Е.И. Ходькин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 25 – 27.
4. Лесовик В.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих / В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова, Е.А. Яковлев, М.С. Шейченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С.30 – 33.
5. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2003. 500 с.
6. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю.М.Бутт, М.М. Сычев, В.В.Тимашев; под ред. В.В.Тимашева. М.: Высшая школа. 1980. 472 с.
7. Микульский В.Г. Строительные материалы (материаловедение и технология): учебное пособие / В.Г.Микульский. М.: АСВ. 2002. 536 с.
8. Лесовик Р.В. Активация наполнителей композиционных вяжущих / Р.В.Лесовик // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2009. №1. С. 87 – 89.
9. Энтин З.Б. Многокомпонентные цементы / З.Б. Энтин, Б.Э. Юдович // II Междунар. совещ. по химии и технологии цемента, 4 – 8 дек. 2000 г. М., 2000. 180 с.
10. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород / В.С. Лесовик, В.В. Строкова, А.Н. Кривенкова, Е.И. Ходькин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С.25 – 27.
11. Лесовик В.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих / В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова, Е.А. Яковлев, М.С. Шейченко // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2009. №1. С.30 – 33.
12. Лесовик В.С. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора / В.С.Лесовик, Н.И.Алфимова, Я.Ю.Вишневская // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2010. №1. С.90.
13. Шейченко М.С. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения / М.С. Шейченко, В.С.Лесовик, Н.И.Алфимова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С.64– 68.
14. Баженов Ю.М. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин // Изв. вузов. Строительство. 1996. №7. С. 55-58.
15. Лесовик В.С. Закон родства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова// Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С.267-271.
16. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк Л.Х., Д.А. Беликов, А.Ю. Щекина, А.А. Куприна //Строительные материалы. 2014. №7. С. 82-85.
17. Загороднюк Л.Х. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей/Л.Х.

- Загороднюк, В.С. Лесовик, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С.25-31.
18. Загороднюк Л.Х. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом средства структур / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.А. Беликов // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112-119.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАСТВОРОВ

**Сумской Д.А., аспирант,
Баженов Ю.М., д-р техн. наук, проф.,
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Воронов В.В., аспирант,
Ермолаева А.Э., магистрант**

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

В последние годы для получения высококачественных бетонов и повышения эффективности использования цемента в различных цементных композициях, применяют композиционные вяжущие вещества. При приготовлении композиционных вяжущих веществ к основному вяжущему компоненту добавляют различные специальные добавки и активные минеральные компоненты. Для регулирования свойств композиционных вяжущих в них вводят различные органические добавки, что позволяет в широком диапазоне варьировать свойства композиционного вяжущего в зависимости от их назначения [1-6].

Строительные растворы на основе сухих смесей кардинальным образом отличаются от традиционных строительных растворов, что предопределяет специфические подходы к методу проектирования, обеспечивающие все этапы жизненного цикла строительных растворов на основе сухих смесей: сухих (порошкообразных) смесей, свежеприготовленного строительного раствора и затвердевшего раствора [7].

Оптимизация структуры и подбор вещественного состава различных искусственных конгломератов, как правило, осуществляется общим методом проектирования [8,9]. Создание строительных материалов различного назначения с эффективными свойствами требует методов индивидуального проектирования их состава с обеспечением требуемых структур. Для обеспечения гарантированного качества и долговечности службы строительных растворов на основе сухих смесей различного функционального назначения требуется разработать надежные принципы проектирования составов их.

Проектирование оптимального состава сухих смесей является одной из основных технологических операций.

При проектировании составов сухих смесей в лабораторных условиях следует с предельно допустимой точностью моделировать реальные эксплуатационные условия.

Предлагаемый нами метод проектирования строительных растворов на основе сухих смесей включает шесть этапов:

1. Составление задания на проектирование состава строительного раствора на основе сухой смеси с обоснованием главных показателей: технологических, физико-механических, строительно-эксплуатационных.

2. Подбор сырьевых материалов с позиций их доступности, целесообразности и обеспечения требуемого уровня качества готовой продукции.

3. Определение основных свойств сырьевых компонентов и обоснование их применения.

4. Проектирование минерального состава сухих строительных смесей.

5. Модификация сухих строительных смесей различными органическими, органоминеральными добавками в соответствии с заданными техническими свойствами: сухой смеси, технологическими параметрами растворной смеси и техническими характеристиками затвердевшего раствора.

6. Пробные замесы в лабораторных условиях и испытания образцов с предельно возможным моделированием натуральных условий с выявлением оптимальных составов и корректировка составов с рациональным расходом сырьевых компонентов;

7. Апробирование и корректировка установленного состава в производственных условиях.

Задание на проектирование включает главные показатели строительно-эксплуатационных свойств с учетом тщательного анализа условий работы строительного раствора на основе сухих смесей в конструкции или в сооружении. При этом необходимо учитывать характеристику природно-климатического района строительства, область применения и условия службы материала, технические характеристики смесей, требования по долговечности и т.д. Если необходимые данные отсутствуют, то следует собрать необходимые данные с выявлением реальных эксплуатационных условий и особенностей службы материала в летний и зимний периоды, скорость

и размеры температурных перепадов, влажностные условия работы материала, возможные агрессивные воздействия и т.д.

Принятие сырьевых материалов является ответственной частью проектирования составов. При выборе материалов необходимо руководствоваться доступностью материалов в данном регионе, экономической целесообразностью использования их, нормативной документацией на сырьевые материалы, а также и нестандартными методами, отражающими специфические свойства используемых материалов в строительных растворах на основе сухих смесей. Особенности минеральных компонентов, их подготовка к использованию обеспечивает важную основу физико-химических и физико-механических показателей строительного раствора и затвердевшего минерального камня и, в конечном счете, долговечность конечного материала.

От рациональности выбора сырьевых компонентов и их взаимодействий в созданной системе будет определяться строительно-технологические и эксплуатационные свойства раствора.

Выбор составляющих компонентов сухих строительных смесей, определение основных свойств сырьевых ингредиентов и обоснование их применения обеспечивает получение продукции стабильного качества с требуемым уровнем строительно-технических свойств, отвечающей требованиям современного строительного рынка [10-17].

Разработку составов смесей следует проводить на основании теоретических положений и экспериментальных данных, полученных на конкретных сырьевых материалах, методом постепенного приближения заданных параметров к требованиям технического задания. В зависимости от плотности и прочности смеси производят подбор оптимального гранулометрического состава заполнителей для сухих строительных смесей с целью создания наиболее плотной упаковки для плотных растворных смесей [18] или же наименее плотной упаковки, обеспечивающей наибольшую пористость для теплоизоляционных растворов [19].

Учитывая, что сухие строительные смеси это многокомпонентные системы, то дальнейшую оптимизацию - модификацию сухих смесей различными органическими, органоминеральными добавками, в соответствии с заданными свойствами сухой смеси, а также технологическими параметрами растворной смеси, и техническими характеристиками конечного продукта - затвердевшего раствора, следует осуществлять методом математического планирования по многофакторным планам [18,19].

Для снижения плотности целесообразно использовать полые микросферы различной природы.

Наиболее хорошо зарекомендовали себя полые стеклянные микросферы (ПСМС) размером около 20-30 мкм и толщиной стенки 1—3 мкм. Истинная плотность ПСМС 200—300 кг/м³. Удалось получить строительные растворы плотностью менее 700—800 кг/м³, прочностью камня на изгиб 1,6-1,75 МПа, при сжатии 3,2-4,3 МПа, теплопроводностью во влажном состоянии от 0,165 до 0,17 Вт/(м²С). Микроструктура цементного камня с ПСМС приведена на рис. 1.

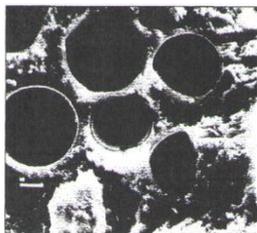


Рисунок 1 – Микроструктура цементного камня с полые стеклянные микросферы

Однако структура такого материала не является оптимальной. Она сможет быть таковой, когда микросферы в камне будут иметь максимально плотную упаковку, а цементный камень будет скрепляющей прослойкой между ними. Цементные частицы при этом должны иметь размеры, например, как у микродура. Такая структура обеспечит низкую среднюю плотность материала.

Была предпринята попытка смоделировать структуру облегченного раствора. Так, при одном размере микросфер максимально плотная упаковка будет называться гексагональной и коэффициент заполнения объема микросферами составит всего 74,05% (рис. 2).

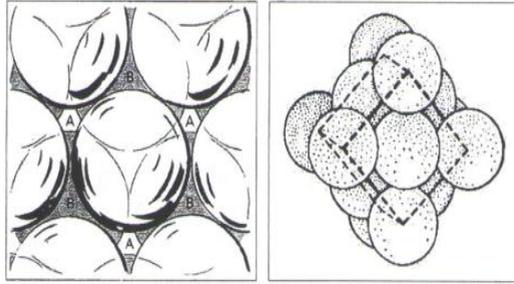


Рисунок 2 – Гексагональная упаковка частиц одного диаметра

Из проведенных расчетов следует, что чем больше типоразмеров микросфер мы применяем для заполнения объема, тем плотнее его заполнение. Если мы вместо одного типоразмера возьмем два, то заполнение объема увеличится на 5% (с 74 до 79%). Если добавим микросфер еще меньшего диаметра, заполнение объема составит уже 81 % и т.д.

Таким образом, для дальнейшего уменьшения средней плотности и теплопроводности цементного раствора необходимо разделять микросферы на фракции по размерам. Это весьма дорогостоящая операция. Максимальное снижение средней плотности может понадобиться при ремонтных и реставрационных работах. Такие материалы востребованы при ликвидациих скважин, например, в условиях проявления сероводорода.

Но фракционирование полых стеклянных микросфер не даст существенных результатов, если будет применяться обычный портландцемент. Такой цемент имеет удельную поверхность 300-3500 м²/кг и средний размер частиц 35-40 мкм. Размер его частиц не позволит получить плотную структуру цементной матрицы между микросферами: частицы цемента просто не поместятся между ними. Для получения плотной поризованной полыми микросферами структуры цементного камня предлагается использовать ультрадисперсный микродур [20].

Выводы: знания физико-химических основ проектирования композиций различного назначения позволит запроектировать и получить строительные композиты с требуемыми физико-механическими и эксплуатационными характеристиками/

Список литературы:

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ. 2003. 500 с.
2. Лесовик Р.В. Активация наполнителей композиционных вяжущих / Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2009. №1. С. 87 – 89.
3. Энтин З.Б. Многокомпонентные цементы / З.Б. Энтин, Б.Э. Юдович // II Междунар. совещ. по химии и технологии цемента, 4 – 8 дек. 2000 г. М., 2000. 180 с.
4. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород / В.С. Лесовик, В.В. Строкова, А.Н. Кривенкова, Е.И. Ходыкин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С.25 – 27.
5. Лесовик В.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих / В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова, Е.А. Яковлев, М.С. Шейченко // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2009. №1. С. 30 – 33.
6. Лесовик В.С. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора / В.С.Лесовик, Н.И.Алфимова, Я.Ю.Вишневская // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2010. №1. С.90.
7. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей. Вестник Центрального регионального отделения РААСН.- Белгород: РААСН, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. С 93-98.
8. Росс Х. Штукатурка: практическое руководство. Материалы, техника производства работ, предотвращение дефектов./ Х. Росс, Ф. Шталь.- СПб.: РИА «Квинтет», 2006.173 с.
9. Справочник по бетонам и растворам./ А.П. Чехов, А.М. Сергеев, Г.Д. Дибров. - 2-е изд.перераб. и доп. – Киев, Будівельник, 1979, 256с.
10. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова// Фундаментальные исследования. 2014.- № 3.- Ч. 2. С.267-271.
11. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк Л.Х., Д.А. Беликов, А.Ю. Щекина, А.А. Куприна //Строительные материалы.- 2014. №7. С. 82-85.
12. Загороднюк Л.Х. Композиционные вяжущие на основе органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей/Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, А.В. Шамшуков, Д.А. Беликов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С.25-31.
13. Загороднюк Л.Х. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.А. Беликов // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва.2014.С. 112-119.
14. 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, T.11№ 12, С.948-953.
15. Kuprina A.A. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin/ A. A. Kuprina, V. S. Lesovik, L. H. Zagorodnyk, M. Y. Elistratkin // *Research Journal of Applied Sciences*, 2014, 9: 816-819.
 16. Lesovik V. S. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works / V. S. Lesovik, I. L. Chulkova, L. Kh. Zagordnyuk, A. A., Volodchenko, and Popov D. Y. // *Research Journal of Applied Sciences*, 2014, № 9, С.1100-1105.
 17. Лесовик В.С. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, А.В. Шамшуров, Д.А. Беликов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 4-9.
 18. Загороднюк Л.Х. Эффективные строительные смеси для теплоизоляционных работ: монография/ Л.Х. Загороднюк, Н.В. Ширина. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 181с.
 19. Загороднюк Л.Х. Сухие теплоизоляционные смеси на композиционных вяжущих: монография/ Л.Х. Загороднюк. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 216с.
 20. Орешкин Д.В., Беляев К.В., Макаренко Ю.В. Моделирование и разработка оптимальной структуры сверхлёгкого цементного раствора // *Строительные материалы*. 2011, № 5. С. 42 – 43.

БЕТОНЫ С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ МОДИФИКАТОРОМ НА СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

Толстой А.Д., канд. техн. наук, доц.,

Крымова А.И., студент,

Милош Савич Сербия,

Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.,

Богусевич Г.Г., канд. техн. наук, доц.

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

Строительная индустрия Республики Сербии в связи с мировым экономическим кризисом с начала 2010 года находилась в состоянии спада, темпы строительства в среднем снизились на 30%. Тем не менее, благодаря принимаемым правительством антикризисным мерам в последние два года ситуация в строительном секторе улучшается.

Восточно-Сербская зона покровно-надвигового строения представляет южное окончание Карпатской складчатой области. Сложена в основном докембрийскими метаморфическими образованиями, метаморфизованной вулканогенноосадочной толщей. Толща в основе своей представлена известняками состоящими изкарбоната кальция(CaCO_3) в виде кристаллов кальцитаразличного размера. Мезозойскиепороды представлены карбонатными отложениями триаса, крупнообломочными образованиями юры, верхнеюрским флишем, нижнемеловыми известняками развитой в центральной части толщей верхнемеловых вулканитов среднего состава, с которой связаны меднопорфировые месторождения. Разновозрастные метаморфические и осадочные толщи прорваны верхнепротерозойскими палеозойскими гранитоидами (гранитами), представляющими собой кристаллические равномернозернистые или иногда порфировидные горные породы, состоящие преимущественно из щелочного полевого шпата и кварца. Месторождения рудного районаСтара-Планина представлены стратиформными рудными залежами в пермских песчаниках и гидротермальными жилами в гранитах. Сербско-Македонский массив, разделяющий Карпато-Балканскую и Динарскую системы, характеризуется дивергентной горстантиклинальной структурой с краевыми надвигамина смежные области, сложен в основном мощной толщей протерозойских метаморфических пород, прорванной синтетектоническими гранитами.

Спорадически развиты среднепалеозойские и более молодые преимущественно терригенные отложения, слагающие чехол массива; присутствуют интрузии палеозойских гранитов. Система Динарид занимает более 1/2 территории страны и характеризуется резко выраженным покровным строением. В её северо-восточных зонах с эвгеосинклинальным характером развития наиболее существенную роль играют юрские офиолиты, включающие в свой состав вулканические и известковые туфы, крупнейшие массивы гипербазитов (Конюх, Златибор и др).

Республика Сербия очень богата различного рода неметаллическими минеральными ресурсами.

Кремнеземосодержащие. Кварцевый песок в виде залежей: ОкоLINE Уба (Слатина, Чучуге, Бой брдо, Авала), Рготина и Донья Бела река (около города Бор). Крупнозернистый кварцевый песок (фракция 0,1-4,0 мм) имеет следующий химический состав (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав песка месторождения ОкоLINE Уба, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
97,50-99,00	0,25-1,00	0,10-0,50	0,05-0,10	<0,15	<0,06	<0,25	<0,04

Карбонатсодержащие. Доломит – минерал из класса карбонатов химического состава CaCO₃·MgCO₃; доломитом называют также осадочную карбонатную горную породу, состоящую из минерала доломита на 95 % и более.

Мрамор – метаморфическая горная порода, состоящая только из кальцита – CaCO₃. При перекристаллизации доломита CaMg(CO₃)₂ образуются доломитовые мраморы. Мрамор месторождения Кривельски камен содержит CaCO₃ – 91,9-96%, MgCO₃ – 3-6%. Мраморный известняк (у деревни Ба) состоит из CaCO₃ на 99%, практически не содержит MgO. Мергелистый известняк месторождения Струганик состоит на 50-80 % из CaCO₃.

Мергель – осадочная камнеподобная горная порода смешанного глинисто-карбонатного состава: 50-75 % карбоната (кальцит, реже доломит), 25-50 % – нерастворимый остаток (SiO₂+ R₂O₃). В зависимости от состава породообразующих карбонатных минералов мергели делятся на известковые и доломитовые. У обычных мергелей в нерастворимом осадке содержание кремнезёма превышает количество

полуторных окислов не более, чем в 4 раза. Мергели с соотношением $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3 > 4$ относятся к группе кремнеземистых.

Мергель в залежах Беочин содержит в среднем 62,5 % CaCO_3 .

Гранит – кислая магматическая интрузивная горная порода. Состоит из кварца, плаггиоклаза, калиевого полевого шпата и слюд – биотита и/или мусковита.

Химический состав гранита представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав гранита месторождения Чучуге, %

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O
63,80	16,20	2,65	2,54	0,60	3,85	1,27	0,86	3,32	4,15

Магнезит – распространённый минерал, карбонат магния MgCO_3 . Залежи в Сербии: Златибор (Масница, Рибница), Чачак (Брезак, Милићевци, Ковильача).

Каолин – глина белого цвета, она же белая глина, состоящая из минерала каолинита. Образуется при разрушении (выветривании) гранитов, гнейсов других горных пород, содержащих полевые шпаты (первичные каолины). В результате перемыва первичных каолинов и происходит переотложение их в виде осадочных пород; образуются вторичные каолины, называемые также «каолиновые глины». Формула: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Залежи каолина в Сербии: Гараша и Живковци на Букульи, Буяновац.

Влияние НСМ на структуру бетона

Прочность цементного камня различается при одинаковой степени пористости, что нашло отражение в проведенных экспериментах. Это различие обусловлено структурой и прочностью твердой фазы, размером и формой пор: прочность при сжатии возрастает с уменьшением размера пор. При введении НСМ образуется достаточное количество цементного геля для заполнения свободных пространств между элементами новообразований – между зонами плотных контактов твердой кристаллической фазы.

Фибробетон, изготовленный на композиционном вяжущем, характеризуется более прочным сцеплением волокон фибры с твердеющим вяжущим в контактной зоне, структура самой зоны контакта менее рыхлая и пористая, в отличие от фибробетона на портландцементе. Фибробетон на композиционном вяжущем имеет

меньшие по размеру поры и пустоты, а также более плотное их заполнение продуктами гидратации.

Добавку в цементные образцы с удельной поверхностью $600 \text{ м}^2/\text{кг}$ порометре ASAP-2010 NМicromeritics, средний диаметр частиц $12,5 \text{ мкм}$, плотность 2410 кг/м^3 .

Необходимое количество НСМ вводили в смесь перед перемешиванием смеси в количестве 3 % от массы цемента. Гомогенизацию смеси (распределение добавки в объеме смеси) осуществлялись посредством ультразвуковой установки.

Прирост прочности при введении НСМ объясняется, прежде всего, нарастанием прочности структуры цементного камня. Этот факт объясняется присутствием в цементной матрице в основном низкоосновных гидросиликатов кальция при оптимальной дозировке НСМ (рис. 4.21). Менее плотная структура цементного камня без добавки НСМ объясняется преобладанием более высокоосновных гидросиликатов кальция и портландита.

Это объясняется тем, что провзаимодействовавшие с компонентами портландцемента частицы добавки-модификатора связывают портландит с большей скоростью, что приводит к интенсификации всего процесса гидратации. Более крупные частицы НСМ выполняют роль микронаполнителя, и тем самым снижают усадочные явления, повышают эксплуатационные свойства бетона. Особенностью структуры цементного камня с НСМ является значительно меньшее количество микротрещин. Применение добавки наноструктурированного модификатора сокращают время набора прочности цементным камнем и увеличивает конечную прочность материала при сжатии.

Эксперименты показали, что введение добавки-модификатора в количестве нескольких процентов относительно цемента приводит к значительному повышению прочности бетона при сжатии до 20-30 %.

Компоненты добавки реагируют с гидратными минералами цементного клинкера с образованием этрингитоподобных фаз. Их высокая дисперсность приводит к ускорению гидратации и повышению эффективности применения добавки. При равномерном распределении микрочастиц НСМ, они плотно окружают зерна цементного клинкера, заполняют все пустоты, уплотняют цементный камень и улучшают сцепление цементной матрицы с наполнителем. При этом, происходит заполнение пор гидросиликатом кальция и уменьшение проницаемости бетона (рис. 4.22).

Изучение микроструктуры образцов фибробетона, изготовленных на композиционном вяжущем, показало, что гидратация цемента в присутствии НСМ приводит к более равномерному распределению продуктов гидратации по всему объему бетона, по сравнению с цементом без добавки, с практически полным вытеснением воздуха из толщи бетона и доведением пористости близко к нулю.

Исследование контактной зоны цементного камня с армирующими волокнами фибры, показывает прочное сцепление поверхности волновой фибры с твердеющим цементом, ее уплотнение продуктами гидратации цементных минералов и компонентов НСМ. При рассмотрении фотоснимков поверхности образцов фибробетона, изготовленных на композиционном вяжущем, можно видеть, что контакт армирующего элемента и цементного камня достаточно плотный и прочный. Таким образом, добавка НСМ значительно повышает адгезионную способность твердеющего цемента к фиброволокнам.

Выводы.

Исследование микроструктуры образцов фибробетонов, приготовленных на композиционном вяжущем, показало, что в процессе совместной гидратации цемента и НСМ имеет место равномерное распределение продуктов гидратации в объеме композита.

При разработке высокоэффективных составов композиционных вяжущих и мелкозернистых фибробетонов на их основе необходимо учитывать особенности местного сырья и климатические условия Сербии.

Установлено, что разработанная добавка модификатора обеспечивает интенсификацию процесса гидратации и твердения вяжущего и фибробетона предотвращая вероятность внутреннего растрескивания бетона от термонапряжений.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Урханова Л.А., Федюк Р.С. Вопросы повышения непроницаемости фибробетонов на композиционном вяжущем // Вестник ВСГУТУ. 2016. № 1. С. 5-10.
2. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья // Белгород, 2015.
3. Прасолова Е.О., Лесовик В.С., Володченко А.А. Неорганический наномодификатор для ячеистых бетонов // В сборнике: Теоретические и прикладные вопросы науки и образования сборник научных трудов

- по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. 2015. С. 123-124.
4. Wolodtschenko A.A., Lessowik W.S. HYDRAULISCH erhärtende "grüne" VERBUNDWERKSTOFFE AUF BASIS ENERGIESPARENDER TONE // В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. С. 1351-1356.
 5. Lesovik V., Frolova M., Mestnikov A. "Green" composites for north and arctic development // В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 1459-1463.
 6. Фролова М.А., Лесовик В.С., Айзенштадт А.М. Термодинамическая совместимость компонентов строительных композитов на основе горных пород // В сборнике: Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия Материалы 8 международной научной конференции. Научно-издательский центр «Открытие». 2015. С. 151-155.
 7. Дребезгова М.Ю., Лесовик В.С. Применение композиционного гипсового вяжущего в 3d-технологиях стройиндустрии // 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. 2015. С. 151-157.
 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. Lessowik W.S. Geonik. Geomimetikals grund lagefür diesynthesevonintelligentbauverbund werkstoffen // В сборнике: 19. INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL. 2015. С. 183-189.
 10. Лесовик В.С., Володченко А.А. Трансдисциплинарность - теоретическая основа создания интеллектуальных композитов // 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.В. Шухова. 2015. С. 218-226.

11. Лесовик В.С., Овсянников С.И., Федоренко А.В. Огнебиозащитные средства для деревянных строений и конструкций // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды международная научно-техническая конференция. 2015. С. 222-228.
12. Фишер Х.Б., Рихерт Х., Бурянов А.Ф., Лесовик В.С., Строкова В.В. Перекристаллизация частиц гипса // 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. 248-253.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ БЕТОНОВ

Толстой А.Д., канд. техн. наук, проф.,

Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,

Новиков К.Ю.,

Крымова А.И., студент,

Аллахам Я.С.,

Вырмаскин А.В., студент

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

Современное общество предъявляет строительной индустрии все более высокие требования к производству эффективных строительных материалов, многие из которых в России ранее не выпускались или выпускались в малых объемах. Достижение существенных результатов в этом направлении зависит от обеспечения строительства малообъемными полиструктурными материалами и изделиями высокой прочности, которые могли бы снизить вес здания или сооружения, не уменьшая их конструктивной жесткости, устойчивости и долговечности [1-9].

На протяжении XX в. в развитии городов наблюдалась тенденция перехода от малоэтажного строительства к высотному. В начале XXI века в России начался обратный процесс. Основными причинами этого были рост населения, распределение земли и поиск новых, отвечающих духу времени, архитектурных форм.

В настоящее время накоплен значительный положительный опыт использования вторичных продуктов в производстве вяжущих материалов для бетонов разных видов, в производстве керамических, автоклавных, теплоизоляционных и других строительных материалов и изделий. Однако он не имеет системного характера. [10-17]

Общая классификация Международной организации по строительству подразумевает под высокопрочными композиционными бетоны, имеющие прочность на сжатие в цилиндрах 60-130 МПа, а под высококачественными композициями – бетоны с высокими эксплуатационными свойствами при водовяжущем отношении менее 0,4. Подобные материалы находят все более широкое применение в строительстве Японии, Норвегии, США, Франции, Канаде и др. К

достоинствам таких бетонов относят показатели удобоукладываемости и прочности, а также водо- и сульфатостойкость, жаростойкость и др.

Недостаточность знаний о процессах структурообразования композитов с техногенными компонентами создает предпосылки к активизации работ по оптимизации составов высокопрочных материалов за счет подбора правильного соотношения новых техногенных продуктов. Это позволит существенно снизить материальные и энергетические затраты при производстве высокопрочных композиций.

Нами получены представительные результаты в изучении высокопрочных бетонов, структурированных органо-минеральными добавками, в составе которых присутствуют реакционноспособные тонкодисперсные наполнители различной природы, в том числе и на основе техногенного сырья. Эти органо-минеральные твердеющие композиции обеспечивают быстрый набор прочности изделиями вследствие их взаимодействия в присутствии воды, как между собой, так и с поверхностью заполнителя.

Существенное влияние на формирование структуры высокопрочного порошкового бетона оказывает применение органических нового поколения, таких как карбоксилатный гиперпластификатор – MF 1641, французский гиперпластификатор PREMIA 360 при его модификации водорастворимыми аддуктами нанокластеров углерода («Астраленам С») и др., что регулирует их качественные характеристики. В настоящее время получен высокопрочный порошковый бетон с прочностью В 80-120. Однако эмпирический путь поиска дальнейшего повышения прочности бетона всегда был трудоемок и длителен. В связи с этим, актуально предварительное изучение условий формирования структуры высокопрочного бетона, роль технологических приемов в этом процессе и характер влияния структуры на качество бетона.

Обычные бетоны, содержащие в своем составе кроме гиперпластификаторов, высокодисперсные реакционно-химические пуццолановые добавки – природные и техногенные (опока, микрокремнезем и дегидратированный каолин и т. п.) также имеют повышенную прочность. Более дорогие, чем цемент, наноразмерные пуццолановые добавки (100-1000 нм), вводимые в бетон в небольших количествах 5-10% от массы цемента, обеспечивают пониженный расход цемента на единицу прочности (15-20 кг/МПа). Однако этот эффект достигается только в бетонах с высоким расходом цемента – более 500 кг/м³.

В наших исследованиях в качестве кремнеземистого компонента были выбраны применяемые в настоящее время микрокремнезем, алюмосодержащая добавка, микрокварц, кварцевый песок, которые имеют различный химический и минералогический составы и генезис. Возможен переход на композиционное вяжущее с меньшим содержанием минеральных добавок с увеличением его расхода – наиболее простые способы повышения ранней прочности бетона. Однако их эффективность прямо связана с ценами на цемент и их соотношением для различных типов. Увеличение абсолютного расхода цемента не только увеличивает стоимость бетона, но и повышает его усадку, тепловыделение. Порошковые бетоны, содержащие в своем составе реологическую матрицу, могут содержать мелкий заполнитель фракций 0,315-0,63 мм. В связи с этим при наполнении этой смеси заполнителем могут быть получены т. н. порошково-активированные мелкозернистые бетоны. При переходе от цементного к другим видам бетонов доля цемента уменьшается. В этом случае в зависимости от соотношения между компонентами и содержания воды могут быть получены: самоуплотняющиеся, высокопластичные, малопластичные, полужесткие, жесткие и сверхжесткие бетонные смеси.

Для бетонов (в том числе и мелкозернистых) необходима новая рецептура наполнителей и заполнителей, включающая дешевые и доступные микрометрические добавки, которые не требуют вмешательства человека (либо незначительного: селективного отбора, небольшой очитки и др.). Состав мелкозернистого бетона нового поколения обязательно должен включать значительное количество дисперсных микроразмерных (нижний и средний микрометрический уровень – от 1 до 100 мкм) наполнителей, увеличивающих совместно с цементом (той же или более высокой дисперсности) объем водно-дисперсной пластифицированной матрицы.

В данной разработке высокопрочный состав получали модифицированием его комплексной добавкой, состоящей из суперпластификатора и тонкомолотого многокомпонентного минерального компонента. В сумме содержание комплексной добавки составляло 32-34 %. Доля суперпластификатора Melflux 2651 составляла 0,9 % от расхода цемента.

Испытания позволили определить оптимальные соотношения компонентов, обеспечивающие приемлемые показатели прочности, истираемости и другие (рис. 1, табл. 1).



Рисунок 1 – Содержание компонентов высокопрочного порошкового бетона

Совершенствование состава высокопрочного мелкозернистого порошкового бетона дает возможность повысить ряд конструктивных и технологических показателей:

- удешевление материалов (на 7-9 %);
- обеспечение более низкого расхода на единицу объема ресурсов и энергии (на 15 %), производственных площадей (на 15 %) и трудозатрат (на 25 %);
- применение в основном нетоксичных и непожароопасных материалов, не загрязняющих окружающую среду.

Таким образом, изготовление порошковых бетонов с использованием тонкодисперсных органоминеральных комплексных добавок – активаторов твердения, дает возможность получать долговечные и экономичные изделия. Широкое применение комплексных органоминеральных добавок, композиционных вяжущих широкой номенклатуры, где в качестве кремнеземистого компонента применяется сырье техногенного происхождения в совокупности с суперпластификаторами и гиперпластификаторами, произведенным по прогрессивным технологиям позволяет получить высокопрочные материалы с высокой степенью долговечности.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики порошкового бетона

Наименование показателя	Значения
Средняя плотность, кг/м ³	2250-2350

Прочность при сжатии, МПа	75-80
Водоудерживающая способность, %	89,5
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,9
Коэффициент конструктивного качества	0,36
Марка по водонепроницаемости, W	2
Истираемость, кг/м ²	0,35
Усадка	трещины отсутствуют
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,089
Морозостойкость, F	>300

По материалам исследований данного вопроса опубликовано более 20 научных работ, получено 3 НОУ-НАУ, подано 3 патента на изобретение.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х. Средство структур - принцип проектирования составов ремонтных смесей // 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. 345-355.
2. Лесовик В.С., Фомина Е.В., Хотомченко О.В. Исследование условий эксплуатации строительных материалов с учетом возрастающих экологических нагрузок // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды. Сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 409-414.
3. Прасолова Е.О., Лесовик В.С., Володченко А.А. Эффективное сырье для улучшения теплотехнических свойств ячеистых бетонов // 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. 2015. С. 531-536.
4. 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. 2015. С. 537-542.
 5. Вайсера С.С., Пучка О.В., Лесовик В.С. Современные тенденции повышения качества и эффективности акустических и теплоизоляционных материалов // 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. 2015. С. 59-65.
 6. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. GIPS HALTIGE KOMPOSIT BINDE MITTEL –ZUKUNFTDES ökologischenBAUENS* // В сборнике: 19-te INTERNATIONAL EBAUS TOFFTAGUNGIBA USIL 2015. 2015. С. 699-706.
 7. Бессмертный В.С., Ильина И.А., Лесовик В.С., Борисов И.Н., Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О. Кинетические параметры дегидратации гидросиликатов при плазменной модификации силикатного кирпича // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 231-235.
 8. Лесовик В.С., Перькова М.В., Бабаев В.Б. Архитектурная геоника как междисциплинарное направление в архитектурной науке и практике // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 74-79.
 9. 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.
 10. Lesovik V.S., Puchka O.V., Vaisera S.S. Reduction of energy consumption of thermal insulation materials // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40599-40602.
 11. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A. To the question of dry mortars components mixed in various mixing units // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 24. С. 44844-44847.

12. 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.
13. Ayzenshtadt A., Frolova M., Tutygin A., Danilov V., Lesovik V. Nanostructured wood mineral composite // Procedia Engineering. 2015. Т. 117. С. 45-51.
14. Строкова В.В., Лесовик В.С., Данакин Н.С., Муртазаев С.А.Ю., Алисултанова Э.Д., Васнева В.А. Междисциплинарная научно-образовательная система непрерывной подготовки кадров «школа – вуз – предприятие» // Белгород, 2015.
15. Вайсера С.С., Пучка О.В., Лесовик В.С., Бессонов И.В., Сергеев С.В. Эффективные акустические стеклокомпозиты // Строительные материалы. 2016. № 6. С. 28-31.
16. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья // Белгород, 2015.
17. Прасолова Е.О., Лесовик В.С., Володченко А.А. Неорганический наномодификатор для ячеистых бетонов // В сборнике: Теоретические и прикладные вопросы науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. 2015. С. 123-124.

ПОРОШКОВЫЕ БЕТОНЫ НА ТЕХНОГЕННОМ СЫРЬЕ ДЛЯ ШТАМПОВАННЫХ И ДЕКОРАТИВНЫХ ФОРМ

**Толстой А.Д., канд. техн. наук, доц.,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Агеева М.С., канд. техн. наук, доц.,
Кривенкова А.Н.,
Коробов Р.А.,
Крымова А.И., студент**

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

Составы, прочностные и эксплуатационные характеристики обычных бетонов не позволяют использовать их в целях создания изделий, повышающих архитектурную выразительность и декоративную окраску современных зданий и сооружений.

В технологии изготовления конструкций из декоративного высокопрочного бетона важное значение имеет как состав материалов, так и сложность выполнения работ. [1-12]

Начиная с 70-х годов прошлого века многие исследователи рассматривали возможность использования для модификации бетона искусственных продуктов, содержащих аморфный кремнезем. Исследовалась эффективность применения измельченных шлаков, зол уноса и других порошковых и пылевидных агрегатов, имеющих высокое содержание аморфного кремнезема.

Высокопрочный состав получали модифицированием его комплексной добавкой, состоящей из суперпластификатора и тонкомолотого минерального компонента. Содержание комплексной добавки составляло 32-34 %. Доля суперпластификатора Melflux 2651 составляла 0,9 % расхода цемента. Расход цемента был снижен на ≈ 18 %. Точный расход материалов на 1 м^3 высокопрочного состава является предметом НОУ-ХАУ.

Подготовка основания, армирование и укладка бетона производятся в соответствии с требованиями, которые приняты для каждого региона, а после первичного затвердевания поверхности уложенного бетона, начинается процесс декоративной обработки. Для получения желаемого цвета на влажную поверхность бетона наносится цветной порошок и закрепитель цветов, что также увеличивает прочность поверхности.

Таким образом укладываются два слоя, каждый слой разглаживается и пропитывается водой с порошком. После затвердевания второго слоя, наносится гидрофобный красящий порошок, предотвращающий прилипание бетона к штампам (матам). Перед началом укладки штампов производится выдержка, в течении которой поверхность преобращает консистенцию пластилина.

Получив необходимую консистенцию поверхностных слоев, укладывают текстурные резиновые маты и аккуратно продавливаются с помощью ручной трамбовки.

Потребности современной строительной индустрии определяют необходимость применения высокопрочных и высокоэффективных материалов, изготавливаемых с использованием новых технологических подходов и методов строительства. Смысл этих новых подходов заключается в обеспечении строительства малообъемными отделочными материалами и изделиями высокой прочности, которые могли бы снизить вес здания или сооружения, не уменьшая их конструктивной жесткости, устойчивости и долговечности.

Подобные цели достигаются сейчас, прежде всего, многокомпонентностью структур искусственных каменных материалов и изделий. Разработкой составов таких материалов и технологий их изготовления в последнее время занимается немало ученых и технологов в России и в других странах. Наиболее значимые результаты получены в этом направлении работы: Ю.М. Баженовым, В.И. Калашниковым, Ш.Т. Бабаевым, А.А. Комар, В.Г. Батраковым, Н.Н. Долгополовым и др. [1, С. 254].

Нами проводились исследования органоминеральных композиций с 1993 г. Большое внимание в этих работах уделялось изделиям на бесцементном вяжущем с карбонатным наполнителем.

В настоящее время нами получены представительные результаты в изучении высокопрочных декоративных составов, структурированных органическими добавками, в составе которых присутствуют реакционноспособные тонкодисперсные наполнители различной природы. Эти органоминеральные твердеющие композиции обеспечивают быстрый набор прочности изделиями вследствие их взаимодействия в присутствии воды, как между собой, так и с поверхностью заполнителя.



Под высокопрочными композиционными материалами Международная организация по строительству подразумевает бетоны, имеющие прочность на сжатие в цилиндрах 60-130 МПа. Под высококачественными композициями – бетоны с высокими эксплуатационными свойствами при водовяжущем отношении менее 0,4. Подобные материалы находят все более широкое применение в строительстве Японии, Норвегии, США, Франции, Канаде и др.. К достоинствам таких бетонов относят улучшенную удобоукладываемость и прочность [4, С.23].

Из высокопрочного штампованного бетона получают покрытия, визуально напоминающие красивую кладку из кирпича, булыжника или природного камня, брусчатки и даже деревянных досок, имеющие прочность и жесткость монолитного бетона. Эти покрытия имеют широкую область применения: от садовых дорожек и тротуаров, до устройства автомобильных дорог, городских площадей, аллей, полов в выставочных залах, холлах, ресторанах и в жилых помещениях [3, С. 39-41].

Широкое разнообразие форм, текстур и цвета дает возможность создавать неповторимые поверхности и подбирать их в соответствии с архитектурным стилем при соблюдении высоких строительно-технических свойств: прочность 60-100 МПа, повышенная износостойкость и коррозионностойкость, легкость в обслуживании [2, С. 5-6].

Вместе с работами, направленными на получение оптимальных составов высокопрочных декоративных бетонов, нами проводятся исследования технологических приемов их нанесения на подготовленное основание. Практически укладка штампа осуществляется в несколько приемов, которые включают подготовительные, основные и финишные работы.

Обычно технологический процесс нанесения покрытия из штампованного бетона включает 5-6 этапов. Проведенные опыты показали возможность совмещения процесса первичного нанесения адгезионного состава с красящим материалом на увлажненную поверхность, без последующего сдувания или смывания остатков красителя, с поверхности. Укладка производится в один слой.

Результаты показали достаточную интенсивность отпечатка и его рельефность после применения набора штамповочных инструментов, состоящего из 5 жестких и 2 гибких матов, что дает возможность обеспечить непрерывный процесс штампования, посредством их перекладывания.

Для разделения штампов и бетона используется цветной смазочный материал, который также совмещает функции закрепителя цветной фактуры. Эта консистентная смазка исключает запыление окружающей среды, не обладает запахом и безвредна для растений, животных и человека.

Возможно использование в качестве дополнительного красителя цветного порошка, предназначенного для окрашивания бетонной смеси в процессе замешивания. При этом небольшое количество порошка разводится в растворителе и распыляется равномерно по всей поверхности уже отвердевшей проштампованной смеси. Цветной порошок будет заполнять рельеф и поры на поверхности и после высыхания растворителя получается т.н. «теневого эффект».

После полного затвердевания растворителя поверхности придается блестящий глянцевый вид с помощью специального лака-герметика.

Выводы

Таким образом, совершенствование состава и технологии штампованного декоративного бетонного покрытия дает возможность повысить ряд конструктивных и технологических показателей:

– снижение расхода материалов при нанесении покрытий за счет уменьшения количества слоев всего изделия (на 7-9 %);

– обеспечение более низкого расхода на единицу площади поверхности ресурсов и энергии (на 15 %), производственных площадей (на 15 %) и трудозатрат (на 25 %).

– применение в основном нетоксичных и непожароопасных материалов – загрязнение окружающей среды сведено к минимуму, поскольку при отверждении покрытия в атмосферу выделяется менее одного процента летучих продуктов.

Список литературы:

1. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High-strength decorative complexes with organo-mineral additives // *Advances in Environmental Biology*. 2014. Т. 8. № 13. С. 145-149.
2. Abramova P.S., Mestnikov A.E., Lesovik V.S., Ageeva M.S., Lesovik G.A., Kalashnikov N.V. Ceramsite concrete durability: prediction and reality // *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. Т. 9. № 12. С. 1073-1077.
3. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High-strength decorative complexes with organo-mineral additives // *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. Т. 9. № 10. С. 680-683.
4. Puchka O.V., Lesovik V.S., Min'ko N.I., Vaysera S.S., Frolova M.A. A new-generation heat-insulating constructional glass composite // *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. Т. 9. № 10. С. 674-679.

5. Лесовик В.С., Ильинская Г.Г. Базальтовое волокно как армирующий материал для сухихстроительных смесей // Сухие строительные смеси. 2011. № 6. С. 9.
6. Lesovik V.S., Puchka O.V., Vaisera S.S. Reduction of energy consumption of thermal insulation materials // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40599-40602.
7. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A. To the question of dry mortars components mixed in various mixing units // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 24. С. 44844-44847.
8. 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.
9. Лесовик В.С., Урханова Л.А., Федюк Р.С. Вопросы повышения непроницаемости фибробетонов на композиционном вяжущем // Вестник ВСГУТУ. 2016. № 1. С. 5-10.
10. Ayzenshtadt A., Frolova M., Tutygin A., Danilov V., Lesovik V. Nanostructured wood mineral composite // Procedia Engineering. 2015. Т. 117. С. 45-51.
11. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. / Модифицированные высококачественные бетоны / Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006. С. 368.
12. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: АСВ. 2006.
13. Демьянова В. С., Калашников В. И., Борисов А. А. Об использовании дисперсных наполнителей в цементных системах // Жилищное стр-во. 1999. №1. С.36
14. Долгополов Н.Н., Фендер Л.А., Суханов М.А. Некоторые вопросы развития технологии строительных материалов // Строительные материалы. 1994. № 1. С. 40.
15. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Якимович И.В. Эффективные высокопрочные составы для декоративных (штампованных) композиций // Научные и инженерные проблемы строительнотехнологической утилизации техногенных отходов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 221–223.
16. Толстой А.Д. Штампованные высокопрочные порошковые декоративные бетоны // Научно-технические инновации. Юбилейная международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г.Шухова. 2014. С. 364–368.
17. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Гинсбург А.В. /Совершенствование структуры высокопрочных материалов для декоративных целей // Научно-технические инновации.

- Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г.Шухова. 2014. С. 369–374.
18. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Якимович И.В., Лукутцова Н.П. Высокопрочные материалы для декоративных целей // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №8. С. 51–53.
 19. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. /Органоминеральные высокопрочные декоративные композиции // Вестник Белгородского государственного технологического института им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 67–69.
 20. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. Advances in Environmental Bology. 2014. Т.8. №13 С. 145–149.
 21. Вайсера С.С., Пучка О.В., Лесовик В.С., Бессонов И.В., Сергеев С.В. Эффективные акустические стеклокомпозиты // Строительные материалы. 2016. № 6. С. 28-31.
 22. Лесовик В.С., Федюк Р.С. Теоретические предпосылки создания цементных композитов повышенной непроницаемости // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2016. № 1 (47). С. 65-72.

К ПРОБЛЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

**Федоренко А.В., магистрант,
Черникова И.С., студент**

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

В настоящее время остро встала проблема дефицита природного сырья для производства строительных материалов, что обусловлено быстро развивающимися темпами строительства. В связи с этим, актуальная задача строительной индустрии – переориентация предприятий на потребление техногенного сырья [1–22]. Наиболее крупнотоннажным сырьем является попутные продукты горнодобывающей промышленности, и в частности отходы мокрой магнитной сепарации, образующиеся при обогащении руд. С целью повышения эффективности использования природного сырья Ковдорского месторождения, а также расширения сырьевой базы строительных материалов были исследованы состав и свойства отходов мокрой магнитной сепарации и проведено сравнение по основным показателям с другими песками техногенного происхождения, которые в настоящее время применяются при производстве строительных материалов [23].

В ходе проведения исследований был выявлен характер влияния обогащения (отсева пылеватой фракции) на снижение цемента- и водопотребности, а также на увеличение коэффициента качества, как компонента композиционного вяжущего отходов мокрой магнитной сепарации, что обусловлено уменьшением концентрации биотита в общей массе. Негативное влияние слоистых алюмосиликатов (в частности биотита) на их низкую адгезию к цементному камню вызвано особенностями структуры кристаллической решетки и, как следствие, весьма совершенной спайностью минералов, а также неразвитостью морфологии поверхности зерен. Это позволило обосновать необходимость комплексного пофракционного использования техногенного сырья. Наряду с уменьшением затрат на помол, обусловленных лучшей размолоспособностью оливина, кальцита и доломита в сравнении с кварцем, это способствует снижению энергоемкости производства композиционных вяжущих.

Получены зависимости предела прочности при сжатии и средней плотности композиционных вяжущих от количества отходов мокрой

магнитной сепарации, взятых до и после обогащения, и пластифицирующей добавки в его составе, позволяющие определить оптимальное соотношение компонентов системы и обеспечить требуемые характеристики изделий.

Установлены закономерности изменения активности и плотности композиционных вяжущих от рецептурных параметров смеси. Получены составы КВ, соответствующие по активности классу ЦЕМ I 42,5 Н [23–24].

Также было установлено, что отходы ММС Ковдорского месторождения отличаются повышенным содержанием пылевой фракции [24]. Учитывая этот факт представляется целесообразным рассмотреть вопросы ее утилизации. С этой целью была рассмотрена возможность применения ее в качестве компонента ТМЦ-10 для производства материалов, твердеющих в условиях гидротермальной обработки при повышенном давлении. Высокая дисперсность пылевой фракции позволит снизить энергозатраты при помоле КВ и обеспечит большую реакционную способность смеси в сравнении с известково-кремнеземистым вяжущим (ИКВ), изготовленным по традиционной технологии.

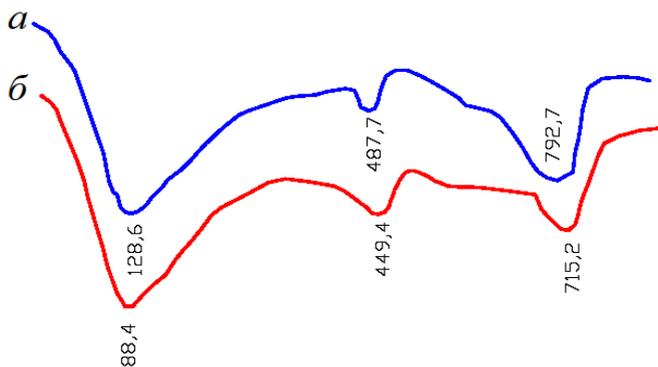


Рисунок 1 – ДТА силикатных образцов, прошедших автоклавную обработку, на основе ТМЦ-10 с использованием высокомагнезиального сырья (*а*) и известково-кремнеземистого вяжущего (*б*)

Прочность полученных композитов с использованием ТМЦ-10 на основе высокомагнезиального сырья составила 18,82 МПа, контрольных образцов на ИКВ – 16,38 МПа (табл. 1). Это объясняется более полным

связыванием извести за счет большей удельной поверхности КВ с использованием пылеватой фракции отходов ММС и подтверждается результатами термического анализа (рис. 1), который позволил выявить снижение эндотермического эффекта, соответствующего дегидратации гидроксида кальция у образцов, изготовленных с использованием ТМЦ-10, в сравнении с образцами на известково-кремнеземистом вяжущем.

Таблица 1 – Свойства прессованных материалов автоклавного твердения в зависимости от вида вяжущего

Вид вяжущего	Показатели					
	Предел прочности при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Сырьцовая прочность, МПа	Водопоглощение, %	Морозостойкость	Коэффициент размягчения
ИКВ	16,38	1850	0,53	12,1	F25	0,81
ТМЦ-10 (отходы ММС)	18,82	1980	0,98	8,9	F35	0,96

Список литературы:

1. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 56-59.
2. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. №7 С. 56–58.
3. Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrücken. Изд-во LAP. 2013.127 с.
4. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88) С. 95–99.
5. Кара К.А. Изучение размолоспособности кварцсодержащих добавок как компонента композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 45–52.
6. Ильинская Г.Г., Сопин Д.М., Богусевич В.А., Лесовик Г.А., Черкесов М.Ф. Сухие отделочные строительные смеси на основе

- композиционных вяжущих для устройства теплоизоляционных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 139–143.
7. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Наукоемкие технологии и инновации» (XXI научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Изд-во БГТУ. Т.3. 2013. С. 28–31.
 8. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Вишневская Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа помола на энергоемкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 37–39.
 9. 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. V. 9. (11). P. 745–748.
 10. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10-20.
 11. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Advances in Environmental Biology. 2014. T. 8. № 13. С. 134-138. 2014. № 5(5). P. 1586–1591.
 12. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Кара К.А. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих для энергоэффективного строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 47-52.
 13. Вишневская Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 53–56.
 14. Алфимова Н.И., Жерновский И.В., Яковлев Е.А., Юракова Т.Г., Лесовик Г.А. Влиянии генезиса минерального наполнителя на свойства композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 91-94.
 15. 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. 2012. № 4. С. 37-39.
 16. Ключе С.В., Лесовик Р.В., Ключев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционные вяжущие для промышленного и гражданского строительства: монография. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.

17. Кара К.А., Шорстов Р.А, Сулейманов К.А. Реология газобетонных смесей на композиционных вяжущих с использованием техногенных песков // Сб. докл. «Научно-технические инновации» XXI научные чтения. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.
18. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства: автореф. ... канд. техн. наук. Белгород, 2011. 25 с.
19. Алфимова Н.И., Калатоци В.В., Карацупа С.В., Вишневецкая Я.Ю., Шейченко М.С. Механоактивация как способ повышения эффективности использования сырья различного генезиса в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 85-89.
20. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 79-79.
21. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С., Ковалева И.А., Баженова О.Г., Новиков К.Ю. К вопросу использования техногенного сырья в производстве порошковых бетонов на композиционных вяжущих // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: III Междунар. науч.-тех. конф., Белгород, 24-25 ноября 2015 г. Белгород, 2015. Ч.3.384-390
22. Ключев С.В. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон на техногенном сырье и композиционных вяжущих с использованием нанодисперсного порошка // Бетон и железобетон. 2014. №4. С. 14-16.
23. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9 (11). P. 779-783.
24. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 10-14.

ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**Хамидов М.А., инженер,
Нахаев М.Р., канд. техн. наук, доц.,
Хасиев Р.М., инженер**
*Грозненский нефтяной технический
университет им. акад. М.Д. Миллионщикова*

Как известно, строительство в цивилизационные периоды исторического развития является наиболее динамично развивающейся отраслью народного хозяйства, ориентированное на удовлетворение потребностей в зданиях и сооружениях, и способствующее развитию производственных сил и улучшению социальных условий общества.

До середины 80-х годов прошлого века в нашей стране предпочтение отдавалось сборному строительству, где активно пропагандировалось панельное и блочное домостроение.

При всей своей экономической рациональности технологии сборного строительства существенно ограничивают творческие возможности архитекторов и проектировщиков по внешнему виду и планировке зданий. Также по ряду причин в панельных и блочных зданиях нельзя повторить микроклимат и архитектурные качества, присущие кирпичным и монолитным зданиям.

В связи с этим в 1987 году в России началось внедрение программы «Монолит-2000», разработанной для продвижения монолитного домостроения. Вначале программа осуществлялась медленно и не выполняла поставленные задачи. Но являясь одним из наиболее эффективных методов, роль монолитного строительства в нашей стране возросла при переходе к рыночной экономике, когда появилась необходимость обновления на современной технической основе производственных фондов, расширения и совершенствования социальной сферы общества. Сейчас можно смело утверждать, что потребности рынка, влияющие на строительное производство в России, обеспечивают стремительное развитие этого направления в строительстве [1].

На сегодняшний день монолитное и сборно-монолитное строительство являются одним из самых прогрессивных направлений строительства зданий и сооружений. Это — возведение конструктивных элементов из бетонной смеси с использованием специальных форм (опалубки) непосредственно на строительной площадке. В первом

случае здание полностью возводится из сплошного бетона, во втором случае создается жесткий монолитный каркас с различными видами ограждающих конструкций и элементов перекрытия (рис. 1).



Рисунок 1 – Возведение здания из монолитного железобетона

Монолитное строительство имеет ряд преимуществ перед другими технологиями.

Шаг конструкций при монолитном строительстве не имеет значения. А в сборном – все конструкции имеют размеры, кратные определенному модулю; технология конструкций, выполняемых на заводе, не позволяет быстро изменить форму оснастки и т.д. Поэтому архитекторы и проектировщики были привязаны к определенным типоразмерам и, как следствие – ограничены в принятии проектных решений.

Монолитные здания легче кирпичных на 15-20 %. Существенно уменьшается толщина стен и перекрытий. За счет облегчения веса конструкций уменьшается материалоемкость фундаментов, соответственно удешевляется устройство фундаментов.

Производственный цикл переносится на строительную площадку. При сборном домостроении изделия изготавливаются на заводе, привозятся на площадку, монтируются. При изготовлении сборных конструкций закладываются допуски на всех технологических этапах, которые приводят к дополнительным трудозатратам при отделке стыков. Если монолитное строительство ведется по четко отработанной схеме, то возведение зданий осуществляется в более короткие сроки. Кроме этого, качественно выполненная работа исключает необходимость мокрых процессов. Стены и потолки практически готовы к отделке.

Монолитное строительство обеспечивает практически "бесшовную" конструкцию. Благодаря этому повышаются показатели тепло- и звукопроницаемости. В то же время, конструкции более долговечны.

Процесс монолитного строительства состоит из нескольких этапов: приготовления и доставки бетона, подготовки опалубки и собственно укладки бетона. Процесс этот особенно упрощается, если есть возможность создания своего бетонного узла непосредственно на стройплощадке.

Применение современных опалубочных систем при монолитном строительстве значительно повышает его технологичность. Сроки и качество возведения конструкций во многом определяются применяемой опалубкой. Современные опалубочные системы можно классифицировать по различным критериям [3]:

- по функциональному назначению: для получения вертикальных поверхностей (опалубка стен, опалубка колонн); для горизонтальных и наклонных поверхностей; для образования криволинейных поверхностей (например, пневматическая); для одновременного бетонирования стен и перекрытий, комнат и целых квартир;

- по конструктивным признакам: разборно-переставная мелкощитовая опалубка; разборно-переставная крупнощитовая опалубка; подъемно-переставная опалубка; блочная опалубка; объемно-переставная опалубка; скользящая опалубка; горизонтально-перемещаемая (катучая, тоннельная) опалубка; пневматическая опалубка; несъемная опалубка;

- по материалам формирующих элементов: металлическая; деревянная; фанерная; пластмассовая; несъемная (пенополистирол, фибролит и т.п.);

- по поддерживаемому температурному режиму выдерживания бетона: не утепленная; утепленная; греющая (термоактивная).

За российский строительный рынок борются, в основном, зарубежные производители опалубки. Широко предлагаются разборно-переставная, мелко- и крупнощитовая опалубка, т. е. опалубка, состоящая из модульных щитов-балок с системой доборных элементов. В основном по принципу модульных щитов созданы опалубочные системы "НОЕ", "ПЕРИ", "МЕВА" (Германия), "ДОКА" (Австрия), "ПАШАЛЬ" (Германия), "УТИНОРД" (Франция). В начале этого года концерном "МЕВА" разработаны наиболее современные опалубочные

системы, где вместо повсеместно используемой многослойной фанеры применяются совершенно новые долговечные пластмассовые полипропиленовые плиты "Алкус".

Австрийско-немецкая фирма "Дока" является одним из самых крупных мировых производителей опалубки. В ассортименте выпускаемой компанией продукции - самые различные виды опалубки: стеновая, для перекрытий, подъемно-переставная и многие другие (рис. 2).





Рисунок 2 – Опалубочные системы от Австрийско-немецкой фирмы «DOKA»

Разработка и изготовление всех деталей опалубки одной компанией подтверждены международным сертификатом качества ISO 9002. Совсем недавно производство опалубки начал осуществлять петербургский "Маркетинг-центр "Арсенал", предлагающий комплект тоннельной опалубки для монолитного домостроения. Универсальность новой модели позволяет осуществить одновременно заливку стен и перекрытий строящегося здания, в результате чего ступенчато изменяется высота стен от 2,8 до 3,0 м, толщиной от 130 до 160 мм. Конструировать помещение можно шириной до 5,5 м, а также строить арочные своды и проемы.

Предлагается также опалубка "ТРАПЕЦ", предназначенная для резервуаров круглой формы, очистных сооружений, бассейнов или опалубка фирмы "ГЛЯЙТБАУ" - для строительства объектов особой сложности. Совершенно другой подход использован при разработке и проектировании опалубочной системы "Алума Системс" (Канада). Система включает набор унифицированных несущих элементов из алюминиевого сплава, из которых собирают формы различных размеров и несущей способности в зависимости от технологии возведения, скорости бетонирования, нагрузок и других характеристик монолитных

конструкций. После сборки каркаса на него по размерам панели крепят фанерную палубу. Таким образом, опалубку можно применять для более широкого спектра зданий и сооружений, в том числе и для резервуаров, бассейнов круглой формы, с перекрытиями любой формы, в том числе и сводчатыми, а применение унифицированных несущих элементов под конкретные нагрузки позволяет использовать ее более экономично.

Фирма "Канстрой групп" представляет в России оригинальную технологию возведения зданий и сооружений с помощью пенополистирольных блоков несъемной опалубки (так называемая строительная система ААБ). Данная система, изобретенная в 80-х годах в Канаде, представляет собой несъемную опалубку в виде блоков из пенополистирола с впрессованными в процессе изготовления перемычками. Простым укладыванием друг на друга восемь рядов блоков образуют один этаж будущего здания, в пазы перемычек закладывается арматура - этаж готов для заливки бетоном.

Метод монолитного возведения зданий, несмотря на явные преимущества, имеет и ряд недостатков, к которым могут быть отнесены:

- опасность образования технологических трещин в монолитных конструкциях от температурно-усадочных деформаций бетона в процессе его твердения, зависящих от состава бетона, условий твердения и размеров участков бетонирования конструкций;

- надежная оценка прочности твердеющего бетона в момент распалубки и передачи нагрузки от вышележащих элементов на конструкции, в которых бетон не достиг проектной прочности;

- необходимость разработки расчетных правил по установлению допустимой промежуточной прочности бетона при снятии и перестановке опалубки по этажам для различных видов монолитных конструкций (перекрытий, стен, колонн) с точки зрения обеспечения трещиностойкости и прочности конструкций во время возведения монолитного здания, а также включение в план производства работ мероприятий по ускорению набора прочности бетоном;

- эффективный контроль качества монолитных конструкций.

Во многих случаях при скорости испарения, превышающей 0,5 кг/(м²*ч) образование трещин от пластической усадки является неизбежным. Поэтому конструкции с большими открытыми поверхностями (например, перекрытия) с целью сохранения в них влаги, препятствующей появлению трещин, покрывают пленкообразующими составом ВПС-Д [2]. Сооружения большой

протяженности разрезают усадочными швами.

В массивных бетонных конструкциях снижение усадок и трещинообразования можно достигнуть: 1) за счет снижения температуры гидратации путем введения специальных добавок; 2) снижения расхода цемента, что помимо экономического эффекта дает возможность снизить термальные нагрузки бетонной конструкции, приводящие в противном случае к образованию трещин и усадок.

Испытания монолитных конструкций пробным нагружением довольно сложны, а контроль прочности бетона по образцам недостаточен, особенно при бетонировании в зимнее время, и центр тяжести контроля прочности бетона должен быть перенесен на неразрушающие методы. Т.е. возведение здания должно сопровождаться серьезным мониторингом для обеспечения его надежности и последующей безопасной эксплуатации.

В отечественных условиях монолитное строительство испытывает еще и дополнительные трудности, в частности, связанные с организационными проблемами. Например, необходимость закупки дорогостоящих опалубочных, бетонотранспортирующих и других технических средств, так как в России предприятий, предоставляющих опалубочные системы в аренду с проектированием опалубки под конкретный объект, комплектацией и техническим сопровождением очень мало.

Но при больших объемах работ обеспечивается максимальная экономичность за счет многократной оборачиваемости опалубки и высокого качества импортной техники, требующего ремонта в течение длительного времени. В этом случае оправдано и устройство растворобетонного узла непосредственно на стройплощадке, когда доставка бетона производится небольшим количеством автомашин, перевозящих бетонную смесь с минимальным плечом. При малой продолжительности транспортировки повышается оперативность доставки смеси и отпадает необходимость в применении пластифицирующих добавок, что соответственно снижает стоимость бетона.

В условиях малоэтажного строительства возникают проблемы, связанные с рассредоточенностью строительных площадок, в основном с небольшим объемом работ и неудовлетворительными транспортными связями. Оставятся актуальными вопросы, связанные со снижением затрат тяжелого ручного труда, а также снижением расхода дефицитных материалов при производстве опалубочных работ.

Одним из эффективных решений этих проблем в малоэтажном домостроении является применение легкой опалубки, позволяющей выполнять опалубочные работы по бескрановой технологии.

Для этой цели может служить опалубка «Hennebeck-Thyssen Krupp» под маркой «RASTO» которая сегодня считается одной из самых легких и доступных опалубок. Это система легких щитов, изготовленных из горячеоцинкованной, стойкой к коррозии стали. Для щитов применяется фанера толщиной 14 мм.



Рисунок 3 – Опалубка «RASTO»

Использование несъемной опалубки монолитных зданий – одно из современных и перспективных направлений строительства.

Несъемная опалубка состоит из формообразующих (опалубочных) элементов (плит, блоков и т.п.), креплений и поддерживающих устройств (тяжей, прогонов, распорок, стоек, подкосов и т.п.). Опалубочные элементы являются несъемными, т.е. остаются в монолитной конструкции и работают как одно целое. Детали крепления могут быть съемными и несъемными в зависимости от конструктивных решений.

В настоящее время на рынок новых экологически чистых технологий и материалов для строительства энергоэффективных зданий

и сооружений продвигается технология монолитного строительства на основе блочной несъемной опалубки компании «DURISOL».



Рисунок 4 – Опалубка (несъемная) «DURISOL»

Вдобавок ко всем прочим достоинствам монолитное строительство позволяет решать и экологические задачи, связанные с утилизацией отходов производства. Известно, что природные ресурсы истощаются, а отходы производства, как в мире, так и особенно в России, нарастают. Больше всего отходов образуют предприятия горнодобывающих, металлургических и теплоэнергетических отраслей. Огромные скопления этих отходов нарушают экологическое равновесие, являясь источником загрязнения окружающей среды. Зачастую под отвалы отчуждаются необходимые для народного хозяйства земли. Нагрузка на окружающую среду достигла такого уровня, при котором сама природа уже не в состоянии восстановить нарушенное экологическое равновесие.

Имеются данные, из которых следует, что большинство стран мира используют 55...90% зольного выхода, в том числе в строительстве от 35 до 70%. Страны СНГ занимают в этом, по существу, одно из последних мест (7% в целом и 4,4% в строительстве). В России использование золошлаковых отходов за период с 1995 года по настоящее время снизилось на 30% и более. В связи с этим, несмотря на наличие многочисленных работ отечественных и зарубежных исследователей и ученых-производственников, разработавших рекомендации, ГОСТы и технологии применения золошлаковых

отходов (ЗШО) ТЭЦ в бетонах, требуется комплексный подход к решению этой проблемы.

Частичное решение данной проблемы предложено авторами [4-6], которым были проведены исследования мелкозернистого шлакозобетона в ремонтно-восстановительных работах несущих конструкций зданий. Для оптимального состава мелкозернистого высокоподвижного бетона классов В12,5-В22,5 была проведена серия опытов, в которых изменялось содержание шлакового песка от 70 до 100 % и золы от 0 до 30 % (с отвалов ТЭЦ г. Грозного) при постоянном расходе цемента. Для регулирования свойств бетонных смесей применили следующие добавки: ЛСТ и ЛСТ + ЩСПК. Введение этих добавок с водой затворения позволило оптимизировать составы бетонов классов В12,5-В22,5, характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства МЗБ [4-6]

Класс бетона	Ср. плотность, кг/м ³	R _p , МПа	R _{изг} МПа	R _{сж} , МПа	R _{сц} , МПа	E, МПа	Усадка, мм/м	Мера полз. мм/м	Растяжим. мм/м
В12,5	1870	2,5	3,0	12,2	5,0	20,5	21,0	0,21	0,05
В15	1890	3,5	4,0	15,5	8,2	23,5	24,0	0,25	0,10
В22,5	2080	4,5	5,5	22,7	10,5	26,0	25,5	0,27	0,17

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что использование техногенных отходов в совокупности с химическими добавками по традиционной технологии способствует повышению эффективности мелкозернистых бетонов, что в свою очередь позволяет расширить их использование в монолитном строительстве. В связи с этим, необходимо разработать теоретические и практические предложения, которые позволят использовать твердые отходы каждого предприятия, золы и шлаки каждой электростанции и каждой котельной на 100%, сокращая применение в бетонах природных и искусственно созданных заполнителей, а также цемента, ликвидируя золошлакоотвалы как таковые, что позволит решить триединую задачу: экологическую (ликвидацию отходов), экономическую (стоимость

бетонов из вторичных ресурсов значительно дешевле) и социальную (увеличение строительства жилья и других объектов за счет утилизации отходов).

Рассматривая перспективы монолитного строительства, можно обозначить два ключевых направления развития: одно из них нацелено на массовое возведение типовых зданий (преимущественно жилых), а другое — на возведение уникальных сооружений. Первое направление охватывает огромный рынок жилья всех категорий. Спрос на качественное жилье растет, одновременно с этим растет потребность в разнообразных архитектурных решениях, создающих современный облик жилых районов. Второе направление – это строительство по индивидуальным проектам отдельных сооружений или целых комплексов, выполняющих роль градостроительных акцентов.

Для решения таких задач необходимо, во-первых, дальнейшее развитие технологий монолитного строительства путем усовершенствования технической базы, основу которой составляют опалубочные системы и оборудование для бетонных работ; во вторых, необходимо решить проблемы, лежащие в плоскости поведения самого бетона (опасность образования технологических трещин в монолитных конструкциях от температурно-усадочных деформаций в процессе его твердения), а также связанные с ограниченными возможностями эффективного контроля качества монолитных конструкций.

Список литературы:

1. Звездов А.И. Железобетон в современном строительстве. – (Электронный ресурс). URL: <http://www.niizhb.ru/statzvezdov2.htm>
2. Гаврикова Т.А. Об эффективности технологии малоэтажного домостроения с использованием несъемных опалубочных блоков [Текст] / Т.А. Гаврикова, А.А. Яворский, А.Н. Смирнов // Строительство и архитектура: сб. материалов квалификационных и науч. работ студентов и магистрантов / ННГАСУ. Н. Новгород, 2003. Вып. 5. С.88-91.
3. Опалубка для монолитного строительства: состояние, перспективы развития и проблемы [Текст] / Н.И. Евдокимов, А.П. Степанов, О.Г. Пятакова, Е.А. Евдокимова, А.В. Круглова // Строительные материалы. 2005. №6. С.50-52.
4. Муртазаев С-А.Ю. Эффективные мелкозернистые бетоны с использованием отвалных золошлаковых смесей / С-А.Ю. Муртазаев, З.Х. Исмаилова //Бетон и железобетон. - 2008. -№3. -С.27-28.

5. Муртазаев С-А.Ю. Эффективные бетоны и растворы на основе техногенного сырья для ремонтно-строительных работ: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.05 /С-А.Ю. Муртазаев. Грозный: 2009. 43 с.
6. Исмаилова З.Х. Эффективные мелкозернистые бетоны с органоминеральной добавкой на основе золошлаковых смесей: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / З.Х. Исмаилова. Белгород: - 2008. – 23 с.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ «ЗЕЛЕНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

**Чернышева Н.В., д-р техн. наук, проф.,
Дребезгова М.Ю., магистрант,
Евсюкова А.С., студент,
Кузьмина Т.С.**

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

Бурьянов А.Ф., д-р техн. наук, проф.
Московский государственный строительный университет

Идея экологической безопасности жилья относительно недавно вошла в нашу жизнь и закреплена законом «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» в 2009 г.

«Зелёное» строительство, «зелёные» здания (англ. *Green construction, Green Buildings*) - это практика строительства и эксплуатации зданий, целью которой является снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания (от выбора участка по проектированию, строительству, эксплуатации, ремонту и сносу), а также сохранение или повышение качества зданий и комфорта их внутренней среды. Эта практика расширяет и дополняет классическое строительное проектирование понятиями экономии, полезности, долговечности и комфорта.[1-9]

Основной целью строительства «зелёных» зданий является сокращение общего влияния застройки на окружающую среду и человеческое здоровье, что достигается за счёт:

- эффективного использования энергии, воды и других ресурсов;
- внимания по поддержанию здоровья жителей и повышению эффективности работников;
- сокращения отходов, выбросов и других воздействий на окружающую среду.

Одной из проблем современного «зеленого» строительства является использование новых энергосберегающих технологий производства экологически чистых и безопасных строительных материалов нового поколения с максимальным использованием доступного, дешевого, часто невостребованного местного сырья, к

которому, помимо природных ресурсов, относятся техногенные продукты промышленных предприятий [10-15].

«Зелеными», экологически чистыми объекты становятся при условии, что в ходе проектирования и строительства заложены и воплощены специальные технологии и действительно экологически чистые материалы, которые помогают снизить стоимость жизненного цикла объекта. Этим требованиям соответствуют высокоэффективные водоустойчивые гипсобетоны на основе композиционных гипсовых вяжущих нового поколения (КГВ), способные заменить энергоемкий портландцемент в широкой номенклатуре бетонных изделий для малоэтажных жилых и производственных объектов.[16-23]

Основными достоинствами использования гипсовых композиционных материалов при возведении и отделке зданий и сооружений являются:

1. *Ускорение процесса строительства.* Быстрое (но регулируемое) схватывание и твердение гипсовых формовочных смесей позволяет осуществлять изготовление изделий или вообще без форм (методом непрерывного проката), или в кассетных формах и установках различной конструкции, коэффициент использования которых резко увеличивается. Скорость возведения монолитных стен всегда зависит от времени твердения бетона. При бетонах на портландцементе опалубка держится не менее суток. При использовании гипсовых бетонов в монолитных технологиях опалубку на монолите можно переставлять несколько раз в день.

2. *Эффект энергосбережения.* Нет необходимости применять тепловые процессы. Энергозатраты (электроэнергия) незначительны. Если принять за 100% энергозатраты на производство 26 штук керамического кирпича (который считается сегодня наиболее «престижным» стеновым материалом), то сопоставимые затраты электроэнергии на производство стеновых камней такого же объема из гипсобетона составят до 45% в зависимости от степени водостойкости.

3. *Широкий спектр применения.* Композиционные гипсовые вяжущие, в частности композиционные водостойкие, пригодны для изготовления строительных стеновых изделий, деталей и конструкций, в том числе несущих, для устройства саморазравнивающихся стяжек под полы, приготовления кладочных растворов и бетонов. Ангидритовые гипсовые цементы превосходно показали себя в архитектурно-строительных изделиях, искусственном мраморе.

КГВ представляют собой гомогенную смесь дисперсных компонентов, один из которых выполняет функцию регулируемого

раннего схватывания и быстрого набора прочности (это может быть одна или сочетание модификаций гипсовых вяжущих); другой (органоминеральный модификатор, состоящий из портландцемента и минеральной добавки) или другие – обеспечивает гидравличность вяжущего и дальнейший рост прочности за счет формирования нового типа структуры, способствуя повышению долговечности; третьи – модифицирующие добавки, предназначенные для резкого снижения водопотребности вяжущего, способствующие его более полной и быстрой гидратации (для этого могут использоваться пластифицирующие добавки, регуляторы схватывания и твердения и др.)

Источником формирования минеральных добавок служат различные горные породы осадочного (диатомит, трепел, опока), вулканического (туф, перлит, вермикулит), метаморфического (отсевы дробления кварцитопесчаника, отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов - отходы ММС) генезиса, а также механогенной и пирогенной происхождения (бетонный лом, керамзитовая пыль, шамотная пыль, золошлаковые отходы ТЭЦ) и др.

Наиболее значимые в количественном отношении оксиды тонкомолотых минеральных добавок (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO) способны при обычных температурах взаимодействовать с гидроксидом кальция, выделенным при гидратации алита, и образовывать нерастворимые соединения, т.е. эти добавки обладают гидравлической активностью. КГВ на их основе различаются по прочности, зависящей от гидравлической активности минеральной добавки и гипсового вяжущего.

Применение такого сырья имеет свои специфические особенности в процессе приготовления сырьевой смеси, так и при твердении бетонов.

Технология приготовления КГВ включает несколько этапов:

1 этап – подготовительный, в зависимости от применяемой минеральной добавки, предусматривающий выполнение операций грохочения, дробления и сушки;

2 этап – приготовление гидравлического компонента – тонкомолотой смеси портландцемента с активной минеральной добавкой. Для повышения качества гипсоцементной матрицы необходим совместный помол портландцемента и кремнеземистых компонентов (возможно с суперпластификатором), достижения оптимальной тонкости помола, зернового состава и других свойств.

3 этап – смешивание гипсового вяжущего с гидравлическим компонентом, совмещенным с кратковременным помолом.

Для регулирования в широких пределах сроков схватывания и твердения КГВ (при этом не снижая его прочности) и изменяя соотношение компонентов в их составе, применяют комплексные химические добавки (КХД), состоящие из двух и более компонентов: суперпластификаторов и замедлителей сроков схватывания (С-3+ЩСПК; ЩСПК+СДБ+СЖ (сульфат железа); С-3+ЦФ (цитратный фильтрат); СБ-3+ЦФ; лимонная кислота+MELMENT и др.).

Были разработаны составы КГВ с регулируемыми сроками схватывания (начало от 10 до 50 мин), прочностью ($R_{сж}=10-30$ МПа), водостойкостью ($K_{разм}=0,6-0,87$). Некоторые из них представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства затвердевшего КГВ

№	Условия твердения	Состав, % масс.			Прочность на сжатие, МПа, через сутки					Коэффициент размягчения, через сутки				
		Г	Ц	МД	28	90	180	360	2	28	90	180	360	2
									года					года
<i>КГВ с отходами ММС</i>														
1	На воздухе	70	15	15	17,0	17,4	17,6	17,6	17,8	0,78	0,79	0,80	0,80	0,81
<i>КГВ с кварцевым песком</i>														
22	На воздухе	70	15	15	13,0	13,4	13,8	13,9	13,9	0,75	0,76	0,77	0,78	0,78
<i>КГВ с бетонным ломом</i>														
3	На воздухе	60	20	20	28,0	28,1	28,2	28,4	28,4	0,6	0,6	0,61	0,61	0,62

Разработана технология получения комплекса стеновых материалов и изделий на КГВ для современного малоэтажного «зеленого» строительства, а также при возведении уникальных зданий и сооружений.

Получены следующие стеновые изделия:

- из легкого бетона классов В5-В10 (стеновые блоки, панели) с высокими значениями ранней прочности, которая позволяет производить распалубку изделий уже через 3 часа твердения, с маркой по морозостойкости F25-35, что позволяет рационально использовать их для ограждающих конструкций в малоэтажном строительстве;

- мелкоштучные стеновые материалы из МЗБ с пределом прочности при сжатии до 35 МПа, с коэффициент размягчения ($K_{разм}$ до 0,73;

- композиты из тяжелого бетона с прочностью от 10 до 32 МПа;

- конструкционные изделия для индустриального строительства из подвижных бетонных смесей без заполнителя с пределом прочности при сжатии до 20 МПа, $K_{разм}$ до 0,67.

Таким образом, разработанные композиционные гипсовые материалы нового поколения с высокими строительно-техническими свойствами, превышающими свойства гипсобетонов, являются эффективными для «зеленого строительства».

Список литературы:

1. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., 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. Лесовик В.С., Володченко А.А. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.
3. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.
4. Вишневская Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53-56.
5. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
6. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В. Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
7. 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 «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
8. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
 9. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научно-технические инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
 10. Лесовик В.С. Архитектурная геоника // Жилищное строительство. 2013. №1. С. 9 – 12.
 11. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород: М.: Изд. АСВ, 2006. 526 с.
 12. Лесовик В.С., Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород // ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий». Грозный. 2012. 192 с.
 13. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья: монография. Германия: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015. 75 с.
 14. Чернышева Н.В. Использование техногенного сырья для повышения водостойкости композиционного гипсового вяжущего // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 53 – 56.
 15. Толстой А. Д. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ковалева И.А., Порошковые бетоны с применением техногенного сырья // Вестник МГСУ. Москва, 2015. №11. С.101-109
 16. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
 17. 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.
 18. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского

- государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.
19. Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород, 2005.
 20. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
 21. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
 22. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
 23. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Елистраткин М.Ю., Прасолова Е.О., Воронов В.В., Глаголев Е.С. Эффективные зеленые композиты с использованием неорганических пластификаторов // В сборнике: Научно-практические технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 85-89.

ПОВЫШЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ФИБРОБЕТОНА ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В КАМБОДЖЕ

**Чхин Сованн, канд. техн. наук,
Лесовик В.С. д-р техн. наук, проф.,
Новиков К.Ю., магистрант,
Крымова А.И., студент,
Толстой А.Д., канд. техн. наук, проф.,
Баранов А.В., магистр,
Масанин О.О., магистрант**

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

В настоящее время в республике Камбоджа значительное количество зданий и сооружений нуждаются в ремонте и восстановлении, что связано со сложными природно-климатическими условиями (повышенная влажность), так и с геологическим строением. Проблему помогло бы решить расширение монолитного строительства более климатоустойчивых и долговечных зданий и сооружений с применением энергоэффективного сырья в качестве заполнителей, так и компонентов добавки. В этой связи появилось большое разнообразие применяемых материалов для монолитного строительства. При этом монолитный фибробетон, обладающий высокой степенью трещиностойкости, прочностью, низкой усадкой, высокой водостойкостью, в значительной мере соответствует этим требованиям. Являясь классическим сочетанием мелкозернистых бетонов и добавок различных армирующих средств (стальных, стеклянных или синтетических), фибробетон позволяет создавать конструкции любой сложности и конфигурации, а фибробетонные смеси значительно улучшают качество и долговечность здания.[6-15]

Таким образом, фибробетон является одним из эффективных строительных материалов, применяемых для целей монолитного строительства. Дисперсное армирование значительно повышает прочность композита на растяжение и замедляет образование трещин на всех стадиях формирования его структуры.

Важной задачей также является управление процессами структурообразования бетона в условиях жаркого климата. Быстрое испарение влаги из бетонной смеси может привести к пластической усадке и трещинообразованию бетона. Поэтому, разработка

эффективных составов бетонов на композиционных вяжущих, управление структурообразования, гранулометрией заполнителей позволит решить накопившиеся проблемы в современном строительстве Камбоджи [16-18].

Монолитное строительство является наиболее перспективным способом возведения зданий и сооружений из бетона, которое позволяет в короткие сроки возводить объекты практически любой этажности и формы. При этом наиболее перспективным является применение высокопрочных материалов на порошковой основе, придающих зданиям и сооружениям особую архитектурную выразительность.

Возрастающие требования, предъявляемые к современным объектам, использующим достижения архитектурной геоники создают необходимость применения такой методики строительства, которая дает возможность возведения зданий с разнообразными архитектурными и объемно-планировочными решениями. В условиях стесненной застройки или реконструкции в исторически сложившейся среде способ монолитного строительства является не только оптимальным, но и зачастую, единственно возможным.[19-27]

В настоящее время на территории Камбоджи начинается крупномасштабное строительство микрорайонов, оснащенных зданиями и сооружениями различного назначения, в том числе и высотных зданий. Для их возведения преимущественно используется технология монолитного строительства из бетона.

В столице государства Пномпене в 2014 году запущено строительство 227 проектов на сумму 85,1 млн. долларов США, что на 28 % больше по сравнению со 189 проектами на сумму 66,3 млн. долларов США в прошлом году. Строительство таких роскошных и крупных проектов как WordCity, DiamondIsland и GrandPhnomPenhInternationalCity может обеспечить только часть растущего спроса, но должны быть варианты жилой недвижимости и для менее обеспеченных граждан. Согласно проекту жилищного строительства в королевстве Камбоджа на период 2010–2030 гг. потребуются строительство 120 тыс. домов. Многие эксперты рынка недвижимости Камбоджи отмечают разнообразие предлагаемых объектов недвижимости, строящихся в Пномпене.

В качестве основных строительных материалов в Камбодже применяют лес, кирпич и камень, а как дополнительные – различные металлы: железо, олово, свинец и медные сплавы.

Все шире начинают применяться фибробетонные конструкции, в которых качестве армирующего материала применяется дисперсное

распределенное волокно. Для его производства используются различные материалы: металл, базальт, полипропилен, стекло. Во всем мире развитие дисперсного армирования как альтернатива стержневому происходило постепенно. Фиброармированный бетон обладает значительным преимуществом по сравнению с обычным бетоном. Большая степень сопротивления трещинообразованию способствует увеличению прочности при сжатии, растяжении и изгибе, водонепроницаемости, морозостойкости, долговечности.

Строительство ведется известными способами (рис. 1).



Рисунок 1 – Способы возведения зданий и сооружений из бетона

Область применения фибробетона чрезвычайно широка, он может не только с успехом заменять традиционные виды бетона во всех областях строительного комплекса.

Металлическая фибра (рис. 2) улучшает механические характеристики бетона после набора им прочности, то есть выполняет силовые функции. Армирование бетона такой фиброй способствует увеличению его прочностных характеристик (предел прочности при растяжении увеличивается в 2,5 раза, при изгибе в 3,5 раза и при сжатии в 1,5 раза), ударная прочность повышается в 10 раз, сопротивление истираемости – в 2 раза, трещиностойкость – до 6 раз. Значительно повышается деформативность, морозостойкость, термостойкость, водонепроницаемость и коррозионная стойкость бетонных конструкций. Повышение физико-механических свойств сталефибробетона (СФБ) позволяет снизить массу бетонных конструкций до 15–20%. Применение фибрового армирования существенно сокращает или полностью исключает арматурные работы и позволяет совместить технологические операции приготовления

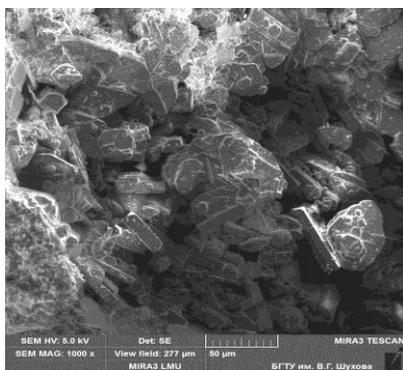
бетонной смеси и ее армирования, что позволяет сократить трудовые затраты на их проведение до 40%.

В качестве заполнителя и компонента вяжущего для мелкозернистого фибробетона использовалась базальтовая порода Мондол Кири месторождения, расположенного в Камбодже (табл. 1). Порода состоит из кальциевого полевого шпата – анортита, авгита и оливина. Присутствует небольшое количество вулканического стекла. Фотоснимки растровой электронной микроскопии подтверждают наличие зерен авгита, анортита и оливина.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики базальтового заполнителя

№ п/п	Величина показателя	Значение	Размерность
1	Истинная плотность	2440	кг/м ³
2	Насыпная плотность	1400	кг/м ³
3	Пустотность	43	% по объему
4	Модуль крупности	2,4	-

а



б

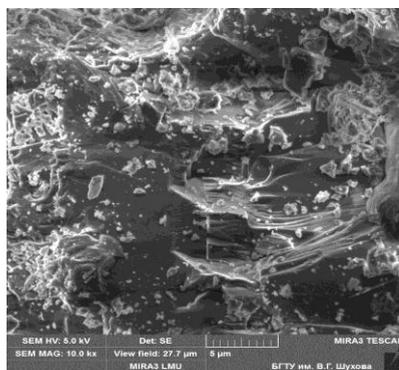


Рисунок 2 – Фотографии микроструктуры базальтовой породы:

1000× (а), 10000× (б)

Базальтовая порода подвергалась дроблению в лабораторной щековой дробилке до выхода с максимальным размером зерен 5 мм. В таком виде она использовалась в дальнейшем в качестве заполнителя мелкозернистого фибробетона.

В качестве одного из компонентов композиционного вяжущего (комплексной тонкомолотой добавки – КТД) использовалась глина месторождения Пномпень, которые приурочены к верхнемиоценовым и верхнеплиоценовым отложениям. Большая часть месторождения перекрыта базальтами верхнеплиоценового возраста.

Продуктивные глины данного месторождения приурочены к верхнемиоценовым и верхнеплиоценовым отложениям. Их залежи имеют пластовую и линзовидную форму, мощность от нескольких метров до 15 метров. Большая часть месторождения перекрыта базальтами верхнеплиоценового возраста. Глина в собственном виде имеют темно-серый, светло-голубой и зеленоватый цвета. Она очень жирная на ощупь, слабо известняковая, имеет высокое содержание кремнезема и поэтому относятся к категории кислых.

Химический состав (табл. 2) показывает, что порода имеет высокое содержание кремнезема и относится к категории кислых.

Вторым компонентом комплексной тонкодисперсной добавки является мел месторождения Компонг Чам. На снимке видны образования, характеризующие органогенное происхождение данной породы (рис. 3).

Таблица 2 – Химический состав глинистой породы

SiO ₂ общ.	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.	Σ
61,2	18,1	0,93	6,5	1,23	1,75	2,52	1,72	4,25	98,2

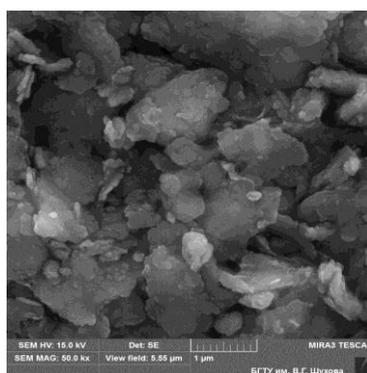
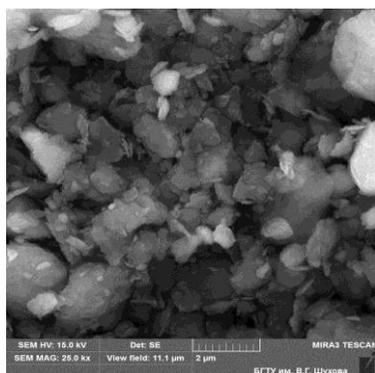


Рисунок 3 – Микроструктура глины Пномпеньского месторождения

Основными минералами являются кальцит и арагонит. Порода отличается высокой рыхлостью и удобообразуемостью.

Добавка пластифицирующая – сухой суперпластификатор С-3, состоящий из смеси натриевых солей продуктов конденсации нафталинсульфокислот с формальдегидом, лигносульфонатом и сульфатом натрия, удовлетворяющий требованиям ТУ 6-36-0204229-625.

Для повышения эффективности фибробетона существенное значение имеет наиболее полное использование возможностей вяжущих веществ, создание оптимальной структуры искусственного камня в бетоне. Повышение тонкости помола цемента с 300 до 500 м²/кг увеличивает активность на 10–20 % и ускоряет твердение бетона.

С целью получения таких вяжущих был проведен ряд испытаний по следующей методике: сначала разрабатывали вяжущие композиции, состоящие из оптимального соотношения гидравлического вяжущего (цемента) и минерального компонента. Комплексный минеральный компонент был представлен комплексной тонкодисперсной добавкой (КТД), полученной путем совместного помола базальтовой и глинистой пород и мела месторождений Камбоджи в соотношении 1:1:1, после чего при оптимальных соотношениях минеральных компонентов вводили химические модификаторы.

Композиционное вяжущее получали путем домола портландцемента с пластифицирующей добавкой «карбоксилат» (С-3) в вибромельнице до удельной поверхности 600 м²/кг и «Полипласт СП-1». С целью определения наиболее подходящей добавки пластификаторов с оптимальной дозировкой было изучено их влияние на тонкомолотый цемент (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты определения оптимального содержания добавки для композиционного вяжущего

Содержание добавки, %от массы	Расход материалов на миниконус		Диаметр расплыва миниконуса, D, мм	
	цемент, г	Вода, г	«Полипласт СП-1»	СБ-3
0,1	100	32,0	58	60
0,2	100	31,1	80	83
0,3	100	30,6	92	96

0,4	100	30,2	118	125
0,5	100	30,0	155	160
0,6	100	29,7	156	161
0,7	100	29,3	156	162
0,8	100	28,9	158	162
0,9	100	28,5	–	–
1,0	100	28,2	–	–

Введение суперпластификатора С-3 в формовочную массу с комплексной тонкомолотой добавкой позволяет усилить эффект диспергации частиц вяжущего и осуществить комплексное воздействие на систему. При этом введение суперпластификатора С-3 повышает подвижность частиц вяжущего, снижает водоцементное отношение.

Исследования структуры твердеющих систем с комплексной добавкой, в состав которой входит минеральный компонент в количестве 3 % от массы цемента и суперпластификатор С-3 в количестве 0,4 % от массы цемента, показали, что через 15 мин после их приготовления формируется более плотная структура с меньшим объемом пор по сравнению с эталоном – системой без добавок.

Установлено, что структура цементного камня на композиционном вяжущем значительно плотнее по сравнению с обычным портландцементом

Композиционное вяжущее получали путем помола портландцемента с пластифицирующей добавкой карбоксилата С-3 и модификатором в шаровой мельнице до удельной поверхности 500 м²/кг. Минеральный модификатор соотношения глина : мел : базальт равного 1:1:1 получали методом помола в шаровой мельнице до удельной поверхности 300 м²/кг. Композиционное вяжущее готовилось совместным помолом портландцемента с добавкой карбоксилата и модификатора в количестве 1, 3, 5, 7 и 10 мас. % от массы цемента.

Результаты испытаний отображены в таблице 4 (символами Ц, С-3 и М обозначено содержание цемента, пластификатора и модификатора соответственно).

Из таблицы 6 следует, что оптимальным является 3-й состав вяжущего с содержанием 3 % модификатора, который обеспечивает прирост прочности по сравнению с составом 1 в 1,38 раза. Дальнейшее

увеличение содержания модификатора приводит к снижению прочности композиционного вяжущего.

Таблица 4 – Результаты испытаний образцов композиционного вяжущего

№ п/п	Состав вяжущего	Предел прочности при сжатии, МПа	Прирост прочности
1	Ц+0,6 % С-3	27,6	-
2	Ц+0,6 % С-3+1 % М	32,1	1,16
3	Ц+0,6 % С-3+3 % М	38,2	1,38
4	Ц+0,6 % С-3+5 % М	33,6	1,22
5	Ц+0,6 % С-3+7 % М	30,9	1,12
6	Ц+0,6 % С-3+10 % М	29,5	1,07

Целью дальнейшего эксперимента было определение оптимальной тонкости помола при получении композиционного вяжущего. Совместный помол вяжущего осуществлялся в шаровой мельнице до удельной поверхности от 300 (исходная для портландцемента) до 700 м²/кг.

Результаты эксперимента показали, что наиболее интенсивный рост прочности композиционного вяжущего наблюдается в интервале значений удельной поверхности 400–500 м²/кг, при дальнейшем помоле прочность повышается незначительно.

Полученные результаты подтвердили ранее сделанный вывод о том, что с ростом удельной поверхности с 400 до 500 м²/кг происходит существенное повышение прочности композиционного вяжущего как при сжатии, так и при изгибе. Данный эффект усиливается с понижением В/Ц от 0,32 до 0,25. Наблюдается также рост прочности композиционного вяжущего с увеличением содержания добавки модификатора до 3 %, дальнейшее увеличение которого приводит к снижению прочности, что подтверждают предварительные результаты. Также установлено, что с повышением содержания добавки модификатора наблюдается увеличение времени начала схватывания вяжущего теста. Сроки окончания схватывания примерно одинаковы и составляют в среднем для вяжущего с удельной поверхностью 400 м²/кг – 4 ч 45 мин., для 500 м²/кг – 4 ч 20 мин.

По результатам прочностных испытаний и исследованиям микроструктуры можно сделать вывод, что применение тонкомолотого цемента с компонентами модификатора позволяет получить

композиционное вяжущее повышенной прочности и плотности с пониженной водопотребностью по сравнению с обычным портландцементом.

Согласно полученным результатам, установлено, что бетон приготовленный на основе композиционного вяжущего, содержащий в своем составе волновую фибру в количестве 3% является эффективным материалом для ремонта и реконструкции зданий и сооружений в Камбодже.

Список литературы:

1. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышения долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.
2. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Присяжнюк А.П., Воронов В.В., Баженова О.Г., Якимович И.В., Саридис Я.В. Эффективные порошковые композиции на техногенном сырье // Современные строительные материалы, технологии и конструкции. ФГБОУ ВПО «ГТНТУ им. акад. Миллионщикова» г. Грозный. 2015. С. 406-411.
3. Толстой А.Д., Ковалева И.А. Мелкозернистые бетоны на многокомпонентном вяжущем с применением техногенных продуктов // Иновационные направления в научной образовательной деятельности. Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции: в 3-х частях. Общество с ограниченной ответственностью «НОВАЛЕНСО». 2015. С. 8-11.
4. Лесовик В.С. Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении.- Международный сборник научных трудов Строительные материалы-4С. Новосибирск 2015. С. 26-30.
5. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 196с.
6. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.
7. Лесовик В.С., Володченко А.А. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.
8. Lesovik V.S., Zagorodnik L.H., 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.
9. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.

10. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
11. 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.
12. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
13. 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 «ГТНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
14. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В. Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
15. Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород, 2005.
16. 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.
17. Сованн Ч. Мелкозернистый фибробетон на композиционном вяжущем для монолитного строительства в условиях Камбоджи: дис.... канд. техн. наук: 05.23.05 / Ч.Сованн. Белгород, 2015. 176 с.
18. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Якимович И.В., Лукутцова Н.П. Высокопрочные материалы для декоративных целей // Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Промышленное и гражданское строительство», № 8, 2014. – с. 51-53.
19. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Толстой А.Д., Володченко А.А. Сродство структур как теоретическая основа проектирования композитов будущего // Строительные материалы. 2015. № 9. С. 18–22.
20. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)

21. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.
22. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Органоминеральные высокопрочные декоративные композиции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 67-69.
23. 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. Т. 9. № 11. С. 816-819.
24. Ильинская Г.Г., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. Сухие смеси для отделочных работ на композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 15-19.
25. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Шамшуrow А.В., Беликов Д.А. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25-31.
26. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Savin A.V., Ginzburg A.V., Shapovalov N.N. Assessment of passivating properties of composite binder relative to reinforcing steel // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 12. С. 1691-1695.
27. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Кара К.А. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих для энергоэффективного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 47-52.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИБРОБЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

**Чхин Сованн, канд. техн. наук,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Толстой А.Д., канд. техн. наук, проф.,
Новиков К.Ю., магистрант,
Магомедов З.Г, магистрант,
Герасимов А.В., магистрант**

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

Фундаментальной задачей современного материаловедения является повышение эффективности строительных композитов. [1-12]

На основании результатов комплексных исследований разработаны составы мелкозернистых фибробетонов для строительства на тонкодисперсных материалах Камбоджи.

Эффективность фибробетона зависит от применяемого вяжущего и заполнителя. Строительно-технические свойства фибробетона изучали на образцах-кубах размером 100x100x100 мм, изготовленных из формовочной смеси, содержащей крупный заполнитель фр. 5-10 мм. Крупный заполнитель (щебень) получали дроблением базальтовой породы с последующим рассевом на фракции. Подвижность смеси составляла 6-8 см ОК.

Исследования физико-механических характеристик показало, что свойства бетонов изготовленных на композиционных вяжущих во всех случаях превышают характеристики образцов аналогичного состава, изготовленных на других вяжущих. Отсюда можно сделать вывод, что применение композиционных вяжущих с добавкой НСМ позволяет существенно увеличить прочностные характеристики бетона.[13-19]

Результаты выполненных экспериментальных исследований позволили определить оптимальные составы фибробетонов на основе сырьевых ресурсов Камбоджи и разработать необходимые рекомендации по их эффективному применению.

Начальные эксперименты по определению прочности мелкозернистого бетона (без крупного заполнителя) показали существенных рост прочностных показателей фибробетона с введенной в состав комбинированной фибры на композиционном вяжущем по сравнению с образцами на цементе (табл. 4.19).

Таким образом, при изготовлении мелкозернистого бетона на композиционном вяжущем с дисперсным армированием прочность при сжатии возрастает на 30,7 %, при изгибе – на 29,8 % по сравнению с неармированным аналогом. Этот факт согласуется с результатами выполненных ранее исследований фибробетонов и конструкций на их основе.

Таблица 1 – Прочностные показатели фибробетонов в 28-суточном возрасте с различными видами дисперсной арматуры

Расход материалов на 1м ³					Фибра, кг		Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа
Вяжущее, кг			Песок из отсева дробления, кг	Песок кварцевый, кг	Вода, л	Стальная		
Ц	Ц+0,5 СП	КВ (Ц+НСМ)						
700	–	–	1250	400	238	41,4	4,7	68,4
	3,55	–			216			96,1
		21,3			164			98,1

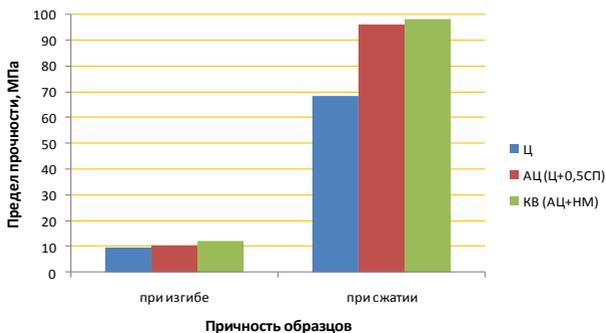


Рисунок 1 – Динамика изменения предела прочности при сжатии и изгибе образцов мелкозернистого фибробетона на различных вяжущих

Введение в смесь стальной фибры в оптимальной дозировке, применение композиционных вяжущих и суперпластификатора позволяет получить мелкозернистый фибробетон на местных сырьевых ресурсах Камбоджи с высокими показателями прочности и деформативности: пределом прочности при сжатии – до 98,1 МПа, при изгибе – 12,2 Мпа.

Важными характеристиками бетона используемого при монолитном строительстве являются водопоглощение и морозостойкость. Эти свойства оказывают существенное влияние на его долговечность, в связи с чем было проведено исследование данных показателей. Результаты исследований подтверждают возможность применения полученного фибробетона, установлено, что бетоны характеризуются низкими показателями водопоглощения, а также высокой морозостойкостью (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2 – Водопоглощение и морозостойкость фибробетона в зависимости от состава вяжущего

Расход материалов на 1м ³								Водопоглощение, %	Морозостойкость, F
Вяжущее, кг			Песок из отсева дробления, кг	Песок кварцевый, кг	Вода, л	Стальная фибра, кг	Полипропиленовая фибра, кг		
Ц	Ц+0,5 СП	КВ							
700	–	–	1250	400	238	41,4	7,7	3,6	200
	3,55	–			216			2,8	250
		21,3			164			2,3	300

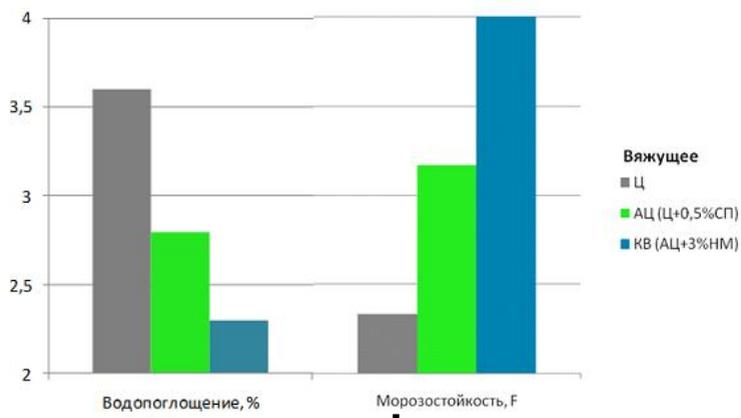


Рисунок 2 – Изменение водопоглощения и морозостойкости фибробетона в зависимости от состава вяжущего

Таким образом, установлена оптимальная дозировка суперпластификатора – «Полипласт СП-1» – 0,5% от массы вяжущего. Данный суперпластификатор уменьшает водопотребность более чем на 25% и увеличивает подвижность бетона, что позволяет получить составы, имеющие соответствующую нормативным требованиям марку по удобоукладываемости смеси, предназначенной также для реконструкции и ремонту зданий и сооружений. Используемая комплексная добавка позволяет увеличивать прочность бетона более чем на 20-25%, существенно снижает потерю подвижности бетонов и растворов во времени, продлевая время их транспортировки и переработки. Позволяет снизить трещинообразование, усадочные деформации и ползучесть под нагрузкой.

Влияние НСМ на структуру бетона

Как известно, прочность цементного камня может различаться при одинаковой степени пористости, что нашло отражение в проведенных экспериментах. Это различие обусловлено структурой и прочностью твердой фазы, размером и формой пор: прочность при сжатии возрастает с уменьшением размера пор. Существует оптимальные соотношения между гелевой и кристаллической составляющей цементного камня, которое обеспечивает максимальную его прочность. При введении НСМ количество цементного геля достаточно для заполнения свободных пространств между элементами

новообразований – между зонами плотных контактов твердой кристаллической фазы.

Фибробетон, изготовленный на композиционном вяжущем, характеризуется более прочным сцеплением волокон фибры с твердеющим вяжущим в контактной зоне, структура самой зоны контакта менее рыхлая и пористая, в отличие от фибробетона на портландцементе. Фибробетон на композиционном вяжущем имеет меньшие по размеру поры и пустоты, а также более плотное их заполнение продуктами гидратации.

С целью модифицирования бетонов для получения высококачественных смесей были разработаны составы фибробетона с крупным заполнителем на основе композиционного вяжущего с использованием НСМ.

Эксперименты показали, что введение добавки-модификатора в количестве нескольких процентов относительно цемента приводит к значительному повышению прочности бетона при сжатии до 20-30 %.

Компоненты добавки реагируют с гидратными минералами цементного клинкера с образованием этtringитоподобных фаз. Их высокая дисперсность приводит к ускорению гидратации и повышению эффективности применения добавки. При равномерном распределении микрочастиц НСМ, они плотно окружают зерна цементного клинкера, заполняют все пустоты, уплотняют цементный камень и улучшают сцепление цементной матрицы с заполнителем. При этом, происходит заполнение пор гидросиликатом кальция и уменьшение проницаемости бетона (рис. 3).

К тому же, изучение микроструктуры образцов фибробетона, изготовленных на композиционном вяжущем, показало, что гидратация цемента в присутствии НСМ приводит к более равномерному распределению продуктов гидратации по всему объему бетона, по сравнению с цементом без добавки, с практически полным вытеснением воздуха из толщи бетона и доведением пористости близко к нулю.

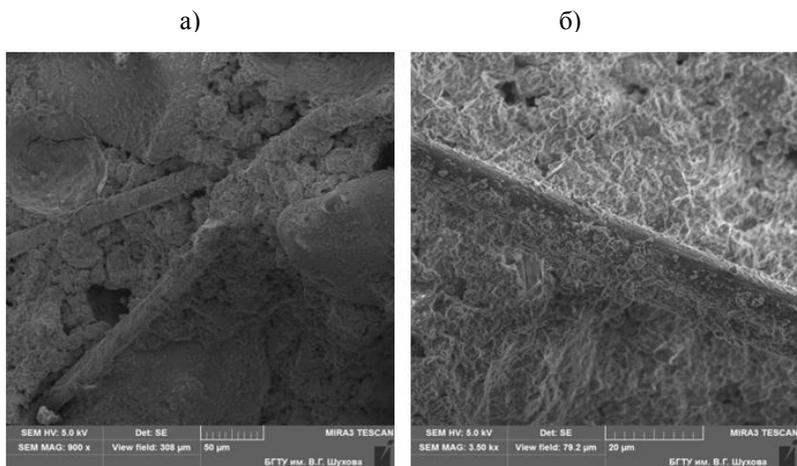


Рисунок 3 – Микроструктура контактной зоны фибробетона на основе:
 а) цемента ЦЕМ 42,5Н, увеличение $\times 5000$; б) композиционного вяжущего (97% Ц+3% HCM), увеличение $\times 5000$

Исследование контактной зоны цементного камня с армирующими волокнами фибры, показывает прочное сцепление поверхности волновой фибры с твердеющим цементом, ее уплотнение продуктами гидратации цементных минералов и компонентов HCM. При рассмотрении фотоснимков поверхности образцов фибробетона, изготовленных на композиционном вяжущем, можно видеть, что контакт армирующего элемента и цементного камня достаточно плотный и прочный. Таким образом, добавка HCM значительно повышает адгезионную способность твердеющего цемента к фиброволокнам.

Выводы

Полученный фибробетон отличается от обычного бетона более высокими показателями прочности при растяжении, изгибе и сжатии. Он обладает повышенно по сравнению обычным бетоном, повышенной водо- и морозостойкостью, жаростойкостью, трещиностойкостью, и другими показателями. Фибробетон с такими свойствами обеспечивает уменьшение веса конструкции и здания в целом, высокую экономическую эффективность строительства. Это дает основание

полагать, что данный вид бетона, обладая высокими строительно-техническими характеристиками, может быть рекомендован к применению в геофизических и климатических условий Индокитая, как достаточно эффективный материал.

Список литературы:

1. 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.
2. Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10-15.
3. Вишневская Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53-56.
4. 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.
5. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
6. Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Савин А.В. Структурные возможности повышения качества бетонов для монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 39-42.
7. 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 «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87-93.
8. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., 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. T. 24. № 11. С. 1496-1502.

9. Лесовик В.С., Володченко А.А. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.
10. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62-65.
11. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224-229.
12. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих // монография / Л. А. Сулейманова, В. С. Лесовик, А. Г. Сулейманов. Белгород, 2010.
13. 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.
14. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении // Белгород, 2016. (2-е издание, дополненное)
15. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 80.
16. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и техногенных песках для монолитного строительства // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2010
17. Володченко А.А., Загороднюк Л.Х., Елистраткин М.Ю., Прасолова Е.О., Воронов В.В., Глаголев Е.С. Эффективные зеленые композиты с использованием неорганических пластификаторов // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 85-89.
18. Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией // монография / В. С. Прокопец, В. С. Лесовик. Белгород, 2005.
19. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение

- долговечности брусчатки бетонной // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52-54.
20. Сталефибробетонные конструкции зданий и сооружений. Строительные конструкции / ВНИИНТПИ. М., 1990. Вып 7. 64 с.
 21. Толстой А.Д., Ковалева И.А. Мелкозернистые бетоны на многокомпонентном вяжущем с применением техногенных продуктов // Иновационные направления в научной образовательной деятельности. Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции: в 3-х частях. Общество с ограниченной ответственностью «НОВАЛЕНСО». 2015. С. 8-11.
 22. Tolstoj A.D., Lessowik W.S., Kowaljowa J.A. Pulverbrtoneaufkompositbindemittelnmitderverwendungvonindustriabfallen // 19-teinternationalebaustofftagung. Ibausil 2015. 2015. С. 8-11.
 23. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья // Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 101-109.
 24. Сованн, Ч. Мелкозернистый фибробетон на композиционном вяжущем для монолитного строительства в условиях Камбоджи: дис.... канд. техн. наук: 05.23.05 / Ч.Сованн. – Белгород, 2015. – 176 с.

«ЗЕЛЕННЫЕ» КОМПОЗИТЫ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Юраков Н.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Средой обитания современного человека является динамичный мир, связанный с трудовой и учебной деятельностью. Постоянные стрессы, городские пробки, неправильный режим дня, нерациональное питание и плохая экология крайне негативно сказываются на здоровье и самочувствие людей. Поэтому, после напряженного дня возникает естественное желание, насладиться уютом и теплом домашнего очага, провести время в тишине, спокойствии, безопасности.

В настоящее время, довольно часто возникает вопрос об экологическом состоянии окружающей среды. При этом считается, что опасность исходит, прежде всего, от загрязнения атмосферного воздуха, воды, почвы, продуктов питания. И, как правило, забывается о том, что большую часть времени человек проводит в помещениях различного назначения.

По результатам многочисленных исследований оказалось, что воздух в наших жилищах порой во много раз грязнее, чем на улице. По данным Всемирной организации здравоохранения внутренний воздух загрязнен в среднем до пяти раз сильнее, чем за пределами нашего жилья. Так, например, химическое загрязнение воздушной среды всех обследованных Научно-исследовательским институтом экологии и гигиены окружающей среды помещений превосходит уровень загрязнения наружного воздуха в 1,8—4 раза [3]

На показатель загрязненности внутреннего воздуха влияет огромное количество факторов и важнейшие из них — некачественный ремонт в квартире, использование композиционных строительных и отделочных материалов, не соответствующих экологическим стандартам.

В настоящее время композиционные строительные материалы нашли свое применение во многих отраслях промышленности, в том числе, в “зеленом” строительстве. Именно с помощью данных материалов становится возможным упрощение процессов с достижением наилучших результатов, при этом не нарушая целостность окружающей среды.

Когда нужны максимально прочные стены, которые при этом будут отвечать требованиям по параметрам теплопроводности и теплоемкости, звукоизоляции или противостоянию воздействия повышенной влажности, и самое главное – экологичности, использование современных композитных материалов будет наиболее правильным.

Человек по своей природе одинок, в течении всей жизни он старается следовать принципу “мой дом – моя крепость”, поэтому место проживания, работы или учебы, должно быть комфортным, и максимально экологичным. Немаловажную роль в оценке отделочных материалов строительного назначения играет исследование воздействия цветовой гаммы на человека.

Цвет может повлиять на принятие решения, изменить нашу реакцию или стать её причиной. Под воздействием определённого цвета может подняться давление или пропасть/повыситься аппетит. Мы не акцентируем внимание на цвете в повседневной жизни, и всю важность его воздействия понимаем только при отсутствии красок: например, в пасмурный, дождливый день мы чувствуем снижение настроения, энергии, подавленность, и окружающий мир нам кажется неприветливым.[4]

Цвет пробуждает в нас бессознательную реакцию, которая может различаться в зависимости от личных особенностей человека. Цвет, которому мы отдаём предпочтение в определённый момент жизни, может много поведать о нас самих: о наших проблемах, страхах, стремлениях и т.д. Даже у маленьких детей есть свои любимые цвета: это легко определить по тому, с какими игрушками малыши чаще всего играют. В большинстве случаев - это красный цвет.

Существует мнение, что отношение к цвету является врождённой особенностью человека. У каждой личности имеются устойчивые предпочтения, составляющие "личную цветовую шкалу", как одно из проявлений индивидуальности. Поэтому при использовании отделочных материалов необходимо учитывать также их цветовую гамму.

В последние годы жителей России захлестнул «ремонтный бум». Этому поспособствовал ряд факторов — безудержный поток самой различной информации об организации и технологии проведения ремонта в жилых и офисных помещениях, огромное разнообразие строительных материалов в торговых сетях. А поскольку проведение ремонтных работ оказывает непосредственное влияние на наше здоровье, самочувствие и настроение, то ремонт квартиры, отделка

офиса или же учебных заведений — это то, к чему следует подходить очень ответственно.

По оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения, человек проводит в жилом помещении более 60 % своего времени, а в офисе или учебном заведении более 30% поэтому микроклимат помещений оказывает большое влияние на самочувствие, работоспособность, общую заболеваемость человека.

Кроме того, в последние годы появилось множество сообщений о так называемом «синдроме больных зданий», т. е. зданий, у людей которые проводят там свое время, наблюдаются признаки ухудшения здоровья: головные боли, увеличение числа простудных заболеваний, умственное переутомление, тошнота, головокружение. Это происходит в основном из-за выделения в окружающее воздушное пространство различных вредностей от строительных и отделочных материалов, используемых при строительстве и ремонте. Так, в одном из своих докладов профессор Розе из немецкого института строительной биологии, отметил, что одной из основных причин онкологических заболеваний, аллергии и заболеваний дыхательных путей является вредные выделения от широкого ряда строительных и отделочных материалов, окружающих нас повсеместно. По статическим прогнозам рост числа онкологических заболеваний в XXI веке достигнет 500 тысяч человек в год [1; 2].

Следовательно, актуальной проблемой является соблюдение в зданиях различного назначения, как оптимальных параметров микроклимата, цветовой гаммы так и экологических требований, к состоянию среды внутри помещений.

Для решения данной проблемы необходимо особое внимание уделять:

- изучению влияния материалов и средств дизайна интерьера на среду обитания и здоровье человека при проведении строительных и ремонтных работ;

- разработке экологически безопасных методов проведения строительных и ремонтных работ использованных при строительстве и отделке качественных строительных материалов.

По оценкам экспертов до 80 % химических веществ появляется в наших квартирах из-за применения некачественных строительно-отделочных материалов. Например, применение в качестве добавок к бетону, кирпичу или керамике отходов металлургической и химической промышленности, с одной стороны ведёт к удешевлению и ускорению строительства, повышает прочностные характеристики материалов, а с

другой стороны вызывает неблагоприятное воздействие на среду жизнеобитания людей. Поэтому к выбору отделочных материалов стоит подходить со всей ответственностью, не забывая про экологичность и психофизиологическую составляющую. На мой взгляд стоит обратить внимание на такую природную пигментирующую добавку как охра.

Охры – один из наиболее устойчивых, дешевых и распространенных пигментирующих добавок, что объясняет их широкое применение в различных отраслях. Материал может использоваться для производства шпатлевок, красок на основе любой пленкообразующей основы. Ими окрашивают облицовочные кирпичи, строительные смеси различного назначения (например, для декоративных еврозаборов), ДВП, бетоны, пластики и др.[5]

Охра, как и все натуральные пигменты, полидисперсная. Материал отличается хорошей атмосферостойкостью, не разрушается при воздействии света, устойчива к агрессивному воздействию многих химических веществ, например, слабых растворов кислот, щелочей. При нанесении тонким слоем - просвечивает, в связи с этим, может использоваться в качестве лессирующего пигмента.

Пигмент охра сочетается со всеми видами пленкообразующих. Цвет охры состоит из полностью натурального пигмента. По составу он представляет собой смесь глины и гидрат окиси железа. От количества, содержащегося в пигменте железа, зависит, насколько красным будет он в итоге.

Глина придает пепельно-желтый оттенок. Чем больше его, тем светлее и "нейтральнее" будет цвет. Как и большинство других, он имеет несколько разновидностей. Например, желтая и золотистая охра, цвет красной охры и т.д. Очень часто последнюю получают путем обжига самой распространенной - желтой.

Цвет охры благотворно влияет на человека. Он помогает расслабиться, выровнять эмоциональный фон, избавиться от тревоги и напряжения, повысить работоспособность.

Отделочные материалы на основе таких природных пигментов органично вписываются в основные принципы «зеленого строительства»:

Экономия и энергоэффективность — рациональное использование ресурсов (земли, энергии, стройматериалов);

Комфорт — обеспечение должного уровня удобства для людей, которые будут проживать или работать в этих зданиях;

Экологичность — обеспечение минимального уровня вредного влияния здания на окружающую среду и здоровье человека.

Таким образом, исходя из выше изложенного, можно сделать вывод о том, что для обеспечения комфортных и экологически безопасных условий проживания людей, прежде всего в жилых зданиях, необходимо использовать при проведении строительных и ремонтных работ качественные композиционные материалы из ряда строительных и отделочных материалов, которые максимально будет соответствовать всем потребностям человека. При этом следует помнить, что экономический аспект проведения строительных и отделочных работ является важным, но не основополагающим фактором при создании безопасной среды обитания людей в жилой и рабочей зоне.

Список литературы:

1. Войтович В.А., Спирин Г.В., Монахова Т.Г., Смирнова О.Н. Биодegradация строительных материалов и сооружений. Состояние, тенденции, подавление, профилактика // Строительные материалы. 2004. № 6.
2. Сара Е. Влажное жилище и здоровье взрослого человека: результаты изучения стиля жизни в г. Вустер // Экология человека. 1996. № 2.
3. Тетиор А. XXI век - век созидания экологической среды обитания // Строительная газета. 2005. № 20.
4. Лесовик В.С. Архитектурная геоника / В.С. Лесовик // Жилищное строительство. 2013. №1. С.9-12.
5. <http://magicofcolour.ru/cvet-oxra>

ВОДОЭМУЛЬСИОННЫЕ КРАСКИ В «ЗЕЛЕНОМ» СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Ююкина О.А., студент,
Юраков Н.С., аспирант**

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

На сегодняшний день в сегмент красок и покрытий вовлечены тысячи локальных региональных компаний и мультинациональных корпораций. В конце 2012 г. емкость мирового рынка лакокрасочных материалов (далее ЛКМ) оценивалась в 110 млрд долларов США, что эквивалентно 34 млрд литров красок. По сравнению с предрецессионным 2007 г. данные показатели подросли на несколько пунктов (92,5 млрд долларов и 28 млрд литров). Вопреки негативным тенденциям в глобальной экономике и низким темпам восстановления рынков в ряде государств лакокрасочная промышленность продолжила развиваться. Например, согласно данным Федеральной Службы Государственной Статистики общий объем годового потребления красок в России в 2015 году составляет около 1 млн. тонн, в то время как в 2007 году всего лишь 1036 тонн. И это все при известной опасности ЛКМ для здоровья человека.

В составе лаков и красок, используемых в быту, присутствует множество ядовитых веществ, контакт с которыми может обернуться интоксикацией организма. Чаще всего проблемы возникают из-за попадания в респираторную систему и на слизистые оболочки паров лакокрасочных изделий. Отравление при внутреннем приеме представляет еще большую опасность, но оно происходит намного реже. Отравление краской обычно происходит при продолжительных малярных работах без средств индивидуальной защиты в закрытом помещении.

Причиной этому в основном являются растворители, которыми разбавляется лакокрасочный материал. В процессе высыхания испаряются молекулы ацетона или иного токсического вещества, которое обеспечивало до этого жидкое состояние суспензии. Они вызывают отравление человеческого организма, которое можно, в свою очередь, разделить на резкое и хроническое.

Резкое отравление вызывается чаще всего в момент нанесения краски своими руками и в процессе дальнейшего высыхания, а иногда даже в процессе удаления, когда освобождается свинцовая пыль.

Некоторые особо токсичные растворы опасны даже после полного застывания. Хроническое отравление бывает у специалистов, которые постоянно работают с лакокрасочными материалами, запах которых может вызвать хронические заболевания.

Симптомы отравления запахом краски проявляется следующим образом: головные боли и головокружения, которые могут сопровождаться галлюцинациями; рвота и жидкий стул; ожог слизистой органов дыхания и глаз; бессознательное состояние, вызываемое недостатком кислорода; анафилактический шок может случиться в особо тяжелых случаях.

Однако современные технологии производства красок давно позволяют обходиться без употребления вредных компонентов, и многие из них давным-давно запрещены и не используются. Например, в Европе, где безопасность строительных материалов закреплена на законодательном уровне, доля производства водорастворимых красок, являющихся самыми безопасными, т.к. в качестве растворителя они содержат воду, составляет свыше 80% (в России этот показатель составляет 30-40%).

В строительстве и отделке часто используется вышеупомянутая водоэмульсионная краска. При относительно доступной цене ее качество сопоставляется с высококачественными масляными красками. Водоэмульсионные краски – это очень востребованный, перспективный и качественный ремонтный материал, который обладает рядом значительных преимуществ.

Она довольно быстро сохнет – для высыхания иногда достаточно всего лишь несколько часов. Краска абсолютно безвредна и полностью безопасна для окружающей среды и здоровья человека – во время покрасочных работ нет необходимости в срочном покидании помещения. У нее нет резкого специфического запаха, который в основном сохраняется на протяжении 2-3 недель после завершения отделочных работ. Составу водоэмульсионной краски можно придать практически любой цвет, добавляя при этом специальные пигменты. В магазинах для строительства, как правило, продается бесцветный тон, а к нему предлагается каталог с пигментами. Потребитель может выбрать понравившийся оттенок и на месте специалист придаст водоэмульсионной краске необходимый оттенок. Сам процесс нанесения краски является достаточно простым, а инструменты для краски легко очищаются после использования.

Главным недостатком водоэмульсионной краски является то, что они очень плохо устойчивы к удалению пятен и не могут переносить многократное мытье, но это относится преимущественно к матовым водоэмульсионным краскам. Так же нельзя исключать возможное наличие на рынке подделок водоэмульсионных красок, которые очень плохо ложатся на окрашиваемую поверхность, отличаются перерасходом, пачкаются в процессе высыхания и смываются в случае попадания воды.

Кроме перечисленных достоинств водоэмульсионных красок, которые сберегают физическое здоровье человека, стоит обратить внимание также на психологический аспект. Учитывая разнообразие доступных цветов, не составит особого труда для каждого человека подобрать гамму цвета, которая наилучшим образом подходит именно ему.

По мнению многих ученых, степень влияния цвета на человека настолько велика, что он может воздействовать на работоспособность, аппетит, эмоции, кровяное давление, внимание, остроту слуха и др. Также цвета помогают моделировать пространство. Профессиональные дизайнеры уверены, что с помощью цвета визуальным восприятием помещения можно управлять. Одни оттенки делают пространство более широким, другие его сужают. Эта особенность влияния гаммы оттенков на восприятие позволяет скрыть архитектурные недостатки помещения.

Правильно собирая сочетания можно без особых вложений в реконструкцию помещения провести корректировку пространства, придать ему определенную эмоциональную окрашенность. Для помещения с низкими потолками лучше использовать светлое сочетание цветов в интерьере. Для узких и тесных помещений нельзя использовать яркие краски, иначе теснота станет бросаться в глаза и в результате увеличится дискомфортное эмоциональное состояние тех, кому придется часто находиться в этом помещении.

Рынок ЛКМ не стоит на месте и продолжает развиваться с огромной скоростью, разрабатывая все новые цвета уже существующих материалов и создавая новые виды красок. На данный момент развития самыми безопасными считаются водоэмульсионные краски, так как они приносят меньше всего вреда и имеют большую палитру красок, что способствует физическому и психологическому здоровью человека. Именно из-за безопасности и благоприятного воздействия на психику водоэмульсионные краски можно отнести к «зеленым» композитам в строительстве.

Список литературы:

1. Рыбников Ю.В., Кулага И.В. Архитектурная колористика. Цвет в интерьере. Кострома, 2007. 42 с.
2. Лесовик В.С. Архитектурная геоника / В.С. Лесовик // Жилищное строительство. 2013. №1. С.9-12.
3. <http://home-ideas.ru/2015/04/vyibiraem-bezopasnuyu-krasku-dlya-doma>
4. <http://strport.ru/stroitelstvo-domov/vodoemulsionnaya-kraska-preimushchestva-vidy-tehnologiya-pokraski-sten-i-potolko>
5. http://vproizvodstvo.ru/proizvodstvennye_idei/biznesa_po_proizvodstvu_vo_vodoemulsionnyh_krasok/vidy_vodoemulsionnyh_krasok/
6. <http://altaempresa.ru/preimushhestva-i-nedostatki-vodoemulsionnoy-kraski/>
7. <http://otravlen.ru/otravlenie-parami-kraski/>
8. <http://www.s-b-s.su/success/articles/image/psikhologiya-cveta/vozdejstvie-cveta>