

СЕКЦИЯ 5. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Абденова Ж., студентка 4-го курса ФЭиС

Научный руководитель –

Мирюк О.А., д-р техн. наук, проф.

Рудненский индустриальный институт (Республика Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ КОМБИНИРОВАННОЙ СТРУКТУРЫ

Комбинированные структуры формируются при сочетании волокнистой и зернистой, волокнистой и ячеистой, зернистой и ячеистой разновидностей. Комбинация различных структур позволяет объединить достоинства одного строения с преимуществами другого. Магнезиальные вяжущие имеют высокую адгезию к заполнителям различного происхождения [1, 2]. Это предопределяет целесообразность использования магнезиальных вяжущих для разработки материалов комбинированных структур.

Цель работы – исследование магнезиальных композиций различного состава, объединяющие в структуре различные по размеру, форме и строению заполнители.

Формирование комбинированных структур нацелено на создании композитов при комплексном использовании техногенных материалов.

Для разработки комбинированных структур использованы следующие материалы: смешанное вяжущее (каустический магнезит и техногенный наполнитель) и заполнители: зернистые – отходы обогащения руд, волокнистые – древесные опилки; поризованные – алюмосиликатная микросфера.

Для создания комбинированных структур целесообразно использовать зерна фракций малого размера до 2,5 мм, что позволяет получать материалы с большей однородностью. Введение волокнистых частиц, склонных к высокому водопоглощению, увеличивает потребность в затворителе. Волокнистые частицы способствуют снижению плотности структуры и уменьшению прочности при сжатии (таблица 1).

Таблица 1

Композиции на основе зернистых и волокнистых частиц

Доля отходов обогащения руд, фракции «1,25 – 0,63» мм, %	Древесные опилки		Доля микросферы, %	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа
	фракция, мм	доля, %			
85	1,25 – 0,63	15	–	1521	17
85	0,63 – 0,14	15	–	1699	18
85	2,50 – 1,25	15	–	1715	21
90	–	–	10	1948	45
95	–	–	5	2145	52
100	–	–	–	2240	58

Дополнительно проведенные испытания образцов призм на прочность при изгибе показали, что эта характеристика композиции возросла на 8 – 13% за счет введения древесных частиц. Следует учесть, что магнезиальные вяжущие выгодно отличаются повышенной прочностью при изгибе. Микроструктура комбинированных композитов характеризуется

плотной упаковкой составляющих, надежным сцеплением камня вяжущего с заполнителями различного строения (рисунки 1 и 2).

При формировании комбинированных структур важен состав смешанного магнезиально-вяжущего (таблица 2). Увеличение доли техногенного компонента снижает клеящие свойства теста вяжущего, повышает общую плотность композиции за счет возрастающей доли «тяжелого» компонента.

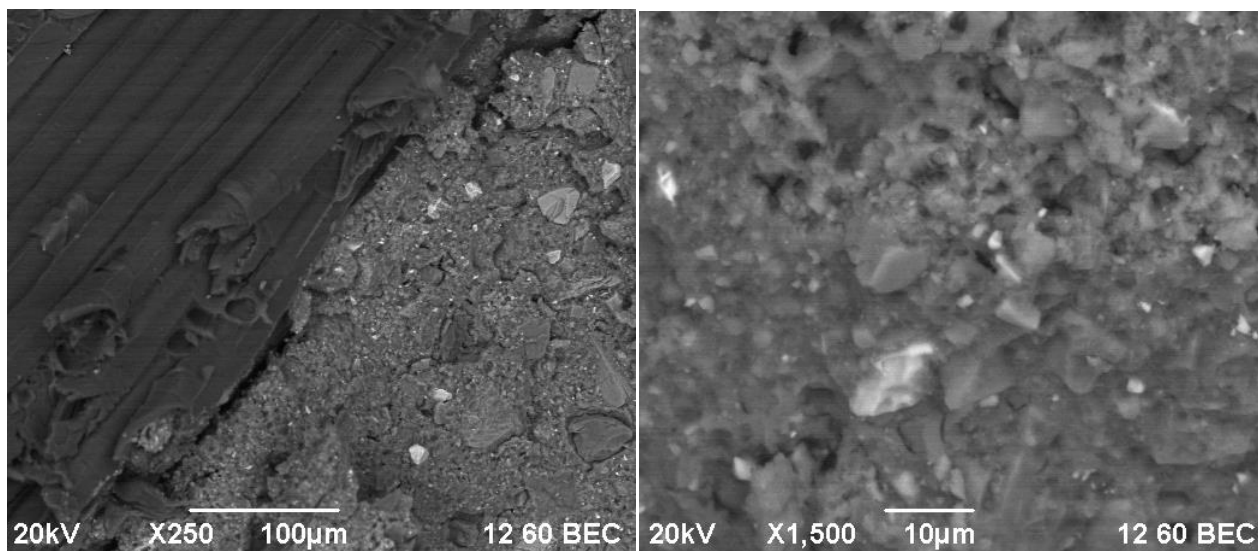


Рис. 1. Композиция на основе отходов обогащения руд и древесных частиц

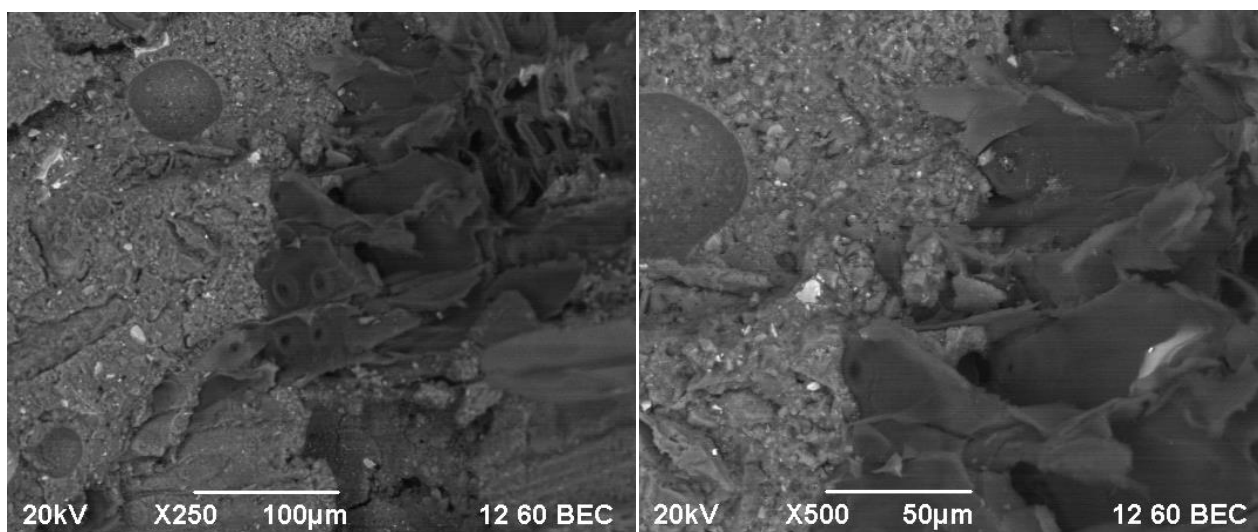


Рис. 2. Композиция на основе микросферы и древесных волокон

При введении микросферы за счет высокой удельной поверхности вязкость массы повышается. С другой стороны, за счет сферической формы и остеклованной гладкой поверхности такого заполнителя, при приложении нагрузки наблюдается увеличение подвижности формовочной массы, что обусловлено снижением трения. Введение микросфер повышает седиментационную устойчивость формовочных масс с высоким содержанием затворителя. Присутствие частиц микросферы ограничено 10% по причине резкого ухудшения технологических свойств и понижения прочности композиционных материалов. Эффективность микросферы возрастает в комбинированных структурах, что способствует их однородности (рисунок 2).

Композиции с использованием смешанных вяжущих различного состава

Доля техногенного компонента в вяжущем, %	Доля отходов обогащения руд фракции «0,63 – 0,14» мм, %	Древесные опилки		Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа
		фракция, мм	доля, %		
0	80	1,25 – 0,63	20	1658	46
0	80	0,63 – 0,14	20	1754	46
0	80	2,50 – 1,25	20	1617	50
30	80	1,25 – 0,63	20	1697	43
30	80	0,63 – 0,14	20	1860	45
30	80	2,50 – 1,25	20	1695	51
50	80	1,25 – 0,63	20	1728	35
50	80	0,63 – 0,14	20	1910	38
50	80	2,50 – 1,25	20	1725	39
70	80	1,25 – 0,63	20	1725	27
70	80	0,63 – 0,14	20	1960	24
70	80	2,50 – 1,25	20	1862	26

Сравнительная характеристика композитов, содержащих древесные опилки с различными зернистыми частицами, указывает на предпочтительность сочетания поризованных микросфер с волокнистыми частицами (таблица 3).

Таблица 3

Композиции из поризованных и волокнистых частиц

Доля микросферы, %	Древесные опилки		Жидкое: твердое	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа
	фракция, мм	доля, %			
5	1,25 – 0,63	10	0,40	1506	26
5	0,63 – 0,14	10	0,46	1567	23
5	2,50 – 1,25	10	0,40	1534	27
10	2,50 – 1,25	5	0,38	1455	27

Композиции проявляют чувствительность к последовательности сочетания компонентов при смешении формовочной массы. Для композиций с преобладанием зернистых заполнителей целесообразно первоначальное смешение этого компонента с затворителем, затем введение вяжущего, и в последнюю очередь древесных частиц.

В зернистые и волокнистые композиции вводить микросферу целесообразно на завершающем этапе, после перемешивания более тяжелых компонентов. Однако при формировании комбинированных ячеистых структур микросферу желательно добавлять в пену перед введением основных твердых составляющих формовочной смеси.

Выводы. Показано преимущества и целесообразность создания композиционных материалов комбинированного строения. Различные сочетания зернистой, волокнистой и ячеистой структур обеспечивают возможность создания композитов с заданными свойствами за счет регулирования структурообразованием и свойствами композиций.

Способ приготовления формовочных масс комбинированных структур определяется целым рядом технологических факторов и зависит от состава комбинированного заполнителя, доли техногенного наполнителя в вяжущем.

Магнезиальные материалы комбинированной структуры могут быть использованы для изготовления стеновых мелкоштучных изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бердов Г.И., Зырянова В.Н. Пути совершенствования технологии и свойств строительных материалов //Известия вузов. Строительство. –2010. – №4. – С. 51 – 63.
2. Мирюк О.А. Смешанные магнезиальные вяжущие. – LAP LAMBERT Academic Publishing. –2014. – 128 с.

Андреева А.И., студентка 4-го курса ФЭиС

Научный руководитель –

Мирюк О.А., д-р техн. наук, проф.

Рудненский индустриальный институт (Казахстан)

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МАГНЕЗИАЛЬНЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Высокая активизирующая способность каустического магнезита по отношению к целому ряду природных и техногенных материалов служит основой для получения смешанных вяжущих [1, 2]. Магнезиальные материалы выгодно отличаются повышенной адгезией к различным видам заполнителя. Широкое применение техногенных заполнителей обеспечивает технологии мелкозернистых материалов ресурсосберегающий характер [3]. Разработки, посвященные магнезиальным мелкозернистым композициям, немногочисленны.

Цель работы – оптимизация состава мелкозернистых магнезиальных композиций при комплексном использовании техногенного материала.

Объектом исследования послужили магнезиальные композиции, содержащие смешанные вяжущие и техногенный заполнитель – отходы обогащения скарново-магнетитовых руд Соколовско-Сарбайского горно-производственного объединения. Смешанные вяжущие получены сочетанием каустического магнезита и тонкомолотых отходов обогащения скарново-магнетитовых руд.

Отходы обогащения скарново-магнетитовых руд образуются при сухой магнитной сепарации (хвосты СМС) полиминеральных пород. Хвосты СМС – дезинтегрированная масса, основная часть зерен которой не превышает 25 мм. Минеральную основу отходов слагают силикаты, отличающиеся генезисом, мас. %: пироксены 20 – 25; эпидот 10 – 13; полевые шпаты 8 – 12; хлориты 7 – 10; скаполит 8 – 11; гранаты 7 – 12; амфиболы 7 – 14. В отходах присутствуют, мас. %: кальцит 4 – 7; пирит 4 – 8; кварц 2 – 4; магнетит 3 – 4.

Пестрота минерального состава и диапазон размеров зерен хвостов СМС, не коррелирующиеся с характеристиками традиционных заполнителей, исключили отходы из перечня ресурсов для зернистых компонентов бетона. Однако указанные особенности хвостов СМС определяют возможность их механической переработки для получения фракций частиц заданного состава.

Формовочные смеси характеризовались диаметром расплыва конуса 150 – 160 мм. Прочность композитов определяли на образцах – кубах с ребром 100 мм в возрасте 28 сут воздушного твердения. Затворитель – раствор хлорида магния плотностью 1200 кг/м³.

При сочетании отдельных фракций в заполнителе (таблица 1) при соотношении «вяжущее : заполнитель», равном 1 : 2, наибольшие значения прочности достигаются

при совмещении фракции « 1,25 – 0,63» мм с наименьшей фракцией « 0,63 – 0,14» мм или самой крупной фракцией « 5 – 1,25» мм. В первом случае тонкая фракция выступает в качестве наполнителя и вносит вклад в упрочнение, во втором случае – обеспечивается наибольшее уплотнение структуры.

Технологические свойства формовочных масс и физико-механические характеристики композитов зависят от состава магнезиального вяжущего (таблица 2). В исследованиях использованы смешанные вяжущие с широким интервалом содержания техногенного наполнителя – отходов обогащения магнетитовых руд. Характер изменения технологических свойств указывает на снижение доли жидкого компонента в формовочной массе одинаковой подвижности при увеличении доли техногенного наполнителя в смешанном вяжущем.

Сокращение доли каустического магнезита в смешанном вяжущем сопровождается повышением плотности композита за счет увеличения доли более «тяжелой» составляющей и отчасти в результате уменьшения количества жидкого компонента в формовочной массе.

Сравнительная характеристика композитов различного состава свидетельствует, что замена каустического магнезита на смешанное вяжущее с содержанием техногенного компонента до 30 – 50% практически не снижает прочностных показателей бетона. При использовании заполнителей крупных фракций отмечено превосходство по прочности композитов на основе смешанного вяжущего (таблица 2). При увеличении доли заполнителя в формовочной массе чувствительность к изменению вещественного состава смешанного вяжущего возрастает. Для сохранения высоких показателей прочности, сопоставимых с показателями каустического магнезита, при увеличении доли заполнителя следует ограничивать присутствие техногенного компонента в смешанном вяжущем.

Для оптимизации зернового состава техногенного заполнителя – искусственного песка на основе хвостов СМС использовали метод математического планирования эксперимента (таблица 3). В соответствии с полной матрицей ротатбельного двухфакторного эксперимента исследовали 9 составов бетонов.

С помощью методов математической статистики получена зависимость прочности мелкозернистого бетона от содержания отдельных фракций в виде уравнения регрессии:

$$R = 36,389 - 0,283X_1 - 0,638X_2 - 0,505X_1X_2 + 1,536X_1^2 + 1,882X_2^2 . (1)$$

Анализ уравнений регрессии позволил определить оптимальную область фракционного состава заполнителя (мм), %: «2,5 – 5,0» – 62,5...75,0; «0,63 – 2,5» – 16,7...22,5; «0,14 – 0,63» – 8,3...15,0. Следовательно, для получения наибольшей прочности мелкозернистого бетона целесообразно обеспечить преобладание крупной фракции «2,5 – 5,0 » мм. При этом необходимо рациональное сочетание указанной фракции с частицами меньшего размера: средняя фракция «0,63 – 2,5» мм не должна превышать по содержанию мелкую фракцию «0,14 – 0,63» мм более чем в 2 раза. Это обеспечит тесное срастание компонентов сложного по составу композиционного материала, формирование плотной структуры и повышенную прочность магнезиального бетона (рисунок 1).

Таблица 1

Влияние сочетаний фракций хвостов СМС на свойства композиций

Доля фракции 1,25 – 0,63 мм, %	Содержание фракции (мм), %				Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	
	0,63 – 0,14	0,63 – 0,315	2,5 – 1,25	5 – 2,5		2 сут	28 сут
50	50	–	–	–	2140	10	21
50	–	50	–	–	2170	8	14
50	–	–	50	–	2170	10	18
50	–	–	–	50	2280	9	20

Таблица 2

Влияние состава вяжущего на свойства магниальных бетонов

Доля техно- генного ком- понента в составе вяжущего, %	Фракции техногенного заполнителя, мм	Вяжущее : заполнитель	Жидкое : твердое	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа
0	2,5 – 1,25	1:1	0,28	2299	62
30	2,5 – 1,25	1:1	0,21	2424	67
50	2,5 – 1,25	1:1	0,29	2484	70
70	2,5 – 1,25	1:1	0,15	2504	45
0	1,25 – 0,63	1:1	0,29	2260	57
30	1,25 – 0,63	1:1	0,23	2441	54
50	1,25 – 0,63	1:1	0,19	2469	55
70	1,25 – 0,63	1:1	0,16	2468	38
0	1,25 – 0,63	1:1,5	0,24	2335	43
30	1,25 – 0,63	1:1,5	0,19	2482	42
50	1,25 – 0,63	1:1,5	0,16	2355	38
0	0,63 – 0,315	1:1	0,30	2135	38
30	0,63 – 0,315	1:1	0,22	2285	39
50	0,63 – 0,315	1:1	0,19	2303	36
0	0,63 – 0,315	1:1,5	0,24	1907	25
30	0,63 – 0,315	1:1,5	0,20	2137	27

Таблица 3

Условия эксперимента

Факторы		Уровни варьирования				
натуральный вид	кодированный вид	-1,414	-1	0	+1	+1,414
Доля фракции «2,5 – 5,0» мм, %	X ₁	50,00	53,66	62,50	71,34	75,00
Соотношение фракций, мм: «0,63 – 2,5» : «0,14 – 0,63»	X ₂	1,50	1,94	3,00	4,06	4,50

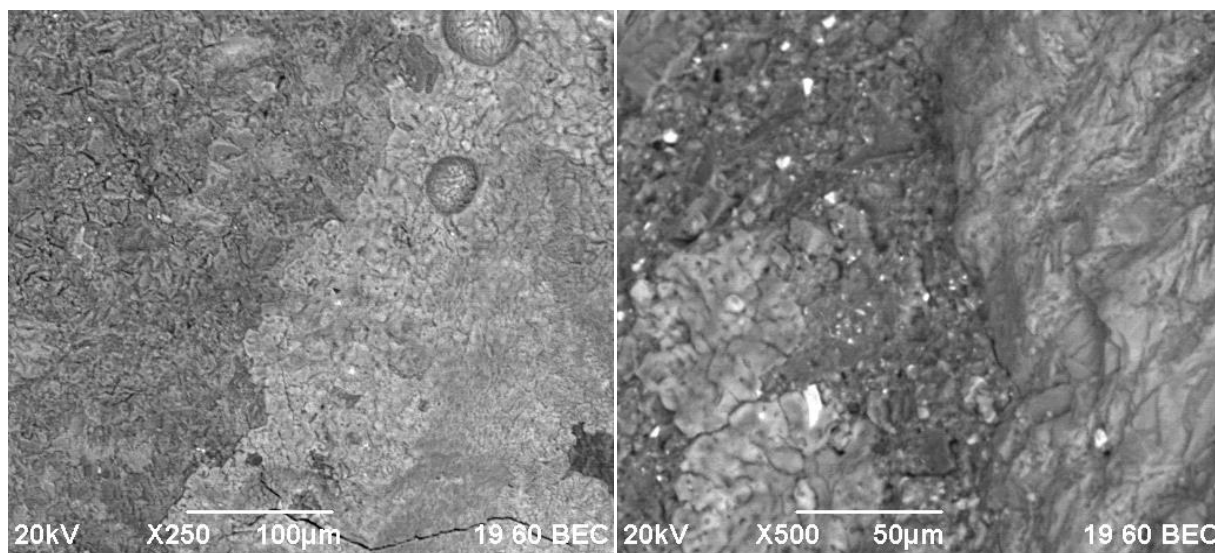


Рис.1. Микроструктура магниальной композиции на основе хвостов СМС

Разработана технологическая схема получения фракционированного заполнителя путем измельчения и классификации отходов обогащения руд. Выделяемые из общей массы частицы с повышенной прочностью и твердостью целесообразны в качестве заполнителя. Крупные частицы представлены силикатами, сформированными в ранние геологические периоды. Тонкие фракции отходов – составляющая смешанного магниального вяжущего.

Магниальные композиты из техногенного сырья предназначены для изготовления стеновых и архитектурных изделий малого формата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века.– 2001.– № 10. – С. 15.
2. Зырянова В.Н., Бердов Г.И. Магниальные вяжущие вещества из высокомагниальных отходов // Известия Вузов. Строительство. – 2005. – №10. – С. 46 – 53.
3. Мирюк О.А. Смешанные магниальные вяжущие. – LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2014. – 128 с.

Белов А.П., Слинькова Е.В., студенты 3-го курса ИС

Научный руководитель –

Абу Махади М.И., канд. техн. наук, доц.

ФГАОУ ВПО «Российский университет дружбы народов»

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРКАСНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ

Каркасное деревянное домостроение - это одна из наиболее перспективных технологий малоэтажного строительства. Эта технология широко используется в Канаде, Скандинавии, Германии и других Европейских странах. А в настоящее время приобретает популярность у нас в России, ведь она позволяет строить дома практически в любое время года, в разных уголках страны.

Такого результата удалось добиться благодаря максимальному использованию в конструкциях дома самых передовых и современных строительных, изоляционных и отделочных материалов.

Каркасные дома превосходят по качественным характеристикам и не уступают по внешнему виду кирпичным домам. Основой такого дома является деревянный каркас из пиломатериалов.

Технология строительства каркасного дома - это безотходность, качество экономия и низкое энергопотребление.

Также немаловажным фактором является высокая сейсмоустойчивость. Благодаря использованию различных строительных материалов, достигается высокая звуко- и шумоизоляция. Еще такие дома можно оборудовать абсолютно любыми системами отопления и дымохода.

Каркасная сборка дома изначально создавалась как быстровозводимый метод строительства своими силами. Также в отличие от брусовых и бревенчатых домов, каркасные практически не дают усадки, что позволяет производить внутреннюю отделку и установку окон и дверей практически сразу после строительства.

Что же касается проектной документации, то каркасный дом, отличается от других типов домов, своей простотой в возведении, а, следовательно, сложные конструкции в нем не предусмотрены. Что позволяет не заказывать документацию у специалиста. Необходимо только рассчитать количество комнат, их размеры и расположение.

Конструктивное решение каркасного дома.

Элементы силового каркаса обеспечивают пространственную жесткость.

При этом для лучшей передачи нагрузок по несущим элементам стен, перекрытий и стропил, шаг установки стоек, деревянных балок перекрытий и стропил желательно принимать одинаковым (от 0,5м до 1м).



Для изготовления каркаса обязательно необходимо применять только сухой строительный материал (доску).

Основанием для каркасной стены служит нижняя обвязка, в качестве которой используется деревянный брус сечениями 150x150мм и 150x200мм. Она пропитывается огнезащитными и биологическими составами.

Предварительно выполняется гидроизоляция деревянной конструкции от фундамента, для этого используют рубероид, сложенный в два или три слоя. Для предотвращения бокового сдвига, брусья нижней обвязки крепятся анкерными болтами к фундаменту.

Установка стоек каркаса начинается с углов дома. В качестве угловых стоек каркасной стены используется брус квадратного сечения 150x150мм или 200x200мм, в зависимости от выбранной толщины утеплителя.

Соединение элементов деревянного каркасного дома чаще всего выполняют при помощи стальных оцинкованных соединителей таврового или угольного сечения. Завершает каркасную стену верхняя обвязка, обычно это доска сечением 50x150мм или

50x200мм. Следом устанавливается деревянная балка перекрытия, а затем нижняя обвязка следующего этажа, ее сечение 50x150мм или 50x200мм.

Для утепления конструкций каркасного дома перед закладкой теплоизоляционных плит, с внутренней стороны, необходимо смонтировать паро- и гидроизоляционный слой (для предотвращения образования «точки росы»). И только затем можно приступать к установке плит теплоизоляции. Такая система представляет из себя мембрану, поэтому чтобы она действительно работала, должен быть предусмотрен вентиляционный зазор. Он должен быть как снаружи, так и внутри дома.

Наружная обшивка повышает механическую жесткость конструкции каркасных стен, а также выполняет функцию защиты внутренней части каркаса от атмосферного воздействия. В строительстве каркасных домов в качестве наружной обшивки часто применяется фанера, ориентированно-стружечные плиты повышенной водостойкости и цементно-стружечные плиты.

Внутренняя обшивка также является звеном силовой конструкции каркасного дома.

Конструкция кровли не имеет принципиальных отличий. Рекомендуются лишь монтаж стропильной конструкции производить с шагом равным шагу установки стоек каркаса.

Преимущества и отличия технологии каркасного строительства домов от аналогичных по характеру строительства.

Фундамент, под каркасный дом, имеет несколько конструктивных направлений: винтовые сваи, ленточный заглубленный фундамент, бетонные столбы.

За счет небольшого веса дома, громоздкий фундамент можно не сооружать. Но для укладки необходим точный и грамотный расчет.

Но за многолетний опыт и практику строительства каркасных деревянных домов стали использовать **универсальный утепленный мелкозаглубленный фундамент, который дает возможность на:**

- использование его на грунтах средней полосы России;
- снижение затрат на подготовительные земляные работы;
- сокращение количества бетона;
- осуществление закладки инженерных коммуникаций в фундамент.

Конструкция стен и перегородок обеспечивает:

- минимальный объем используемых материалов при максимальной несущей способности;
- уникальные теплосберегающие свойства;
- снижение эксплуатационных расходов на обогрев помещений;
- экологичность дома;
- быстрый монтаж, без использования дорогостоящих, профессиональных и тяжелых инструментов и подъемных механизмов;
- большой срок эксплуатации, в результате использования современных антисептиков и материалов;
- использование любых наружных отделочных материалов;
- скрытую проводку инженерных коммуникаций без дополнительных затрат;
- полное отсутствие зазоров;
- разнообразие внутренней отделки.

Сравнительная таблица данных, полученных по теплотехническому расчету.

Все расчеты выполнены на основе СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

Тип дома	<i>Деревянный каркасный дом</i>	Деревянный дом	Дом из пеноблоков	Кирпичный дом
Материал	<i>Минераловатные плиты</i>	Сосна и ель поперек волокон	Пеноблок	Кирпич обыкновенный рабочий на цементно-песчаном растворе
Толщина стены, мм	170	690	990	3100
Сопротивление теплопередаче, (м ² •°С/Вт)	3,936	3,992	3,966	3,986

Из таблицы видно, что сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции деревянного каркасного дома удовлетворяет всем нормативным актам и требованиям по теплосбережению для строительства жилых домов. И соответственно полностью обеспечивает круглогодичное комфортное проживание.

А также, мы можем сделать вывод, что каркасные дома требуют меньших затрат на материалы.

Конструкция перекрытия позволяет:

- проектирование пролетов более 4,5 метров;
- выполнение простого устройства вентиляционных шахт, дымоходов и стояков;
- свободную планировку внутреннего пространства.

Говоря о плюсах, не стоит забывать и о минусах. Их не так много, но они все-таки есть.

Главный из них - недолговечность. К сожалению, мала вероятность того, что конструкция будет стоять несколько веков. Но и здесь можно заметить, что столетие – вполне нормальный срок службы сооружения. Наибольшая нагрузка в каркасном доме приходится на утеплитель. Примерно раз в 30 лет его необходимо менять, снимая обшивку каркаса и пленку пароизоляции.

В заключение можно сказать, что срок постройки таких домов составляет 3-4 месяца. Погодные условия не влияют на постройку дома. Эти дома сохраняют температуру помещения в 2,5 раза дольше, чем дома из кирпича или блоков.

Каркасные дома для России пока новшество. Массовых застроек домов по такой технологии очень мало. Многие не решаются на постройку дома ввиду того, что в России недостаточно профессионалов в этой сфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012. «Тепловая защита зданий»
2. <http://www.dokarstroy.ru/articles/7-karkasnye-doma.html>
3. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»
4. http://domir.ru/house/?file=stena_4.php

Бортяш А.В., студентка 4-го курса 31 группы СТ ИСА

Волов А.Д., аспирант каф. ТКМиПХ

Евстигнеев А.В., инженер

Научный руководитель –

Дорошенко А.В., канд. техн. наук

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ НА СВОЙСТВА БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

Для обеспечения долговечности зданий и сооружений, т.е. способности объекта сохранять эксплуатационные свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную работу в течение расчетного срока службы при надлежащем техническом обслуживании, необходима надежная защита от агрессивного воздействия внешней среды. [1-6]

Отрицательное влияние проникающей в строительное сооружение воды проявляется в ухудшении санитарно-экологических характеристик помещений из-за повышения в них влажности воздуха, возможности развития на поверхностях различных микроорганизмов (бактерий, грибов), разрушения несущей конструкции и ее отделки. [7]

Чтобы исключить опасность проникновения воды через стены зданий и сооружений, разработано множество разных способов гидроизоляции, например:

1) *Обмазочная гидроизоляция* - выполняется из смесей на битумной, полимерной, битумно-полимерной, полимерно-цементной основах, а также на основе синтетических смол.

2) *Наплавляемая гидроизоляция* - выполняется из рулонных гидроизоляционных материалов, которые наносятся на конструкции при постоянном термическом воздействии на тыльную сторону материала.

3) *Штукатурная гидроизоляция* – основой для такой гидроизоляции могут служить органические и минеральные составы, но с меньшей подвижностью, по сравнению с обмазочной гидроизоляцией. Штукатурная гидроизоляция ограждающих конструкций имеет толщину от 6мм до 50 мм, может быть внутренней и наружной с многослойным нанесением.

4) *Проникающая гидроизоляция* - используются специальные полимерные растворы проникающего действия.

5) *Засыпная гидроизоляция* – используются сыпучие материалы, которые помещаются в водонепроницаемые полости. Обладает гидро- теплоизолирующими свойствами (гидрофобные пески и порошки, асфальтоизол). В качестве уплотняющего наполнителя вводят бентонит.

Бентонитовые глины были выбраны из-за способности при взаимодействии с водой образовывать гель, который предотвращает проникновение влаги к конструкциям.

В настоящей работе проводились исследования по определению различных видов модифицирования бентонитовых глин. Известны несколько способов модификации:

1) *Обогащение* - метод разделения монтмориллонитовых минералов и посторонних включений отмучиванием.

2) *Кислотное модифицирование*. Принципиальные изменения в химическом составе бентонитов возникают в процессе кислотного модифицирования: уменьшается содержание оксидов щелочноземельных и щелочных металлов, алюминия, железа,

возрастает содержание диоксида кремния, кристаллическая структура монтмориллонита изменяется. Механизм кислотного модифицирования, по результатам работ разных исследователей, предполагает, что находящиеся в обменных местах на поверхности естественных минералов ионы водорода возникают в результате обмена катионов (магния, натрия, кальция) на ионы водорода кислоты [3], которые занимают такие положения, что становятся способны проникать в структуру монтмориллонита и изменять связь Me-O в фрагменте Me-O-Si. Такое воздействие сосредотачивается на атоме кислорода, которому присущи электронодонорные способности, связь Me-O разрывается, а Me (Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+}) переходит в обменное положение. В итоге происходит разрушение структуры монтмориллонита и освобождение диоксида кремния.

3) Под воздействием солей натрия щелочноземельные бентониты приобретают свойства, сходные со свойствами щелочных бентонитов. При солевой обработке монтмориллонитовая составляющая и другие глинистые минералы переходят в суспензию, неглинистые включения отделяются декантацией.

4) *Термическое модифицирование.* Нагревание бентонитов сопровождается термическими реакциями в низко- и высокотемпературных областях. Происходит дегидратация не только поверхности первичных и вторичных структур минералов, прежде всего монтмориллонита, но и поглощенных катионов.

5) *Физическое модифицирование,* к которому можно отнести весьма перспективный способ, применяемый для модификации природных минеральных веществ ионно-плазменный, среди которых с точки зрения эффективности можно выделить обработку таких сырьевых компонентов как обработка в низкотемпературной неравновесной плазме.

Физическое модифицирование при выполнении работ осуществлялось в оригинальной лабораторной установке по генерированию низкотемпературной неравновесной плазмы в НТНП. Схема установки приведена на рис 1.

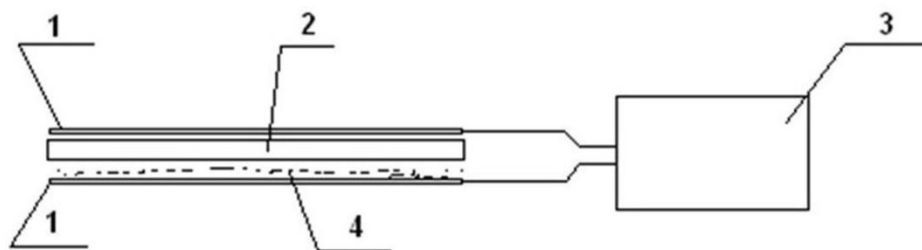


Рис. 1. Схема установки для обработки сырьевых материалов в барьерном НТНП: 1-электроды; 2-диэлектрик; 3-генератор НТНП; 4- обрабатываемые сырьевые материалы

Низкотемпературная неравновесная плазма в лабораторных установках генерируется источником переменного тока напряжением до 8000 В и частотой до 40 кГц. Между электродами плазматрона создается область низкотемпературной неравновесной плазмы со значением параметра E/N, равно 15×10^{-16} В·см². Время обработки бентонита изменялось в пределах от 1×10^{-2} до 5×10^{-2} с.

Показатель адсорбции устанавливали по количеству адсорбированного метиленового голубого. Определение проводили согласно требованиям ГОСТ 21283-93 «Удельная поверхность».

Истинную плотность определяли пикнометрическим методом [10-12]. В качестве пикнометрической жидкости использовали бензол. Навеску образца помещали в предварительно взвешенный пикнометр, наливали бензол и оставляли на 20 ч. Затем

пикнометр вакуумировали в течение 20-30 мин, термостатировали при температуре 20 ± 1 °С в течение 10 мин, далее доводили уровень бензола до метки и взвешивали.

Для определения удельной поверхности использовали метод тепловой десорбции аргона. Количество газа, адсорбированного твердым телом, определяли с помощью хроматографа ЛХМ-8МД с использованием детектора по теплопроводности. Результаты проведенных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Сравнение результатов испытаний
по влиянию модификации бентонитовых глин в НТНП**

Показатели Способ модифицирования	Степень ад- сорбции, мг/г	Удельная поверх- ность, м ² /г	Пори- стость, %	Плотность, г/см (истин- ная/насыпна я)	Коллоидаль- ность,%
Природный	72,6	16	52	2,2/0,6	22,0
Модифицирован- ный в плазме	80,5	24,2	56	2,25/0,62	39,1
Модифицирование карбонатом натрия (солевое)	77,1	21	55	2,6/0,9	37,0
Модифицирован- ный в плаз- ме+солевое моди- фицирование	82,0	26	57	2,65/0,95	43,1

Из приведенных в таблице результатов можно сделать заключение, что комплексное модифицирование солевым раствором карбоната натрия в сочетании с предварительной обработкой бентонита в низкой температурной неравновесной плазме дает больший эффект. Однако следует отметить достаточно высокий эффект модифицированием в НТНП. К преимуществам такого вида модификации следует отнести отсутствие необходимости использования химических веществ, высокий энергозатрат для обработки исходного сырья при незначительных энергозатратах, обладает технологичностью процесса и мобильностью установки.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ
(грант Президента РФ №14.Z57.14.6545-НИИ)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлова А.М., Ушков В.А., Дудеров Г.Н., Алимова А.У. Самовозгорание деревянной отделки комнат сухого жара// Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 10. С. 14-16. – 1.
2. Тарасов А.В., Ушков В.А., Орлова А.М., Григорьева Л.С. Дымообразование полимерных композиционных материалов // Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 346-351.
3. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В. Теплопроводность высокопористых материалов// Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 108-114.
4. Соков В.Н., Бегляров А.Э., Жабин Д.В., Землянушинов Д.Ю. О возможностях создания эффективных теплоизоляционных материалов методом комплексного воздействия на актив-

ные подвижные массы гидротеплосиловым полем//Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 9. С. 17-18.

5. Grigoreva L.S., Bruyako M.G. Highly filled building materials reduced flammability//Advanced Materials Research. 2014. № 941-944. С. 821-824.

6. Ушков В.А., Бруяко М.Г., Сокорева Е.В., Лалаян В.М. Горючесть фосфорсодержащих резольных пенофенопластов//Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 11. С. 35-39.

7. Корнеев В.И., Зозуля П.В., Медведева И.Н., Богоявленская Г.А., Нурждин Н.И. Рецептурный справочник по сухим строительным смесям.

8. «Исследование адсорбции фенола на модифицированных формах бентонита» Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/5/50.html.

9. Плаченев, Т.Г. Порометрия/ С.Д. Колосенцев, Т.Г. Плаченев Л. Химия, 1988.-С. 39-40;

10. Галимов Ж.Ф. Методы анализа катализаторов нефтепереработки/Ж.Ф. Галимов, Г.Г. Дубинина, Р.М. Масагутов - М.: Химия, 1973. - С. 48.

11. Ильинский Г.А. Определение плотности минералов/ Г.А. Ильинский - Л : Недра, 1975.-С. 52-66.

12. Черемской П.Г. Методы исследования пористости твердых тел/ П.Г. Черемской. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - С. 45-47.

Булей Е.В., Черкасова Д.А., студентки 2-го курса ИСА

Научный руководитель –

Величко Е.Г., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

БИОБЕТОН – МАТЕРИАЛ БУДУЩЕГО

Будущее проектирования требует инновационного мышления, чтобы расширить функциональные возможности современных строительных технологий. Представляет интерес разработка исследовательской группы в области строительных технологий Политехнического университета Каталонии - бетон, который поддерживает и стимулирует рост биологических организмов непосредственно на своей поверхности.

Материал, специально изобретенный для фасадов зданий, обладает экологическими, тепловыми и эстетическими преимуществами по сравнению с другими подобными конструктивными решениями. Он *повышает тепловой комфорт* внутри зданий и *способствует снижению уровня CO₂ в атмосфере*. Кроме того, биобетон, в отличие



от других систем, является неотъемлемой частью конструкции. Основное отличие биологического бетона от обычного заключается в том, что в его состав входят химические компоненты, позволяющие материалу сохранять все свои свойства в условиях прорастания в нем растений.

Как правило, уровень pH бетона довольно высокий. В идеальных условиях он ниже 9, однако у традиционного портландцемента может составлять 12 и даже 13, что требует его снижения до приемлемого уровня. Такие условия не устраивали исследователей, поэтому они разработали биологический слой бетона, который не нуждается в снижении уровня pH, сосредоточив свое внимание на двух материалах на основе цемента.

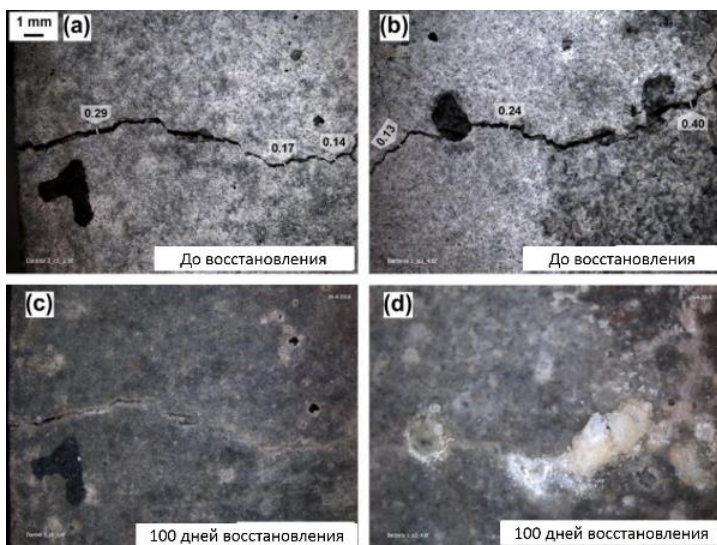
Первый из них – традиционный карбонизированный бетон (на основе портланд-цемента), используя который можно получить материал с уровнем pH около 8. *Второй материал* изготавливается из магнезиофосфатного цемента – затвердевающего в воде конгломерата, который, будучи слабокислым, не требует дополнительной обработки для снижения pH. Благодаря его быстросхватывающимся свойствам, *магнезиофосфатный цемент не оказывает дополнительного отрицательного воздействия на окружающую среду и обеспечивает благоприятные условия для прорастания и развития различных растений*, таких как лишайники, мхи, некоторые виды грибов и т.д. Здесь они могут свободно расти, без какого-либо вреда для строительных конструкций, преобразая при этом внешний вид домов и сооружений.



Биологический бетон может быть использован для создания многослойных панелей, которые прикрепляются цементной смесью к стенам строящихся или старых зданий. Каждый слой панели выполняет определенную функцию. В частности, *самый первый слой*, непосредственно прилегающий к стенам здания, будет водонепроницаемым и *обеспечит необходимую внешнюю изоляцию строения. Второй слой* содержит «биологический» бетон, *выполняющий роль субстрата для растений и других организмов и используемый для удержания необходимого количества влаги для роста растительных посадок.* А самый внешний слой шероховатый и пористый, обладающий высокой гигроскопичностью и *служащий уловителем этой самой влаги, пропуская ее лишь в одном направлении, то есть внутрь панели.*

Биобетон *обладает высокой прочностью и простотой использования*, но кроме того, решает проблему обычного бетона – недолговечность. Особенно это актуально для регионов с холодными зимами. Из-за микротрещин бетонные конструкции нуждаются в периодическом ремонте.

"Микротрещины" являются ожидаемым результатом процесса затвердевания и не приводят напрямую к потере прочности. Трещины размером около 0,2 мм находятся в рамках дозванных норм в бетонной индустрии. Но с течением времени, вода, а также растворенные в ней агрессивные элементы – SO_3 , SO_4 , попадают в них, и разъедают бетон. Для продления срока службы бетонных конструкций, важно заделать эти микротрещины. Биобетон *способен самостоятельно залечивать возникающие в нем трещины.* Он содержит бактерии, производящие известняк, которые активируются коррозионной дождевой водой, проникающей внутрь.



Споры бактерий и нужные им питательные вещества добавляются в виде гранул в бетонную смесь. Но для начала процесса роста, этим микроорганизмам требуется вода. Эти споры активируются только при попадании дождевой воды в трещины, после

чего эта безвредная бактерия, принадлежащая к роду Бацилл (*Bacillus genus*), начинает потреблять питательные вещества и производить известняк. В лаборатории удалось показать, что этот бетон самовосстанавливается даже при величине трещин в 0,5 мм, что в три раза превышает нормативное значение.

Даже если восстанавливающий агент увеличивает цену бетона на 50%, это составит всего 1-2% от общей стоимости строительства. Содержание и техническое обслуживание - составляет львиную долю от общей стоимости, поэтому ожидается большая экономия средств от повышения долговечности бетона.

Кроме того, биобетон является надежным теплоизолирующим материалом, который сохраняет температуру внутри помещения гораздо лучше обычного. Это позволит владельцам строения снизить расходы на его обогрев в холодное время года и кондиционирование летом и, соответственно, сэкономить энергетические ресурсы.

Конструкция, которая получается в строительстве с использованием нового бетона, практически полностью автономна и обеспечивает себя всем необходимым. Соответственно, она не требует значительных затрат на эксплуатацию.

И, конечно, нельзя забывать о декоративных функциях материала: с помощью панелей из биобетона можно украшать фасады многоэтажных зданий настоящими живыми картинами из растений, периодически меняя цвета и узоры. Ведь вертикальные сады, которые так популярны в ландшафтном дизайне, очень актуальны сегодня для больших мегаполисов. Но добиться от вьющихся растений устойчивого роста в условиях города, например, на фасадах высотных зданий, обычным способом довольно сложно. А с помощью биобетона привнести природную красоту в каменные джунгли станет гораздо проще.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Green-Buildings №4/2014, стр. 116
2. <http://www.upc.edu/>
3. *Benyus J.* Biomimicry: Innovation inspired by Nature (2005).
4. *Ciment Catala Cement and Environment* (2007).
5. *Jonkers H.M.* Bioconcrete-Green Inside (2009)

Ворошилов И.С., аспирант 2-го курса
ФГАОУ ВПО Сибирский Федеральный Университет
Инженерно-строительный институт

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ КИРПИЧ НА ОСНОВЕ ГЛИЕЖЕЙ УЯРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

За последние 20 лет в индустриально развитом мире совершилась настоящая революция в ресурсосбережении и были достигнуты значительные успехи в снижении уровня загрязнения окружающей среды. В России, к сожалению, положение в этой области практически не изменилось, а экологическая ситуация заметно ухудшилась. Следует признать, что определенную роль в ресурсорасточительности нашего хозяйства в какой-то мере играет богатство природных недр страны, малая зависимость России от импорта сырья и энергоносителей.

Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от ряда факторов: их вещественного состава, агрегатного состояния, количества, технологических особенностей и т.д. Наиболее эффективным решением проблемы промышленных отходов является внедрение безотходной технологии. Создание безотходных производств осуществляется за счет принципиального изменения технологических процессов, разработке систем с замкнутым циклом, обеспечивающих многократное использование сырья. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы одних производств являются исходными сырьевыми материалами других. При исчерпании богатых и переходе к бедным месторождениям полезных ископаемых расход сырьевых ресурсов для производства продукции и количество отходов значительно возрастают. В связи с этим повышается интерес к технологиям, использующим в качестве сырья отходы промышленности.

Проблема экологии Красноярского края тема очень актуальная, т.к. центр входит в десятку самых загрязненных городов страны, в регионе сконцентрировано большое количество отвалов. На территории края расположен угольный разрез Канско-Ачинский угольный бассейн, побочным продуктом деятельности которого остаются вскрыши и горелые породы различной цветовой гаммы. Разновидностями горелых пород являются глиежи – глинистые и глинисто-песчаные породы, обожженные в недрах земли при подземных пожарах в угольных пластах, и отвальные, перегоревшие шахтные породы.

В лаборатории кафедры СМиТС исследования по использованию глиежей в производстве строительных материалов начались сравнительно недавно, основными направлениями было использование горелых пород в качестве крупного и мелкого заполнителя для декоративного облегченного бетона, и полученные результаты позволили судить об их пригодности и целесообразности дальнейшего изучения.

В данный момент проводится разработка безобжигового кирпича, полученного методом полусухого прессования на основе глиежей Уярского месторождения с добавлением цемента и метаксаолина обожженного при температуре 600-900°C в качестве геополимера для увеличения прочности и основных свойств, требуемых ГОСТ 8462.

На рис.1 изображены экземпляры опытно-промышленной партии.

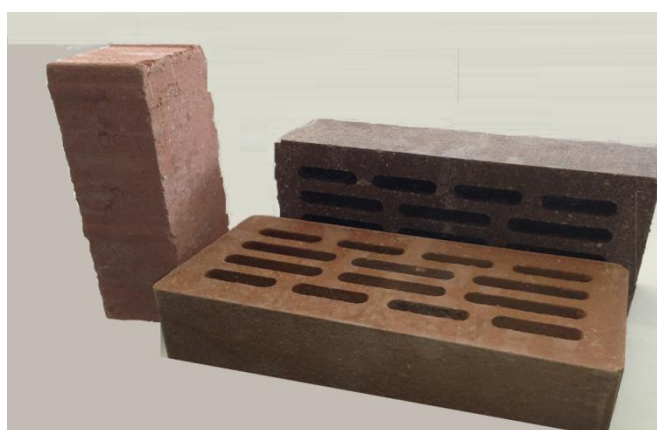


Рис. 1. Безобжиговый кирпич и на основе глиежей Уярского месторождения

Из рабочих составов в лабораторных условиях изготавливались образцы-цилиндры размером 5,1х6 см, смесь формовалась с давлением прессования 2,5 кН на 1 см². Каолиновый порошок применяли в количестве 7-13% и прокаливался при различных температурах в интервале 600-900°C. Прочность образцов составила порядка

13-15 Мпа, коэффициент теплопроводности в кирпичной кладке равен 0,457 Вт / (м · °С). Также была выпущена опытно - промышленная партия, результаты испытания которой подтвердили значения, полученные в лаборатории. Полученные результаты исследований отражены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние температуры обжига и содержание метаксаолина на прочность образцов

№ Образца	Цемент, %	Вода, %	Глиеж, %	Метаксаолин %	Температура обжига Метаксаолина °С	Рсж, МПа
3(58)	12	20	88	7	600	14,64
3(60)	12	20	88	10	600	14,56
3(62)	12	20	88	13	600	13,39
3(71)	12	20	88	7	750	15,25
3(73)	12	20	88	10	750	15,87
3(74)	12	20	88	13	750	14,87
3(52)	12	20	88	7	900	12,57
3(54)	12	20	88	10	900	14,07
3(56)	12	20	88	13	900	13,60

Как видно из таблицы 1, наиболее высокая прочность у состава **3(73)**. Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о пригодности данного сырья в качестве шихты для приготовления кирпичей и керамических камней, но на данный момент работа по изучению еще продолжается и результаты пока предварительные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ерошкина Н.А.* Ресурсо - и энергосберегающие технологии строительных материалов на основе минерально-щелочных и геополимерных вяжущих: учеб. пособие / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 156 с.
2. *Дворкин Л.И., Пашков И.А.* Строительные материалы из отходов промышленности. – К.: Высшая школа, 1989.

Гайда Ю.В., аспирант ИСА

Научный руководитель –

Айзенштадт А.М., д-р хим. наук, проф.

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКТИВНОСТИ ГЛИОКСАЛЯ

Для придания строительным композитам специальных свойств и улучшения их качества в настоящее время применяют различные добавки.

Среди них выделяют добавки, регулирующие реологические свойства (пластифицирующие, стабилизирующие, водоудерживающие), схватывание и твердение, пористость, придающие специальные свойства (антикоррозионные, гидрофобизирующие, красящие). Также выделяют добавки полифункционального действия (пластифицирующие и воздухоовлекающие, газообразующие и пластифицирующие) [1].

В качестве добавок широко используют поверхностно-активные вещества (ПАВ), нередко получаемые из вторичных продуктов и отходов химической промышленности [2].

Поверхностно-активные вещества характеризуются ярко выраженной способностью адсорбироваться на поверхностях и на межфазных границах. При адсорбции ПАВ происходит снижение поверхностного натяжения жидкости. Эта способность вещества называется поверхностной активностью.

По предложению П.А. Ребиндера (1924 г.) поверхностная активность определяется знаком и значением отношения $d\sigma/dc$. Значение этой производной непостоянно и зависит от концентрации растворенного вещества. Знак поверхностной активности характеризует адсорбцию вещества. В случае ПАВ $d\sigma/dc < 0$ или $-d\sigma/dc$ [3].

Примером широко распространенного поверхностно-активного вещества, используемого в качестве добавки для композиционных материалов, служит технический лигносульфонат натрия (ЛСТNa). Главным поставщиком лигносульфонатов являются заводы, вырабатывающие целлюлозу методом сульфитной варки древесины.

Сульфитная варка древесины преобладала с конца XIX до середины XX в., но используемый тогда метод, применялся только для определенных сортов древесины, превращаемой в целлюлозу, а выбросы необработанного варочного раствора в воду сильно загрязняли окружающую среду. Более современные методы позволили преодолеть многие из этих проблем. Сульфитная варка сейчас занимает лишь небольшой сегмент рынка целлюлозы и постепенно вытесняется другими методами. Следовательно, сокращается производство лигносульфонатов.

Таким образом, в настоящее время является актуальной разработка различных поверхностно-активных веществ, применяемых в качестве добавок в композиционные материалы. Такими веществами могут служить альдегиды, одним из представителей которых является глиоксаль. Известно применение этого вещества в качестве добавки для строительных композитов [4].

Глиоксаль представляет собой диальдегид щавелевой кислоты, желтая жидкость с запахом формалина. Химическое название – этандиаль. Молекулярная формула – $C_2H_2O_2$. Структурная формула представлена на рис. 1 [5].

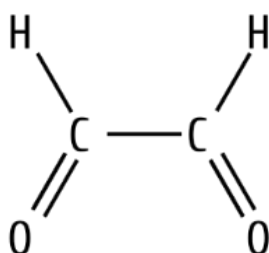


Рис. 1. Структурная формула глиоксаля

Данных о поверхностной активности глиоксаля в литературе не обнаружено. Но, исходя из его строения, можно предположить, что это вещество является поверхностно-активным. Кроме того оно способно полимеризоваться, придавая дополнительный связующий эффект.

Цель исследования заключалась в определении поверхностной активности глиоксаля и сравнении ее с поверхностной активностью лигносульфоната. Характеристики глиоксаля представлены в табл. 1 [6].

Характеристики глиоксаля

Параметр	Глиоксаль
Массовая доля глиоксаля	40±1
Плотность (20 °С), г/см ³	1,20-1,35
Молекулярная масса (в а.е.м.)	58,04
Температура плавления, °С	15
Температура кипения, °С	51
рН	2-3,5
Упаковка	Полимерные емкости от 20 до 200 л

Первоначально готовились водные растворы с различной концентрацией глиоксаля. Затем определялось их поверхностное натяжение на установке KRUSS Easy Drop методом «висячей капли». Изотерма поверхностного натяжения в зависимости от концентрации глиоксаля при $t=25\pm 1$ °С представлена на рис. 2.

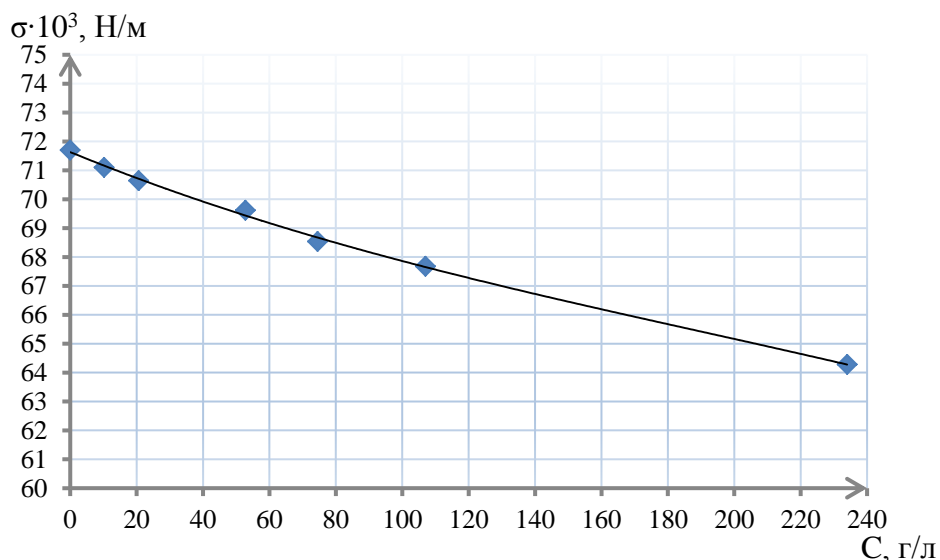


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации глиоксаля

По мере увеличения концентрации реагента в растворе происходит снижение поверхностного натяжения водных растворов глиоксаля. Следовательно, глиоксаль является поверхностно-активным веществом (ПАВ).

Аппроксимация полученной зависимости полиномами различной степени показала, что наилучший коэффициент аппроксимации ($R=0,99$) имеет полином третьей степени:

$$y = -2 \cdot 10^{-7} x^3 + 0,0001x^2 - 0,047x + 71,634 \quad (1)$$

Дифференцирование уравнения (1) по концентрации позволило определить величину поверхностной активности. Результаты представлены на рис. 3.

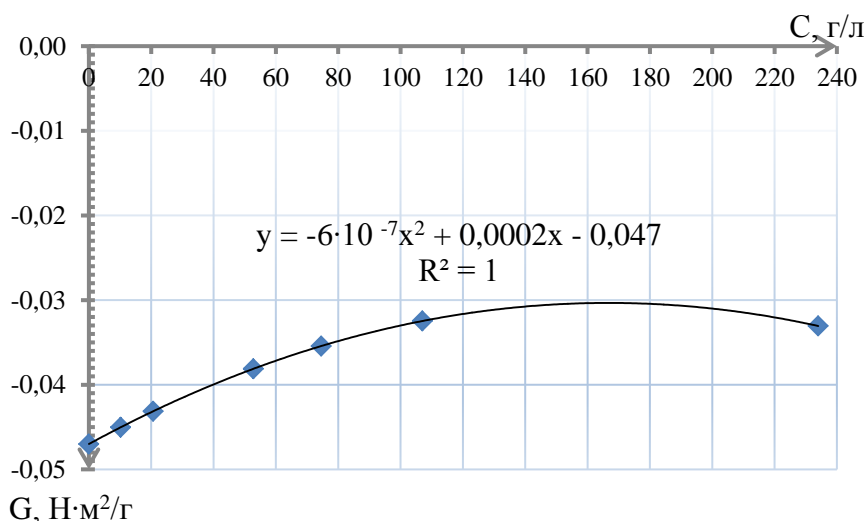


Рис. 3. Зависимость поверхностной активности от концентрации глиоксала

Максимальная поверхностная активность глиоксала достигается при минимальной концентрации. Так например при концентрации 10 г/л поверхностная активность составляет 0,045 Н·м²/г.

Изучение поверхностно-активных свойств водных растворов технического лигносульфоната натрия проводилось в Институте коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского г. Киева. Максимальная поверхностная активность достигается при концентрации 10 г/л и составляет 0,180 Н·м²/г [7].

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что глиоксаль является поверхностно-активным веществом, но по сравнению с лигносульфонатом натрия его поверхностная активность в 4 раза меньше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбьев И. А. Строительное материаловедение. Учеб. пособие для строит. спец. вузов. 2-е изд., испр. Москва: Высшая школа, 2004 г. С. 701;
2. Баженов Ю. М. Технология бетона: учебник. 3-е изд., доп. Москва: Издательство АСВ, 2002 г. С. 500;
3. Айзенштадт А.М., Боголицын К.Г., Попова Н.Р. Коллоидная химия (межфазные явления). Учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. ред. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2006 г. С.102;
4. Строкова В.В., Князев А.С., Нелюбова В.В., Бондаренко А.И., Лебедев М.С. Перспективы применения глиоксальсодержащих компонентов для производства высокоэффективных композиций строительного назначения. «Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения)». Материалы Международной научно-практической конференции. 2013 г. с. 232-23;
5. Глиоксаль. Химик. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1096.html>;
6. Глиоксаль, 40% раствор. Новохим. [Электронный ресурс]. Группа компания Новохим. Томск, 2004. Режим доступа: <http://novochem.ru/chem-product/glyoxal>;
7. Савицкий Д.П., Макарова К.В., Макаров А.С. Поверхностно-активные свойства водных растворов лигносульфоната натрия. Химия растительного сырья. 2012 г., № 2. с. 41-45.

Ганина Е.А., Соколов Е.В., студенты 3-го курса
Научный руководитель –
Закревская Л.В., канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»

НОВЫЙ РЕСТАВРАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДОЛОМИТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

На сегодня очень актуален вопрос сохранения, реставрации памятников архитектуры. Из-за экологических проблем и антропогенного воздействия большого города возник риск утраты культурного наследия. Участились чрезвычайные ситуации в городе и связанные с ними разрушения памятников.

Город Владимир богат белокаменными памятниками архитектуры, здесь находятся такие древнерусские строения как: Золотые Ворота, Успенский и Дмитриевский соборы (построены в XII веке). Они оказались в центре промышленного города с оживленным движением автотранспорта.

Негативное воздействие выхлопных газов на кладку и проникновение в поры микроорганизмов увеличивающих пористость приводит к понижению морозостойкости и следовательно к разрушению.

Поэтому очень важно проводить качественные реставрационные работы, а качество реставрационных работ прежде всего зависит от применяемых материалов.

Современные реставрационные технологии позволяют на некоторое время облегчить условия службы белокаменной кладки, но не решить проблему кардинально.

Для правильного выбора материалов необходим экологический подход и обязательный анализ причин повреждения материалов с изучением опыта реставрационных работ, пересмотром и переоценкой всех ранее использованных в технологии реставрации материалов с учетом отрицательных результатов их применения.

Развитие новых технологий получения наноструктурированных композиционных материалов, которые обладают уникальными свойствами – может послужить основой для необычного подхода к выше перечисленным проблемам.

В частности: известно свойство наноразмерных частиц делать поверхность не восприимчивой к взвешенным в атмосфере твердым частицам и каплям воды. Это так называемые «Самоочищающиеся поверхности, обработанные наноструктурированными материалами». Механизм самоочищения основан на том, что на свету фотокатализатор подвергает разложению органические загрязнения, которые потом легко смываются дождевыми потоками. В качестве катализатора выступает диоксид титана, который при облучении ультрафиолетом солнца разлагает многие вредные вещества (например – окиси азота), а также уничтожает бактерии. Лишенные адгезионной поддержки, неорганические загрязнители легко смываются дождем. Такой способ самоочистки эффективен против органических загрязнений - плесень, мох, грибок, выхлопные газы.

Наша цель – применить технологию самоочищения для создания наиболее выгодного, экологически чистого, безопасного как для самого человека, так и для всей окружающей среды штукатурного материала, который будет обладать паропроницаемостью и стойкостью к биопоражениям, а также высокой гидрофобностью.

Мы стараемся получить материалы на основе магнезиального вяжущего армированного минеральными волокнами.

Магнезиальные вещества взяты нами за основу т.к механическая прочность, определяемая при сжатии, находится на уровне бетона. А предел прочности на изгиб превышает показатель бетонов в 3-5 раз при отсутствии каких-либо армирующих элементов, а при армировании минеральными волокнами прочность возрастает.

Уровень устойчивости магнезиальных веществ к воздействию солнечного света, ветра, влаги и прочих климатических факторов примерно сопоставим со среднестатистическими показателями других стройматериалов, которые часто используются при строительстве, они не только «не боятся» разрушительного воздействия всевозможных агрессивных сред - нефтепродуктов, растворителей, масел и солесодержащих вод, они становятся более прочными при непосредственном контакте с этими средами. Прекрасная совместимость с различными пигментами и прочими декоративными материалами делает магнезиты хорошим отделочным материалом, способным имитировать любые текстуры: дерева, камня, минералов и т.п. Прозрачное вяжущее вещество и способность легко поддаваться всем видам обработки, в том числе, полировке, улучшает позиции магнезитов в качестве отделочных материалов на рынке. Высокая устойчивость к открытому огню позволяет конструкции из магнезита выдерживать пожар 5-й категории без каких-либо изменений формы, свойств и прочих характеристик строения, при этом также не наблюдается каких-либо вредных для окружающей среды выделений и испарений.

Особые биологические свойства магнолитов полностью исключают возможность появления и роста на их поверхности грибков, мха, лишайников, бактериальных колоний и прочих образований живых микроорганизмов, а специфический вкус этого материала (солено-горький) эффективно отпугивает всевозможных насекомых и грызунов.

Магнезиальные вяжущие вещества не склонны к старению и усадке, то есть, с течением времени не изменяют своих свойств даже при воздействии постоянных нагрузок. Для них нехарактерны такие явления как деформационные швы, что говорит о достаточно высокой прочности, долговечности, ударной прочности, а также стойкости к истиранию. Отличаются высокой степенью адгезии по отношению к органическим и минеральным заполнителям, а также обеспечивают хорошее сцепление с бетоном, кирпичом и деревом. Все вышесказанное только убеждает нас в том что этот материал идеально подходит для реставрационных работ.

Еще одним плюсом этих вяжущих веществ является то, что для их получение не требуется больших затрат, т.к. доломитовые отходы на основе которых мы получаем магнезиальное вяжущее наноструктурированное изначально фракция <0.16мм составляет от 52 до 53 % а электронно-микроскопические исследования показывают наличие значительного количества частиц (10-100нм) , кроме того магнезиальные вяжущие полезны для людей, они обладают также резко выраженным оздоровительным эффектом. Эффект обусловлен тем, что в качестве затворителя применяется раствор бишофита, выделяющий в окружающую среду микроэлементы и вещества типичные для морской воды.[1]

Нами проведен синтез штукатурных смесей на основе магнезиальных вяжущих из обожженных отходов доломита, песка пеностекла, органических волокон и бишофита. Первые результаты по определению прочностных характеристик показывает, что они вполне пригодны для штукатурных работ (рис.1)

Главная проблема - это водостойкость отделочных растворов. Мы пытаемся ее решить за счет введения в состав наноструктурированного заполнителя, специальных гидрофобизирующих добавок.

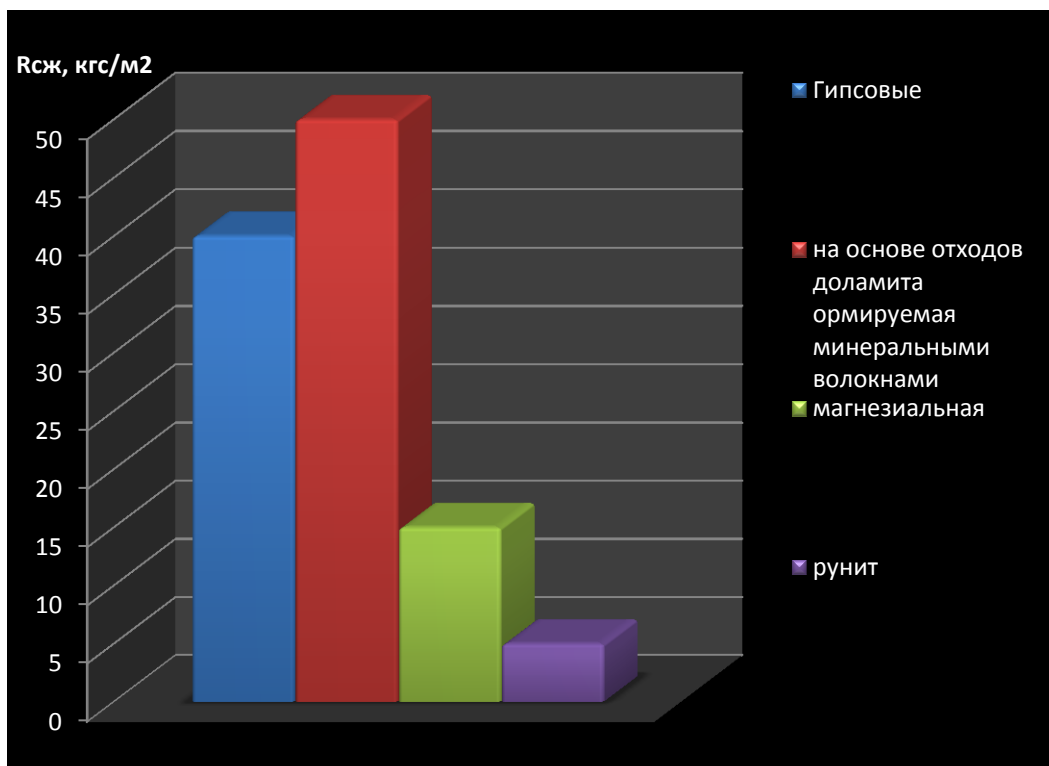


Рис .1.

Рисунок подтверждает, что прочность предлагаемого нами материала выше существующих аналогов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. Борисов А.Ф., Монич Д.В. Технологии переработки и утилизации отходов. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. 2009 г.
2. Борисов А.Ф., Буньков М.М., Мосеев В.А., Нагайцев И.Б., Третьякова Л.Г. Патент РФ на изобретение №2102349 «Способ получения вяжущего». Приоритет изобретения 27.12.1995 г.
3. Бутт Ю.Н., Сычев М.М., Тимашев В.В. «Химическая технология вяжущих материалов» Высшая школа 1980 г.
4. Пащенко А.А. Вяжущие материалы. Киев 1975 г.

Григорьева А.И., Кравцова Д.В., аспирантки кафедры ТКМиПХ

Муравьева А.С., студентка 5-го курса 2 группы ИСА

Научные руководители –

Бруяко М.Г., канд. техн. наук, доц.

Дорошенко А.В., канд. техн. наук

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ПЛАЗМОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СОРБЕНТЫ

На сегодняшний день интенсивность развития производства сухих строительных смесей (ССС) в России высока. Возрастающие темпы производства обусловлены, в первую очередь, преимуществами СССР, главным из которых является наличие широ-

кого ассортимента составов различного назначения. При разработке ССС в целях снижения себестоимости продукции и придания ей новых свойств широкоприменяются активные минеральные добавки (АМД) в качестве которых могут выступать природные цеолиты и цеолитсодержащие породы. [1-7]

Цеолиты – гидротермальные горные породы различного химического и минералогического состава. В структуре этих каркасных алюмосиликатов имеются сообщающиеся между собой полости, занятые катионами различных элементов (щелочных и щелочноземельных металлов) и молекулами воды, способными свободно удаляться и поглощаться структурой, благодаря чему происходит ионный обмен и обратимая дегидратация без разрушения структуры.

Структура цеолитов определяет их внутренний объем, который становится доступным после дегидратации. Дегидратированный цеолит представляет собой кристаллическое тело, пронизанное микропорами. В дегидратированном состоянии цеолиты максимально проявляют свои адсорбционные, молекулярно-ситовые и каталитические свойства. При определенных условиях адсорбированные молекулы могут быть удалены, а обменные катионы замещены другими, что приводит к регенерации цеолитов и возможности их участия в многоцикловом режиме. [8]

Кристаллическая структура цеолитов состоит из тетраэдров SiO_2 и AlO_4 , соединенных своими вершинами, в полостях и каналах которых находится катионы и молекулы воды. Именно эта структура объясняет их функцию как природных сорбентов, а также является источником получения АМД, активация которых происходит в основном за счет механохимической обработки.

Известно более 40 разновидностей природных цеолитов благодаря разнообразному минералогическому составу, зависящему от месторождения породы. Но только некоторые удовлетворяют требованиям для использования в практических целях. К ним относятся клиноптилолиты, мордениты и шабазиты.

В таблицах 1 и 2 представлен минералогический и химический состав используемых в данной работе цеолитов.

На сегодняшний день широкой сферой изучения остаются свойства верхних слоев материала толщиной до 100 нм. Решением проблемы активации данного слоя является разработка методов модификации, позволяющих изменить характер поверхности нанослоя: увеличить шероховатость, создать новые или усугубить уже существующие дефекты, вплоть до удаления слоя, а также перераспределить внутренние напряжения. [9]

Для активации поверхностного слоя использовались лабораторные установки, генерирующие низкотемпературную неравновесную плазму (НТПП). Время обработки изменялось от 1 до 2 минут, после чего было проведено исследование порового пространства на установке NOVA 2200e.

Табл. 1.

Минералогический состав исследуемых цеолитов

№	Минеральная фаза	Формула	Содержание, % масс
1	Клиноптилолит	$(\text{K}_2\text{Na}_2\text{Ca})_3[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}] \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	31±3
2	Кварц	SiO_2	15±1.5
3	Кальцит	CaCO_3	2
4	Мусковит	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	7
5	ОКТ	SiO_2	26±3
6	Монт-мориллонит	$(1/2\text{Ca}_3\text{Na})(\text{Al}_3\text{Mg}_4\text{Fe})_4[\text{Si}_2\text{Al}]_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	15±1.5
7	Микроклин	KAlSi_2O_8	3

Химический состав исследуемого сырья

№	Название элемента	Формула	Содержание, % масс
1	Оксид натрия	Na ₂ O	0.23
2	Оксид магния	MgO	1.47
3	Оксид алюминия	Al ₂ O ₃	9.68
4	Оксид кремния	SiO ₂	72.3
5	Оксид фосфора (V)	P ₂ O ₅	0.28
6	Сера общая	S _{общ}	<0.05
7	Сера сульфатная	SO ₃	<0.05
8	Оксид калия	K ₂ O	3.08
9	Оксид кальция	CaO	2.95
10	Оксид титана	TiO ₂	0.44
11	Оксид марганца общего	MnO _{общ}	0.02
12	Оксид железа общего	Fe ₂ O _{3общ}	3.98
13	Оксид железа (II)	FeO	0.23
14	Оксид железа (III)	Fe ₂ O ₃	3.73
15	Углерод общий	C	0.70
16	Фтор	F	0.089
17	Влага	H ₂ O	4.98
18	Потери при прокаливании (при 1000 °С)	П.П.П.	5.14

Результаты измерений для контрольных цеолитов и цеолитов, подвергнутых обработке в НТНП, приведены на Рис. 1.

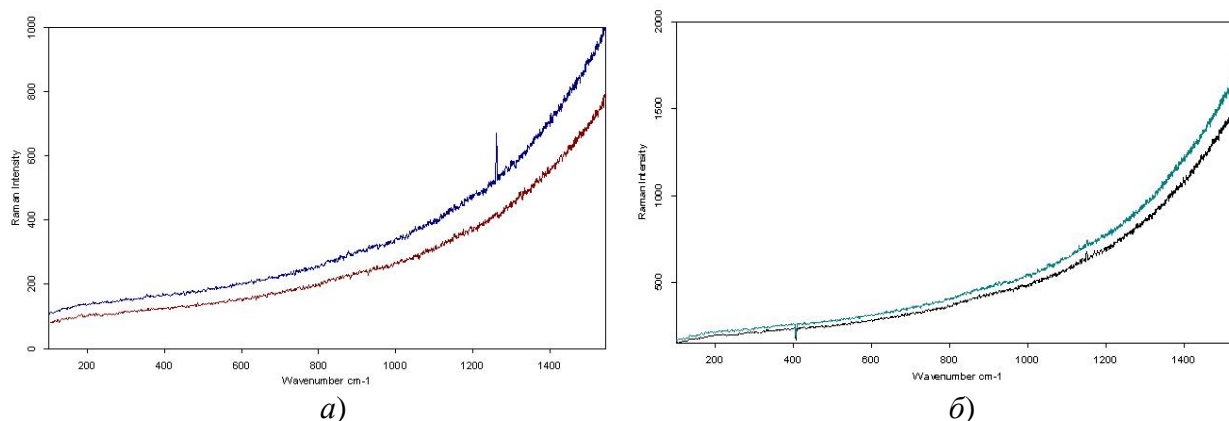


Рис. 1. Отклик приемного преобразователя спектрометра КР:
a - контрольный; *б* – цеолит, обработанный в НТНП

Как видно на Рис. 1., в процессе измерения не удастся уверенно идентифицировать КР-активные фазы, что существенно затрудняет интерпретацию результатов. Сравнительный анализ кривых *a* и *б* для контрольных и модифицированных дисперсных фаз свидетельствует, что одним из результатов плазмохимической обработки является повышение интенсивности люминесценции (непрерывная составляющая отклика, по всей видимости, не является обусловленной однофотонными процессами). Таким образом, можно сделать заключение о повышении поверхностной концентрации функциональных групп с увеличенным временем реверса из метастабильного состояния.

Такие выводы согласуются с результатами экспериментальных исследований по определению изменения характера активности модифицированных в плазме цеолитов методом весовой сорбции (Рис. 2.), в ходе которых установлено, что сорбционная емкость и активность модифицированных цеолитов по отношению к используемому сорбату (фенол) резко увеличивается. Это обстоятельство может быть связано с изменением структуры, появлению дополнительных активных центров, а также удалением гидратированной влаги с поверхности цеолитов.

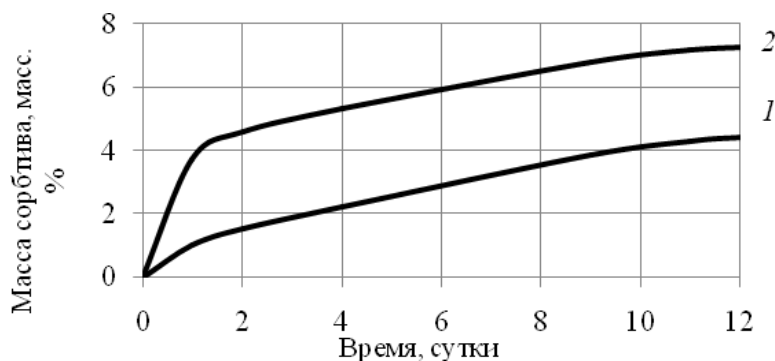


Рис. 2. Изменение сорбционной способности весовым методом цеолитов:
1 – цеолит контрольный; 2 – цеолит, модифицированный НТНП в барьеном разряде

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ
(грант Президента РФ №14.Z57.14.6545-НШ)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасов А.В., Ушков В.А., Орлова А.М., Григорьева Л.С. Дымообразование полимерных композиционных материалов // Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 346-351.
2. Орлова А.М., Ушков В.А., Дудеров Г.Н., Алимова А.У. Самовозгорание деревянной отделки комнат сухого жара// Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 10. С. 14-16.
3. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В. Теплопроводность высокопористых материалов// Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 108-114.
4. Соков В.Н., Бегларов А.Э., Жабин Д.В., Землянушов Д.Ю. О возможностях создания эффективных теплоизоляционных материалов методом комплексного воздействия на активные подвижные массы гидротеплосиловым полем//Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 9. С. 17-18.
5. Трескова Н.В., Пушкин А.С. Современные стеновые материалы и изделия//Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 11 (178). С. 32-35.
6. Трескова Н.В., Харитонова Л.В. Высокотемпературная керамоволокнистая теплоизоляция // Строительство: наука и образование. 2011. № 1. С. 14.
7. Бруйко М.Г., Григорьева Л.С., Васильева М.А., Киселева О.В. Способы снижения содержания свободного фенола в пенофенопласте // Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 134-138.
8. Овчаренко Г.И., Свиридов В.Л. «Цеолиты в строительных материалах: Учебное пособие для студентов и аспирантов строительных и химических специальностей». - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1995. -102с.
9. Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Сагбиев И.Р., Шаехов М.Ф. «Модификации нанослоев в высококачественной плазме пониженного давления», Монография, Казань, 2007.

Губский А.Ю., Гареева Р.Р., студенты 3-го курса ИСА

Научные руководители –

Семенов В.С., канд. техн. наук, доц.

Розовская Т.А., аспирант

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ОБЛЕГЧЕННЫЙ КЛАДОЧНЫЙ РАСТВОР С КЕРАМИЧЕСКИМИ МИКРОСФЕРАМИ И ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ

Широкое применение в современном строительстве получили эффективные штучные стеновые материалы, такие как керамический камень, блоки из легких бетонов, обладающие низкой средней плотностью и низким коэффициентом теплопроводности. Применение традиционного цементно-песчаного раствора для кладки стен из таких материалов неэффективно, так как его средняя плотность в 2,5-3 раза превышает среднюю плотность самих изделий, в результате чего образуются «мостики» холода, приводящие к повышенным теплотерям через ограждающие конструкции [1]. Таким образом, целесообразно применять облегченные кладочные растворы со средней плотностью и прочностью, соответствующей аналогичным характеристикам стенового материала.

Ранее авторами были исследованы свойства кладочного раствора с полыми керамическими микросферами [2, 3]. Керамические микросферы (КМС) широко применяются в качестве облегчающего наполнителя для строительных материалов [4–6]. Они являются компонентом золы уноса, образующейся при факельном сжигании угля на теплоэлектростанциях, представляют собой замкнутые сферы фракции 10...500 мкм с толщиной стенки 5...10 % диаметра сферы. Состав газовой фазы внутри сферы представляет собой смесь углекислого газа и азота. Шероховатая поверхность микросферы способствует лучшему сцеплению микросфер с цементной матрицей. Поскольку зола уноса является отходом производства, ее применение в строительстве одновременно решает проблему размещения техногенных отходов. В качестве вяжущего был использован портландцемент ЦЕМ II / А-Ш 42,5 Н (Holcim) с добавкой 9,8 % гранулированного шлака. Для снижения водоцементного отношения раствора (В/Ц), повышения его однородности и пластичности вводился суперпластификатор PERAMIN SMF 10 в дозировке 0,4 % от массы вяжущего. Для повышения пористости раствора и подвижности растворной смеси вводилась воздухововлекающая добавка ASCO 93 в дозировке 0,03 % от массы портландцемента. Так же в состав раствора был введен редуцируемый порошок Vinnapas 8034Н в количестве 3 % от массы вяжущего, повышающий прочность сцепления раствора с основанием, прочность на сжатие и растяжение при изгибе.

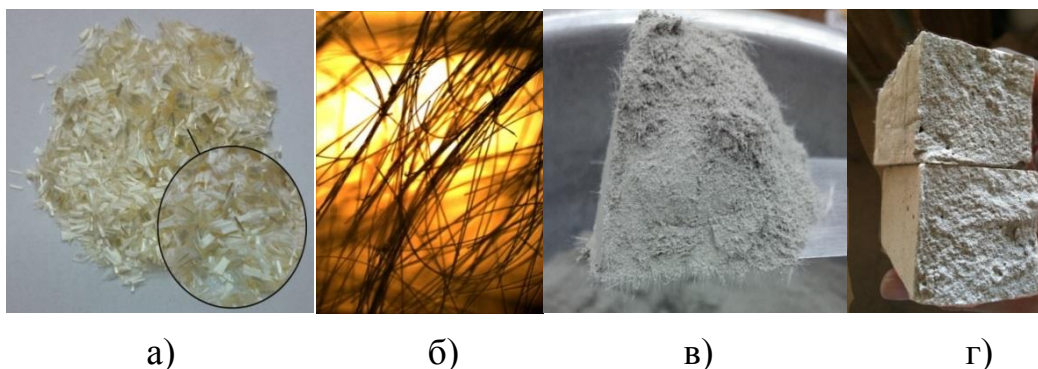


Рис. 1. Внешний вид полимерной фибры Panasea DRY (а), волокна полимерной фибры в оптическом микроскопе при 25х увеличении (б), внешний вид раствора с полимерной фиброй (в), внешний вид образцов раствора после определения предела прочности (г)

В данном исследовании полученный ранее состав с 60 % КМС от массы цемента [3] принят за контрольный (КС). Его основные характеристики приведены в таблице 1. Целью исследования было повышение прочности и морозостойкости раствора. С этой целью в раствор была введена полимерная фибра Panacea DRY, представляющая собой высокомодульное полиакриловое армирующее волокно длиной до 6,4 мм и толщиной 7...12 мкм. Были исследованы растворы с различным содержанием фибры – 0,2 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 % и 2 % от массы вяжущего.

Для получения однородной сухой смеси и равномерного распределения волокон фибры в объеме смеси, сухие компоненты перемешивались в течение 3-х минут в растворосмесителе. Затем в чашу растворосмесителя добавлялась вода, после этого раствор перемешивался еще в течение 3 минут. Погружение стандартного конуса массой 300 г для всех растворных смесей составило 7...8 см, что соответствует марке по подвижности Пк2. Водоудерживающая способность растворных смесей определялась при помощи прибора ОВС, средняя плотность растворной смеси – при помощи стального пикнометра вместимостью 100 см³.

Были изготовлены образцы-балочки размером 4×4×16 см, которые твердели в течение 28 суток в условиях, регламентируемых ГОСТ [7]. Для определения предела прочности на сжатие и растяжение при изгибе полученные образцы испытывались на гидравлическом прессе [8]. Средняя плотность сухого камня определялась на образцах-балочках 4×4×16 см, высушенных до постоянной массы при температуре (105 ± 5) °С. Для определения морозостойкости водонасыщенные образцы в течение 4 ч выдерживались в климатической камере при температуре (-18 ± 2) °С, после чего помещались на 3 ч в емкость с водой при температуре (20 ± 2) °С. После проведения циклов попеременного оттаивания-замораживания фиксировалась прочность образцов на сжатие. Полученные в ходе исследований результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Табл. 1

Составы и свойства облегченных кладочных растворов с КМС и полимерной фиброй

№	Состав	Водоудерживающая способность, %	Средняя плотность растворной смеси, кг/м ³	Средняя плотность раствора в сухом состоянии, кг/м ³	Марка по морозостойкости	Предел прочности, МПа	
						на сжатие	на изгиб
1	Контрольный состав (КС)	92	841	684	F50	13,28	3,49
2	КС + 0,2 % ПФ	93	839	673	F50	13,67	3,89
3	КС + 0,5 % ПФ	94	824	655	F75	15,28	4,22
4	КС + 1 % ПФ	94	766	633	F75	12,37	4,35
5	КС + 1,5 % ПФ	95	753	624	F75	10,63	4,69
6	КС + 2 % ПФ	95	745	610	F75	10,03	5,21

Примечание: ПФ – полимерная фибра Panacea DRY

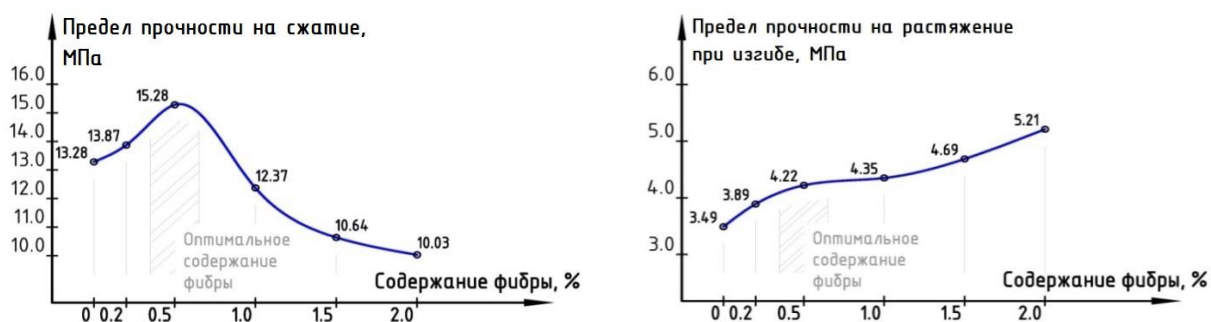


Рис. 2. Зависимость прочности раствора на сжатие и на растяжение при изгибе от содержания полимерной фибры

По водоудерживающей способности все составы удовлетворяют требованиям ГОСТ [9] – не менее 90 %. Исследования показали, что введение в состав раствора 0,2 % фибры не оказывает существенного влияния на его прочность и морозостойкость. При введении 0,5 % фибры по сравнению с контрольным составом повысился предел прочности раствора на растяжение при изгибе на 17 %, на сжатие – на 13 %. Вместе с тем незначительно повысилось водоцементное отношение и, соответственно, снизилась плотность сухого раствора. При увеличении содержания в составе раствора фибры следует отметить повышение предела прочности раствора на растяжение при изгибе, но вместе с тем – резкое возрастание водопотребности растворной смеси и существенное снижение предела прочности на сжатие. Кроме того, введение более 1 % полимерной фибры вызывало снижение пластичности раствора, увеличивало его связность. Введение 0,5 % и более полимерной фибры от массы портландцемента существенно увеличивает морозостойкость кладочного раствора – до марки F75 (при марке F50 для контрольного состава), а, следовательно, и его долговечность.

Анализ полученных результатов показал, что оптимальным является содержание полиакриловых волокон в диапазоне 0,4...0,75 % от массы вяжущего. Таким образом, в ходе исследований было установлено, что введение полимерных волокон в состав облегченных кладочных растворов с КМС позволяет повысить их прочностные и эксплуатационные характеристики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гориков А.С., Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона [Текст] // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 3. – С. 39–42.
2. Губский А.Ю., Волченко К.С. Облегченные кладочные растворы с алюмосиликатными микросферами // Научно-техн. конф. по итогам научно-исследовательских работ студентов ИСА: сборник докладов – 2014. – С. 239–241.
3. Губский А.Ю., Волченко К.С. Исследование свойств облегченных кладочных растворов с алюмосиликатными микросферами // Строительство - формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов XVII Междунар. межвуз. научно-практич. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых – 2014. – С. 925–930.
4. Данилин Л.Д., Дрожжин В.С., Куваев М.Д., Куликов С.А., Максимова Н.В., Малинов В.И., Пикулин И.В., Редюшев С.А., Ховрин А.Н. Полые микросферы из зол-уноса – многофункциональный наполнитель композиционных материалов // Цемент и его применение. – 2012. – №4. – С. 100–105.

5. *Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С., Кретова У.Е.* Полые микросферы – эффективный наполнитель в строительные и тампонажные растворы // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 9. – С. 50–51.

6. *Семенов В.С., Розовская Т.А.* Сухие кладочные смеси с полыми керамическими микросферами // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 195–199.

7. ГОСТ 5802–86. Растворы строительные. Методы испытаний [Текст]. – Взамен ГОСТ 5802–78; введ. 1986–07–01. – М.: Минстрой России, 1985.

8. ГОСТ 310.4–81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии [Текст]. – Введ. 1983–07–01. – М.: Издательство стандартов, 1983.

9. ГОСТ 28013–98. Растворы строительные. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 28013–89; введ. 1999–07–01. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС), 1998.

Данилов В.Е., аспирант ИСА

Научный руководитель –

Айзенштадт А.М., д-р хим. наук, проф.

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АРМИРОВАНИЯ КОРЫ НАНОРАЗМЕРНЫМ БАЗАЛЬТОМ

В последние годы было организовано производство многих новых видов строительных материалов, которые раньше не выпускались индустрией или выпускались в незначительных объемах. Это происходит потому, что продукция отрасли должна поддерживать широкую гамму строительных материалов, изделий и конструкций, отвечающих всем запросам товарного рынка [1]. Тем не менее, далеко не все новые строительные материалы отвечают современным мировым тенденциям: комплексного использования природного и минерального сырья, экологичности, доступности для различных слоев населения. В этом отношении древесно-цементная композиция на основе отходов окорки и отсева базальта выглядит многообещающей разработкой. Это весьма актуально с практической точки зрения т.к. кора используется в ограниченных масштабах. На лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях она либо вывозится на свалки, что приводит к крайне нежелательным последствиям (пожароопасности, загрязнению окружающей среды), либо сжигается, что малоэффективно. Утилизация коры - одна из важных проблем в свете решения задачи комплексного использования древесного сырья [2]. Поэтому в качестве древесной матрицы для новой композиции будет использоваться кора сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L), как наиболее распространенная и пригодная для изготовления строительных материалов древесная порода в России [3]. В качестве армирующего компонента было решено выбрать базальт, поскольку он имеет привлекательные физические свойства: высокую прочность на растяжение и модуль упругости, устойчивость к температурным воздействиям, агрессивным средам и коррозии, низкую стоимость и полное отсутствие проводимости и индуктивности поля при воздействии радиочастотной энергии [4].

Было замечено, что при производстве древесно-цементных композитов на основе коры, принципиальное значение на набор прочности и внешний вид материала играет гранулометрический состав заполнителя. Так в работе [5] приводится информация, что

при уменьшении размера частиц коры увеличивается прочность на изгиб изоляционных плит изготовленных из нее на 13%. На основании анализа литературных данных нами было решено, что наилучшие эстетические и прочностные показатели будут получены при максимальной доле фракций 0,5-1 мм.

Целью исследований, представленных в данной работе, является оптимизация процесса армирования частиц коры нанодисперсным базальтом для получения композиционного материала. В качестве объектов исследования были выбраны: кора сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L), взятая из отвала лесоперерабатывающего предприятия, и отсев базальта с крупностью зерен 1-20 мм месторождения «Мяндуха» Архангельской области.

Подготовка опытных проб из исходных сырьевых материалов и их последующее диспергирование для проведения исследований проводилась по следующей методике. Кору используемую для исследования предварительно промывали и замачивали в дистиллированной воде при температуре 20 °С на одни сутки. Затем высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течении 6 часов, после чего предварительно измельчали до размера 5-30 мм.

Необходимые размеры частиц коры и базальта получали в результате механического помола на планетарной шаровой мельнице РМ 100. Диспергирование коры проводили сухим способом до размера 0,5-1 мм. Размеры частиц определяли гранулометрическим анализом на наборе сит с отверстиями: 2; 1,25; 1,00; 0,63; 0,50; 0,315; 0,25; 0,14 мм. Диспергирование базальта проводили мокрым способом. Размеры частиц определяли на анализаторе Delsa Nano Series Zeta Potential and Submicron Particle Size Analyzers (Delsa Nano). Оптимальные режим измельчения коры и базальта подбирали опытным путем (изменяли вариативные режимные параметры: количество размолотых тел диаметром 2 см, скорость вращения и время работы мельницы).

Данные о поверхности, размерах и количестве пор в сухой измельченной коре получили на электронном растровом микроскопе Zeiss SIGMA VP. Большого количества полостей или пор в коре не наблюдается. Если они и были, то в первую очередь «погибли» при сильном размоле. Имеются небольшие полости, но их количество не многочисленно и имеет размер порядка 100 нм. Проведенное исследование позволило сделать важный вывод, о том, что содержание пылевидной части фракций коры должно быть минимальным для сохранения ее структуры.

Армирование коры наночастицами базальта происходит в воде, поэтому нами был проведен эксперимент по определению величины дзета-потенциала высокодисперсных частиц базальта и коры в нейтральной, кислой и щелочной среде на анализаторе Delsa Nano. Для этого 1 г. исследуемого вещества взятого на технических весах, помещали в мерный цилиндр и добавляли 100 мл дистиллированной воды, после чего тщательно перемешивали. Предварительно, воду доводили до требуемого значения рН, путем добавления к ней слабых растворов кислот (HCl) и щелочей (NaOH). Приготовленную суспензию выдерживали в течение 5 минут, после чего проводили измерение величины дзета-потенциала частиц методом электрофоретического рассеяния света. Для этого заполняли специальную кювету с электродной парой внутри, суспензией с помощью дозатора и помещали в прибор Delsa Nano. Затем на электроды подавали постоянное напряжение. При этом частицы в образце начинали двигаться к электроду противоположного заряда с определенной скоростью. Скорость движения частиц измерялась с помощью лазерного доплеровского анемометра. PALS процессор измерял сдвиг фазы падающего лазерного луча при рассеянии света, вызванном движением ча-

стиц. Исходя из полученных данных, с учетом характеристик дисперсионной среды, программное обеспечение рассчитывало величину дзета-потенциала.

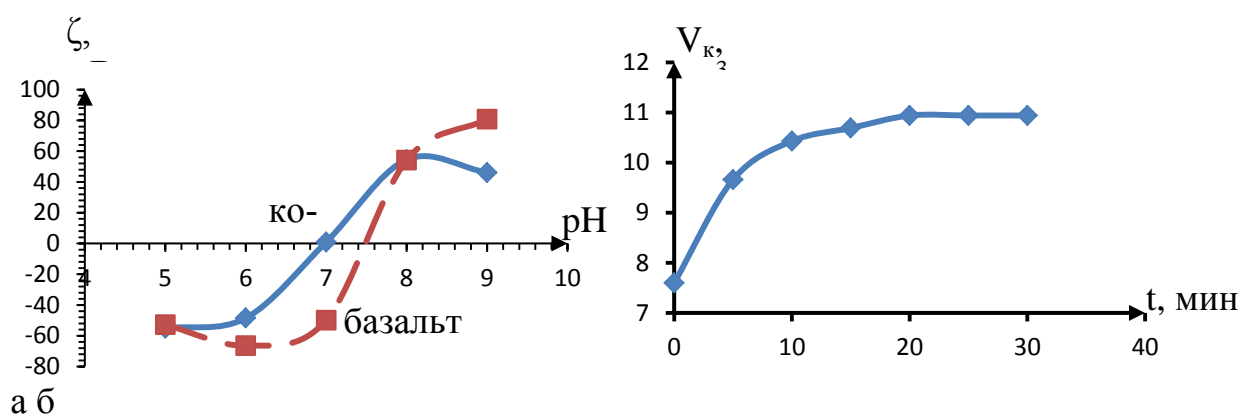


Рис. 1. Функциональные зависимости: а) дзета-потенциала от рН среды; б) набухания ультрадисперсной коры от времени

Данные приведенные на рисунке 1а показывают, что при значении рН от 7 до 7,5 в водной среде поверхность частиц базальта и коры имеет разноименный заряд. Следовательно, электростатический барьер, препятствующий интенсивному протеканию процесса армирования древесной матрицы наночастицами базальта, не возникнет.

Для определения оптимального времени выдержки реакционной смеси, проводили следующий эксперимент: частицы ультрадисперсной коры размером 0,5-1 мм и массой 2,5 г количественно переносили в мерный цилиндр емкостью 15 мл и доводили объем смеси в цилиндре дистиллированной водой до 10 мл (предварительно воду выдерживали в термостате при температуре 20 ± 2 °С). Затем тщательно в продолжении 30 сек, путем интенсивного встряхивания цилиндра, перемешивали реакционную смесь. После чего фиксировали изменение объема V_k в цилиндре через равные промежутки времени, считая, что данный параметр характеризует процесс набухания анализируемой пробы. Результаты представлены на рисунке 1б. Они показывают, что уже через 20 минут после начала эксперимента происходит полное набухание ультрадисперсной коры с увеличением ее размера почти в 1,5 раза. При этом средний размер пор в коре также увеличивается в 1,5 раза со 100 нм до 150 нм. Проведенное исследование позволило вывод, о том, что для успешного армирования коры, размеры частиц базальта должны быть порядка 150 нм.

Оптимальное соотношение коры и базальта определяли экспериментально на приборе Delsa Nano. Для этого 1 г. измельченного базальта, помещали в мерный цилиндр и добавили 100 мл дистиллированной воды, тщательно перемешали. Приготовленную суспензию базальта выдерживали в течении 20 минут, после чего проводили анализ размера частиц. Состав считали оптимизированным, когда поровая структура коры насыщалась частицами базальта, и в исследуемой суспензии появлялись наноразмерные частицы базальта. Проведенные эксперименты показали, что при соотношении: 70% коры и 30% базальта (по массе) наблюдается появление наноразмерных частиц базальта, не проникающих в поровое пространство коры и не осаждающиеся на ее поверхности, находящихся во взвешенном состоянии в суспензии.

Таким образом, процесс армирования частиц коры наночастицами базальта происходит следующим образом: частицы коры смешивают с седиментационно устойчивым коллоидный раствором базальта, в результате поглощения воды кора разбухает, объем

ее поровой структуры увеличивается. Затем этот объем самопроизвольно заполняется суспензией базальта. После насыщения поровой структуры коры коллоидным раствором базальта, армированную базальтом древесную суспензию сушат до постоянной влажности в специальных сушильных камерах. В результате сушки происходит резкое уменьшение объема поровой структуры коры. Вода испаряется, а внутри поровой структуры коры остаются армирующие частицы базальта.

Исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Gridchin A.M., Bazhenov Y.M., Lesovik V.S. and others.* Building materials for severe climate: Textbook. Moscow: ASV Publishing house. BSEU Publishing house. 2008. P. 595.
2. *Цывин М.М.* Использование древесной коры. Москва: Лесная промышленность. 1973 г. С. 96.
3. *Demidov M.L., Aisenstadt A.M.* New approach in the creation of environmentally friendly building materials based on the highly dispersed mineral-reinforced wooden matrix. Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety. Bulgaria. 2014. vol. 8. pp. 146-151.
4. *Babaev V.B., Strokova V.V., Nelubova V.V.* Basalt fiber as a component for micro reinforcing of cement composites. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta imeni V.G. Shukhova (Bulletin of Belgorodsky state technology university named after V.G.Shukhov). 2012. № 4. pp. 58–61.
5. *Kain G., Barbu M.C., Teischinger A., Musso M., and Petutschnigg A.* Substantial bark use as insulation material. Forest Products Journal. 2013. 62(6). pp. 480-487.

Дарбинян М.С., аспирант кафедры ТКМиПХ

Научный руководитель -

Ушков В.А., канд. техн. наук, заведующий НИЛ СКСМ

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕРАВНОВЕСНОЙ ПЛАЗМОЙ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Эффективным инновационным направлением повышения прочности цементно-песчаных растворов является обработка сырьевых материалов низкотемпературной неравновесной плазмой (НТП) [1-6,8-10]. Обработка воды затворения НТП уменьшает ее жесткость и способствует образованию дополнительных центров кристаллизации. Применение обработанной воды для затворения цементно-песчаных растворов повышает скорость набора прочности в ранние сроки твердения и до 30% их прочность в возрасте 28 суток [1,7]. При плазмохимической обработке мелкого заполнителя снижается удельная поверхность и площадь поверхности пор кварцевого песка с одновременным переходом кристаллической структуры кварца в аморфную, а также на 10-18% уменьшается водопотребность обработанного песка [7]. Целью настоящего исследования явилась оценка влияния количества циклов плазменной обработки кварцевого песка и воды затворения на прочность цементно-песчаных растворов.

Цементно-песчаные растворы получили на основе цемента марок М300Д0и М500Д0 (ГОСТ 10178-85) и кварцевого песка с $M_k=0,32$ (ГОСТ 8736-93*). В качестве воды затворения использовали воду, соответствующую требованиям ГОСТ 23732-2011. Прочность при сжатии и изгибе определили по ГОСТ 310.4-81 на испытательных машинах Унстрон-3382 и WDW-100Е. Обработку сырьевых материалов НТНП осуществили на лабораторной установке, схема которой приведена в работе [1]. НТНП в лабораторной установке генерируется источником переменного тока напряжением до 8000 В и частичной до 40 кГц. Расстояние между электродами составляет 2 мм.

В результате проведенных исследования установлено, что при однократной обработке воды затворения НТНП прочность при сжатии цементно-песчаных растворов в возрасте 28 суток возрастает на 29,8% (с 23,5 МПа до 30,5 МПа) по сравнению с контрольным составом, затворенным необработанной водой. При 2^х и 3^х- кратной обработке воды затворения НТНП прочность растворов при сжатии дополнительно повышается на 4,2-4,3%(рис.1) по сравнению с составами, в которых применялись вода с меньшей кратностью обработки. Полученные результаты исследований свидетельствуют о низкой эффективности применения многократной обработки воды затворения НТНП.

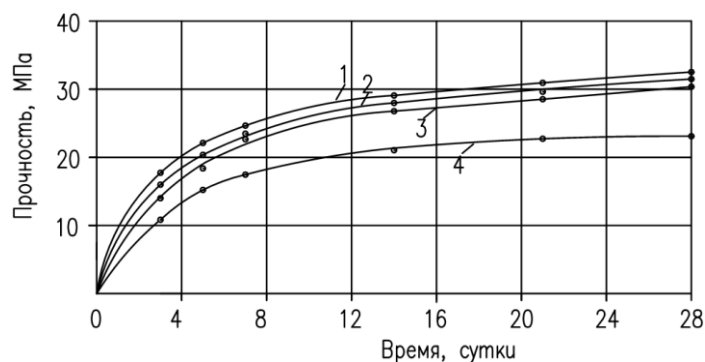


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии цементно-песчаных растворов от количества циклов обработки воды затворения НТНП: 1-3^х кратная обработка ; 2-2^х кратная обработка ; 3-однократная обработка ; 4-не обработанная вода затворения

Обработка кварцевого песка с $M_k=0,32$ НТНП в проточном режиме приводит к уменьшению на 20,3% удельной поверхности частиц и на 17,1% площади поверхности пор, а также размера микропор радиусом от 20 до 70-80 А (табл.1). При этом существенное изменение удельной поверхности пор в кварцевом песке наблюдается для пор радиусом 20-35А. Это происходит за счет оплавления поверхности кварцевого песка при воздействии неравновесной плазмы. Одновременно происходит переход кристаллической структуры кварца в аморфную, что подтверждено данными Раман-спектроскопии. Косвенным подтверждением оплавления поверхности кварцевого песка является снижение на 10-18% его водопотребности после воздействия НТНП.

Таблица 1

Характеристика кварцевого песка

Площадь поверхности по методу Multi-point ВЕТ, м ² /г	Распределение пор в кварцевом песке по методу ВЖН		
	Площадь поверхности, м ² /г	Объем пор, мг ³ /г	Радиус пор Dv(r), А
4,619	1,995	0,004	20,470
3,682	1,654	0,004	20,417

Примечание: в числителе – исходный песок; в знаменателе – обработанный кварцевый песок.

Однократная обработка кварцевого песка с $M_k=0,32$ низкотемпературной плазмой повышает прочность при сжатии растворов на 20,4% (с 23,5 до 28,3МПа). При этом эффективность обработки мелкозернистого наполнителя на 7,8% уступает обработке НТНП воды затворения. Однако последующая обработка мелкодисперсного наполнителя более существенно повышает прочность растворов: при 2^x и 3^x кратной обработке песка НТНП прочность при сжатии в возрасте 28 суток нормального твердения возрастает на 13,3 и 17% до 33 и 38МПа соответственно (рис.2). Причем наблюдается линейная зависимость прочности строительных растворов от количества циклов обработки песка (рис.3). Более выраженный эффект от многократной обработки песка, по нашему мнению, обусловлен снижением удельной поверхности и размеров пор в тонкодисперсном наполнителе при обработке его НТНП

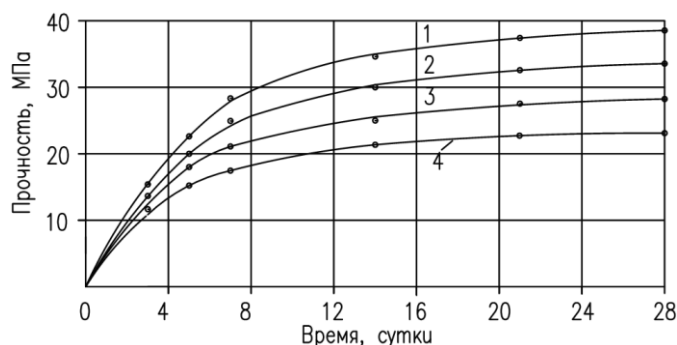


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии цементно-песчаных растворов от количества циклов обработки НТНП кварцевого песка: 1-3^x кратная обработка; 2-2^x кратная обработка; 3- однократная обработка; 4-исходная композиция

Рациональным и экономически оправданным является использование в качестве воды затворения смеси необработанной и активированной воды. При этом максимальная прочность цементно-песчаных растворов реализуется при их соотношения, равном 1:1 (рис.3). По-видимому, при таком соотношении в максимальной степени формируется мелкокристаллическая структура строительных растворов, характеризующаяся повышенной прочностью. При использовании смеси исходного и обработанного плазмой кварцевого песка наблюдается линейное снижение прочности при сжатии строительных растворов с уменьшением содержания модифицированного наполнителя. Следует отметить, что при совместном использовании однократно обработанных НТНП воды затворения и кварцевого песка суммируется эффект повышения прочности цементно-песчаных растворов. Это указывает на различные механизмы модификации структуры растворов при использовании обработанных плазмой воды затворения и кварцевого песка.

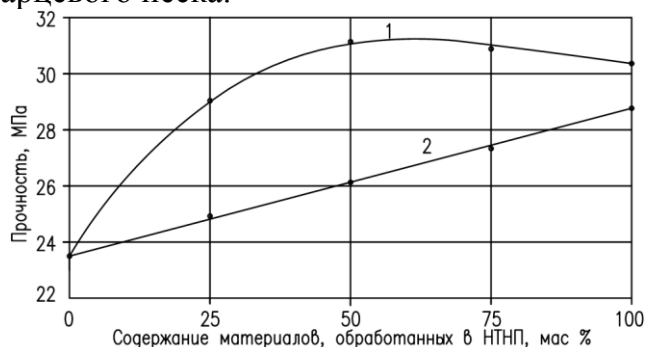


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии цементно-песчаных растворов от содержания обработанных НТНП воды затворения (1) или кварцевого песка (2)

Таким образом плазменная обработка воды затворения и мелкодисперсного заполнителя для строительных растворов и бетонов отличается сравнительно простой, низкой стоимостью и высокой эффективностью и может быть использована на существующих предприятиях стройиндустрии для повышения качества продукции и снижения ее стоимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бруяко М.Г., Кравцова Д.В., Юрченко В.В., Ушков В.А. Влияние плазмохимической обработки воды затворения на свойства строительных растворов // Промышленное и гражданское строительство, 2014, №4, С.45-47.
2. Трескова Н.В., Пушкин А.С. Современные стеновые материалы и изделия// Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 11 (178). С. 32-35.
3. Соков В.Н., Бегляров А.Э., Жабин Д.В., Землянушинов Д.Ю. О возможностях создания эффективных теплоизоляционных материалов методом комплексного воздействия на активные подвижные массы гидротеплосиловым полем//Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 9. С. 17-18.
4. Solovieva E.V., Golovanov A.V., Orlova A.M., Slavin A.M., Popova M.N. About technologies of building materials production on the basis of used polymers // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 4. С. 56-57.
5. Тарасов А.В., Ушков В.А., Орлова А.М., Григорьева Л.С. Дымообразование полимерных композиционных материалов // Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 346-351.
6. Ушков В.А., Григорьева Л.С., Бруяко М.Г., Григорьев В.А. и др. Способ активации воды затворения композитов на основе цемента // Патент на изобретение РФ №2533506 от 20.11.2014 г.
7. Бруяко М.Г., Кравцова Д.В., Юрченко В.В., Соловьев В.Г., Ушков В.А. Влияние обработки сырьевых материалов низкотемпературной неравновесной плазмой на свойства строительных растворов // Строительные материалы, 2014, №12, С.68-71.
8. Григорьева Л.С., Ушков В.А., Абрамов В.В., Бруяко М.Г., Славин А.М. Слабогорючая химически стойкая полимерная композиция//Патент на изобретение RUS 2495894 18.07.2012
9. Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С. Высококачественные строительные и тампонажные растворы с полыми стеклянными микросферами // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 10. С. 56-58.
10. Семенов В.С., Розовская Т.А. Сухие кладочные смеси с полыми керамическими микросферами // Научное обозрение. 2013. №9. С. 195-199.

Дворников Р.М., Журавлев А.В., Гавриленко А.А., студенты 3-го курса АСФ

Научный руководитель –

Прохоров С.В., канд. техн. наук, доц.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Предприятия Владимирской области, является источником большого количества доломитовых отходов и отходов пеностеклольного производства. Эта проблема является очень серьезной, поскольку речь идет о загрязнении больших участков земли,

что приводит к ухудшению экологической ситуации в регионе, а значит пагубно сказывается на здоровье человека и на окружающей природе в целом. Поэтому, перед нами стоит задача поиска решений об утилизации данных отходов с максимальной эффективностью.

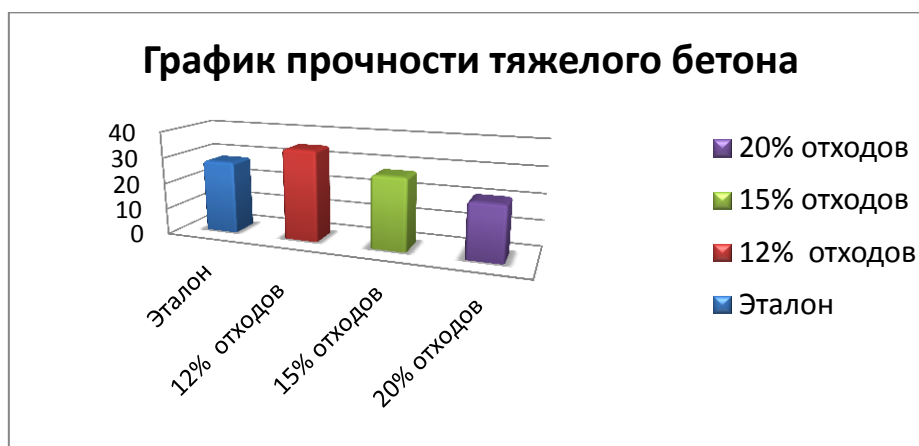
В соответствии с вышесказанным перед нами стоит задача разработки технологии комплексной утилизации отходов доломитового производства, отходов пеностекла. Были проведены комплексные исследования свойств пеностекольного щебня, доломитовых отходов и материалов на их основе в частности:

1. Определение состава модифицированного тяжелого бетона на основе цементного вяжущего и отходов доломитового производства

2. Разработка состава легкого бетона на основе отходов пеностекла и доломитовых отходов.

Определение состава модифицированного тяжелого бетона на основе отходов доломитового производства, позволило сократить расход портландцемента, повысить механическую прочность тяжелого бетона, морозостойкость и увеличить долговечность изделий из полученного бетона, а так же решить проблему утилизации отходов горнодобычи и снизить экологическую напряженность в районе действия предприятия.

Ниже представлен график прочности бетона от количества введенных отходов. (за эталон был принят образец, без введения доломитовых отходов.)



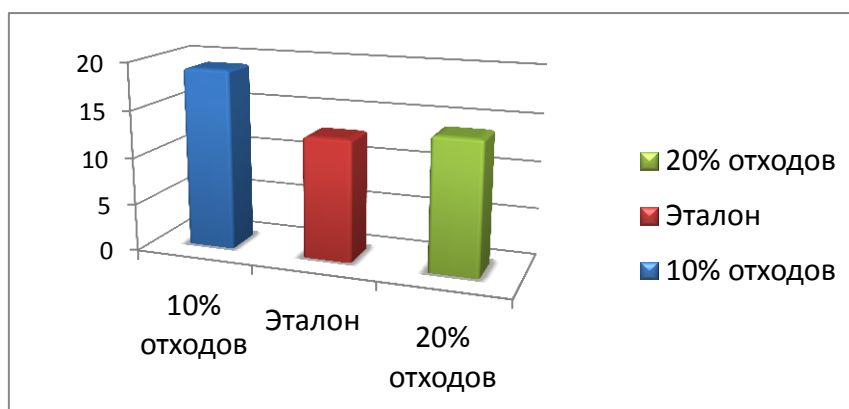
Современные условия жесткого энергосбережения ставят перед строительной отраслью проблему разработки эффективных теплозащитных ограждающих конструкций. Обычно строительные материалы отличаются высокой стоимостью, что в свою очередь обусловлено значительными затратами на энергоносители, поэтому в производстве важно отдавать предпочтение безобжиговым материалам на основе местного сырья и отходов промышленности.

На сегодняшний день актуальным является возведение сооружений из легкого бетона с заполнителем на основе отходов пеностекла –пеностекольного щебня. В связи с этим при проектировании зданий из данного материала, стоит вопрос о подборе состава бетона для повышения его конструкционно –теплоизоляционных и технико - эксплуатационных показателей.

Разработка состава легкого бетона на основе отходов пеностекла и доломита позволила увеличить прочность, снизить теплопроводность, улучшить экономические показатели за счет замены части цемента доломитовыми отходами, а также решить поставленную выше задачу по утилизации отходов.

Ниже представлен график зависимости показателей прочности от изменения процентного содержания доломита .

График прочности легкого бетона



Использование отходов создает значительные преимущества по сравнению с технологиями, основанными на применении природного сырья. К ним относятся:

- Уменьшение энергетических затрат за счет исключения операции дробления исходного сырья
- Отсутствие необходимости применения дорогостоящего дробильного оборудования
- Высвобождения земельных площадей, отводимых для размещения отвалов

Необходимо отметить экологичность многих видов готовой продукции, где применяют магнезиальное вяжущее. Среди многих строительных материалов и изделий магнезиальные отличаются тем, что наряду с их высокой экологичностью они обладают также резко выраженным оздоровительным эффектом. Эффект обусловлен тем, что в качестве затворителя применяется раствор бишофита, выделяющий в окружающую среду микроэлементы и вещества типичные для морской воды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пузанов С.И., «Особенности использования материалов на основе стеклобоя как заполнителей портландцементного бетона». Научно технический и производственный журнал. июль 2007 г.
2. Кетов П.А., Корзанов В.С., Пузанов С.И. Использование вяжущих свойств дисперсных силикатных стекол при утилизации стеклобоя // Строит. материалы. 2007. № 5. С. 2–3.
3. Иванова С.М., Чулкова И.Л. Композиционный цементный пеностеклобетон // Строит. материалы. 2005. № 10. С. 22–24.

Довыденко Т.А., студент 2-го курса ИСА

Научный руководитель –

Ларсен О.А., канд. техн. наук, доц.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

На сегодняшний день каждый из нас слышал про нанотехнологии, многие из нас читали о них, но лишь единицы понимают, что из себя представляют те самые нанотехнологии. По классификации ГОСТ Р 55416-2013: «Нанотехнология: Совокупность технологических методов, применяемых для изучения, проектирования и производства материалов, устройств и систем, включая целенаправленный контроль и управление строением, химическим составом и взаимодействием составляющих их отдельных элементов нанодиапазона». Со временем появились и соответствующие требования к нанотехнологиям:

1) Наличие информации о характеристиках синтезируемого вещества, обеспечивающего повышение качества строительного материала.

2) Наличие информации о механизме синтеза вещества-модификатора и способах его осуществления.

3) Разработанный и апробированный статистически однородный технологический режим синтеза вещества-модификатора.

4) Разработанный и апробированный статистически однородный технологический режим модифицирования строительного материала.

5) Наличие технико-экономического обоснования применения вещества-модификатора.

В подавляющем большинстве эмпирических работ рассматриваются технологии в области бетонов и других вяжущих систем. В гораздо меньшем объеме исследователей интересуют работы о применении нанотехнологий к композитным материалам. Достаточно стабильные результаты получены посредством введения первичных наноматериалов:

58,3% исследований — суспензии углеродных нанобъектов (фуллерены, нанотрубки, нановолокна и др.);

27,1% исследований — золи различных соединений (гидроксида железа, алюминия, кремниевой кислоты, гидросиликата кальция, бария и др.);

14,6% исследований — другие модификаторы. [1]

Применение нанотехнологий в производстве и использовании строительных материалов.

Для модифицирования свойств строительных материалов применяются наночастицы, нановолокна и нанопорошки, такие как: УНТ, природные фуллерены, углеродсодержащие минералы, серпентинитовые и магнезиальные породы, диоксиды металлов и неметаллов.

В цементных композитах наночастицы могут выступать центрами кристаллизации, повышая степень гидратации ввиду их высокой реакционной способности, выполнять роль nanoармирующего компонента или nanoнаполнителя, что будет приводить к повышению прочности, уплотнению микроструктуры и уменьшению пористости.

Основная сложность, возникающая при применении наночастиц – это их равномерное распределение по всему объему материала, т. к. такие модификаторы вводятся в исключительно малом количестве и применяются практически только в виде дисперсий.

Одним из способов получения наноразмерных структур является применение роторно-пульсационных аппаратов. При использовании ультрадисперсных материалов наблюдаются коренные изменения физико-химических свойств материалов в результате аморфизации, повышенной растворимости, etc. Диспергирование сырьевых материалов в РПА и тонкости измельчения от 8000 см²/г повышает эффективность многих современных технологий, заметно изменяются свойства материалов при измельчении до наноразмеров. Вихревая гидрокавитационная установка применяется для кавитационной активации цемента в роторных аппаратах с модуляцией потока. Производство мелкодисперсных составов и смеси обеспечивает повышение свойств изготавливаемых из них материалов и изделий на 20-30%. Активированный цемент в активаторе серии АКРК (активатор с кольцевой рабочей камерой), созданным в ООО «НПО Активация», имеет повышенную в 1.5-2 раза прочность и пониженную водопотребность. [4]. Ангидритовое вяжущее из механоактивированной сырьевой смеси на основе фосфогипса, предварительно дробленное до удельной поверхности 400-430 м²/кг, обладает быстрым набором прочности, повышенной водостойкостью (1.5-2 раза) и прочностью (на 30-40%). С увеличением времени механоактивации сырьевой смеси свойства ангидритового вяжущего улучшаются. Механоактивация проводилась на РПА марки «РПУ-0,7-Л» в жидкой среде с соотношением Т : Ж = 1 : 5 при частоте вращения ротора 3000 об/мин. В течение 30, 60 и 90 с. [5]

От теории к практике. В марте этого года в Московской области в Наро-Фоминске Московской области состоялось открытие домостроительного комбината «Град» ГК «Мортон» и РОСНАНО. Это предприятие использует нанотехнологии в массовом жилищном строительстве. «Град» - крупнейший созданный ДСК на территории страны за последние 30 лет. Это предприятие полного цикла ориентированное на индустриальное производство жилых домов и общественных зданий повышенной комфортности и энергоэффективности. Мощность комбината: 450тыс. кв. м — площадь жилых объектов и 75тыс. кв. м — общественных объектов. Отличительная черта ДСК в том, что это — единый проектировочно-производственный комплекс. Впервые в России на одной площадке размещены все производственные мощности. Современное оборудование, позволяющее комбинату выпускать практически неограниченное количество типов домов, под любой архитектурно-планировочный проект одновременно. Уже разработаны проекты домов «Град-1М» и «Град-2М», а также эксклюзивные типы школ и детских садов.[3] Некоторые инновации компаний РОСНАНО, которые использует «Град»:

1) Стеклопластиковый профиль для окон производства компании «Гален». Он прочнее, дешевле и экологичнее алюминиевого. Кроме того, он позволяет делать окна любого размера. Композитный материал выдерживают температуру от -50°С до +90°С, не гниет, не гигроскопичен, абсолютно нетоксичен.

2) «Гален» поставляет ДСК композитные строительные материалы: базальтопластиковую и полимерную арматуру, гибкие связи, дюбели, повышающие теплоэффективность стен на 25%. Они сравнимы по прочности и цене со сталью, но гораздо медленнее изнашиваются и не подвержены коррозии.

3) Стекла с энергосберегающим самоочищающимся нанопокрытием компании «СП Гласс». Такие окна до 70% уменьшают потери тепла зимой, а в жару предохраняют перегрев помещений.

4) Гиперпластификатор бетона компании «Акрилан», увеличивающий прочность бетона на 10–15% и на 15–20% — его упругость. Также «Акрилан» предоставляет

нанодисперсионные краски, шпаклевки и грунтовки. В отличие от других ЛКМ, покрытия «Акрилан» не содержат ряд вредных веществ, при этом долговечность их службы значительно выше.

Объем инвестиций в проект составил 9 млрд рублей. Данный пример показывает, как нанотехнологии активно входят в строительную сферу не только в лабораториях, но и в производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Королев Е.В.* Нанотехнологии в строительном материаловедении. Анализ состояния и достижений. Пути развития. *Строительные материалы (11)2014* Изд. Стройматериалы, 2014
2. *Санчез Ф., Соболев К.Г.* Нанотехнологии в производстве бетонов. Обзор. Вестник ТГАСУ № 3, 2013
3. Пресс-релиз 27.02.2015 ГК «Мортон» и РОСНАНО
4. *Баженов Ю.М.* Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов : монография/ Алимов Л.А., Воронин В.В.; Мин. образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. унив.». Москва: МГСУ, 2013. 204 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ).
5. *Манкеевич Я.В., Сычева Л.И.* Влияние механоактивации фосфогипсовой сырьевой смеси на гидратацию и твердение ангидритового вяжущего. Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXVIII. 2014. № 8. РХТУ им. Д.И.Менделеева. с.61
6. *Баженова С.И.* Высококачественные бетоны на наномодификаторах техногенного происхождения. Вестник МГСУ. 2011. № 3-2. С. 172.
7. *Баженова О.Ю., Баженова С.И., Баженов М.И.* Исследование некоторых свойств цементов с тонкодисперсной добавкой. Молодой ученый. 2013. № 10. С. 96-97.
8. *Самченко С.В., Борисенкова И.В.* Анализ эффективности применения углеродных нанотрубок в производстве строительных материалов//Инновационное развитие современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции. Ч.3 -Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. -366 с.
9. *Самченко С.В., Земскова О.В., Козлова И.В.* Стабилизация дисперсий углеродных нанотрубок при ультразвуковой обработке. Техника и технология силикатов. 2014. Т. 21. № 3. С. 14-18.
10. *Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Александрова О.В.* Дилатометрический метод анализа структуры наномодифицированных бетонов. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 4. С. 58-61.
11. *Бурьянов А.Ф., Гальцева Н.А., Булдыжова Е.Н.* Гипсовые материалы с ультрадисперсными добавками и углеродными наномодификаторами. В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре материалы 70-ой юбилейной Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР. 2012 г. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2013. С. 142-145.
12. *Самченко С.В., Зорин Д.А., Борисенкова И.В.* Влияние дисперсности глиноземистого шлака и сульфоалюминатного клинкера на формирование структуры цементного камня. Техника и технология силикатов. 2011. Т. 18. № 2. С. 12-14.
13. *Баженов Ю.М., Фаликман В.Р., Булгаков Б.И.* Наноматериалы и нанотехнологии в современной технологии бетонов. Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 125-133.
14. *Samchenko S.V., Zorin D.A.* Influence of fineness of expansive components on cement properties. Cement, Wapno, Beton. 2008. № 5. С. 254-257.
15. *Ларсен О.А., Серпухов И.В.* Некоторые аспекты применения нанотехнологий в строительстве// Сборник трудов XIV международной межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, докторантов и аспирантов «Строительство - формирование среды жизнедеятельности». Москва. 2011.

Дроздюк Т.А., магистрант 2-го курса ИСА

Научные руководители –

Айзенштадт А.М., д-р хим. наук, проф.

Тутыгин А.С., канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

ОТХОД ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ВЕЩЕСТВО ДЛЯ МИНЕРАЛОВАТНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Наиболее эффективными материалами, сочетающими теплоизоляционные и эксплуатационные свойства, являются минераловатные теплоизоляционные материалы, доля которых составляет 65 % от общего объема теплоизоляции в России.

В качестве связующего для минераловатных теплоизоляционных материалов в основном используются термоотверждаемые фенолформальдегидные и аминформальдегидные смолы, имеющие невысокую водостойкость и выделяющие в процессе эксплуатации канцерогенные вещества (фенол, формальдегид, метилизоцианат и др.), негативно сказывающиеся на здоровье человека [1]. При производстве жестких минераловатных плит расход связующего может превышать 10 % от массы изделия, что приводит к горючести плит, наблюдающейся уже при содержании смолы 2-3 %. Такие смолы подвержены старению и воздействию высоких температур. Перечисленные отрицательные свойства минераловатной теплоизоляции можно свести к минимуму или совсем устранить путем замены органического на минеральное связующее.

Вместе с тем, в качестве связующего компонента возможно использовать высокопластичную бентонитовую глину, что позволит устранить недостатки минераловатной теплоизоляции на синтетических связующих. Такой опыт использования глин имеется на «Заводе изоляции» (г. Ирпень, Украина) [2].

Разновидностью бентонитовой глины является сапонит, который в больших количествах содержится в отходах обогащения кимберлитовых руд. Сапонит-содержащий материал (ССМ), выделенный методом электролитной коагуляции [3] из пульпы хвостохранилища промышленного обогащения руд месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова (Архангельская область), характеризуется наличием следующих компонентов: сапонит 63%, кварц 10%, доломит 10%, содержание остальных минералов (хлорит, гематит, кальцит, апатит и др.) не превышает 2-3% [4]. Химический состав ССМ, определенный методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии [5], показал отсутствие вредных примесей. Вместе с тем, наличие в составе опытных образцов химических соединений, содержащих (в пересчете на оксиды) SiO_2 (52%), MgO (19%), Al_2O_3 (10%), CaO (4%) позволяет предположить возможность протекания реакции гидратации с образованием гидросиликатов из сапонит-содержащего сырья предварительно подвергнутого механоактивации (механическое диспергирование на шаровой мельнице до ультрадисперсного состояния) [6,7,8]. Оценить связующие свойства ССМ можно путем калориметрического определения величины теплового эффекта реакции гидратации [9].

Целью исследований, изложенных в данной работе, является подбор оптимальных условий механоактивации ССМ и определение теплоты гидратации ССМ после его механоактивации.

Для подбора оптимального размера частиц ССМ был определен средний диаметр волокна минераловатной теплоизоляции, так как, по нашему мнению, оптимальный

размер частиц связующего должен быть соизмерим с диаметром волокон теплоизоляции. Диаметр волокна был определен с помощью лазерного анализатора размера частиц Lasentec D600L.

Путем измельчения образца исходного сапонит-содержащего материала на планетарной шаровой мельнице РМ-100 (Retsch) (сухое диспергирование) с разной продолжительностью помола были получены фракции, отличающиеся степенью дисперсности вещества.

Размер частиц определяли на анализаторе частиц «DelsaNano С Zeta Potential/Submicron Size Analyzer». Экспериментальные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика фракций сапонит-содержащего материала, полученных сухим диспергированием на планетарной шаровой мельнице

Время помола t, мин	Размер по фракциям, нм/ Содержание, %							Средний размер, нм
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	
15	1270/ 16	1375/ 22	1489/ 21	1613/ 15	53774/ 2	58235/ 2	63066/ 1	5259,0
30	1111/ 8	2809/ 35	4134/ 6	36018/ 8	57274/ 4	66850/ 1	78028/ 1	8898,5
45	900/ 9	968/ 13	1041/ 15	1119/ 14	1245/ 22	1390/ 8	1502/ 9	1230,0
60	964/ 20	1061/ 14	1142/ 14	1228/ 13	1321/ 11	1421/ 8	1528/ 6	1269,0

Данные, приведенные в таблице 1, показали что, образцы ССМ, измельченные в течение 15 и 30 минут, имеют в своем составе грубодисперсную фракцию, которая может привести к неравномерному распределению состава связующего на волокнах теплоизоляции и увеличению времени реакции гидратации ССМ. Образцы ССМ, измельченные в течение 45 и 60 минут имеют более однородную степень дисперсности соизмеримую со средним диаметром волокон теплоизоляции. Причем увеличение времени диспергирования более 45 минут не приводит к получению материала с более высокой степенью дисперсности.

Определение удельной теплоты гидратации механоактивированных образца ССМ и образца ССМ не подвергнутого механоактивации выполнялось калориметрическим методом на установке «Эксперт-001К-2», причем для механоактивированного образца измерения проводились непосредственно после его помола. В предварительных экспериментах устанавливалась постоянная калориметрической системы (k) путем введения определенной навески (2,5040 г) соли хлорида калия (k=580 Дж/К). Для определения удельной теплоты гидратации опытных образцов использовалась навеска сухого механоактивированного образца массой 4-5 г, взятая на технических весах с точностью до сотых значений. Объем дистиллированной воды во внутренней камере калориметра равнялся 100 мл. Калориметрические измерения (заключительный период) проводились в течение двух часов, причем время предварительного периода измерений температуры системы колебалось от 10 до 15 минут. Изменение температурного режима реакционной смеси фиксировалось с точностью до 0,1 °С.

Калориметрические исследования по определению энтальпии гидратации (ΔH) высокодисперсного образца ССМ, отобранного после проведения механоактивации в

течение 45 минут (ССМ 1), и образца ССМ не подвергнутого механоактивации (ССМ 2) представлены в таблице 2.

Определенная теплота гидратации (за 2 часа) для образца ССМ, отобранного после проведения механоактивации в течение 45 минут, равная 230 кДж/кг сопоставима со значением теплоты гидратации основного клинкерного минерала (двухкальциевого силиката $\beta - 2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) - 260 кДж/кг.

Таблица 2

Результаты калориметрического определения удельной энтальпии гидратации ССМ

Образец	m, г	k, кДж	Температура, °С		Δt , °С	- ΔH , кДж/кг
			Исходная	Через 2 часа от начала эксперимента		
ССМ 1	5,06	0,58	23,5	25,5	2,0	230
ССМ 2	5,40	0,58	23,5	24,1	0,6	64

Сравнивая полученные значения удельной энтальпии гидратации для высокодисперсного образца ССМ, отобранного после проведения механоактивации в течение 45 минут, и образца ССМ не подвергнутого механоактивации, можно сделать вывод о том, что механоактивация усиливает вяжущие свойства ССМ.

На основании проведенных экспериментов можно говорить о возможности применения сапонит-содержащего материала в качестве связующего для минераловатной теплоизоляции. Такая теплоизоляция будет абсолютно экологически безвредной, а также из-за отсутствия в составе органических соединений не будет разрушаться под воздействием высоких температур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции: Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. – М.: ИНФА-М, 2003. С. 268.
2. Рожанский, А.И., Радчук Н.М., Городова Н.В. Получение и свойства теплоизоляционных изделий из базальтового штапельного волокна и минеральной связки. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.basaltfiber.ru/library/articles/poluchenie.htm.
3. Тутьгин А.С., Айзеницадт М.А., Айзеницадт А.М., Махова Т.А. Влияние природы электролита на процесс коагуляции сапонит-содержащей суспензии. Геоэкология. 2012. № 5. с. 379-383.
4. Коришунов А.А. Геоэкологическое обоснование складирования и использования отходов обогащения кимберлитовых руд (на примере месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова). Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Архангельск. 2010. С.125.
5. Абрамовская И.Р., Айзеницадт А.М., Лесовик В.С., Вешнякова Л.А., Фролова М.А., Казлитин С.А. Расчет энергоемкости горных пород — как сырья для производства строительных материалов. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 10. с. 23-25;
6. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса. М.: Изд-во АСВ 2006. С. 526.
7. Глезер А.М. Аморфные и нанокристаллические структуры: сходство, различия, взаимные переходы. Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. 2002. т. XLVI. №5. с. 57-63.

8. *Строкова В.В., Череватова А.В., Жерновский И.В., Войтович Е.В.* Особенности фазообразования в композиционном наноструктурированном гипсовом вяжущем. Строительные материалы. 2012. № 7. с. 9-12.

9. *Рахимбаев И.Ш.* Зависимость прочности цементной матрицы бетонов от теплоты гидратации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Белгород. 2012. С.133.

Дыкин И.В., аспирант кафедры строительных материалов МГСУ

Научный руководитель -

Величко Е.Г., д-р техн. наук., проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДИСПЕРСНО-ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОШКОВО-АКТИВИРОВАННЫХ БЕТОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Основной метод получения высокоэффективных порошково-активированных бетонов с минимальным содержанием вяжущего вещества и высокими строительными свойствами, называемыми Reactive Powder Concrete (RPC) – это обеспечение плотной однородной структуры путем оптимизации дисперсно-гранулометрического состава на различных структурных уровнях [1].

Для получения высокопрочных порошково-активированных бетонов необходимо создать дискретно - непрерывный дисперсно-гранулометрический состав частиц и зерен твердой фазы. Каждая последующая более тонкодисперсная фракция должна в оптимальном количестве с максимальным заполнением межчастичных или межзерновых пустот располагаться между частицами или зёрнами менее дисперсной. При создании такого уровня плотных упаковок определяющим фактором является выбор упругих, пуццоланических, гидратационных и других свойств частиц и зерен для различных структурных уровней, обеспечивающим их сбалансированное однородное распределение в соответствии с электрокинетическим потенциалом и напряженным состоянием, связанным в т.ч. с размером и распределением частиц, а также с изменяемыми термодинамическими потенциалами в процессе твердения RPC. Например, оптимальное расстояние между частицами заполняющей фракции первого уровня по напряженному состоянию составляет $2D$ (D – размер частицы), а их объемная доля – 0,2 [2]. Установлено, что при означенных параметрах дисперсные частицы находятся на значительном расстоянии друг от друга, поля энергии их деформации не накладываются и не вносят соответствующий вклад в напряженное состояние материала. Показано также, что 95% энергии деформации, связанной с частицей и окружающей ее матрицей, находится в пределах сферического объема радиусом D от центра частицы [2]. Таким образом, частицы могут рассматриваться как изолированные друг от друга только в том случае, если расстояние между ними больше $2D$ или объемная доля меньше 0,2, что коррелируется с результатами исследований многокомпонентных цементных систем (МЦС) с минеральными модификаторами (ММ) [3,4,5]. Кроме того, в реальных композитных системах имеется вероятность того, что две или большее количество дисперсных частиц могут объединиться, и будут представлять собой отдельный агрегат. Вероятность соприкосновения двух и трех частиц при содержании ММ в МЦС в количестве 50% по З.Б.Энтину и Б.Э.Юдовичу соответственно составляет 0,5 и 0,02 [6]. В таких

микрообъемах цементных систем пуццолановая реакция практически не протекает, и они представляют собой псевдопоры размером 5-7 мкм (случай трех частиц) и 0,5-1,5 мкм (случай двух частиц). Означенные дефекты структуры вносят значимый вклад в снижение морозостойкости, деформативных и прочностных характеристик цементного камня и распределяются так же, как пары и тройки дисперсных частиц, а параметрами распределений являются их содержание и размер.

Таким образом, возможность образования агрегатов дисперсных частиц в композитных системах является негативным фактором ввиду того, что поля энергии деформации частиц в агрегате перекрываются и, поэтому, их необходимо рассматривать как крупные частицы, увеличивающие возможность образования трещин [2,3]. В частности, видимо, с этим явлением связаны низкие эксплуатационные свойства (морозостойкость, атмосферостойкость и др.) пуццолановых портландцементов[7].

Таким образом, объемная доля и дисперсный размер частиц каждой последующей фракции материала должна соответствовать размеру межчастичных пустот и их объему в предыдущей. Объем оставшихся пустот в синтезированной таким образом системе будет минимальным. При недостаточном содержании частиц любого уровня для заполнения соответствующих пустот в предыдущем будет формироваться неоднородная более неупорядоченная с более высокой энтропией структура цементного камня с относительно «низкой» прочностью, а при повышенном – будет наблюдаться агрегация частиц и, например, для минеральных добавок образование псевдопор.

Необходимо отметить, что выбор материалов для однородного распределения частиц на различных структурных уровнях по дисперсности с целью формирования более упорядоченной микроструктуры должен обеспечивать или процесс гидратации их, а также протекание пуццолановой реакции между частицами соседних уровней. Кроме того, для обеспечения высокой прочности таких систем дисперсные частицы всех уровней должны иметь высокие модули упругости и наиболее целесообразно близкими по значению, что обеспечит более однородное напряженное состояние, в т.ч. при подводе к системе энергии или вещества. Уровень допускаемой энергии к материалу в этом случае увеличивается.

Оценивая влияние модуля упругости на синтез прочности композитных материалов с дисперсными частицами отмечают, что он наиболее широко изучен и обсужден[2]. В общем случае дисперсная фаза либо уменьшает, либо увеличивает модуль упругости матричной фазы в зависимости от того, будет ли модуль дисперсных частиц, соответственно, меньше или больше модуля упругости матрицы. В работах Д.Пауля, З.Хашина, С.Штрикмана и др. с использованием теорем об энергии деформации получены уравнения для определения модуля композита в зависимости от модулей упругости матрицы, дисперсной фазы и объемного содержания последней. Однако трещины, которые могут развиваться в процессе охлаждения композита ниже температуры его изготовления, поры, образующиеся в процессе изготовления, а также псевдопоры, образующиеся под напряжением вследствие слабой связи по поверхностям раздела фаз, приводят к значительно более низким модулям упругости относительно, рассчитанных теоретически. Показано также, что наибольший модуль упругости, максимальная прочность и уменьшение трещин и псевдопор до минимума обеспечиваются путем изготовления композита с дисперсными частицами малого размера и упрочнением связи в контактной зоне между матрицей и дисперсными частицами. Очевидно, что модуль упругости цементного камня с ММ определяется мо-

дулем упругости гидратных фаз, а также модулями упругости реликтов частиц клинкерного компонента и ММ. Модуль упругости реликтов частиц клинкера оценивается значениями в несколько раз превышающими аналогичные значения для гидратных фаз. Вследствие этого наиболее эффективным ММ цементных систем является тонкодисперсный доменный гранулированный шлак, частицы которого, как и портландцемента, характеризуется высокими прочностью и модулем упругости и способностью к самостоятельному гидравлическому твердению. Гидратация минералов шлака значительно повышает плотность и прочность цементного камня, особенно в контактной зоне с портландцементными гидратными фазами, а его реликты, как и реликты частиц клинкера, внесут значимый вклад в интегральный модуль упругости и прочность синтезируемой многокомпонентной системы.

Увеличение прочностных показателей помимо повышения плотности исходной упаковки частиц обеспечивается также ограничением степени гидратации минералов клинкера с сохранением максимального объема негидратированной части – реликтов частиц с прочностью 310 МПа (средняя прочность гидратных фаз – 135МПа).

Таким образом, синтез многокомпонентной цементной системы целесообразно осуществлять с использованием следующих принципиальных положений.

Мелкий заполнитель для бетона принимается из определения RPC в виде двух-трех фракций, например, грубая фракция в среднем 0,3мм в количестве 80% и мелкая – 0,12мм -20%, обеспечивающих значимое снижение его межзерновой пустотности. Определяется межзерновая пустотность полученного таким образом мелкого заполнителя [8].

Объем многокомпонентной вяжущей составляющей определяется по методу абсолютных объемов, а дисперсные структурные уровни могут быть синтезированы следующим образом. Например, первый уровень в виде портландцемента с дисперсностью $270-350\text{ м}^2/\text{кг}$ и менее с целью обеспечения длительного сохранения прочных с высоким модулем упругости реликтов частиц клинкера в цементном камне. Для заполнения первого уровня межчастичных пустот портландцемента промышленного помола применяется тонкодисперсный доменный гранулированный шлак в количестве 20-25% массы цемента с оптимальной удельной поверхностью $450-500\text{ м}^2/\text{кг}$ [3], для второго уровня - высокодисперсный портландцемент – 10-12% – $900-1100\text{ м}^2/\text{кг}$, в т. ч. допускается гидромеханохимически активированный [9,10], а для третьего – микрокремнезем -9-12% - $18000-21000\text{ м}^2/\text{кг}$. Исследования тонкодисперсного шлака с означенными параметрами показало высокую однородность его распределения в матрице многокомпонентного цементного камня (растровая микроскопия с микроанализом). При таком выборе компонентов RPC обеспечивается высокая концентрация твердой фазы в единице объема многокомпонентного вяжущего вещества, однородное протекание пуццолановой реакции в микрообъемах матрицы, а также высокий уровень размера реликтов относительно грубодисперсной фракции клинкерного компонента.

Однако следует отметить, что высокая водопотребность синтезированного таким способом RPC требует обязательного применения суперпластифицирующих-суперводоредуцирующих добавок, например, наиболее эффективных поликарбоксилатного типа.

Экспериментальные исследования проводили с использованием в качестве мелкого заполнителя двух фракций песка, взятых с сит 0,315 и 0,16мм в количестве 80 и

20%, портландцемента марки ПЦ500-Д0 Белгородского завода с дисперсностью $290\text{см}^2/\text{кг}$, в т.ч. гидромеханохимически активированного (ГМХАЦ) в вбромельнице СВМ-2 с суперпластификатором Glenium 51 до дисперсности $1250\text{м}^2/\text{кг}$, тонкодисперсный шлака Липецкого металлургического комбината с удельной поверхностью $450\text{ м}^2/\text{кг}$, микрокремнезем - $18000\text{-}21000\text{м}^2/\text{кг}$. Содержание многокомпонентного цемента, синтезированного из означенных составляющих в оптимальных количествах принималось равным $660, 720$ и 780 кг/м^3 бетона. В качестве суперпластификатора в бетонной смеси использовался Glenium 51. Прочность бетона после твердения в нормальных условиях в возрасте 1 сутки составила при означенных выше расходах цемента соответственно $43,5; 52,1; 62,2$, а в возрасте 28 суток – $142; 171; 207$ МПа.

Полученные результаты указывают на то, что означенные выше принципы подбора дисперсно-гранулометрического состава позволяют получать высокоэффективные порошково-активированные бетоны с минимальным содержанием вяжущего вещества и высокими строительно-техническими свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белухина С.Н., Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А. Строительная терминология. Объяснительный словарь// Учебное пособие. М.: ФГБОУ ВПО «МГСУ». -2015. -560 с.
2. Ленг Ф.Ф. Разрушение композитов с дисперсными частицами в хрупкой матрице // Композиционные материалы. Разрушение и усталость. Редактор Л.Браутман. Редактор перевода Г.П.Черепанов. М.: Мир, 1978. с. 11-57.
3. Величко Е.Г., Белякова Ж.С. Физико-химические и методологические основы получения многокомпонентных систем оптимизированного состава // Строит. материалы. 1995. № 3. С. 27-30.
4. Величко Е.Г., Дыкин И.В. Многоуровневая дисперсно-гранулометрическая модификация цементных систем // Бетон и железобетон – взгляд в будущее. Том 4. Редакторы Е.Д. Нефедова, И.Н. Фоманова, В.К. Чупрова, М.: МИСИ-МГСУ, 2014. с. 272-279.
5. Ткач Е.В., Рахимов М.А. Влияние органоминерального модификатора на физико-механические и деформативные свойства бетона// Фундаментальные исследования. – 2012. - №3-2. –С. 428-431.
6. Энтин З.Б., Юдович Б.Э. Многокомпонентные цементы. - Научн. тр. // НИИцемент, вып 107. 1994,С. 3-76.
7. Попов К.Н., Каддо М.Б. Строительные материалы и изделия// Учебник для студентов строительных специальностей средних профессиональных учебных заведений. –М.: Студент. 2011.
8. Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А. Бетоны. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм.// Учебное пособие. М.: ФГБОУ ВПО «МГСУ». -2013. -120 с.
9. Величко Е.Г., Толорая Д.Ф. К вопросу гидромеханохимической активации цемента при производстве бетона// Строительные материалы. 1996. №8.С.24-27.
10. Вихрова Т.Н. Цементосберегающие технологии в современном строительстве// Наука и технологии в современном обществе: Материалы II Международной научно-практической конференции. –Уфа. -2015. С.87-89.

Егорова А.А., магистр 2-го курса ИСА

Научный руководитель –

Попова М.Н., д-р хим. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛА С ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТЬЮ КОМПОНЕНТОВ

Одной из важнейших характеристик любого композиционного материала, в значительной мере определяющих его эксплуатационные свойства, является термодинамическая совместимость компонентов, входящих в композит. Решение проблемы совместимости является наиболее сложной по отношению к полимерам, так как особенности их строения и свойств практически исключают их взаимную растворимость.

Применение различных низкомолекулярных жидкостей, термодинамически совместимых с высокомолекулярными соединениями, способствует решению этой проблемы. Наилучшим растворителем для полимера будет тот, параметр растворимости которого равен или близок по значению параметру растворимости полимера [1, с. 68]. Используемый в данной работе метод графического анализа совместимости позволяет не просто производить подбор растворителей исходя из их термодинамической совместимости с полимером, а изменять эту совместимость, «конструировать» оптимальный растворитель из компонентов даже плохо совместимых или вообще несовместимых с полимером. Это позволяет применять в качестве растворителей доступные и экологически безопасные низкомолекулярные жидкости. В принципе достаточно иметь три низкомолекулярные жидкости, по одной из каждой области концентрационного треугольника, приведенного на рис. 1, чтобы, смешивая их в определенном соотношении, приготовить растворитель для любого полимера.

Следует отметить, что термодинамическая совместимость комплексного растворителя с полимером является не единственным условием растворимости полимера в данном растворителе. Большое значение имеет состояние, в котором находится полимер (агрегатное, фазовое, физическое), степень его кристалличности и ряд других факторов [1]. Оценка растворяющей способности низкомолекулярных жидкостей или их смесей по отношению к полимерам, является одним из важнейших этапов для разработки композиций с заданными реологическими свойствами.

Определение совместимости полистирола с низкомолекулярными жидкостями

Химическое строение полистирола (П) в упрощенном виде может быть выражено структурной формулой:



Многие свойства полимеров, в частности, параметр растворимости носят аддитивный характер и их можно оценить, суммируя соответствующие показатели для

структурных составляющих макромолекул (элементарных звеньев, функциональных групп). Теоретически рассчитать параметр растворимости Π можно, используя формулу (1.2).

$$\delta = \rho \frac{\sum F_i}{M}, \quad (1.2)$$

где $\sum_i F_i$ — вклад повторяющегося звена макромолекулы в энергию когезии полимера, $(\text{Дж} \times \text{м}^3)^{1/2}/\text{моль}$; M — молярная масса повторяющегося звена, $\text{кг}/\text{моль}$; ρ — плотность полимера, $\text{кг}/\text{м}^3$; δ — параметр растворимости полимера $(\text{МДж} \times \text{м}^3)^{1/2}$ [2].

Ван Кревелен привел константы молекулярного притяжения при 25°C по Смоллу [2, с.135]. Исходя из известного значения плотности полистирола ($\rho = 1,05 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$) и молярной массы элементарного звена полимера ($M = 104,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$), используя формулу (1.2), получим $\delta = 9,04 \text{ (калл} \times \text{см}^3)^{1/2}$. [2, 3].

Так как $1(\text{калл} \times \text{см}^3)^{1/2} = 2,04 \times 10^3 (\text{Дж} \times \text{м}^3)^{1/2}$, то $\delta = 18,44 (\text{МДж} \times \text{м}^3)^{1/2}$. Полученное значение параметра растворимости исследуемого полимера совпадает с указанным в [1, с.71; 3]. Трехмерный параметр растворимости полистирола: $\delta_d = 17,5 (\text{МДж} \times \text{м}^3)^{1/2}$; $\delta_p = 6,1 (\text{МДж} \times \text{м}^3)^{1/2}$; $\delta_h = 4,1 (\text{МДж} \times \text{м}^3)^{1/2}$ [1, с.71, табл. 1.1] дает возможность определить местонахождение полистирола на треугольной диаграмме растворимости (Рисунок 1).

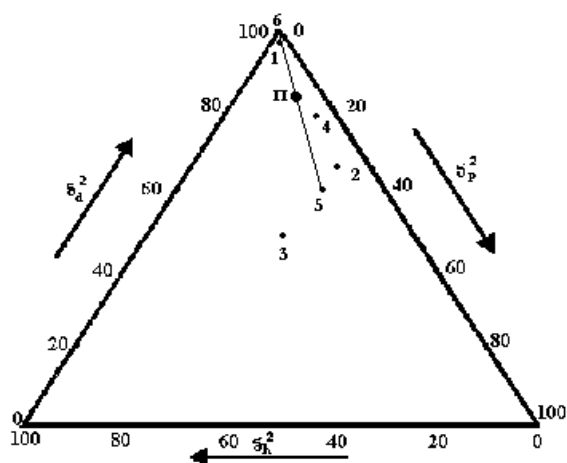


Рис. 1. Расположение на треугольной диаграмме в координатах трехмерного параметра растворимости полистирола – Π и органических растворителей: 1– толуол, 2 – нитробензол, 3–анилин, 4–дихлорэтан, 5–ацетон, 6–гексан

Анализ термодинамической совместимости полистирола с органическими растворителями

В данной работе поставлена задача подобрать совместимые составы сравнительно экологически безопасных и недефицитных растворителей для исследуемого полимера. В связи с этим одним из компонентов растворителя был выбран ацетон, который является близко расположенным к исследуемому полимеру на треугольной диаграмме (рис. 1), доступным и менее токсичным, чем упомянутые ранее растворители.

Прямая, соединяющая точки на диаграмме, соответствующие ацетону и полистиролу, проходит через вершину концентрического треугольника, где находятся предельные углеводороды, в частности – гексан, который также характеризуется как малотоксичный продукт. По этой причине, а также в связи с его относительной доступностью гексан был выбран в качестве второго компонента растворителя.

Учитывая, что параметры растворимости компонентов смесей растворителей подчиняются правилу аддитивности, используя свойство концентрационного треугольника, можно, изменяя состав растворителей, «подгонять» параметр растворимости смеси к соответствующему параметру растворимости совмещаемого полимера. Таким образом, расчет смеси растворителей, которая обеспечивает максимально возможную термодинамическую совместимость полистирола производился при помощи следующего соотношения (по объему):

$$\frac{V_A}{V_r} = \frac{П6}{П5} = \frac{36,8}{63,2} \text{ (см. рис. 1).}$$

Следует учитывать, что совпадение на треугольной диаграмме координат трехмерного параметра растворимости полимера и растворителя является важным, но не единственным условием их термодинамической совместимости. Это является свидетельством одинакового соотношения трех составляющих параметра растворимости, относящихся соответственно к типам межмолекулярного взаимодействия. Однако не менее важное значение имеет и абсолютная величина параметра растворимости, которая в идеальном случае должна совпадать у полимера и растворителя: $\delta_n = \delta_p$ или, по крайней мере, величина возможного отклонения должна находиться в допустимых пределах: $\delta_n - \delta_p \approx 0$ [2, с. 134]. Поэтому необходимо рассчитать параметр растворимости выбранной смеси растворителей и параметр ее взаимодействия с полистиролом, который и является критерием их совместимости.

Используя упрощенное уравнение Гильдебранда для расчета параметра взаимодействия между исследуемым полимером и оптимальной смесью растворителей, оценим их совместимость. По правилу аддитивности параметр растворимости оптимально совместимой смеси растворителей с учетом процентного вклада каждого из них [4]:

$$\delta_{\text{смесь}} = \delta_{\text{гексан}} \times 0,632 + \delta_{\text{ацетон}} \times 0,368 = 14,77 \times 0,632 + 19,93 \times 0,368 = 16,669 \text{ (МДж} \times \text{м}^3)^{1/2}$$

Параметр взаимодействия смеси растворителей с полистиролом:

$$\lambda_{n-p} \approx \frac{1}{6} (18,44 - 16,669)^2 \approx 0,52 .$$

Сравнивая полученное значение λ_{n-p} с критическим значением, которое для системы полимер – растворитель составляет $\lambda_{кр} \approx 0,5 - 0,55$ [1, с.70] заключаем, что $\lambda_{n-p} \leq \lambda_{кр}$, следовательно полистирол совместим с рассчитанным составом смеси растворителей ацетон:гексан (36,8% : 63,2%) .

Результаты испытаний физико-механических и технологических свойств разработанных материалов

При взаимодействии вторичного ударопрочного полистирола с оптимально совместимой с ним смесью органических растворителей был получен полимерный материал, обладающий высокой пластичностью [5]. В начальный момент времени, предшествующий испарению растворителей, адгезионные свойства материала практически отсутствуют: он не липнет к рукам и формирующему оборудованию, что позволяет легко заделывать дефекты, трещины, неплотности и герметизировать неподвижные

соединения деталей машин, поверхности бетонных и железобетонных материалов, конструкций; склеивать металлические, бетонные и железобетонные, деревянные изделия и конструкции, приклеивать керамическую плитку, штучные и мозаичные паркетные, линолеум и рулонные материалы к различным основаниям (металлическим, деревянным, бетонным). Отверждаясь после испарения растворителей, этот материал обладает достаточно высокими адгезионными и прочностными показателями, что дает возможность использовать его как в качестве герметика, замазки, мастики, так и в качестве клеев [6-10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гольдаде В.А., Неверов А.С., Пинчук Л.С.* Низкомодульные композиционные материалы на основе термопластов. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 231с.
2. *Ван Кревелен Д.В.* Свойства и химическое строение полимеров. – М.: Химия, 1976. – 416с.
3. *Молодцова Е.Д.* Критерии выбора растворителей для полимеров // Пластические массы – 1991.– №8. – С. 47-51.
4. *Белый В.А., Довгяло В.А., Юркевич О.Р.* Полимерные покрытия. – Мн.: Наука и техника, 1976. – 416с.
5. *Шиц Л.А.* Совместимость полимеров // БСЭ. — М., 1972. – Т.3 – С. 948.
6. *Николаев А.Ф.* Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. – М.: Химия, 1964. – 784с.
7. *Тарасов А.В., Ушков В.А., Орлова А.М., Григорьева Л.С.* Дымообразование полимерных композиционных материалов // Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 346-351.
8. *Орлова А.М., Петрова Е.А.* Огнезащита древесины// Пожаровзрывобезопасность. 2000. Т. 9. № 2. С. 8-16.
9. *Solovieva E.V., Golovanov A.V., Orlova A.M., Slavin A.M., Popova M.N.* About technologies of building materials production on the basis of used polymers // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 4. С. 56-57.
10. *Трескова Н.В., Харитонов Л.В.* Высокотемпературная керамоволокнистая теплоизоляция // Строительство: наука и образование. 2011. № 1. С. 14.

Екимовская А.В., студентка 4-го курса ФЭиС

Научный руководитель –

Мирюк О.А., д-р техн. наук, проф.

Рудненский индустриальный институт (Республика Казахстан)

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ВОЛОКНИСТОЙ СТРУКТУРЫ

Высокая прочность сцепления магниезиального вяжущего с древесным наполнителем положена в основу технологии ксилолита, фибролита, арболита. Волокнистые материалы представлены обширной группой отходов различного строения и состава. Ассортимент магниезиальных вяжущих расширяется за счет смешанных материалов на основе каустического магнезита и минеральных техногенных наполнителей, сульфогмагнезиальных композиций [1, 2]. Изменение состава вяжущего и волокнистых наполнителей вызывает необходимость исследования композиций на их основе.

Цель работы – исследование влияния вещественного состава магниезиальных вяжущих на свойства композиций волокнистой структуры.

В качестве вяжущего использована смесь каустического магнезита с техногенным силикатным наполнителем (силикатномагнезиальное вяжущее) [2, 3].

Композиции, содержащие волокнистые частицы различного происхождения, затворяли раствором хлорида магния плотностью 1220 кг/м³.

Предварительные исследования композиций на основе магнезиального вяжущего с 30% техногенного компонента (таблица 1) выявили особенности состояния масс и условий получения композиций. Наибольшей технологичностью характеризуются древесные опилки предпочтительно малых по размеру фракций.

Таблица 1

Влияние вида волокнистого компонента на свойства композиции

Вид наполнителя	Размер частиц, мм	Жидкое: твердое	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа
Опилки	0,63 – 0,315	0,38	1488	17
Опилки	1,25 – 0,63	0,30	1557	20
Лузга	1,25 – 0,63	0,30	1771	10
Макулатура	3,00 – 13,0,	0,43	1939	15

Пшеничная лузга характеризуется низкой смачиваемостью, активным последствием частиц, особенно размером свыше 2,5 мм. Это во многом предопределило низкие показатели прочности материалов на основе лузги. Для распушивания бумажной макулатуры требуется длительное выдерживание и интенсивное перемешивание в жидкости затворения. Пшеничная лузга и бумажная макулатура требуют особых условий подготовки, что снижает технологические свойства формовочных масс.

Исследование силикатномагнезиальных композиций, отличающихся размером древесных частиц (таблица 2) выявило зависимость плотности и прочности от размера растительных волокон. Использование компонента с малыми волокнами способствует уплотнению структуры за счет сокращения пустотности. Целесообразно сочетание различных фракций, позволяющее регулировать структурные характеристики композиций.

Для приготовления композиций (таблицы 1 и 2) использовано смешанное вяжущее с 70% техногенного компонента, поэтому прочностные показатели материалов невелики. Сравнительная оценка свойств композиций из вяжущих различного состава (таблица 3) свидетельствует о высокой чувствительности прочности волокнистых структур к составу связующего. При переходе к смешанным вяжущим снижается расход затворителя в результате сокращения удельной поверхности частиц при сокращении доли каустического магнезита, обладающего низкой плотностью по сравнению с техногенными наполнителями.

Средняя плотность композиций на смешанных вяжущих имеет тенденцию роста, что повышает массу изделий. Это результат введения техногенного наполнителя с высокой плотностью. По мере сокращения в вяжущем каустического магнезита снижается прочность композиций, несмотря на рост значений плотности. Такое изменение связано с составом гидратов: снижение доли кристаллического гидрооксихлорида магния, образование аморфных гидросиликатов магния и других. Снижение прочности при сжатии более выразительно, снижение значений прочности при изгибе несущественно.

Преимуществом композиций на смешанном вяжущем является повышенная водостойкость. Структура композиций (рисунок 1) характеризуется высокой адгезией камня смешанного вяжущего к древесным частицам.

Таблица 2

Влияние размера древесных частиц на свойства композиции

Размер частиц, мм	Жидкое: твердое	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут	
			2	28
5,0 – 2,5	0,43	910	7	10
2,5 – 1,25	0,45	860	5	8
1,25 – 0,63	0,43	1100	6	11
0,63 – 0,14	0,61	1380	6	15
2,50 – 0,63	0,55	1250	9	14
0,63 – 0,14 2,50 – 0,63	0,55	1300	7	10
0,63 – 0,14 5,0 – 2,5	0,48	1325	9	16

Таблица 3

Влияние состава вяжущего на свойства композиции

Содержание техногенного компонента в вяжущем, %	Фракция древесных частиц, мм	Жидкое: твердое	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент водостойкости	Предел прочности, МПа, при	
					изгибе	сжатии
0	1,25 – 0,63	0,43	1558	0,45	15	46
0	0,63 – 0,14	0,43	1754	0,43	13	46
0	2,5 – 1,25	0,43	1617	0,38	17	50
30	1,25 – 0,63	0,30	1627	0,55	14	38
30	0,63 – 0,14	0,32	1860	0,63	15	39
30	2,5 – 1,25	0,35	1695	0,57	16	48
50	1,25 – 0,63	0,28	1731	0,72	13	30
50	0,63 – 0,14	0,27	1895	0,81	14	28
50	2,5 – 1,25	0,27	1705	0,75	15	31

Сопоставление характеристик композиций с различными фракциями древесных частиц позволило выделить области рациональных рецептур. Увеличение степени армирования волокнами до 4% по объему приводит к снижению удобоукладываемости формовочной смеси. Прочность образцов при изгибе в зависимости от состава компонентов для неармированных образцов составила 10 – 14 МПа. Для образцов с армированием 2 и 4% достигнуты значения прочности 15 и 18 МПа соответственно.

Особенностью исследуемых волокнистых частиц является то, что при введении в смесь и дальнейшем перемешивании волокна разрушаются – длина уменьшается, а количество в единице объема увеличивается. В зависимости от технологического воздействия изменяется средняя длина волокон.

Исследование влияние способа приготовления формовочных масс выявило, что композиционные материалы волокнистой структуры на основе техногенных фибр различного вида и происхождения целесообразно подвергать интенсивной механической обработке в жидкой среде затворителя для деагрегации волокнистых кластеров, разрушения части волокон и образования суспензии с тонкими взвешьями, которая обладает связующей и микроармирующей способностью.

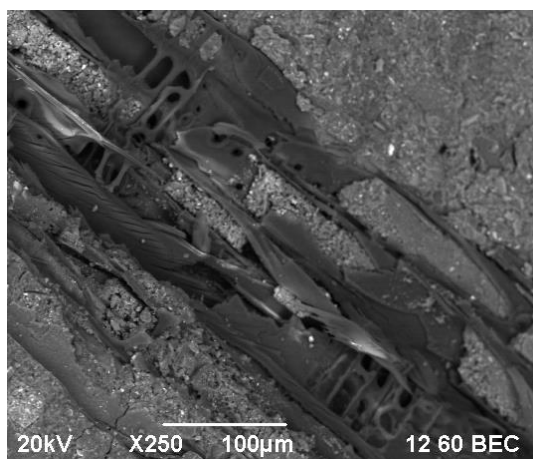


Рис. 1. Микроструктура композиции с древесными частицами

Вывод. Показана возможность получения композитов волокнистой структуры из смешанного магнезиального вяжущего и техногенного древесного заполнителя.

Силикатномагнезиальные композиции на основе древесного заполнителя характеризуются высокой адгезией к техногенным фибрам. Свойства волокнистых композитов плотностью 800 – 1800 кг/м³ и прочностью 10 – 40 МПа проявляют зависимость от состава смешанного вяжущего, содержания и размеров частиц техногенного заполнителя.

Силикатномагнезиальные композиции на основе древесного заполнителя могут быть использованы для изготовления листовых и изделий и стеновых блоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зырянова В.Н., Лыткина Е.В., Бердов Г.И. Повышение механической прочности и водостойкости магнезиальных вяжущих веществ при введении минеральных наполнителей // Известия вузов. Строительство. – 2010. – №3. – С. 21–27.
2. Мирюк О.А. Смешанные магнезиальные вяжущие. – LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2014. – 128 с.
3. Мирюк О.А. Перспективы использования отходов в технологии магнезиальных строительных материалов // SCIENCE AND WORLD International scientific Journal. – 2014. – № 11 (15). – Vol. I. – P. 41 – 44

Еропова А.А., Лючина С.В., магистранты 2-го курса АСФ

Научный руководитель –

Закревская Л.В., канд. техн. наук, доц.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»

ВЫБОР ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В настоящее время во всем мире остро стоит проблема энергосбережения при эксплуатации зданий и сооружений различного назначения. Энергосбережение — это не только экономия энергии, но и обеспечение условий для наиболее эффективного ее использования, а также повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Энергосбережение (экономия энергии) осуществляют путем реализации правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливно-энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии и сырья (и материалов). Энергосбережение — важная задача по сохранению природных ресурсов.

Основным резервом энергосбережения является снижение потребления энергоресурсов объектами жилищно-общественного назначения, доля которых в общем потреблении строительной отрасли составляет свыше 80 %. Приведение теплотехнических свойств объектов к современному европейскому уровню позволит, кроме сбережения энергоресурсов, решить проблему обеспечения нормативного уровня комфорта жилой среды, отсутствие которого стало существенной социальной проблемой жильцов многоквартирных жилых домов и работников заведений социального назначения. [1]

Важнейшим средством решения задачи энергосбережения является тепловая изоляция зданий, позволяющая снизить расход топлива на отопление помещений на 25 %.

России с 1.01.2010 г. должно быть не менее $3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, а с 1.01.2016 г. - не менее $4 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Существенно повысить эффективность использования тепловой энергии и снизить расход строительных материалов позволяет применение теплоизоляционных материалов.

Современная промышленность производит достаточно большое количество различных теплоизоляционных материалов: минеральную вату, вспученный перлит, ячеистые бетоны, теплоизоляционные пластмассы, пеностекло.

Если говорить о пенополистироле, то основными его отрицательными свойствами являются недолговечность, горючесть и экологическая опасность. Как показывает опыт строительства, заложенный в стены пенополистирол через 10-15 лет разрушается. Также обстоит дело с минераловатными изделиями. Уже через 7-9 лет они переходят в пылевидное состояние, что экологически небезопасно. Следовательно, использование пенопласта и минераловатных изделий в строительстве ведет к тому, что уже через 7-10 лет ограждающие конструкции не будут обеспечивать требуемого термического сопротивления. Несмотря на преимущества ячеистых бетонов в сравнении с другими теплоизоляционными материалами, им присущи существенные недостатки. Высокое водопоглощение приводит к низкой влаго- и морозостойкости. Повышенная гидрофобность их снижает адгезию к поверхности и затрудняет штукатурные работы. Низкая прочность в сочетании с большой плотностью и недостаточными теплоизоляционными свойствами сужает область их применения. [2]

Качественный теплоизоляционный материал должен обладать набором таких свойств, как: высокая пористость, малая плотность, достаточная прочность, минимальное водопоглощение. Поэтому необходимо сравнить основные физико-механические свойства ранее упомянутых материалов (табл.1).

Сравнительный анализ функциональных свойств и технических характеристик теплоизоляционных материалов в виде плит с жесткой структурой показывает, что наиболее целесообразным является использование в России пеностекла - материала, который обладает комплексом уникальных эксплуатационных свойств, отвечающим самым высоким нормативным требованиям, а также широкой областью применения.

Физико-механические свойства теплоизоляционных материалов

Наименование материала	Показатель							
	Коэф-т теплопроводности λ , Вт/м·°С	Водопоглощение, % по массе	Плотность ρ , кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Коэф-т паропроницаемости μ , мг/м·ч·Па	Горючесть, марка	Рабочая температура, °С	Долговечность, лет
Базальтовая вата	0,04-0,059	до 70	30	до 0,1	0,54	НГ	до +700	до 50
Стекловата	0,04-0,043	до 70	25	до 0,1	0,55	НГ	от -60 до +450	до 10
Пенополистирол	0,034-0,04	1,5-3,5	25-27	0,18	0,05	Г1-Г4	от -50 до +60	10-15
Экструдир. пенополистирол	0,03	0,1-0,4	28-45	0,2-0,5	0,015-0,018	Г1-Г4	от -50 до +75	до 50
Газобетон	0,08-0,15	20	350-700	3-7	0,23-0,28	НГ	от -30 до +400	В сух. сост. неограничено
Мипора	0,035-0,047	15-20	10-20	0,025-0,03	0,2-0,3	Г2	от -50 до +100	больше 50
Пеностекло	0,04-0,05	0,2-1	120-160	1-3	0-0,005	НГ	от -30 до +500	неограничено

Также прекрасной совокупностью свойств обладает перлит (гидроксид обсидиана). Перлит - это горная порода вулканического происхождения. В строительстве применяют вспученный перлит. Вспученный перлит — сыпучий, пористый, рыхлый, легкий, долговечный материал. Огнестойкий: температура применения — от минус 200 до 900°С. Обладает тепло- и звукоизолирующими свойствами, высокой впитывающей способностью. Биологически стойкий. Нейтрален к действию щелочей и слабых кислот. Перлит является экологически чистым материалом, не токсичен, не содержит тяжелых металлов.

Как известно, перлит – это природный материал, а пеностекло – синтезированный. Пеностекло получают в процессе термической поризации при температуре 780-850°С шихты, состоящей из тонкомолотого стекла и газообразователя. Пеностекло было создано в СССР в 30-е годы прошлого столетия (МХТИ им. Д.И.Менделеева) и в начале 40-х годов в США (фирма Corning Glass Works).

Пеностекло обладает уникальным набором свойств (огнестойкость, температуростойкость, биостойкость и тд.) и является наиболее подходящим теплоизоляционным материалом для долговременного использования в строительных конструкциях. Относительно высокая (по сравнению с материалами аналогичной теплопроводности) прочность обеспечивает долговечность строительных конструкций и разностороннее их применение. Также пеностекло легко подвергается обработке, оно может быть отформовано в виде изделий различной конфигураций. Кроме того, пеностекло является

экологически безопасным материалом. При его производстве используется жидкое стекло (или стеклобой) и различные газообразователи, например, каменный уголь, алюминиевый порошок, доломит,

Углеродосодержащие материалы окрашивают изделия в черный цвет, что не всегда приемлемо. Поэтому в данной работе была предпринята попытка использовать в качестве газообразователя отходы переработки доломитового сырья, зерновой (табл.2) и химический (табл.3) состав которого приведен в таблицах.

Таблица 2

Зерновой состав отходов доломитового сырья

№ пробы	Зерновой состав								Сумма, %	Мк	Пылевидн. и глинистые частицы, %	Органические примеси	Насып. плотность кг/м ³	Кф, м/сут
	Содержание остатков на сите, в %													
	Размер ячеек сит в м													
10	5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	< 0,16							
1	0,7	8,8	5,5 5,5	11,7 17,2	10,3 27,5	9,0 36,5	11,6 48,1	51,9	100	1,3	16,8	светлее эталона	1440	0,1
2	0,8	10,0	6,8 6,8	9,5 16,3	11,4 27,7	9,3 37,0	13,1 50,1	49,8	100	1,4	17,2	светлее эталона	1430	0,1
3	0,7	8,8	5,1 5,1	10,9 16,0	10,2 26,2	8,9 35,1	11,9 47,0	53,0	100	1,3	17,6	светлее эталона	1430	0,2

Таблица 3

Количественный химический анализ отходов доломитового сырья

Авторск. № проб	Проба №1	Проба №2	Проба №3
SiO ₂ , %	2,80	2,83	2,63
Al ₂ O ₃ , %	0,47	0,2	0,58
Fe ₂ O ₃ общ., %	0,21	0,29	0,20
FeO, %	<0,05	<0,05	<0,05
CaO, %	36,17	34,44	36,03
MgO, %	15,64	17,00	15,78
NaO, %	0,08	0,09	0,06
K ₂ O, %	0,16	0,17	0,15
H ₂ O, %	<0,05	<0,05	<0,05
П.П.П., %	44,22	44,54	44,26

Как видно из таблицы, наибольшее содержание имеет фракция 0,16 мм и ее использование является наиболее актуальным.

Отказ от энергоемкой автоклавной обработки позволяет получить легкий бетон на основе боя пеностеклянных плит и отходов доломитового производства для устройства тепловой изоляции кровли и ограждающих конструкций. Этот материал можно производить на действующих строительных предприятиях без значительных затрат на их организацию. Дополнительная экономическая эффективность достигается за счет экономии цемента.

Предварительный экономический расчет показывает, что проблему утилизации пеностекла и доломитового производства во Владимирской области может решить

цех пенобетонных изделий, непосредственно расположенных на территории источника промышленных отходов, производительностью 16000 куб. метров в год.

Особенности технологии пеностекла определяют его достаточно высокую стоимость, однако высокий срок его службы в итоге существенно повышает экономические показатели его использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Щербак А.С.* Исследование свойств современных теплоизоляционных материалов. Изд. Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета, 2013 г. вып. 2 (44). С.136-143

2. *Пишынко А. Н., Краснюк А. В., Щербак А. С.* Модифицированный теплоизоляционный неорганический материал на основе алюмосиликатного сырья как альтернатива существующим утеплителям. Изд. Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. - Вып. 61. - Д.: ПГАСА, 2011 г. С.344-349.

Ефремова В.Е., студентка 2-го курса ИСА

Научный руководитель –

Каддо М.Б., канд. техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ЛАМИНИРОВАННЫЕ НАПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Испокон веков каждый человек хотел сделать свое жилище уютным, теплым и красивым. Покрытие пола играет огромную роль в обустройстве квартиры [1]. Чтобы обеспечить хорошую тепло- и звукоизоляцию, надежность и эстетичный вид за небольшие деньги, можно использовать *ламинат*.

Ламинированные напольные покрытия – это строительный материал, изготовленный из древесноволокнистых плит сухого способа производства или плит моноструктурных, облицованных пленками на основе термореактивных полимеров [2].

Ламинат – “молодой” материал, был разработан в 1977 году в Швеции. Первый ламинат отличался от современного своей конструкцией: на основе фенольной смолы изготавливалась нижняя часть доски, а декоративный слой был пропитан меламиновой смолой. Под воздействием высокой температуры и давления слои соединялись с основой при помощи термоактивного клея. Из-за высоких затрат на производство данный метод не получил большого распространения [3]. Спустя 10 лет была разработана принципиально новая технология производства ламината. Клейкая пленка из фенольной смолы размещалась между двух отшлифованных древесноволокнистых плит. Далее сверху накладывалась сначала декоративная бумага, пропитанная меламиновой смолой, затем верхний слой пленки, содержащий минеральные частицы. Нижняя сторона покрывалась крафт-бумагой с фенольной пропиткой. В результате сжатия высоким давлением и при повышенной температуре и формировалась ламинированная доска [4].

В настоящее время производят ламинат 4 основных классов (по EN13329):

1. Класс 34 – для специального (промышленного, спортивного) использования;
2. Класс 33 (АС5-АС6) – для коммерческого использования с большой нагрузкой;
3. Класс 32 (АС4) – для домашнего использования с повышенной нагрузкой и для коммерческого с низкой;

4. Класс 31 (АС3) – для домашнего использования.

Классы — понятие относительное. В бельгийском, австрийском и немецком ламинате износостойкость соответствует показателю АС, который характеризует износостойкость верхнего защитного слоя. Само понятие «класс» с показателями от 31 до 34 определяет плотность и возможность выдерживать нагрузку на основу (древесную плиту). Именно поэтому, можно встретить бюджетные виды ламината с показателями АС5 32 класса. Это означает не что иное, как то, что ламинат имеет основу для бытовых помещений с повышенной нагрузкой на верхний слой. Китайские производители пользуются этой путаницей и пишут только «33 класс» хотя верхний защитный слой может иметь показатели от АС3 до АС5, но этот показатель крайне редко указывается. Именно поэтому два одинаковых на вид ламината 33 класса от разных производителей могут служить совершенно по разному. Табер тест (taber test), при котором абразивная головка вращается, выполняя обороты (часто встречается понятие как «обороты ламината»), как раз и показывает износостойкость по классификации АС. В зависимости от крупности абразивного материала, один и тот же ламинат может пройти тестирование с большими или более низкими показателями.

В Северной Америке используется собственная система сертификации, разработанная организацией North American Laminate Flooring Association (NALFA).

С 1 июля 2014 года на территории РФ, Казахстана, Киргизии, Таджикистана и Узбекистана введен в действие новый ГОСТ 32304-2013 "Ламинированные напольные покрытия на основе древесноволокнистых плит сухого способа производства". Разработан ГОСТ Автономной некоммерческой организацией "Центр по сертификации лесопродукции "Лессертика" при участии ООО Кроноспан (завод холдинга Kronospan в Егорьевске) и ООО Кроностар (завод холдинга Swiss Krono Group в Шарье).

Изучив данный документ, можно заметить некоторые неточности, которые делают его неэффективным. Например:

1. ГОСТ 32304-2013 распространяется только на ламинат шириной $193 \pm 0,1$ мм. Данную ширину имеет только продукция заводов Swiss Krono Group. Так что, даже участвовавшие в разработке (следуя тексту ГОСТа) заводы Kronospan, с шириной продукции 192 мм – обходят новый стандарт качества. Все другие заводы, имеющие другие ширины также не могут соответствовать данному ГОСТу. И даже коллекции самого концерна Swiss Krono Group, имеющие другие ширины - тоже не будут соответствовать данному ГОСТу. Видимо, для каждой коллекции, по замыслу составителей будет "разработан" свой ГОСТ.

2. Дан исчерпывающий перечень толщин, значит нельзя разрабатывать новые модели. Даже сегодня на рынке представлен ламинат с толщинами 9мм, 11мм, которые не упомянуты в ГОСТе, следовательно, неудовлетворяющие его требованиям.

Но есть еще один важный пункт. В ГОСТе прямо указано, что стандарт соответствует европейскому стандарту EN13329, однако, это не совсем так [5]. В российском ГОСТе нет двух важных испытаний, которые предусмотрены европейской нормой EN13329:

- тест поверхности ламинированных полов колесиками офисного кресла;
- тест на ударную прочность металлическим шариком, который очень важен для получения 34 класса нагрузки.

Для того, чтобы получить 34 класс нагрузки в соответствии с EN13329, ламинированные полы должны иметь плиту с разбуханием не более 8% (что совпадает с российским ГОСТом), иметь класс износостойкости АС6 (что также совпадает с россий-

ским ГОСТом), плюс пройти испытание на ударную прочность - что не предусмотрено российским ГОСТом.

Таким образом, требованиям российского ГОСТа в части ламинированных полов 34 класса нагрузки, будут удовлетворять гораздо большее количество ламината, чем в Европе.

Потребитель в России будет введен в заблуждение, так как 34 класс нагрузки в Европе предъявляет более серьезные требования к прочности ламината, чем российский ГОСТ 32304.

К счастью, сертификация на предмет качества в России - добровольная. Иначе 80% ламината отличного европейского качества, удовлетворяющего требованиям EN13329 оказались бы в нашей стране вне закона.

Ламинат является золотой серединой при выборе напольных покрытий. Верно подобрав необходимый вам класс этого надежного и недорогого материала, при должном внимании и уходе он будет радовать глаз своей красотой долгие годы. Однако, довольно остро стоит вопрос о доработке ГОСТ 32304-2013 во избежание появления некачественной продукции на российском рынке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Ипанов В.И.* Реконструкция и реставрация объектов недвижимости – СПб.: Гуманистика, 2005.-288с.
2. ГОСТ 32304-2013 "Ламинированные напольные покрытия на основе древесноволокнистых плит сухого способа производства".
3. *Величко Е.Г.* Строение и основные свойства строительных материалов. Учебное пособие. -М.: 2014. -496с.
4. *Белухина С.Н., Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А.* Строительная терминология. Объяснительный словарь // Учебное пособие. – М.: ФГБОУ ВПО «МГСУ». - 2015. - 560 с.
5. *Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А.* Бетоны. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм. // Учебное пособие. – М.: ФГБОУ ВПО «МГСУ». - 2013. - 120 с.

Заболотская А.Н., студентка 4-го курса 31 группы ИСА

Научный руководитель –

Ефименко А.З., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

СИСТЕМА БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА – ИНСТРУМЕНТАРИЙ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СТРОЙИНДУСТРИИ

В связи с неудовлетворительным положением дел в мировой практике строительства идет поиск управленческих подходов, которые позволили бы существенно улучшить результат работы в строительной отрасли в целом. Одним из путей такого поиска является бережливое производство.

Для того что бы начать внедрять систему Бережливого производства нужно:

1. Создать рациональную организационную культуру. Вначале необходимо решить вопрос с дисциплиной, исполнительностью и управляемостью персонала организации. Пока данный вопрос не решен, все дальнейшие попытки что-либо улучшить будут либо безрезультатными, либо с минимально возможным КПД. Чтобы ре-

шить вопрос исполнительности и дисциплины персонала, необходимо создать эффективную организационную культуру. Только она позволяет организовать эффективный коллективный труд и существенно повысить текущий уровень индивидуальной производительности труда.

2. Создать организационную систему управления. Как только решен вопрос с управляемостью, необходимо решить организационную задачу. А именно – каждый сотрудник должен знать кто, что, как и когда должен делать в организации для решения ее задач организации.

3. Научная организация труда / Бережливое производство / Автоматизация / ISO. После того, как решена проблема управления персоналом и решен организационный вопрос, можно приступать к научной организации труда, внедрению методов бережливого производства и автоматизации. И это действительно так – японцы, формируя концепцию бережливого производства, с самого начала были дисциплинированы и исполнительны. На предприятиях был порядок.

Бережливое производство (БП) рассматривается на примере автоклавного газобетона, который является одним из разновидностей ячеистого бетона.

Автоклавный газобетон – это бетон, имеющий ячеистую структуру. По происхождению – это искусственный камень, пронизанный порами. Названия получил благодаря способу затвердевания, которое происходит в автоклаве под давлением, выше атмосферного, с помощью пара. Материалом для газобетона автоклавного твердения служат: цемент, песок, известь негашеная, вода и немного алюминиевой пудры. При химической реакции, в которую вступают известь, и алюминиевая пудра происходит вспенивание смеси и образование внутренних пор диаметром 1-3 мм, заполненных воздухом.

Одним из пунктов БП в строительстве является повышение качества выпускаемой продукции которое достигается за счет отрегулированного технологического процесса. Рассмотрим это на примере Дмитровского завода газобетонных изделий, на котором было установлено новое оборудование «Маза-Хенке» (Германия) с полной автоматизацией и компьютеризацией производственного процесса, обеспечивающего высокое качество готовых изделий.

Важными особенностями технологической линии «Маза-Хенке» является:

1) Предварительный мелкозернистый сухой помол извести совместно с песком в соотношении 1:1, что исключает слипание извести в комки и обеспечивает получение высококачественных газобетонных блоков.

2) Ударная обработка газобетонных массивов перед резкой на блоки и автоклавной обработкой, что дополнительно гарантирует качество газобетона. Стабильность физико-механических показателей, отпускная влажность составляет 25% при ударной технологии вместо 35% при литейной технологии.

3) Ударная технология, по сравнению с литейной, дает возможность сократить расход сырьевых материалов: цемента на 15-20%, извести на 10-15%, алюминиевой пудры на 5-10%.

4) За счет сокращения сроков вызревания газобетона уменьшается количество форм и необходимая производственная площадь.

5) За счет применения коротких струн при резке массива выпускают точные размеры газобетонных блоков (допуске по высоте ± 1 мм, по длине и ширине ± 1.5 мм)

6) За счет уменьшения количества воды затворения на 10-15% сокращается расход тепловой энергии при автоклавировании изделий.

Количество отходов послеавтоклавной обработки увеличилось за счет подрезного слоя, остающегося на отверждающем днище формы.

В УП «НИИСМ» проведены исследования по рациональному применению данных отходов в технологии производства строительных материалов. Установлено, что фракционированные отходы автоклавного ячеистого бетона могут быть использованы в качестве заполнителя для легких бетонов в технологии производства стеновых блоков, декоративных и облицовочных плит, сухих строительных смесей. При использовании молотых отходов газобетона взамен песка, способствует росту прочности массива на стадии созревания и автоклавной обработки. Добавление вторичного шлама так же способствует формированию равномерной структуры и повышению прочности изделий. Использование вибрации и отходов производства приводит к ресурсосбережению, утилизации отходов, снижению себестоимости и повышению качества продукции.

Бережливое производство исходит из того, что хаос - естественное состояние строительного проекта. Какими бы тщательными ни были планирование и подготовка, на практике все равно быстро наступит момент, когда выполнение планов будет поставлено под угрозу. Выделение дополнительных ресурсов, жульничество с качеством работ - это не выход для организации, стремящейся к совершенству. Следовательно, чтобы добиваться успехов, нужно использовать новый инструментарий управления, соответствующий органическим свойствам строительства как сфере деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бруяко М.Г., Васильева М.А., Киселева О.В., Орлова А.М., Сокорева Е.В., Ушков В.А., Демьяненко А.И., Бруяко О.Г. Композиция для получения пенофенопласта. Патент на изобретение RUS 2495891 17.05.2012.
2. ГОСТ 31359-2007 (Бетон ячеистый автоклавного твердения).
3. Ефименко А.З. Системы управления стройиндустрии и модели оптимизации: Учебное пособие/М.:МГСУ, 2011.-304с.
4. Жуков А.Д., Горбунов Г.И., Белаш Н.А. Энергосберегающая технология керамической плитки // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 122-130.
5. ЗАО Дмитровский завод газобетонных изделий <http://www.aerostone.ru/>.
6. Орлова А.М., Григорьева Л.С., Волов А.Д., Крюкова В.М. Разработка системы газообразователей для поризованных гипсов // Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 304-308.
7. Румянцев Б.М., Орлов А.В., Пилипенко А.С., Барыбин А.А. Поризованный гипсовый материал с добавлением фотокатализатора - диоксида титана. Патент на изобретение RUS 2548628 26.12.2013.
8. СНиП 3.01.01-85. «Организация строительного производства» .
9. Соков В.Н., Жабин Д.В., Бегляров А.Э., Землянушинов Д.Ю. Теоретические основы получения ячеистых бетонов из пеномасс, активируемых гидротеплосиловым полем // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 18-19.
10. Sokov V.N., Sokov V.V. Fibrous corundum products with superior erosion resistance // Новые огнеупоры. 2012. № 3. С. 73.

Зайцева А.А., аспирант ИСА

Научные руководители –

Зайцева Е.И., кад. техн. наук, доц.;

Коровяков В.Ф., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ЭФФЕКТИВНЫЙ ГАЗОБЕТОН ДЛЯ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Трубопроводы систем отопления и горячего водоснабжения инженерного оборудования зданий подлежат тепловой изоляции при прокладке в неотапливаемых подвалах, чердаках, в подпольных каналах для обеспечения нормативных тепловых потерь. Конструкции тепловой изоляции трубопроводов и оборудования должны отвечать требованиям энергоэффективности, эксплуатационной надежности, долговечности, безопасности.

Для тепловой изоляции трубопроводов систем инженерного оборудования и теплоснабжения зданий применяются полносборные или комплектные конструкции, а также трубы с тепловой изоляцией полной заводской готовности. В качестве теплоизоляционных материалов для изоляции трубопроводов различного назначения сооружаемых, в частности, в г. Москве следует применять материалы с теплопроводностью в сухом состоянии не выше 0,06 Вт/м °С (при 20 °С) [1].

При прокладке теплоизолированных труб для распределительных сетей горячего водоснабжения и отопления на чердаках и в подвалах жилых и общественных зданий необходимо учитывать требования пожарной безопасности по показателям горючести. Использование теплоизоляционных конструкций из горючих материалов с теплоизоляционным слоем из пенополиэтилена, пенополипропилена, пенокаучука, пенополиуретана и др. не допускается предусматривать для трубопроводов, расположенных в зданиях, что регламентировано нормативными документами.

Применение волокнистых утеплителей для данных целей не всегда себя оправдывает и имеет ряд существенных недостатков, в частности, невозможности полной защиты от коррозии металлических средонесущих труб, требование дополнительной гидроизоляции и т.п.

Применение в качестве тепловой изоляции трубопроводов бетонов на искусственных пористых заполнителях и ячеистых бетонов неэффективно, т.к. их коэффициент теплопроводности колеблется в пределах 0,11-0,92 Вт/(м° С), при этом необходимая толщина теплоизоляционного слоя, а значит и вес получается значительным. У других неорганических теплоизоляционных материалов (пеностекло, газостекло и др.) очень высокая стоимость, и это, несмотря на их положительные характеристики, часто является решающим фактором при отказе в их применении. [3]

Было высказано предположение, что приемлемым техническим решением вопросов прокладки трубопроводов ГВС и отопления в подвальных и чердачных помещениях станет конструкция трубопроводов, состоящая из основной средопроводящей трубы на основе высокотемпературного полимера с теплоизоляцией из неорганических материалов ячеистой структуры пониженной плотности. Такие трубы не поддаются воздействию коррозии, не требуют водоподготовки, а неорганические материалы теплоизоляции не горючи, термостойки, имеют низкий коэффициент теплопроводности, высокую долговечность и сравнительно невысокую стоимость. В качестве такого материала предлагается использовать эффективный газобетон на основе жид-

кого стекла, модифицирующих добавок, дробленого и молотого стеклобоя, алюминиевой пудры, гидроксида натрия и кремнефтористого натрия.

Использование несортированного боя технических стекол дополнительно позволит утилизировать неразлагающийся техногенный отход и понизить стоимость готового продукта. Известно, что вовлечение отходов промышленности и твердых бытовых отходов (ТБО) позволяет на 10-30% снизить затраты на изготовление строительных материалов и конструкций по сравнению с производством их из природного сырья [4].

Ранее предложенные технологии, разработанные в МГСУ, позволяли получать эффективные пенобетоны на основе жидкого стекла и стеклобоя. Однако, эти технологии были «капризны» и предполагали наличие многоступенчатой тепловой обработки [4].

Был произведен ряд экспериментов и выработана определенная технология производства эффективного газобетона. На первом этапе подготавливают сырьевую смесь из твердых компонентов, а именно дробленого и молотого стеклобоя, гидроксида натрия и специальных добавок. На втором этапе полученную смесь перемешивают с жидким стеклом и водой. В качестве пенообразователя используют алюминиевую пудру. Через некоторое время (1-2 мин) начинается саморазогрев смеси до температуры не менее 80⁰С, сопровождаемый интенсивным газообразованием и паровыделением, которые обеспечивают вспучивание и отверждение массы. Процесс заканчивается через 10–20 мин. Продолжительность вспучивания и отверждения можно регулировать. В зависимости от состава кратность вспучивания составляет шесть и более раз. Характеристики полученного материала представлены в табл.1.

Таблица 1

Технические характеристики материала

Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	150–400
Предел прочности при сжатии, МПа	0,08–2
Предел прочности при изгибе, МПа	0,04–0,4
Коэффициент теплопроводности Вт/(м* ⁰ С)	0,06–0,11
Диапазон рабочей температуры ⁰ С	–60 – +800

При теплоизоляции полимерных трубопроводов предлагается использовать полученный материал в качестве самовспучивающейся смеси, заливаемой в съемную или несъемную опалубку. Конструкции для тепло- и гидроизоляции должны проектироваться в соответствии с действующими нормативными документами и с учетом особенностей газобетона:

- СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003;
- СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий" Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003;
- СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003;
- СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.

При выборе конструкции следует учесть, что предлагаемая теплоизоляция в затвердевшем состоянии является жесткой.

В качестве основной средопроводящей трубы можно применить трубы типа ИЗОПРОФЛЕКС со следующими характеристиками (Табл. 2):

Таблица 2

Основные эксплуатационные характеристики труб ИЗОПРОФЛЕКС

Рабочая температура	до 115 ⁰ С	при 95 ⁰ С
Рабочее давление	до 1,25 МПа	до 1,25 МПа
Диаметры	50-160 мм	

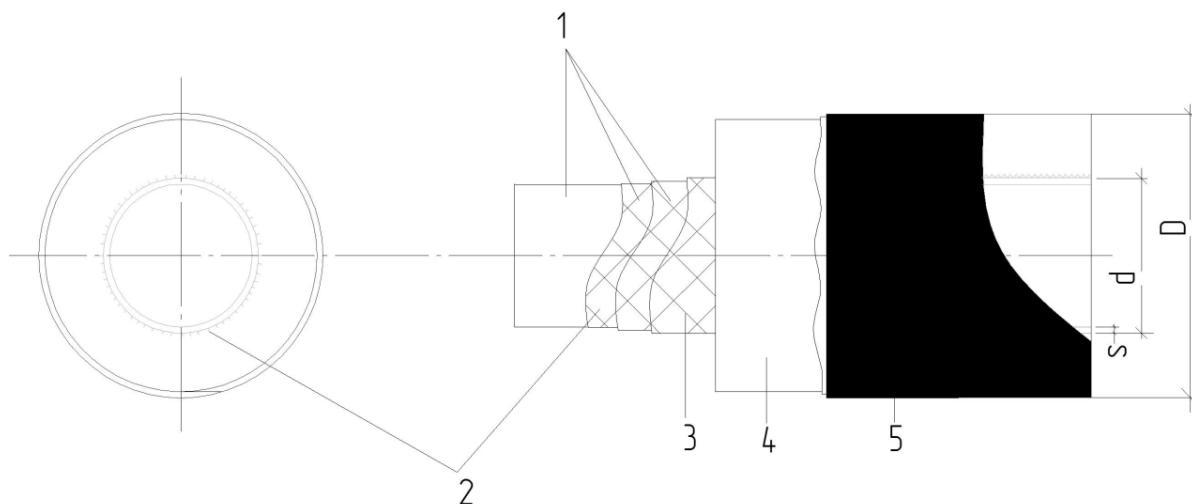


Рис.1. Конструкция трубопровода с использованием газобетона.

1. Последовательность слоев высокотемпературных полимеров.
2. Армирование из высокомодульного волокна.
3. Кислородно-защитный слой.
4. Теплоизоляция из газобетона.
5. Оцинкованная защитная оболочка

В целом, проведенные опытные исследования по утилизации несортированного боя искусственных стекол при создании негорючей эффективной тепловой изоляции трубопроводов позволят не только прокладывать их в нежилых помещениях зданий, но и получить стойкий экологический и экономический эффект.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ТСН 41-306-2003. Тепловая изоляция трубопроводов различного назначения. г. Москва.
2. Коровяков В.Ф. Эффективный теплоизоляционный материал «Эволит-термо», журнал «Строительные материалы» 2003.
3. Никулин Ф.Е. Утилизация и очистка промышленных отходов, Л-д, Судостроение, 1980.
4. Зайцева Е.И. Поризованный теплоизоляционный материал на основе стеклобоя, диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук, М. 1998.
5. Гибкие стальные теплоизолированные трубы ИЗОПРОФЛЕКС. Техническое описание. Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО. 02.2015.

Иванов К.К., Химич А.О., магистранты
Сазонова Ю.В., студентка 3-го курса ИСА

Научные руководители —

Жуков А.Д., канд. техн. наук, проф.

Чкунин А.С., аспирант

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ФАСОННЫХ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Экономия энергии в процессе ее доставки особенно актуальна для хозяйственных объектов, деятельность которых обеспечивается станциями централизованного приготовления тепла. Расстояния, измеряемые километрами, делают размеры потерь тепла соразмеряемыми с общим объемом доставки. Вопрос решается использованием изоляционных систем, включающих эффективные теплоизоляционные материалы и способы их защиты. Теплоизоляция объектов ЖКХ, и, в первую, очередь трубопроводов горячего водоснабжения осуществляется в основном минераловатными изделиями и в частности цилиндрами на основе каменной ваты [1]. Эти изделия изготавливают двумя способами: по навивной и по нарезной технологиям.

Минераловатный цилиндры (полуцилиндры) применяют для изоляции трубопроводов с небольшим диаметром трубы от 12 до 273 мм. При изоляции труб большего диаметра используются сегменты или маты [2,3]. Подобные системы изоляции применяют на любых объектах: многофункциональных торговых центрах, частном домостроении, многоквартирных домах, заводах, объектах пищевой промышленности и пр. Основными требованиями к системам изоляции являются сохранение эксплуатационных характеристик на весь заявленный срок эксплуатации, исключение проникновения влаги извне и конденсатообразования в самой системе.

Цилиндры выпускается в двух базовых плотностях 80 и 120 кг/м³. Цилиндры покрытые (кашированные) армированной алюминиевой фольгой имеют самоклеющийся нахлест фольги. Это существенно упрощает монтаж. Фольга на цилиндре выполняет функцию парозащитного слоя на холодных трубопроводах, а в помещении выполняет функцию облицовочного материала [4]. Цилиндры могут использоваться на поверхностях с температурой от –180 до +650 °С.

Цилиндры, производимые по «нарезной» технологии, имеют продольные и поверхностные разрезы, повышающие качество укладки изоляции. Навивные цилиндры более технологичны в изготовлении и имеют более высокую степень заводской готовности.

Критерием эффективности любой теплоизоляции, помимо, теплотехнических характеристик самого материала, являются его эксплуатационная стойкость и затраты на изготовление [5, 6]. Эксплуатационная стойкость материалов определяется свойствами минерального волокна, типом связующего и полнотой его отверждения в материале. Энергетические затраты на изготовление связаны с получением расплава, его переработкой в волокно и тепловой обработкой отформованного сырца.

Тепловая обработка навивных минераловатных навивных цилиндров заключается в том, что теплоноситель подают в перфорированную скалку (на которую навит минераловатный слой), а нагрев волокнистого материала осуществляется прососом теплоносителя сквозь минераловатный слой. Оптимизация этого процесса связана с регулированием свойств минераловатного слоя и, в первую очередь, гидравлического сопротивления минераловатного ковра.

При тепловой обработке минераловатного материала продольное течение теплоносителя внутри перфорированной скалки сопровождается одновременной раздачей теплоносителя через боковые стенки. То есть движение потока происходит с изменяющимся вдоль пути расходом по аналогии с распределительным коллектором. При этом истечение теплоносителя из скалки (длиной 1—2 м) происходит в слой минераловатного ковра с различной проницаемостью. Следовательно, истечение газа через перфорированные стенки скалки определяются не только характеристиками отверстий и избыточным давлением внутри скалки, но и структурно-геометрическими характеристиками минераловатного цилиндра, его гидравлическим сопротивлением.

Применяемые для тепловой обработки минераловатных цилиндров интенсивные режимы с высокими скоростями продувки (значение Re для истечения из отверстий скалки не менее 10^5) позволяют принимать значение коэффициента истечения постоянным по длине скалки. При истечении теплоносителя в слой волокнистого материала значительно снижается отклонение скоростей потоков от равномерного распределения. При продувке скалки со слоем волокнистого материала, максимальное отклонение составляет 22,5 %, а без слоя — 60 %.

Полученные данные и математическая модель процесса были использованы при составлении алгоритма программы для ЭВМ. Программа, составленная на языке C# предназначена для расчета параметров тепловой обработки минераловатных цилиндров, которая осуществляется прососом теплоносителя, поступающего из перфорированной скалки, через поверхность волокнистого изделия цилиндрической формы. Основой алгоритма программы является математическая модель процесса.

Применение предложенных методик позволяет, наряду с повышением равномерности тепловой обработки минераловатных цилиндров, оптимизировать расходы энергии за счет сокращения расхода электроэнергии на привод дутьевого оборудования и снижения расхода тепла на прогрев минераловатных навивных цилиндров [7]. Кроме того, повышение однородности прогрева минераловатного ковра способствует равномерному отверждению связующего в материале, что снижает риски разрушения минераловатной изоляции за счет дефектов, обусловленных неполной поликонденсации связующего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шойхет Б.М. / Тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей. Современные материалы и технические решения / Б.М. Шойхет, Л.В. Ставрицкая, Я.А. Ковылянский // Журнал «Энергосбережение» 2002. №5. С. 43—45
2. Румянцев Б.М. / Теплопроводность высокопористых материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков, Т.В. Смирнова // Вестник МГСУ. 2012. №3. С. 108—114
3. Румянцев Б.М. / Принципы создания новых строительных материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3(23). Режим доступа : vestnik.vgasu.ru. Дата обращения: 2015.05.08
4. Жуков А.Д. / Локальная аналитическая оптимизация технологических процессов / А.Д. Жуков, А.В. Чугунков // Вестник МГСУ. 2011. № 1—2. С. 273—278
5. Жуков А.Д. / Локальная аналитическая оптимизация технологических процессов / А.Д. Жуков, А.В. Чугунков // Вестник МГСУ. 2011. № 1—2. С. 273—278
6. Соков В.Н. / Эффективные слоистые материалы с переходной зоной из наночастиц, синтезируемых в объеме композита / В.Н. Соков, А.Э. Бегляров, А.А. Солнцев, А.А. Журавлева, И.С. Гунькин // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014. №.2. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>. Дата обращения 2015.05.10

7. Жуков А.Д. / Экологические аспекты формирования изоляционной оболочки зданий / А.Д. Жуков, А.М. Орлова, Т.А. Наумова, Т.П. Никушкина, А.А. Майорова // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 209—212.

Ильин Д.А., аспирант кафедры ТВВиБ

Ильина Т.А., студентка 5-го курса ИСА-СТ

Виговская А.В., студентка 3-го курса ИСА-СТ

Научный руководитель -

Степанова В.Ф., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНОЙ ПОЛИМЕРНОЙ АРМАТУРЫ

Российская отрасль по производству арматуры композитной полимерной (АКП) стремительно развивается. Обладая высокой прочностью на растяжение, малой плотностью, диэлектрическими свойствами и химической стойкостью АКП вызывает большой интерес у строителей и исследователей [1].

Арматура композитная полимерная – это силовой стержень, изготовленный из термореактивной смолы и непрерывного армирующего наполнителя (рис. 1, а, б). Основное назначение волокна в композитном массиве – это воспринимать нагрузки и обеспечивать прочность стержня. В России в качестве армирующего наполнителя используют стеклянные, базальтовые и реже углеродные волокна.

К функциям смолы относятся: передача напряжения между волокнами; обеспечение боковой поддержки и предотвращение вспучивания; защита волокон от механических повреждений и негативного влияния внешних факторов. Чаще всего в качестве связующего полимера применяют эпоксидные композиты – они прочные, имеют отличную адгезию, и достаточно технологичны.

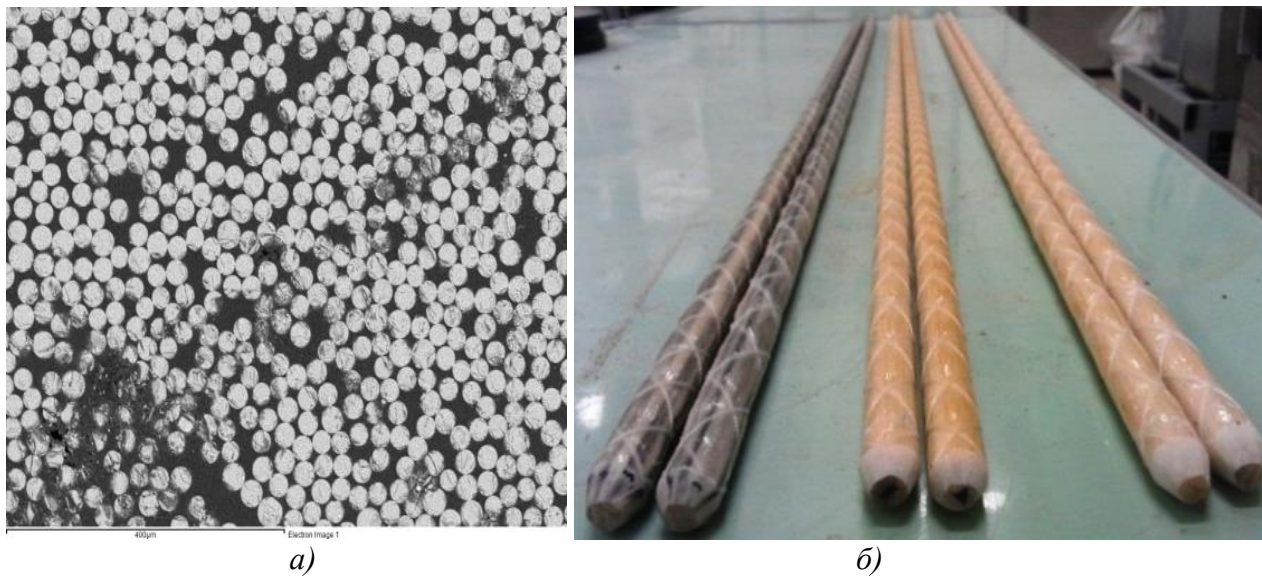


Рис. 1. а) АКП под микроскопом; б) экспериментальные образцы АКП

Наряду с положительными свойствами, АКП имеет некоторые недостатки – низкий модуль упругости и теплостойкость, ползучесть при длительной статической нагрузке. Все это сдерживает широкое внедрение композитной арматуры в практику строительства.

Некоторые из приведенных выше недостатков можно исключить при модификации эпоксидного связующего нанодобавками. В последнее десятилетие для модификации полимерных материалов опробованы наночастицы различной природы: углеродные нанотрубки, фуллерены, астралены, ультрадисперсные алмазные порошки, наноалмазы, монтмориллонит, аэросил, шунгит, металлсодержащие нанокомпозиты и др. [2, 3, 4].

Положительный эффект от модификации нано-частицами меди и никеля подтвержден производителем АКП ООО «КомАр». Ими достигнуты стабильные повышенные физико-механические свойства арматуры и высокая коррозионная стойкость [5].

Однако, для существенного повышения модуля упругости АКП не достаточно модификации полимерного связующего. Это связано с исходным низким модулем упругости стеклянного волокна (70-80 ГПа). В свою очередь углеродное волокно (УВ) имеет высокий модуль упругости (220 ГПа), но при этом арматура на ее основе в 25-30 дороже.

Оптимальным решением может стать гибридная композитная арматура на основе углеродных и стеклянных волокон, пропитанная нано-модифицированным эпоксидным связующим (рис. 2). Применение 2-х видов волокна позволит повысить модуль упругости. Нано-модификация эпоксидного связующего обеспечит качественную совместную работу системы «волокно+связующее». Результатом такого рода обработки станет плотная структура арматуры, неотделимый от стержня рельеф, высокая доля армирующего волоконного наполнителя.

Совместно с НИИЖБ им А.А.Гвоздева и ООО «НЦК» были проведены экспериментальные работы, в ходе которых была изготовлена и испытана гибридная композитная арматура – в которой 3,73% стеклянных волокон замещены УВ с модулем упругости 220 ГПа. Были исследованы экспериментальные и обычные стеклопластиковые образцы композитной арматуры диаметром 12 мм (рис 1, б) [6].

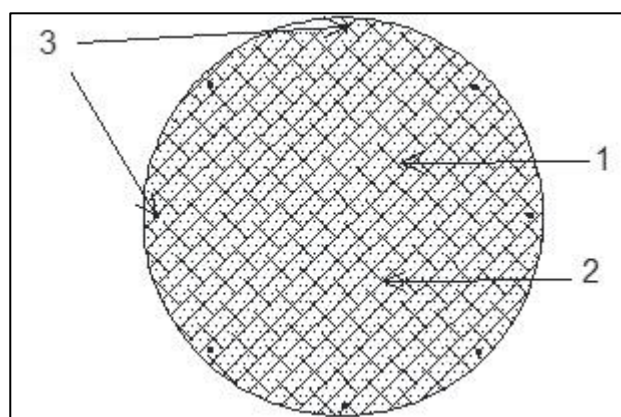


Рис. 2. Сечение гибридной композитной арматуры: 1- стеклянные волокна; 2 - модифицированное полимерное связующее; 3 - углеродные волокна

Теоретический расчет модуля упругости осуществлялся по формуле Фойгта [7]:

$$E_e = [E_f V_f + E_m (1 - V_f)] \times \alpha,$$

где: E_e – эффективный модуль упругости стержня; E_f – модуль упругости высокомодульных волокон; E_m – модуль упругости низко модульных волокон; V_f – объемная плотность высокомодульных волокон; α – коэффициент, учитывающий содержание волокна в композитной арматуре. Теоретическое значение модуля упругости гибридной арматуры, $E_e = 63,9$ ГПа.

Испытания экспериментальных образцов проводили по ГОСТ 31938-2012, были определены основные эксплуатационные характеристики (табл. 1) [8].

Таблица 1

Результаты испытаний

Маркировка Образца*	Номинальный диаметр, d_n , мм	Площадь поперечного сечения, A , мм ²	Плотность, ρ , кг/м ³	Предел прочности при растяжении, σ_b , МПа	Модуль упругости, E_f , МПа	Относительное удлинение, ϵ_b , %	Прочность сцепления с бетоном, МПа
АСК	11,89	111,03	2025	935	51500	1,72	11,92
АКК-Ц	11,98	112,72	2009	1115	59500	1,87	13,90
АКК-К	11,89	111,03	2046	1110	62000	1,60	12,76

*Примечание: АСК – арматура стеклокомпозитная, АКК-Ц – арматура комбинированная композитная с центральным расположением УВ, АСК-К - арматура комбинированная композитная с расположением УВ по контуру.

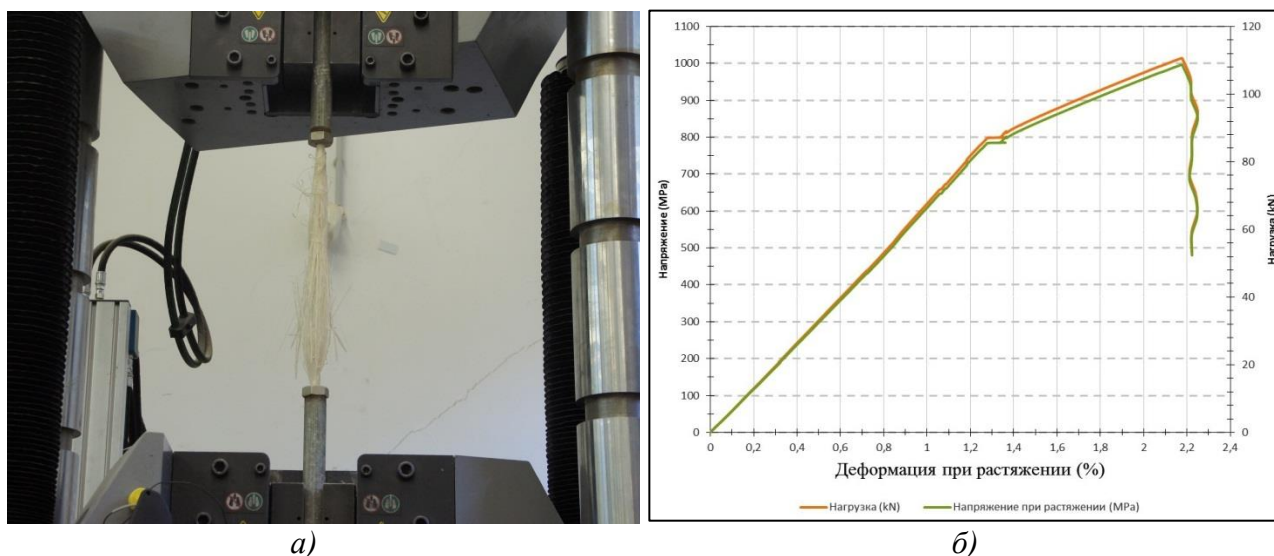


Рис. 3. а) Характер разрушения АКП при разрыве; б) Диаграмм «Напряжение/Нагрузка- деформация» при испытании на растяжение

Выводы

- При замещении стеклянных волокон УВ в количестве 3,73 % модуль упругости увеличился на 20 % по сравнению со стеклокомпозитной арматурой.
- Анализ характера разрушения образцов и результатов испытаний показал, что краевое расположение УВ наиболее эффективно.
- Достигнута большая сходимость теоретического модуля упругости и результатов испытаний, предел расхождения 3%.

- Целесообразно проведение работы по нано-модификации эпоксидного связующего и варьированию количества УВ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанова В.Ф., Степанов А.Ю., Жирков Е.П. Арматура композитная полимерная, М., 2013.с. 6-14.
2. Хозин В.Г., Старовойтова И.А., Майсурадзе Н.В., Зыкова Е.С., Халикова Р.А., Корженко А.А., Тринеева В.В., Яковлев Г.И. Наномодифицирование полимерных связующих для конструкционных композитов//Строительные материалы, 2013.
3. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Нано-частицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000. 672 с.
4. Тренисова А.Л. Получение композиционных материалов на основе эпоксидного олигомера и нанонаполнителей: дис. канд.техн. наук.М.2008, с. 12-39.
5. Электронный источник, сайт - <http://www.komarmatura.ru/>
6. Степанова В.Ф., Ильин Д.А., Бучкин А.В. Гибридная композитная арматура с повышенным модулем упругости. Естественные и технические науки. М.2014. 435-437 с.
7. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов. М. 1984.с.65-79.
8. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия». М., 2014.с.11-21.

Ильина Н.В., Аристов Д.И., студенты 5-го курса ИСА

Талалина И.Ю., ведущий архитектор

ПТИ ООО «А-Проект.к»

Научные руководители –

Жуков А.Д., канд. техн. наук, проф.

Смирнова Т.В., аспирант

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ПОЛИМЕРНЫЕ МЕМБРАНЫ В КОНСТРУКЦИЯХ ПЛОСКОЙ КРОВЛИ

Полимерная мембрана — это особый класс материалов, с которым связан принципиально новый подход к устройству кровель и совершенствованию технологий гидроизоляции [1, 2]. Кровля из полимерных мембран характеризуется высокой прочностью, эластичностью, пониженной степенью горючести, повышенной стойкостью к атмосферным и климатическим воздействиям, обладает эластичностью в широком диапазоне температур, стойкостью к УФ-излучению и агрессивным воздействиям окружающей среды. Срок службы таких кровель составляет от 30 лет. Мембраны имеют нулевую водопроницаемость, что делает их предельно устойчивыми к воздействию стоячей воды и льда.

Одной из важных особенностей ПВХ мембран — это их способность выводить в атмосферу избыточное давление водяного пара из подкровельного пространства. Таким образом, влага, попавшая в утеплитель при монтаже или накопленная в холодный период, когда точка росы находится внутри утеплителя, выводится через мембрану в теплый период года.

Кровельная ПВХ мембрана произведенная по технологии TRI-P состоит из трех слоев. Верхний третий слой — это специальный слой, содержащий высокую концентрацию УФ-абсорберов и антиоксидантов, что создает плотный барьер для проникно-

вения УФ-излучения [3]. Воздействие УФ-излучения способно разрушать полимер и активизировать в нем окислительные процессы. Молекулы ПВХ-непрозрачны для УФ-лучей, поэтому разрушение происходит только в верхнем слое, поэтому именно его необходимо защищать для сохранения гидроизоляционных свойств мембраны.

Полимерные мембраны армированы по всей поверхности материала. В качестве армировочного материала может выступать полиэстровая сетка (для кровельных систем с механическим креплением) или стеклохолст (для балластных кровельных систем). Это очень важно, т.к. именно армирующий слой оказывает решающее значение на показатель прочности. Именно армирующая сетка обеспечивает 95 % прочности полимерных мембран и 5 % зависит от прочности самих ПВХ-слоев [4, 5]. Прочность определяет способность сопротивляться ветровым нагрузкам, тепловым и механическим воздействиям. Минимальная прочность полимерных мембран ТехноНИКОЛЬ составляет не менее 1100 Н на полосе шириной 5 см по всей площади материала.

При реконструкции старых кровель необходимо учитывать, что ПВХ не совместим с битумосодержащими материалами и продуктами группы полистиролов, поэтому при укладке на старый битумный ковер необходимо предусмотреть разделительный слой из геотекстиля либо стеклохолста. Для гидроизоляции туннелей используется неармированная ПВХ мембрана с желтым сигнальным слоем, незащищенным от УФ-излучения. Толщина материала зависит от глубины его заложения.

Применение кровельных и гидроизоляционных мембран особенно эффективно и экономически оправданно на крупных коммерческих кровлях, когда качество и скорость монтажа являются решающими факторами для заказчика. Для устройства мембранной кровли используются рулоны шириной до 2 м и длиной до 25 м, тем самым, сводя количество стыков и швов на кровельном покрытии к минимуму. Хорошие гибкостные показатели и паропроницаемость позволяют вести монтаж круглогодично.

Кровля из полимерной мембраны одна из наименее пожароопасных кровель. В материале содержатся специальные добавки — антипирены, которые снижают степень горючести материала. Такая кровля по группе горючести может быть классифицирована к группе Г3. Таким образом, при укладке ПВХ-мембран на гражданских объектах по стяжке, либо по утеплителям группы горючести НГ или Г3 в соответствии с приложением 8 СНиП II-26-76 «Кровли» максимальная площадь кровли не ограничивается разделительными противопожарными поясами и не требует дополнительных противопожарных мероприятий.

Вес полимерной мембраны составляет от 1,4—2,0 кг/м², в зависимости от толщины материала. Вес рулона составляет — около 75 кг. Материал можно перенести двум рабочим в любое место кровли без применения дополнительной техники и механизмов. Так как масса кровельного материала сравнительно небольшая, он не создает дополнительной нагрузки на несущую конструкцию.

Высокая скорость укладки кровельного покрытия из полимерных мембран достигается за счет большой ширины и длины рулонов. Ширина рулона — до 2 м, длина до 25 м. Сварка швов происходит при помощи автоматического и ручного сварочного оборудования.

Безогневой метод укладки и пониженная группа горючести материала позволяет укладывать мембрану на объектах любой степени ответственности, в том числе на атомных электростанциях и на объектах с повышенными требованиями к огнестойкости. Поэтому мембрану можно укладывать на кровлях, где запрещено применение открытого пламени.

Маркировка полимерных мембран включает название мембраны, сведения о типе полимера и об армировании. Тип полимера: V — Vinyl (ПВХ); P — Polyolefine (ТПО). Наличие армирования: RP—Reinforcement Polyester (армирование полиэстровой сеткой); SR — Sine Reinforcement (без армирования); GR — Glassfiber Reinforcement (армирование стеклохолстом).

Особенностью полимерных мембран является большая, по сравнению с традиционными материалами, ширина полотнищ, позволяющая подобрать оптимальный размер рулона для крыш любых конфигураций и свести количество швов на полимерной кровле к минимуму. ПВХ-мембраны используются в системах полимерных кровель с механическим креплением; балластных кровлях и на эксплуатируемых крышах [6, 7].

Система с механическим креплением (далее — МК) — широко применяется в коммерческих кровлях. В качестве несущего основания в основном применяется оцинкованный профилированный лист. Основанием под укладку мембраны может являться гладкая поверхность цементно-песчаной стяжки, сборной стяжки из двух слоев плоского шифера, монолитной железобетонной плиты, сборных железобетонных плит с затертыми швами, либо утеплителя с прочностью на сжатие при 10 % деформации не менее 60 кПа.

Полимерная кровля на основе комбинированного утепления предполагает использование минераловатной теплоизоляции в комбинации со вспененными пластмассами. В этом случае обязателен разделительный слой между ПВХ мембраной и синтетическим утеплителем. Традиционно такие кровли выполняются по системе с механической фиксацией кровельного ковра к основанию с использованием утеплителя из минераловатных плит и полимерных мембран, в качестве гидроизоляционного материала.

Балластная система укладки применяется при устройстве новых и реконструкции старых кровель, в том числе с дополнительным утеплением. В зависимости от назначения, балластные кровли подразделяются на эксплуатируемые и неэксплуатируемые. Эксплуатируемые в свою очередь делятся на кровли с пешеходными нагрузками, транспортными нагрузками, а также «зеленые» кровли. По расположению утеплителя относительно гидроизоляции балластные кровли делятся на традиционные (гидроизоляция над утеплителем) и инверсионные (гидроизоляция под утеплителем).

Инверсионная система представляет собой разновидность балластной системы и идеально подходит для эксплуатируемых кровель, по которым осуществляется регулярное движение или кровель устраиваемых в районах с суровыми климатическими условиями. При этой системе укладки кровельная мембрана защищена от воздействий перепадов температуры и солнца, что еще более увеличивает срок службы кровли. Данная система часто используется при дополнительном утеплении кровель.

Инверсионная система укладки применяется для кровель с парапетами, уклон должен составлять не более 3 %. В инверсионной системе пароизоляция не применяется. Роль пароизоляции выполняет сама кровельная мембрана. В инверсионной системе в качестве утеплителя применяется только XPS-плиты.

Клеевая система укладки является наиболее востребованной системой при реконструкции и ремонте старых кровель. Основная проблема старых кровель, которые выполнялись в те времена, когда еще не было технологии механической фиксации, это специфичное основание, не предназначенное для установки крепежных элементов. Чаще всего это ребристые бетонные плиты с толщиной полки не более 30 мм. На поверхность плит наносилась битумная пароизоляция, утеплитель и цементная стяжка толщиной 50 мм. На стяжку наносилось 2—4 слоя рубероида на горячем битуме.

В результате анализа существующих решений использования ПВХ-мембран в конструкциях плоской кровли была разработана система, предназначена для объектов, эксплуатируемых в условиях Заполярья [8]. Проведенные расчеты показали, что разработанная система по своим теплотехническим характеристикам соответствует условиям холодного региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шмелев С.Е. / Пути выбора оптимального набора энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы 2013 №3. С.7—9.
2. Румянцев Б.М. / Принципы создания новых строительных материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3(23). Код доступа : vestnik.vgasu.ru. Дата обращения: 2015.05.08.
3. Орлова А.М. / Огнезащита древесины / А.М. Орлова, Е.А. Петрова // Пожаровзрывобезопасность // 2000. Т9. № 2. С. 8—16.
4. Жуков А.Д. / Экологические аспекты формирования изоляционной оболочки зданий / А.Д. Жуков, А.М. Орлова, Т.А. Наумова, Т.П. Никушкина, А.А. Майорова // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 209—212.
5. Соков В.Н. / Комплексный парогидро теплоизоляционный материал / В.Н. Соков, А.Э. Бегляров, А.А. Солнцев, А.А. Журавлева, А.С. Журбин // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014. №2. Режим доступа: [http:// www.vestnik.vgasu.ru/](http://www.vestnik.vgasu.ru/). Дата обращения 2015.05.10
6. Жуков А.Д. / Системы изоляции строительных конструкций / Жуков А.Д., Орлова А.М., Наумова Т.А., Талалина И.Ю., Майорова А.А. // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 213-217.
7. Румянцев Б.М. / Теплопроводность высокопористых материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков, Т.В. Смирнова // Вестник МГСУ. 2012. №3. С. 108—114.
8. Жуков А.Д. / Локальная аналитическая оптимизация технологических процессов / А.Д. Жуков, А.В. Чугунков // Вестник МГСУ. 2011. № 1—2. С. 273—278.

*Иноземцев А.С., канд. техн. наук, мл. научный сотрудник НОЦ НТ
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»*

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ РЯДОВЫХ МАРОК¹

С 2011 года в лабораториях НОЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» ведутся исследования по разработке высокопрочных легких бетонов с удельной прочностью до 35-45 МПа² при средней плотности 1300-1500 кг/м³. Авторами [1-3] для получения таких составов бетона предложено использовать полых керамические микросферы, модифицированные наномодификатором, выполняющим функцию адгезива. При этом прочностные характеристики достигают значений 60...70 МПа, что очевидно определяет область применения такого бетона как конструкционного материала. Однако, как показывает практика и действующая нормативно-правовая база на изделия из железобетона [4], для изготовления конструкций при строительстве объектов различного назначения используется бетон более низких марок. Как правило, для сборных и монолитных конструкций используются следующие рядовые марки тяжелого бетона, представленные в таблице 1.

¹ Подготовлено при поддержке гранта Президента РФ МК-5950.2015.8.

² Высокопрочными бетонами называется бетон $R_{уд} \geq 25$ МПа.

Таблица 1

Рядовая марка/класс бетона, используемая для сборных и монолитных конструкций

№ п/п	Изделие	Документ (Серия)	Марка бетона	Класс бетона
Сборные изделия				
1	Панель перекрытия многопустотная	1.141-1.в.60.	M200	B15
2	Перемышка брусковая, балочная плитная	1.038.1-1.в.12	M200-350	B15-25
3	Плита плоская	1.243.1-4	M200	B15
4	Плита балконная	1.137-3.в.1	M200	B15
5	Прогон	1.225-2.в.12	M350	B25
6	Лестничный марш и площадка	1.151.1-6	M200-300	B15-22,5
7	Плита ребристая	1.042.1-5.94.в.1	M250-500	B20-40
8	Ригель	1.020-1.87.в.3-11	M250-450	B20-35
9	Каркасы для зданий сейсмических районов	1.420.1-20с.в.3-1	M350	B25
Монолитные изделия				
10	Балка	1.015.1-1.95	M200	B15
11	Колонна	СП 52-103-2007	от M350	от B25
12	Сплошное перекрытие		от M250	от B20
13	Пустотное, ребристое, кессонное перекрытие		от M350	от B25
14	Стена		от M250	от B20

Анализ нормативных документов (серий и свод правил) для сборных и монолитных конструкций (таблица 1) показывает, что наиболее распространенными требованиями по прочности к тяжелым бетонам для ЖБИ является 20-35 МПа. Согласно классификации по ГОСТ 25820-2014 «Бетоны легкие. Технические условия» конструкционными называются легкие бетоны средней плотности 1100-2000 кг/м³, удельная прочность которых изменяется в диапазоне 10,0-31,8 МПа (таблица 2).

Таблица 2

Расчет минимальной требуемой прочности высокопрочного легкого бетона для типовых строительных изделий из ЖБИ

№ п/п	Согласно ГОСТ 25820-2014		Расчетное значение	
	Марка по плотности, кг/м ³	Класс бетона	Удельная прочность, МПа	Требуемая прочность*, МПа
1	D1100	B12,5	13,6	27,5
2	D1200-D1300	B12,5-B20	11,5-30,8	30,0-32,5
3	D1400-D1500	B12,5-B30	10,0-28,6	35,0-37,5
4	D1600-D1700	B15-B40	11,8-31,3	40,0-42,5
5	D1800	B20-B40	13,9-27,8	45,0
6	D1900-D2000	B25-B40	17,5-26,3	47,5-50,0

Примечание. * – требуемая прочность для обеспечения удельной прочности 25 МПа.

Таким образом, сопоставляя описанные выше значения, можно сделать вывод, что для изготовления типовых железобетонных можно использовать конструкционных высокопрочный легких бетонов средней более 1100 кг/м³. То есть для изготовления

большей части типовых изделий с рядовой маркой по прочности могут быть предложены высокопрочные легкие бетоны средней плотности 1100-1500 кг/м³, обеспечивающие требуемые 20-35 МПа, а для ответственных конструкций при возведении специальных сооружений и строительства в сейсмоопасных районах могут быть использованы составы бетона марки D1600-D2000, обладающих прочностью 40-50 МПа.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что предложенная в [1] технология получения высокопрочных легких бетонов ($R_{сж}=40-70$ МПа) на полых микросферах может быть адаптирована для приготовления рядовых марок бетона пониженной плотности. В настоящих экономических условиях обозначенная задача наиболее актуальна для легких отечественных заполнителей, произведенных из местного сырья. К таким заполнителям можно отнести гранулированные кремнистые породы, так называемый «кремнезит».

Получаемый гранулированием кремнистого сырья легкий песок может достигать размеров частиц менее 500 мкм, что сопоставимо с размерами полых керамических микросфер, использованных в исследованиях НОЦ НТ³, для разработки высокопрочного легкого бетона. Закономерно предположить, что при обеспечении начальной прочности частицами кремнезита их использование в высокопрочных матрицах позволит получить материал с достаточными для конструкций различного назначения характеристиками.

Таблица 3

**Результаты предварительных исследования
высокопрочных легких бетонов на кремнезите**

№ п/п	Вяжущее	Расход цемента, кг на 1 м ³	Размер гранул, мм	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Удельная прочность, МПа
1	Ц	620	фр. 0-1,0	1620	50,3	31,0
2	Ц	620	фр. 0,16-1,0	1515	48,4	32,0
3	КВ	420	фр. 0-1,0	1530	52,7	34,4
4	КВ	420	фр. 0,16-1,0	1420	48,6	34,3

Примечания: Ц – цемент; КВ – композиционное вяжущее на основе цемента.

Результаты предварительных испытаний (таблица 3) на заполнителе из кремнистого сырья фракции 0-1 мм, предоставленные НИЦ Строительство «ЦНИИСК», свидетельствуют о высоком потенциале предлагаемого заполнителя. Показано, что наполнение высокопрочной матрицы на цементном и композиционном вяжущем обеспечивает формирование структуры с высокими прочностными свойствами. Предел прочности при сжатии высокопрочного легкого бетона на кремнезите составляет 48,5-52,5 МПа при средней плотности 1,4-1,6 г/см³.

Таким образом, дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию физико-механических свойств такого бетона, позволят получить материалы с пониженной средней плотностью и прочностью рядовых значений, необходимых для типовых ЖБИ. Учитывая высокую стоимость полых микросфер (20-40 руб./кг), кремнезит, приготовленный на отечественном оборудовании из местного сырья, за счет меньшей себестоимости получаемого бетона, является ближайшей альтернативой керамическим заполнителям для конструкционных легких бетонов. Ориентировочная стои-

³ Описание представлено на сайте www.nocnt.ru

мость такого бетона на кремнезите, обладающего характеристиками указанными в таблице 3, составит 4800-5200 руб. за 1 м³. При этом экономический эффект по [5] будет достигаться при строительстве зданий из сборного железобетона высотой от 4 этажей, а для 16 этажного жилого здания составит более 50 %.

Заключения. На основании анализа и предварительных исследований можно сделать следующие выводы:

– действующая нормативно-техническая база свидетельствует о том, что рядовыми марками для изготовления строительных конструкций жилых и общественных зданий является М200-М350, что для легкого бетона средней плотности 1100-2000 кг/м³ соответствует удельной прочности 10,0-31,8 МПа;

– разработка высокопрочного легкого бетона ($R_{уд} \geq 25$ МПа) позволит изготавливать ЖБИ с меньшей в 1,5-2,0 раза по сравнению с тяжелым бетоном массой при сохранении несущей способности;

– перспективным наполнителем для высокопрочных легких бетонов рядовых марок является кремнезит – гранулированные частицы обожженного по специальной технологии кремнистого сырья; использование кремнезита позволяет получить легкий бетон (менее D1800) с пределом прочности при сжатии до 50 МПа;

– меньшая по сравнению с полыми микросферами стоимость кремнезита (в 10-25 раз) и доступность исходного сырья обеспечит высокий экономический эффект для регионов и строительной отрасли РФ в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иноземцев А.С., Королев Е.В.* Высокопрочные легкие бетоны - конструкционный бетон нового поколения // Технологии бетонов. 2014. № 9 (98). С. 40-44.

2. *Inozemtcev A.S.* High-strength lightweight concrete mixtures based on hollow microspheres: technological features and industrial experience of preparation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. Vol. 71 (1). 012028. doi:10.1088/1757-899X/71/1/012028.

3. *Иноземцев А.С.* Средняя плотность и пористость высокопрочных легких бетонов // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 7 (51). С. 31-37.

4. Справочно-правовая система «Гарант»: [Электронный ресурс] / НПП «Гарант-Сервис». – Послед. обновление 23.12.2014.

5. *Inozemtcev A.S., Korolev E.V.* Technical and economical efficiency for application of nano-modified high-strength lightweight concretes // Advanced Materials Research. 2014. Т. 1040. P. 176-182.

Кравцов А.В., аспирант кафедры ТОиЭС

Научный руководитель –

Цыбакин С.В., канд. техн. наук, доц., и.о. зав. кафедрой ТОиЭС

ФГБОУ ВПО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕДЕЦПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ ТОНКОМОЛОТОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНА

Крупные промышленные предприятия, имеющие низкую степень очистки исходного сырья от технологически ценного содержимого, вынуждены складировать многотоннажные отходы в виде отвалов в санитарно-экологических зонах. К таким промышленным исходным пунктам загрязнения относятся тепловые электростанции, для

которых в качестве топлива применяют рисовую шелуху или уголь, предприятия черной и цветной металлургии, на которых осуществляется выплавка черных и цветных металлов (медь, свинец, никель и др.), а также их различных сплавов (сталь, чугун, и др.).

Так, 1 т. производимого чистого чугуна образует около 0,6 т. доменного шлака и 0,1 т. пыли; на 1 т. производимой стали приходится 0,15 т. сталеплавильного шлака и до 30 кг пыли; на 1 т. выпускаемой черновой меди или никеля — до 100 т. шлака и до 50 кг пыли. [1]

Среди представленных выше видов техногенных отходов промышленного производства особое применение в реальном проектировании составов бетонных смесей и практическом внедрении в последнее десятилетие нашли шлаки доменной печи и микрокремнезем.

Значительно меньшее практическое применение имеют шлаки цветной металлургии. Отсутствие опытных экспериментов и научной базы по использованию шлаков цветной металлургии делает возможным проведение исследования по изучению влияния шлаков цветных металлов на технические и технологические характеристики бетонной смеси и бетонного камня.

Особое место среди шлаков цветной металлургии по степени загрязнения окружающей среды занимает шлак, полученный в результате плавления меди. Главные центры производства меди находятся на территории Свердловской, Оренбургской и Челябинской областей, Ханты-Мансийского автономного округа и республики Казахстан.

В связи с тем, что в результате плавления меди образуется большое количество отходов, предприятия помимо основной технологической линии по производству черновой меди также организуют утилизацию промышленных отходов. Так, заводы городе Ревда, Кировоград и Красноуральск используют образующиеся в ходе производства сернистые газы для изготовления серной кислоты, которая в дальнейшем служит для производства удобрений.

Карабашский Медеплавильный завод Челябинской области с 2006 года также значительно сократил количество вырабатываемых отходов, однако многочисленные отвалы медеплавильного шлака, складированные с 1837 года, уже более 200 лет занимают территории вблизи окраин города и санитарной зоны ЗАО «КарабашМедь».

К настоящему времени на территории Уральского Федерального округа накопилось 93,199 млн. т. медеплавильного шлака, из которых 17,363 млн. т. расположены в г. Карабаш. [2]

В 1970-80-х годах завод несколько раз безуспешно пытались закрыть или репрофилировать. Приказом Минприроды от 25 июня 1996 года № 299 город Карабаш и прилегающие территории были охарактеризованы как зона экологического бедствия, что в свою очередь делает возможным произвести рациональную утилизацию медеплавильного шлака в качестве добавки для бетона.

Карабашский шлак медеплавильного производства имеет следующий оксидный состав: Fe_2O_3 - 45,7%, SiO_2 - 32,0%, MgO - 4,0%, CaO - 8,9%, Al_2O_3 <1,0%.

Для построения диаграммы зависимости удельной поверхности материала от времени помола был произведен помол гранулированного купершлака в шаровой мельнице МЛ-114. В качестве измельчающих тел использовались стальные шары и цельпесы общей массой 28 кг. Отношение массы измельчающих тел к массе сырья со-

ставило 4:1. В процессе помола производился отбор образцов через каждые 30 минут. Общая длительность помола – 4ч.

Для возможности расчета тонкости помола полученных образцов шлака осуществлялось просушивание в камере при температуре 100 °С в течении 2 ч. Остывание образцов производилось в эксикаторе над кристаллами хлорида натрия.

Для определения удельной поверхности порошкообразных материалов применялся пневматический поверхностнометр Товарова «Г-3». Основа действия данного прибора заключается в исследовании воздухопроницаемости материала.

В результате опыта был получен график зависимости тонкости помола медеплавильного шлака ($\text{см}^2/\text{г}$) от времени помола (ч), представленный на рисунке 1.

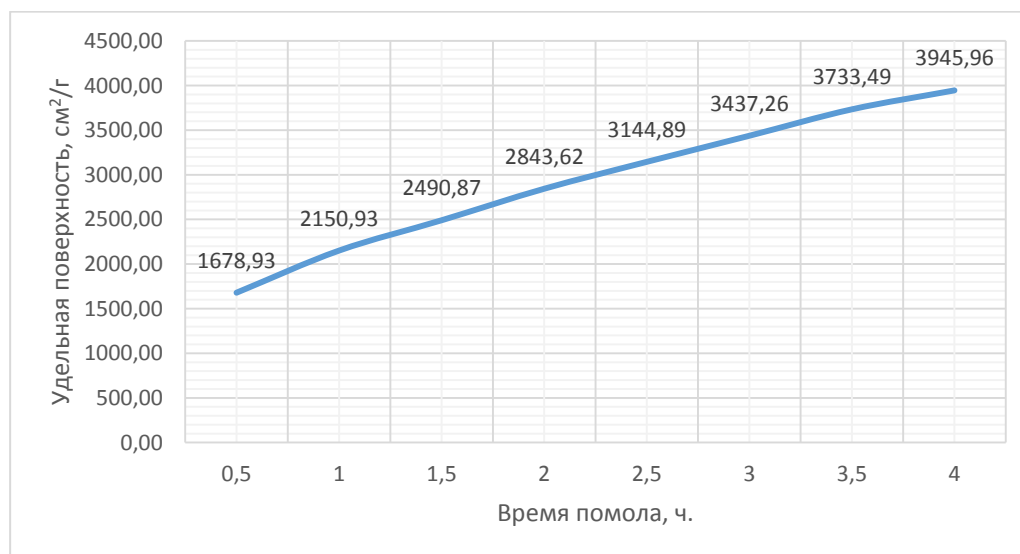


Рис. 1. Зависимость тонкости помола медеплавильного шлака ($\text{см}^2/\text{г}$) от времени помола (ч)

Согласно рис. 1, через 1,5-2,5 часа помола материала, значение удельной поверхности медеплавильного шлака превышает значение удельной поверхности цемента (2500-3000 $\text{см}^2/\text{г}$), что является показателем экономической целесообразности помола данной добавки.

Для дальнейшего исследования влияния тонкомолотого медеплавильного шлака на прочность образцов на осевое сжатие был выполнен опыт с использованием 5% добавки в замесении от массы цемента с получение цементного раствора нормальной густоты. В качестве компонентов бетонных образцов использовались следующие материалы:

- портландцемент производства ЗАО «Осколцемент» ЦЕМ I 42.5Н (ГОСТ 31108-2003, ГОСТ 30515-97) с НГЦТ 27,25 %, активностью (28 сут.) 49,9 МПА.
- песок храмцовского месторождения (пос. Храмцово, Ивановская область) Мкр – 2,73, $\rho_{\text{нас}} = 1620 \text{ кг}/\text{м}^3$, Вп – 6%
- медеплавильный шлак 1-го (Суд - 2150 $\text{см}^2/\text{г}$, $\rho_{\text{нас}} = 1622 \text{ кг}/\text{м}^3$), 2-х (Суд - 2844 $\text{см}^2/\text{г}$, $\rho_{\text{нас}} = 1498 \text{ кг}/\text{м}^3$), 3-х (Суд - 3437 $\text{см}^2/\text{г}$, $\rho_{\text{нас}} = 1424 \text{ кг}/\text{м}^3$) и 4-х (Суд – 3946 $\text{см}^2/\text{г}$, $\rho_{\text{нас}} = 1338 \text{ кг}/\text{м}^3$) часового помола.

Согласно результатам эксперимента, представленным на Рис.2, видно, что при дозировке медеплавильного шлака в количестве 5% наблюдается эффект «микронаполнителя». Заполняя поры между зернами цемента, микронаполнитель в виде тонкомо-

лотого шлака способствует постепенному увеличению прочности образцов, однако дальнейший помол и последующее введение медеплавильного шлака в смесь не является целесообразным, так как при значениях удельной поверхности $\approx 3700-4000 \text{ см}^2/\text{г}$ прирост прочности на сжатие практически не наблюдается. Прочность контрольного образца на осевое сжатие была достигнута при значении удельной около $4000 \text{ см}^2/\text{г}$.

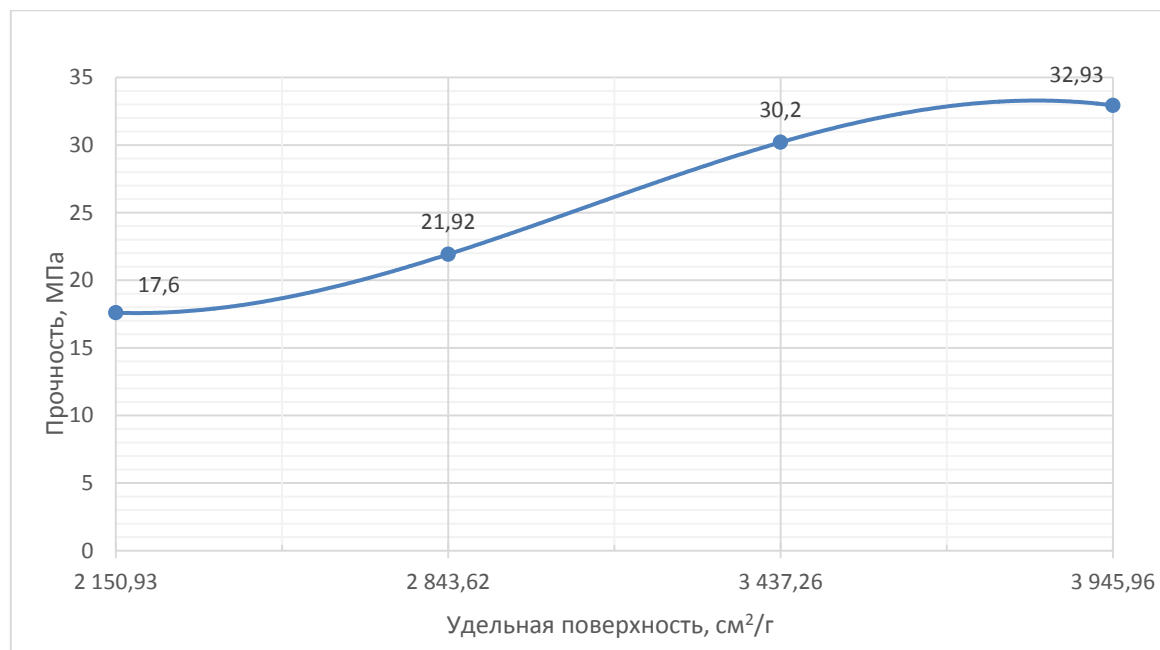


Рис. 2. Зависимость прочности ($\text{см}^2/\text{г}$) от времени помола (ч)

Полученные значения испытания позволяют сделать вывод об экономической целесообразности использования медеплавильного шлака в количестве 5%.

При среднем значении себестоимости в 1245 руб/т шлака в г. Костроме, затратах на электроэнергию при помоле 318 руб/т и амортизационных отчислениях 333,4 руб/т, суммарная стоимость добавки составит 1896 руб/т. Средняя стоимость цемента в г. Костроме 3800 руб/т. Таким образом возможно осуществить замещение 5 % цемента с экономическим эффектом 95,2 руб/т, что подтверждает экономическую эффективность использования медеплавильного шлака в бетоне.

Значение экономического эффекта будет значительно выше для регионов, расположенных в непосредственной близости с местами расположения шлаковых отвалов. Для получения более подробных результатов и изучения влияния тонкомолотого шлака на свойства бетона требуется осуществление дальнейших экспериментов при количестве добавки в интервале 10-30%. Перспективное направление переработки медеплавильных шлаков связано с их активированием для получения химически активных добавок к бетонам. В настоящее время проводятся дальнейшие исследования этого вида отходов металлургического производства.

Данное направление исследования является особенно актуальным для регионов, на территории которых располагаются медеплавильные шлаковые отвалы. Потенциальными потребителями данной разработки являются предприятия по изготовлению бетонных и железобетонных изделий.

Развитие и исследование текущей разработки осуществляется в рамках программы «УМНИК-2015».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гудим Ю.А., Голубев А.А.* Эффективные способы утилизации отходов металлургического производства Урала. / Экология и промышленность России / Журнал №12, 2008. – С.4-8 – М: Изд. Калвис.

2. *Шадрунова И.В., Радченко Д.Н., Матюшенко Г.А.* Особенности технологических свойств гранулированных шлаков медной плавки Карабашского медеплавильного комбината. / Горный информационно-аналитический бюллетень / Журнал №2, 2004. С.338-341 – М: Изд. Горная книга.

Майорова А.А., Матков К.В., магистранты кафедры ТКМиПХ

Никушкина Т.П., главный конструктор

ПТИ ООО «А-Проект.к»

Научные руководители —

Жуков А.Д., канд. техн. наук, доц.

Зеленичиков Д.Б., аспирант

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ИЗОЛЯЦИЯ СКАТНОЙ КРОВЛИ

Изоляционная оболочка здания — гарант энергосбережения, при этом, эффективность энергосберегающих мероприятий определяется и оптимизированной толщиной теплоизоляционного слоя, и долговечностью строительной системы как таковой [1]. Долговечность строительной системы с утеплением зависит от группы факторов: корректным проектом, качеством монтажа, эксплуатационными характеристиками изделий. Необходимо отметить, что эксплуатационная стойкость, даже высококачественной теплоизоляции, зависит от проектного размещения материалов в конструкции и условий, в которых происходит их эксплуатация [2].

Обеспечение эксплуатационной стойкости утеплителя закладывается на стадиях изготовления теплоизоляционных материалов. Здесь является важным: во-первых, ответственное выполнение всех технологических операций, связанных с обеспечением нормативных свойств материалов и, во-вторых, выполнение дополнительных операций, связанных с получением материалов, работающих в условиях конкретной конструкции. Повышение эксплуатационной стойкости может быть достигнуто за счет применения специальных изоляционных изделий, например слоистой структуры [3, 4] или с фрезерованной поверхностью [5, 6].

Полноценная реализация свойств теплоизоляционных изделий и долговечность строительных конструкций определяется грамотным исполнением систем строительной изоляции, свойствами и эксплуатационной стойкостью теплоизоляционных материалов, а так же уровнем воздействия этих материалов на окружающую среду.

В конструкциях фальцевой кровли теплоизоляция укладывается либо между стропилами с сохранением вентиляционного зазора, либо по основанию вентилируемого помещения, либо по периметру утепленного чердачного помещения или мансарды. Механические нагрузки на слой утеплителя незначительны. Возможна комбинированная укладка, сочетающая различные варианты.

В качестве теплоизоляции могут быть использованы следующие группы материалов [7, 8]: плитные изделия и маты на основе каменной ваты; плитные изделия на основе базальтового волокна, плиты из экструзионного пенополистирола (ЭПС-изделия).

В условиях фальцевой кровли теплоизоляция испытывает значительные температурные воздействия (в диапазоне от -40 до $+70$ °С), воздействия, предполагающие эмиссию волокна (при изоляции с вентилируемым зазором), размягчение полимера, воздействия капельной жидкости (в результате прямых протечек или конденсации влаги на металле).

Целью исследований было изучение путей оптимизации теплоизоляционных слоев в системах фальцевой скатной кровли и выбор материалов, в наибольшей степени, отвечающих условиям эксплуатации.

Исследования проводились в лабораторных условиях по следующим в НИИЛ №1 Климатических испытаний НИИ СМиТ МГСУ по направлениям:

- физико-механическое исследование теплоизоляционных плит и матов: прочность на сжатие при 10 % деформации;
- теплофизическое исследование теплоизоляционных плит и матов: теплопроводность при температурах 10 и 25 °С;
- оптимизация параметров изделий для использования в двухслойных теплоизоляционных решениях;

Физико-механические исследования выполнены по методикам, перечисленным в ГОСТ 17177-94 «Материалы и изделия теплоизоляционные. Методы испытаний», ГОСТ 7076-99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме».

Оценка эксплуатационной стойкости минераловатных изделий осуществлялась по методике «МГСУ-РОКВУЛ» испытаний на искусственное старение, которые проводили в климатической камере в течение 180 циклов (замораживание-оттаивание-нагрев).

Результаты эксперимента показали, что климатические циклы оказывают наибольшее влияние на повышение теплопроводности ЭПС-изделий, в меньшей степени — на изделия из каменной ваты) и на теплопроводность изделий на основе базальтового волокна. При этом интегральное изменение плотности не значительно, а наилучшие показатели у ЭПС-изделий, а далее — у изделий на основе каменной ваты. Изменение теплопроводности составляет 2—9 %.

Для ЭПС-плит характерно значительное снижение прочностных показателей в результате климатических испытаний. Причем, чем больше количество циклов «замораживания - оттаивания – нагрева», тем более интенсивно происходит падение прочности. Это может быть объяснено постепенным разрушением полимера в областях максимальных температур климатических испытаний ($+70$ °С).

Установлено, что оптимальными для теплоизоляции являются изделия на основе каменной ваты. Изделия на основе базальтового волокна имеют большую эксплуатационную стойкость, но их начальная теплопроводность выше, чем у изделий из каменной ваты. ЭПС-плиты имеют высокие теплотехнические показатели, темпы снижения которых в результате климатических испытаний не превышают нормативов [9, 10]. Снижение прочностных характеристик ЭПС-плит превышает установленные нормативы и по этому показателю эти изделия не могут быть рекомендованы для теплоизоляции систем скатной фальцевой кровли.

Изучение изменения свойств материала в при искусственном старении показало, что при скоростях воздушного потока до 13 м/с эмиссия волокон незначительна и может не учитываться в последующих расчетах.

Общим критерием, по которому может быть оценена та или иная система строительной изоляции — это функциональность, то есть снижение энергетических затрат в процессе эксплуатации с учетом энергетических затрат на производство материала-

лов, их монтаж и обслуживание систем. Разработанная система изоляции отвечает этому критерию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гагарин В.Г. / Теплозащита и энергетическая эффективность в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // III Международный конгресс. Энергоэффективность XXI век. СПб. 2011. С 187—191.
2. Орлова А.М. / Огнезащита древесины / А.М. Орлова, Е.А. Петрова // Пожаровзрывобезопасность // 2000. Т9. № 2. С. 8—16.
3. Жуков А.Д. / Изделия двойной плотности в изоляционной оболочке зданий / А. Д. Жуков, Т. В. Смирнова, П. К. Гудков // Журнал «Промышленное и гражданское строительство». 2013 № 3. С. 21—23.
4. Румянцев Б.М. / Теплопроводность высокопористых материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков, Т.В. Смирнова // Вестник МГСУ. 2012. №3. С. 108—114.
5. Жуков А.Д. / Локальная аналитическая оптимизация технологических процессов / А.Д. Жуков, А.В. Чугунков // Вестник МГСУ. 2011. № 1—2. С. 273—278.
6. Соков В.Н. / Эффективные трехслойные монолитные изделия с наноструктурированным переходным слоем / В.Н. Соков, А.Э. Бегляров // Строительные материалы // 2013. №11. С. 41—43.
7. Жуков А.Д. / Системы изоляции строительных конструкций / Жуков А.Д., Орлова А.М., Наумова Т.А., Талалина И.Ю., Майорова А.А. // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 213-217.
8. Румянцев Б.М. / Принципы создания новых строительных материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3(23). Режим доступа : vestnik.vgasu.ru. Дата обращения: 2015.05.08.
9. Жуков А.Д. / Экологические аспекты формирования изоляционной оболочки зданий / А.Д. Жуков, А.М. Орлова, Т.А. Наумова, Т.П. Никушкина, А.А. Майорова // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 209—212.
10. Жуков А.Д. / Моделирование свойств высокопористых материалов комбинированной структуры / А.Д. Жуков, Н.В. Наумова, Р.М. Мустафаев, Н.А. Майорова // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №7 С. 48—51.

Мацевич А.В., аспирант 1-го года обучения кафедры ТКМиПХ

Научный руководитель –

Аскадский А.А., д-р хим. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО АБС-ПЛАСТИКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ СМЕСЕЙ

В настоящее время создание новых полимерных материалов идет, как правило, не путем синтеза новых полимеров, а путем создания смесей известных полимеров. Поэтому вопросы предсказания совместимости полимеров на основе их химического строения и фазового состояния и оценке модуля упругости смеси являются наиболее актуальными. Влияние дисперсных частиц на модуль упругости смесей будем описывать с учетом того, что эти частицы играют роль эффективных узлов полимерной сетки (junctions). Обобщенное уравнение для оценки модуля высокоэластичности полимеров выглядит следующим образом [1-4]:

$$E = \frac{3\rho_n RT \left(1 + \frac{\beta}{n}\right)}{M_c} \quad (1)$$

где ρ_n – плотность полимера, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура, n – среднее число повторяющихся звеньев линейной цепи, находящихся в межузловых фрагментах,

$$\beta = \frac{\left(\sum_i \Delta V_i\right)_y}{\left(\sum_i \Delta V_i\right)_{n.36}}, \quad (2)$$

$\left(\sum_i \Delta V_i\right)_y$ – ван-дер-ваальсов объем узла, $\left(\sum_i \Delta V_i\right)_{n.36}$ – ван-дер-ваальсов объем

повторяющегося звена в линейных фрагментах сетки между сшивками.

Уравнение (1) получено в результате анализа сжимаемостей линейных фрагментов полимерной сетки и узлов. Принимая во внимание, что $n = M_c/M_0$, где M_0 – молекулярный вес повторяющегося звена, получаем

$$E = \frac{3\rho_n RT \left(1 + \frac{M_0}{M_c} \beta\right)}{M_c} \quad (3)$$

Когда твердые дисперсные частицы играют роль эффективных узлов сшивки, величина β определяется соотношением:

$$\beta = \frac{v_{dp}}{\left(\sum_i \Delta V_i\right)_{n.36}} \quad (4)$$

где v_{dp} – объем дисперсной частицы.

Если величина $v_{кр}$ выражена в Å^3 , тогда $N_A = 0.6022$. На основании (3) получаем

$$E = \frac{3\rho_a RT \left\{ 1 + \frac{\alpha_3 [V_{m,a} + \alpha_3 (V_{m,dp} - V_{m,a})]}{N_A (1 - \alpha_3) \left(\sum_i \Delta V_i\right)_{п.3в}} \right\}}{M_a N_A (1 - \alpha_3) v_{dp} \alpha_3 [V_{m,a} + \alpha_3 (V_{m,dp} - V_{m,a})]} \quad (5)$$

Формула (5) позволяет провести расчет модуля высокоэластичности в зависимости от концентрации дисперсных частиц, их объема, и всех параметров, таких как средний объем дисперсной частицы v_{dp} , плотность эластомерной матрицы ρ_a и ван-

дер-ваальсов объема повторяющегося звена $\left(\sum_i \Delta V_i\right)_{n3}$ линейных фрагментов, связывающих дисперсные частицы.

На рис. 1 показаны зависимость модуля упругости от объемной доли АБС-пластика.

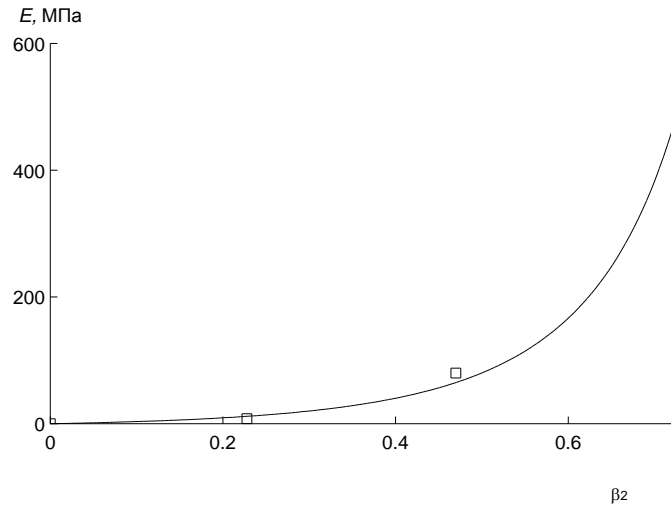


Рис. 1. Зависимость модуля упругости E от объемной доли β_2 АБС-пластика в смеси со СКЭПТ. Кривая получена при объеме эффективного «узла сшивки» $v_{dp} = 500 \text{ \AA}^3$; точки – экспериментальные

При анализе смеси двух твердых полимеров следует использовать соотношение (6) [1-5]:

$$E = \frac{\sum_i \Delta V_i}{\sum \frac{\Delta V_i S_i}{\kappa_i l_i}}, \quad (6)$$

где ΔV_i – ван-дер-ваальсов объем i -го атома в повторяющемся звене; S_i – ван-дер-ваальсова поверхность i -го атома, через которую передается межмолекулярное взаимодействие; κ_i – коэффициент упругости связи i -го атома; l_i – характеристический размер связи.

Для двухкомпонентной смеси полимеров зависимость модуля упругости от мольной доли $\alpha_{m,2}$ полимера 2 выглядит так

$$E = \frac{1 + \alpha_{m,2} \left[\frac{\left(\sum_i \Delta V_i\right)_2}{\left(\sum_i \Delta V_i\right)_1} - 1 \right]}{\frac{1}{E_1} + \alpha_{m,2} \left[\frac{\left(\sum_i \Delta V_i\right)_2}{\left(\sum_i \Delta V_i\right)_1} E_2 - \frac{1}{E_1} \right]} \quad (7)$$

Для смеси АБС-пластика с поливинилхлоридом зависимость модуля упругости от весовой доли АБС-пластика показана на рис. 2.

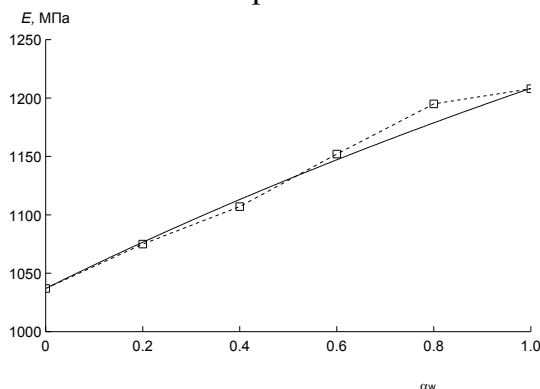


Рис. 2. Зависимость модуля упругости E от весовой доли α_w АБС-пластика.
Точки – экспериментальные

Полученные результаты свидетельствуют об удовлетворительном согласии экспериментальных данных с расчетными, и полученные соотношения могут использоваться для прогнозирования механических свойств полимерных смесей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Askadskii A.A. Computational Materials Science of Polymers. Cambridge. Cambridge International Science Publishing. 2003.
2. Аскадский А.А., Хохлов А.Р. Введение в физико-химию полимеров. М.: «Научный Мир», 2009.
3. Askadskii A.A. Physical Properties of Polymers. Prediction and Control. Amsterdam. Gordon and Breach Publishers. 1996.
4. Аскадский А.А., Кондращенко В.И. Компьютерное материаловедение полимеров, том 1, Атомно-молекулярный уровень. М.: «Научный Мир», 1999.
5. Аскадский А.А., Матвеев Ю.И. Химическое строение и физические свойства полимеров. М.: Химия, 1983.

Михайлов Д.А., студент 4-го курса ИСА

Научный руководитель –

Ефименко А.З., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ

Автоклавный газобетон (АГБ) – это долговечный и практичный строительный материал, обладающий легким весом и отличными изоляционными свойствами. Объемы его производства растут из года в год. Строительные изделия из автоклавного газобетона производятся в виде блоков и плит. Блоки могут иметь прямоугольную или U-образную форму, пазогребневые (замковые) элементы и карманы для захвата, технологические сквозные и несквозные пустоты.

Сфера применения автоклавного газобетона очень широка. Газобетонные блоки используются в качестве несущих и самонесущих элементов наружных стен зданий с любыми режимами влажности (сухим, нормальным и влажным) и внутренних стен и перегородок в помещениях с относительной влажностью до 75%. При относительной

влажности выше 75% для внутренних поверхностей стен необходимо пароизоляционное покрытие. Свойства автоклавного газобетона позволяют использовать его в строительстве жилых домов, коммерческой недвижимости, промышленных объектов, медицинских учреждений, школ, гостиниц и прочих. Преимущества использования автоклавного газобетона перед другими популярными строительными материалами:

- широкое разнообразие размеров и конфигураций;
- легкость – вес газобетонных изделий в среднем на 50% меньше, чем у других строительных материалов аналогичных размеров;
- прекрасная звукоизоляция за счет пористой структуры;
- высокий уровень теплоизоляции;
- простота обработки и быстрота монтажа.

Производство в России газобетона улучшенного качества, с более точными геометрическими размерами и более высокими физико-механическими свойствами осуществляется в основном на новых современных технологических комплексах (формования, резки, кантования, упаковки и так далее).

Потребности российского рынка в качественных, недорогих и простых в обработке строительных материалов, в том числе автоклавном газобетоне, увеличиваются с каждым годом. Это связано как с ростом в отдельных сегментах строительной отрасли, так и с неблагоприятной внешней экономической ситуацией, заставляющей застройщиков и инвесторов искать эффективные способы оптимизации затрат. На этом фоне закономерным и прогнозируемым выглядит рост производства автоклавного газобетона в России.

С середины 2000-х годов и по настоящее время вступают в строй технологические линии большой мощности (Можайск, Дмитров, Старая Купавна, Егорьевск, Малый Ярославль и другие) основных европейских производителей Wehrhahn, Masa-Henke, Несс ААС, Nebel и другие, модернизируются существующие производства.

Из общего объема производства автоклавного газобетона на долю заводов с импортным оборудованием приходится около 79,3 %.

Производство автоклавного газобетона в России больше чем в странах Европы и СНГ. Но по показателю выпуска АГБ на душу населения наша страна (0,069 м³/чел.), уступает Белоруссии (0,0338 м³/чел.), Польше (0,141 м³/чел.), но превосходит Германию (0,028 м³/чел.) [2].

Коэффициент использования мощностей (отношение фактического выпуска в 2012 г. к установленным мощностям) в целом по предприятиям составило 74,7 %.

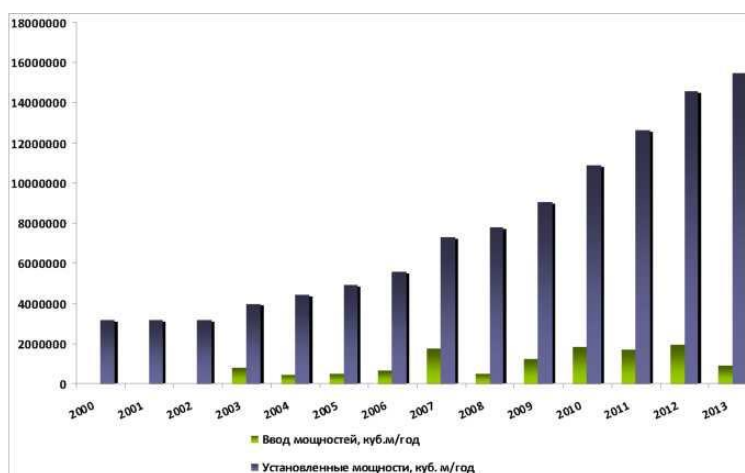


Рис.1. Ввод мощностей по производству АГБ. Установленные мощности

Так, по данным исследования, проведенного Национальной ассоциацией производителей автоклавного газобетона (НААГ) «Анализ рынка автоклавного газобетона в России, итоги 2013 года», в 2013 году в России было произведено 11,3 млн. куб. м изделий, что на 13,6% больше, чем в 2012 году. В 2014 г. выпуск АГБ увеличился на 7,8 %. Рост объемов производства обусловлен вводом новых мощностей на основе импортных технологий и оборудования.

На сегодняшний день доля газобетона на рынке стеновых материалов достигла 38,2% (по данным ФСГС) и впервые превысила совокупную долю строительной керамики (38,1%). АГБ выпускался, главным образом, с маркой по плотности D500 и D600 (в сумме 88 %). Усредненный показатель плотности всех изделий из АГБ, произведенных в 2014 г., составил 509 кг/м³



Несмотря на общее замедление темпов экономического роста в стране, производство автоклавного газобетона увеличивается и в 2015 году. Специалисты прогнозируют, что выпуск автоклавного газобетона будет повышаться, и спрос на него продолжит устойчивый рост.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С. «Итоги работы предприятий по производству автоклавного ячеистого бетона в 2013 г.» // Технологии бетонов. 2014. №4. с 44-47.
2. Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И., Куликова Н.О. «Анализ рынка автоклавного газобетона в России» // Строительные материалы. 2013. №7. с.40-44.
3. Ефименко А.З. «Управление предприятиями стройиндустрии на основе информационных технологий» / Монография: - М.: Издательство АСВ, 2009.304с.
4. Ефименко А.З. «Развитие и выявление резервов мощности предприятий стройиндустрии». // Монография: М.: МГСУ, 2012. 198 с.
5. Орлова А.М., Григорьева Л.С., Волов А.Д., Крюкова В.М. Разработка системы газообразователей для поризованных гипсов // Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 304-308.
6. Румянцев Б.М., Орлов А.В., Пилипенко А.С., Барыбин А.А. Поризованный гипсовый материал с добавлением фотокатализатора - диоксида титана. Патент на изобретение RUS 2548628 26.12.2013
7. Соков В.Н., Жабин Д.В., Бегляров А.Э., Землянушинов Д.Ю. Теоретические основы получения ячеистых бетонов из пеномасс, активируемых гидротеплосиловым полем // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 18-19.
8. Sokov V.N., Sokov V.V. Fibrous corundum products with superior erosion resistance // Новые огнеупоры. 2012. № 3. С. 73.

Морозова М.В., аспирантка ИСА

Научные руководители –

Айзеништадт А.М., д-р хим. наук, проф.

Махова Т.А., канд. хим. наук, доц.

ФГБОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ САПОНИТ-СОДЕРЖАЩЕГО ОТХОДА НА ПРОЧНОСТНЫЕ И МОРОЗОСТОЙКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Реализация программы развития территорий арктического региона, связана с использованием высокоэффективных строительных композитов предназначенных для эксплуатации в суровых климатических условиях.

Для мелкозернистого бетона одним из ключевых свойств в этом плане является морозостойкость. Важным технологическим параметром, определяющим получение бетона с высокой морозостойкостью, является водоцементное (В/Ц) отношение [1].

В работе [2] нами обоснованно использование в качестве добавки, регулирующей В/Ц в процессе твердения бетонного композита, высокодисперсного сапонит-содержащего материала (ССМ) – отхода процесса обогащения кимберлитовых руд месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова. Параметр, определяющий водопоглощение рассчитывали, как отношение изменения объема реакционной смеси «ССМ-вода», после фиксированного времени выдержки (ΔV) к массе опытной пробы (m).

Целью исследований является разработка состава для получения морозостойких мелкозернистых бетонов с использованием добавки на основе сапонит-содержащего материала путем регулирования водоцементного отношения.

ССМ, выделенный по методике [3] из суспензии оборотной воды процесса обогащения кимберлитовых руд был высушен до постоянной массы при температуре 105⁰С. Процесс диспергирования, подготовленной таким образом пробы, проводили на планетарной шаровой мельнице Retsch PM100 сухим помолом (420 об/мин). Для диспергирования использовали карбид вольфрамовые размольные тела (20 шт.). Полученные размерные характеристики образцов приведены в таблице 1. В качестве основной фракции была выбрана проба со средним размером частиц 445±40 нм.

Размер частиц определяли на анализаторе размера субмикронных частиц и дзета - потенциала Delsa Nano Series Zeta Potential and Submicron Particle Size Analyzers (Delsa Nano) методом измерения динамического и электрофоретического светорассеяния. Все образцы высокодисперсного ССМ были охарактеризованы по величине удельной поверхности $S_{уд}$ методом сорбции азота на анализаторе Autosorb-iQ-MP (таблица 1). Подготовленные пробы сапонит-содержащего материала хранили в эксикаторе над слоем безводного хлорида кальция.

Таблица 1

Время диспергирования и характеристики фракций образцов ССМ

№ фракции	Время диспергирования проб, мин.	Средний размер частиц, нм.	Удельная поверхность $S_{уд}$, м ² /кг
1	5	1 113±23	18 610±10
2	10	827±52	19 810±10
3	30	764±43	21 210±20
4	60	591±28	35 280±30
5	90	445±40	50 670±20

На рисунке 1 представлено распределение одной из фракций, которое показывает равномерность распределения частиц в этом диапазоне.

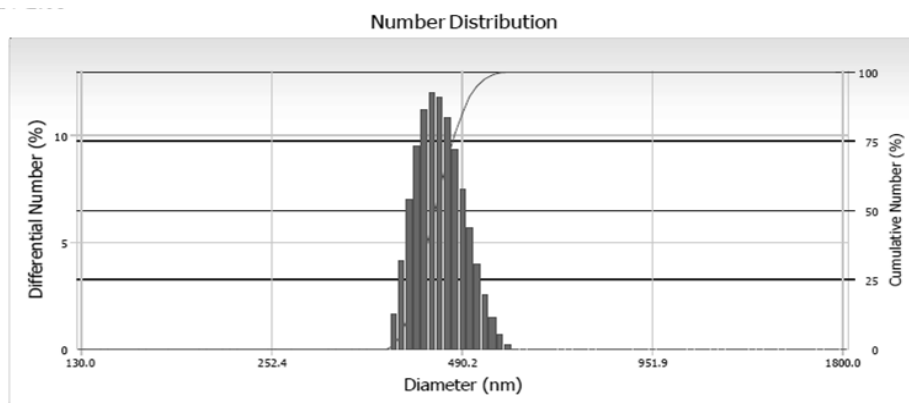


Рис. 1. Размерное распределение частиц в опытном образце ССМ, полученное на анализаторе Delsa Nano

На рисунке 2а представлены функциональные зависимости удельного массового изменения объема реакционных систем (q) от времени их выдержки (τ), которые показывают наличие активного, прямолинейного участка водопоглощения в первые 10 мин эксперимента. Аппроксимация полученных функциональных зависимостей различными полиномами показала, что наиболее высокие значения коэффициента достоверности аппроксимации (R^2) имеет уравнение третьей степени:

$$q_a = 2 \cdot 10^{-5} \tau^3 - 0.0022 \tau^2 + 0.0641 \tau, \quad R^2 = 0.99 \quad (1)$$

Дифференцирование уравнения (1) по времени позволило получить математические выражения для расчета скорости процесса водопоглощения опытных образцов высокодисперсного сапонит-содержащего материала.

На рисунке 2б приведены зависимости скорости процесса водопоглощения опытных образцов ССМ от времени, которая показывает, что через 30 мин эксперимента опытные образцы материала достигают максимального водонасыщения.

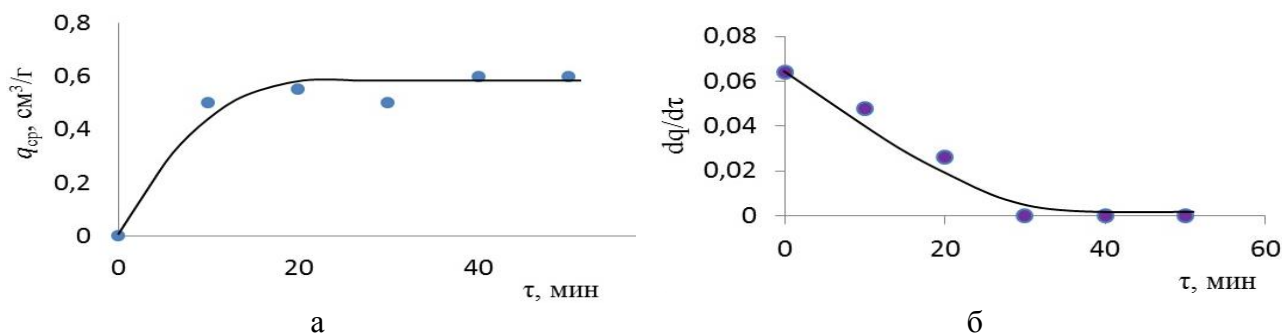


Рис. 2. Функциональные зависимости для ССМ со средним размером частиц 445 нм:
а) вида $q=f(\tau)$; б) вида $dq/d\tau = f(\tau)$

Полученные математические зависимости для всех размерных фракций сапонит-содержащего материала, которые связывают массу, количество поглощаемой воды и размерные характеристики частиц. На основе этого установлено, что наибольшим водопоглощением обладают фракции с размером частиц менее 600 нм.

Для создания опытных образцов бетона использовался рассчитанный состав композита с учетом В/Ц =0,5 (контрольные образцы) и В/Ц=0,7 (опытные образцы с добавкой ССМ). Для определения плотности бетонных заготовок использовали формы, размерами 70×70×70 мм. Твердение композита осуществлялось в естественных условиях в течение 28 суток.

Испытания на прочность бетонных кубиков проводились на прессе ИП-1250. В момент разрушения образца отмечалась наибольшая величина нагрузки и деформации. Предел прочности при сжатии определяли, как среднее арифметическое по трем параллельным измерениям. Среднее значение максимальной нагрузки образцов контрольного состава составила 5,66 Н/мм² (модуль упругости 8,39 МПа), а образцов основного состава 17,36 Н/мм² (модуль упругости 25,97 МПа). Полученные данные, показывают, что использование добавки увеличивает прочность композита в три раза.

Испытания на морозостойкость осуществлялись путем попеременного замораживания и оттаивания образцов в ваннах с 5% раствором хлорида натрия (таблица 2).

Цикл имел следующие режимные параметры: замораживание в течение 2,5 часов при температуре $-(50\pm 2)$ °С; оттаивание в течение $(2\pm 0,5)$ часов при температуре (20 ± 2) °С. Показателем морозостойкости являлось изменение массы образцов, которое не должно превышать 2% от первоначальной. Для замораживания бетонных образцов использовалась камера тепла и холода «ТХВ-64».

Таблица 2

Показатели марки по морозостойкости бетонных образцов

Количество циклов (марка)	Контрольный состав		Основной состав	
	Максимальная нагрузка, Н/мм ²	Модуль упругости, МПа	Максимальная нагрузка, Н/мм ²	Модуль упругости, МПа
75 (F75)	5,11	7,72	23,73	32,43
100 (F100)	6,84	12,59	22,94	30,56
150 (F150)	3,00	4,36	22,20	30,50

Результаты испытаний опытных образцов бетона показали, что при добавлении высокодисперсного сапонит-содержащего материала в композиционную смесь бетон способен выдержать не менее 150 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Выводы

1. На основании полученных данных установлено, что опытные образцы сапонит-содержащего материала характеризуются максимальным водопоглощением в течении 30 минут контакта с водой. Разработан состав, регулирующий В/Ц отношение, для получения бетонной смеси с добавкой ССМ. Определено оптимальное количество добавки, которое составляет 7% от массы смеси.

2. Результаты испытаний на прочность при сжатии и морозостойкость показали, что у образцов мелкозернистого бетона с добавкой ССМ прочность увеличилась более чем в 3 раза по сравнению с образцом без добавки, а количество циклов попеременного замораживания и оттаивания выдерживается не менее 150 циклов.

3. Результаты являются основой для дальнейших исследований, связанных с получением и испытанием опытных образцов бетонных композитов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.: Изд. АСВ, 2002 г. С.500.
2. *Морозова М.В., Айзеништадт А.М., Тутьгин А.С.* Водопоглощение сапонитсодержащих отходов обогащения кимберлитовых руд. Промышленное и гражданское строительство, 2013, № 11, с. 29-31.
3. *Тутьгин А.С., Айзеништадт М.А., Айзеништадт А.М., Махова Т.А.* Влияние природы электролита на процесс коагуляции сапонит-содержащей суспензии. Геоэкология, 2012, № 5, с. 379-383.

Новикова М.С., студентка 4-го курса 31 группы

Научный руководитель –

Трескова Н.В., канд. техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ПЕНОСТЕКЛО – СОВРЕМЕННЫЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

В настоящее время рынок строительных материалов предоставляет широкий выбор теплоизоляционных изделий. Выбор материала определяется рядом параметров, среди которых наиболее приоритетными в последнее время считаются: долговечность, энергоэффективность и экологичность.

Сравнительно недавно на современном рынке появился материал, получивший популярность среди ряда потребителей, благодаря своим исключительным свойствам и показателям. Таким материалом является пеностекло.

Пеностеклом называется жесткий материал с ячеистой структурой, обладающий высокой пористостью и получаемый способом высокотемпературного вспенивания размягченного натрий-кальций-силикатного стекла, представляющий собой высокократную пену, дисперсионной средой которой является стекло.

Производство пеностекла включает следующие этапы: варка стекла и подготовка стекольного гранулята, приготовление шихты, вспенивание и отжиг, обработка и упаковка.

Стекло, применяемое в качестве сырья при производстве пеностекла, должно удовлетворять ряду требований, зависящих от технологии производства. Температура размягчения стекла должна быть достаточно низкой, а снижение вязкости с ростом температуры – медленным. Порошкообразное стекло не должно кристаллизоваться до полного завершения вспенивания пеностекла. Рекомендуемый химический состав стекла: SiO_2 - 73%, Al_2O_3 - 1%, CaO – 6%, MgO – 4%, K_2O – 16%, SO_3 - 0.5% [1].

При производстве пеностекла могут быть использованы следующие виды сырья: отходы стекольного производства, бой оконного или тарного стекла, гранулят специально сваренного стекла, легкоплавкие горные породы, содержащие щелочи [2].

Снижение стоимости гранулята может быть достигнуто за счет замены кальцинированной соды и глинозема дешевыми щелочесодержащими горными породами и отходами производства. Среди этих материалов наиболее популярны:

перлиты, андезиты, нефелины, вулканических перлы, легкоплавкие озерные глины, а также золы ТЭС и другие отходы производства.

Газообразователи должны соответствовать следующим требованиям: температура выделения газа должна быть на 50-70°C выше температуры размягчения стекольного порошка; выделение газа должно быть равномерным в том количестве, которое будет обеспечивать необходимое давление в стекломассе; газообразователи должны быть недефицитными и нетоксичными. Всем вышеперечисленным условиям соответствуют углеродистые вещества (антрацит, кокс, полукокс, ламповая сажа); карбонаты (известняк, мрамор, мел); карбиды кальция и кремния (Ca_2C и SiC); пиролюзит (MnO_2) и селитра (NaNO_3).

Сущность порошковой технологии производства

Основной технологией производства пеностекла является т.н. «порошковая»[3]. Сущность порошкового способа заключается в следующем: шихту, которая состоит из перемолотого стекла и газообразователя (0,5-3 % от массы стекла), засыпают в формы, нагревают до вспенивания при температуре 600 °C и охлаждают. Поры в стекломассе образуются в результате выделения газов. Диаметр образовавшихся пор течением времени возрастает, так как на пленки стекла действует давление газа, растягивающее их, вследствие чего объем стекломассы значительно увеличивается. Как только масса достигает нужного объема, температуру в печи снижают, чтобы прекратить процесс разложения газообразователя и зафиксировать полученный объем и структуру. На ряду с химическим составом стекла и видом газообразователя на структуру, а следовательно, и на свойства пеностекла влияют такие технологические факторы, как тонкость помола стекла и количество газообразователя, температура и продолжительность вспенивания.

Увеличение количества газообразователя в допустимых пределах приводит к уменьшению значения средней плотности, но при этом увеличивается диаметр пор. При введении более 3-5 % газообразователя получается пеностекло с неоднородной крупнопористой структурой из-за высоких давлений, развиваемых газовой фазой при нагревании.

Температура на структуру пеностекла влияет следующим образом: чем выше температура вспенивания, тем меньше средняя плотность. Это происходит вследствие снижения вязкости и с увеличением времени разложения газообразователя. Повышение температуры допустимо до определенного предела, выше которого вязкость стекломассы уменьшается до такого критического значения, что стенки пор прорываются и образуются очень крупные пустоты. Чем длительнее процесс вспенивания при одной и той же температуре, тем меньше средняя плотность пеностекла вследствие образования слишком большого количества газовой фазы. Увеличивая продолжительность спекания при относительно низких температурах, можно получить те же результаты, что и при кратковременном спекании, но при более высоких температурах.

Технология производства пеностекла

Варку стекла осуществляют в ваннных печах. До варки сырьевые компоненты подвергают предварительной обработке, как и при производстве стекловолокна.

Приготовление шихты включает следующие операции. Стекольный гранулят измельчают на щековых и молотковых дробилках до фракций 1-3 мм. При использова-

нии газообразователя в кусках необходимо его тоже измельчить до зерен размером, не превышающим 1 мм. Затем осуществляют совместный помол и гомогенизацию стекла и газообразователя в шаровых двухкамерных мельницах непрерывного действия. Удельная поверхность шихты должна составлять 5000-7000 см²/г. Размалывать следует в мельницах с керамической или кремниевой футеровкой и кремниевыми мелющими телами во избежание загрязнения металлом. Вспенивание и отжиг можно осуществлять несколькими способами: получение пеностекла в формах из жаростойкого металла одно- и двухстадийным способом; получение пеностекла без форм конвейерным способом на металлических жаростойких поддонах или лентах. При одностадийном способе производства формы наполняют шихтой и устанавливают на вагонетки, они, в свою очередь, поступают в туннельные печи, в которых проходят зоны вспенивания и отжига. Примерный режим вспенивания: подъем температуры от 650 до 820 °С – 1,6-2 ч; выдержка при 820 °С – 1-1,2 ч; снижение температуры до 650 °С – 1-1,5 ч; снижение температуры до 470 °С – 8-9 ч; снижение температуры до 50 °С – 6-7 ч. При двухстадийном способе формы, наполненные шихтой поступают в печь вспенивания, где нагреваются до образования пористой структуры, затем происходит охлаждение до 600 °С, чем достигается стабилизация пористой структуры. На выходе форм из печи из них извлекают блоки пеностекла и направляют в печь для отжига, а пустые формы снова наполняют шихтой и отправляют их в печь для вспенивания. Перед засыпкой шихты формы подготавливают, а именно: смазывают каолиновым составом.

Вспенивание производится в туннельных печах муфельного или полумуфельного типа с подполовыми топками. Печи, как правило, имеют три зоны: подогрева, вспенивания и стабилизации. Примерный режим вспенивания: подъем температуры от 550 до 800°С – 0,8-1,0 ч; выдержка при 800 °С – 1 ч; снижение температуры до 620 °С – 0,25-0,3 ч; выдержка при 620°С – 0,7-0,8 ч.

Цель отжига блоков из пеностекла заключается в медленном охлаждении их – от температуры спекания до температуры окружающего воздуха. Благодаря этому объем блоков уменьшается равномерно, что предохраняет их от возникновения внутренних напряжений, образующихся при быстром охлаждении, которые впоследствии могут вызвать трещины и другие деформации материала. При отжиге рекомендуется применение конвективных печей. Температурный режим отжига пеностекла: снижение температуры от 600 до 400 °С – 7 ч; от 400 до 200 °С – 4 ч. Конвейерный способ производства заключается в непрерывной подаче шихты на конвейер из жаростойких элементов - поддонов, загнутых с обеих сторон. Поддонысоединены между собой встык и образуют желоб. По мере продвижения желоба в печи шихта нагревается, вспенивается и образует ленту пеностекла. Ровная поверхность ленты пеностекла создается прокаткой валиками. На выходе из печи вспенивания от ленты пеностекла дисковой пилой отрезают плиты заданных размеров. Плиты автоматически передаются в печь отжига.

Виды пеностекла на отечественном рынке

Плитное пеностекло является изделием, обладающим точными геометрическими размерами и формами. Оно состоит из газонаполненных ячеек, разделенных тонкими стеклянными перегородками.

Блочное пеностекло существует на современном рынке в следующих формах: блоки, плиты, фасонные изделия из пеностекла (скорлупы).

Гранулированное пеностекло производится в виде частиц, имеющих близкую к сферической форму. Наружная поверхность пеностекляных гранул является оплавленной в отличие от ячеистого строения объема частиц.

Используется как универсальный засыпной утеплитель, заменяет керамзит и используется как засыпка для кирпичных стен с колодцевой кладкой

Гранулированное пеностекло существует на современном рынке в следующих формах: гравий, щебень, песок [4].

Изделия из пеностекла обладают уникальным рядом свойств, а именно: низкой теплопроводностью (0,04 - 0,08 Вт/мК), высокой прочностью на сжатие (0,7- 2МПа) и морозостойкостью (> 100 циклов); не дают усадки во время эксплуатации, негорючи (НГ), благодаря своей структуре устойчивы к воздействию воды и пара (водопоглощение < 5% от общего объема материала) и различных грибков и микроорганизмов; экологичны и долговечны (срок службы более 100 лет) [5].

Уникальный набор свойств пеностекла дает возможность применять данный материал достаточно широко. Он может эффективно использоваться даже там, где применение других теплоизоляционных материалов затруднено, малоэффективно или даже невозможно.

Применение пеностекла распространено в различных отраслях промышленности и ЖКХ: в нефтегазовой, химической, нефтехимической в виде сегментов, полуцилиндров, секторных элементов. Эти изделия также применяются для изоляции технологических трубопроводов, фланцевых соединений и запорной арматуры с положительными и отрицательными температурами рабочей среды. В строительных системах пеностекло наиболее целесообразно использовать в фасадных конструкциях, в конструкциях плоской и скатной кровли [6], [7].

Особенности использования пеностекла в России делают материал особенно перспективным в связи со спецификой климатических условий. В связи с высокой долей расходов на теплопотери в жилом и промышленном фонде, одной из основных задач по снижению общих затрат на эксплуатацию жилья, является трехкратное увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций, в первую очередь за счет использования эффективных и надежных теплоизоляционных материалов. В российских климатических условиях применение пеностекла является одним из оптимальных решений данной проблемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлова А.М., Петрова Е.А./Химия силикатов/. Учебное пособие. Издательство МГСУ. 2010.
2. Орлова А.М., Попова М.Н. Современные проблемы твердых бытовых отходов. – Монография. - Москва, 2010.
3. Жуков А.Д. /Технология теплоизоляционных материалов. Часть 1. Теплоизоляционные материалы. Производство теплоизоляционных материалов/ Учебное пособие. М. Издательство МГСУ. 2011.
4. Китайгородский И.И., Кешишян Т.Н. /Пеностекло/ М.: -Промстройиздат, 1953. — 78 с.
5. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. /Технология теплоизоляционных материалов: учебник для вузов/ М.: Стройиздат, 1980 — 212 с.
6. Румянцев Б.М. / Системы изоляции строительных конструкций/ Б.М.Румянцев, А.Д. Жуков / Учебное пособие. М. Издательство МГСУ 2013 — 672 с.
7. Жуков А. Д./Системы изоляции строительных конструкций/Орлова А. М., Наумова Т. А., Талалина И. Ю., Майорова А. А.Научное обозрение. 2015.

8. Орлова А.М., Петрова Е.А. Огнезащита древесины// Пожаровзрывобезопасность. 2000. Т. 9. № 2. С. 8-16.
9. Solovieva E.V., Golovanov A.V., Orlova A.M., Slavin A.M., Popova M.N. About technologies of building materials production on the basis of used polymers // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 4. С. 56-57.
10. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В. Теплопроводность высокопористых материалов// Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 108-114.
11. Соков В.Н., Бегляров А.Э., Жабин Д.В., Землянушинов Д.Ю. О возможностях создания эффективных теплоизоляционных материалов методом комплексного воздействия на активные подвижные массы гидротеплосиловым полем//Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 9. С. 17-18.

Охотникова К.Ю., аспирантка 1-го года обучения кафедры ТВВиБ ИСА
Научный руководитель –

Фаликман В.Р., канд. хим. наук, проф. кафедры ТВВиБ
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

РОЛЬ И МЕСТО ГЕОПОЛИМЕРНЫХ БЕТОНОВ В СОВРЕМЕННОМ БЕТОНОВЕДЕНИИ

Оживление российской экономики и развитие строительного комплекса страны ведет к увеличению потребности в строительных материалах. Это обуславливает поиск путей снижения их себестоимости, расширения минерально-сырьевой базы за счет использования местных сырьевых ресурсов, а также новых эффективных технологий их производства.

Технология производства самого распространенного на земле строительного материала - бетона, изделий и конструкций на его основе в настоящее время развивается, переживая эволюционные и революционные периоды [1].

В настоящее время портландцемент является основным общестроительным вяжущим веществом. Однако производство портландцемента по обжиговой технологии достаточно энергоемко и сопровождается большими выбросами CO₂. По данным Gigaton Throwdown Initiative (2009), «цементная индустрия ответственна за выбросы примерно 5% общих выбросов CO₂ в атмосферу, или 2,1 гигатонн в год». Действительно, при производстве цементного клинкера в процессе разложения сырьевых компонентов образуется 0,53 кг CO₂ на тонну клинкера, еще 0,37 кг выделяется при сгорании топлива, и таким образом, общая нагрузка на окружающую среду достигает 0,9 т CO₂ / т клинкера. С учетом ежегодного роста объемов производства и применения цемента этот факт представляет значительную угрозу для человечества, в целом.

Существующие на сегодня пути совершенствования производства клинкера, как правило, основаны на повышении энергоэффективности печей и помольных установок, использовании альтернативных источников топлива и сырья, улавливании и использовании CO₂. Снижение содержания клинкера в цементе, в основном, достигается за счет применения активных минеральных добавок природного или искусственного происхождения при одновременном улучшении гранулометрического состава цемента. Хотя в последние годы в цементном производстве достигнуты вполне заметные успехи, похоже, что это направление себя почти исчерпало и вышло на определенное технологическое «плато» [2]. Поэтому создание альтернативных вяжущих и

строительных материалов на их основе для замещения энергоемкого портландцемента остается актуальной задачей для современного строительного материаловедения.

Одним из путей решения вышеизложенных проблем является разработка и широкое внедрение в производство бетонов на вяжущих щелочной активации (ААМ), в том числе с использованием геополимерных вяжущих (геополимерный бетон).

Под вяжущими щелочной активации, в широком смысле слова, принято подразумевать вяжущие системы на основе тонкодисперсных аморфных или кристаллических алюмосиликатных материалов, затворяемых растворами щелочей или солей, имеющими щелочную реакцию (обычно растворами гидроксидов, силикатов или алюминатов натрия и калия) [3].

Геополимеры представляют собой подкласс ААМ, вяжущие свойства которых обеспечиваются преимущественно высококоординированными алюмосиликатами. Для образования геля в качестве первичной фазы имеющееся в наличии вступающих в реакцию количество ионов кальция, как правило, может быть очень низким, обеспечивая формирование псевдоцеолитных сетчатых структур вместо цепей обычно образующихся гидросиликатов кальция. В качестве прекурсоров для геополимерных вяжущих обычно используют низкокальциевые золы-уноса или кальцинированные глины, а в качестве активаторов – гидроксиды или силикаты щелочных металлов.

Строго говоря, портландцементный камень и затвердевшее геополимерное вяжущее имеют различный химический состав и принципиальным образом различаются по структуре. Продукт гидратации цемента – кальциево-силикатный гидрогель, который имеет слоистую тобермори-топодобную структуру, формируемую листами из кальциево-кислородных октаэдров и цепочками из тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ и $[\text{AlO}_4]$, тогда как геополимерный камень представляет собой каркасный алюмосиликат из тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ и $[\text{AlO}_4]$, имеющих общие вершины.

Начало работам в области вяжущих щелочной активации положил Пьюрдон в своем исследовании по влиянию растворов гидроксида натрия на техногенные алюмосиликатные материалы различного состава и морфологии [4]. Развитие этого направления в бывшем СССР было связано, прежде всего, с работами В.В. Глуховского, интенсивно проводимыми в 1960-е годы [5]. Его усилиями были осуществлены первые серьезные попытки широкого внедрения шлакощелочных вяжущих материалов в промышленность.

Потенциально значительные экологические преимущества применения геополимерных вяжущих возникают, в первую очередь, за счет использования вторичного сырья, такого как доменный шлак или золы-уноса. Вовлечение техногенных отходов в хозяйственный оборот вместо природных сырьевых материалов являются для России весьма актуальным и требующим особого внимания, т.к. в горной, энергетической, добывающей, химической, металлургической и других отраслях промышленности РФ накопилось большое количество твердых отходов (по разным оценкам - от 80 до 100 млрд. тонн и более).

Свойства геополимеров (физико-механические и эксплуатационные) функционально связаны с составом и дисперсностью минеральной составляющей, природой и содержанием щелочного компонента, наличием добавок, особенностями структурообразования и другими факторами.

В качестве минеральных составляющих для производства геополимеров используются алюмосиликатные материалы как естественного (горные породы), так и техногенного происхождения (шлаки, золы, микрокремнезем и другие отходы производ-

ства). Из продуктов, не являющихся отходами производства, значительный интерес в качестве основы геополимеров у исследователей вызывает метакаолин ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$), получаемый кальцинацией каолинита при 500–800°C [6]. В отличие от минеральных отходов и побочных продуктов промышленности, метакаолин разных производителей характеризуется стабильностью химического состава, морфологии и дисперсности частиц, и поэтому он часто используется в качестве модельной системы при изучении формирования геополимерного камня.

Технологические аспекты приготовления бетонов на основе вяжущих щелочной активации и их строительно-технические свойства, в основном, аналогичны технологии и свойствам бетонов на основе портландцемента, хотя в синтезе геополимерных бетонов, как правило, всегда требуется дополнительная термическая активация. Температура значительно ускоряет процесс растворения исходного алюмосиликатного каркаса и тем самым оказывает важное влияние на твердение геополимерных композиций, особенно в начальный период реакции [7]. Зола-унос при обычной температуре вступает в реакцию очень медленно и даже через месяц твердения в обычных условиях обеспечивает незначительную прочность. Однако выдерживание свежеприготовленного изделия при 70 – 90°C в течение от нескольких часов до 1 суток позволяет достичь практически конечной прочности, составляющей до 60 – 70 МПа (по некоторым данным, прочность геополимеров может достигать 100 МПа и более) [3].

Бетоны, получаемые на основе вяжущих щелочной активации (геополимеров), обладают низкой проницаемостью и высоким показателем рН поровой жидкости, что обеспечивает хорошую защиту арматурной стали по отношению к хлоридной коррозии. Высокая стойкость геополимеров в агрессивных средах, устойчивость при перепадах температуры делает эти материалы пригодными для работы в неблагоприятных условиях. Так, в соответствии с литературными данными, геополимеры представляют интерес в качестве матрицы для иммобилизации токсичных и радиоактивных отходов. По сравнению с портландцементом, используемым в настоящее время для отверждения ядерных отходов низкой и средней активности, геополимеры обеспечивают большую стабильность защитных оболочек.

Вместе с тем нельзя не признать, что многие публикации о химии и технологии геополимеров носят явно спекулятивный характер, в то время как технические трудности их применения пока еще слишком велики, чтобы использование геополимеров в технологии бетона хотя бы в отдаленной степени приближалось к объемам применения портландцемента. Причинами являются и недостаточная их изученность, особенно с позиций обеспечения долговечности конструкций, и отсутствие нормативной документации, и неоднородность сырьевых материалов, а также многие другие факторы.

Однако существующие подходы к обеспечению устойчивого развития строительства из конструкционного бетона уже явно недостаточны [8]. На смену уже во многом выработавшей себя «цементной стратегии» применения портландцемента и его разновидностей приходят новые, учитывающие последние достижения в области материаловедения, технологии бетона и расчета конструкций на основе их полного жизненного цикла. Они могут стать основой для решения глобальной задачи – сдерживать все возрастающую нагрузку на окружающую среду, обеспечив 50%-ное снижение эмиссии CO_2 и энергопотребления в строительном производстве. Отсюда особую остроту приобретает ставшая крылатой фраза П.К. Мехта: “...будущее индустрии цемента и бетона будет в значительной степени зависеть от нашей способности связать их рост с целью устойчивого развития...” [9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фаликман В.Р. Новые эффективные высокофункциональные бетоны. Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. № 1, 2011, стр. 48-54.
2. Chatterjee, A.K. Chemistry and engineering of the clinkerization process – incremental advances and lack of breakthroughs, Cement and Concrete Research, 41, 2011. pp 624-641
3. Alkali Activated Materials. Ed. by Provis J.L., van Deventer J.S.J. Springer, 2014. 388 p.
4. Purdon A.O. The action of alkalis on blast furnace slag. J. Soc. Chem. Ind. 1940. V. 59. P. 191–202.
5. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев: «Будивельник», 1978.– 184 с.
6. Weng L., Sagoe-Crentsil K. Dissolution processes, hydrolysis and condensation reactions during geopolymer synthesis. J. Mater. Sci. 2007. V. 42. P. 2997–3006.
7. Khale D., Chaudhary R. Mechanism of geopolymerization and factors influencing its development. J. Mater. Sci. 2007. V. 42. P. 729–746.
8. Гусев Б.В., Фаликман В.Р. Бетон и железобетон в эпоху устойчивого развития. Евразийский Союз Ученых. Ежемесячный научный журнал. №2(11). 2015. Часть 2. Стр. 15 – 18.
9. Concrete technology for a sustainable development in the 21st century. Ed. by O.E. GjØrv, K. Sakai. London - New York: E&FNSpon, 2000. 386 p.
10. Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Александрова О.В. Дилатометрический метод анализа структуры наномодифицированных бетонов. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 4. С. 58-61.
11. Каушанский В.Е., Баженова О.Ю., Монахова С.И. Утилизация отходов формовочного гипса в производстве портландцемента. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 10. С. 39-40.
12. Баженова С.И., Алимов Л.А. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности. Вестник МГСУ. 2010. № 1. С. 226-230.

Перцева О.Н., студентка 4-го курса ИСИ

Научный руководитель –

Никольский С.Г., д-р техн. наук, проф.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого»

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы – обоснование экспресс-метода определения морозостойкости бетонных образцов путем повышения информативности их испытания.

Значительный разброс значений предела прочности образцов бетона (коэффициент вариации $\rho \approx 17\%$ [1]) при неизменных условиях их изготовления и испытаний обуславливает случайный разброс значений \bar{R} в пределах $D\bar{R}/\bar{R} = \pm 3r\sqrt{n}$, где n – объем выборки образцов. При этом для доказательства значимости относительного снижения на 0,05...0,15 приходится испытывать до 50 образцов, доверительную вероятность 0,95. Таким образом, основной недостаток базового способа – трудоемкость и малая оперативность, так как продолжительность стандартного термоцикла не менее 4,5 часов [2], а $F \gg 50$.

Также существует дилатометрический экспресс-метод определения морозостойкости бетона [2], в котором морозостойкость определяется по приведенным в ГОСТ таблицах. Но данные таблицы хорошо подходят для бетонов на портландцементе или шлакопортландцементе без добавления поверхностно-активных добавок. Такие бетоны на сегодня используются крайне редко. На сегодня существует широкое количество различных составов бетонов, например, газобетоны [3], высокопрочные бетоны [4] и бетоны с различными добавками [5,6].

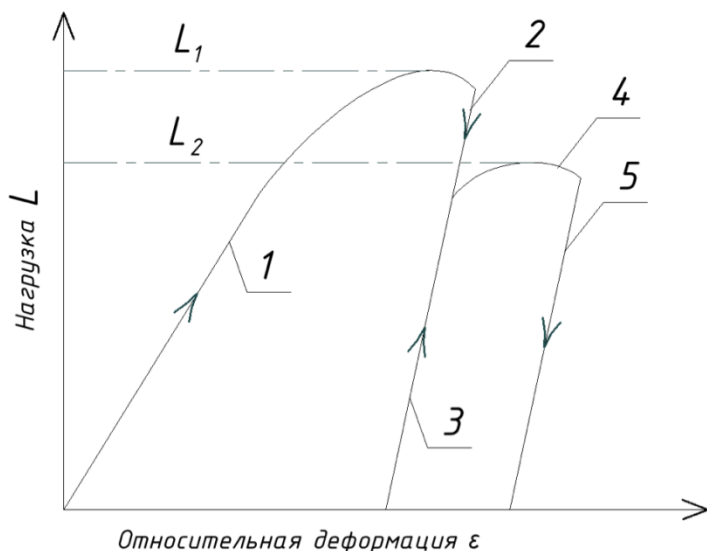


Рис. 1. Режим нагружения образца в условиях одноосного сжатия после термоциклирования: 1 - кривая первого нагружения; 2 – прямая первого разгружения; 3 – прямая второго нагружения; 4 – кривая второго нагружения; 5 – прямая второго разгружения; ϵ_n – относительная продольная остаточная деформация; L_1 – экстремальная нагрузка первого нагружения; L_2 – экстремальная нагрузка второго нагружения

Для устранения этого недостатка был предложен новый способ [7], который реализуют следующим образом. Из одного замеса бетонной смеси по одинаковой технологии готовят несколько образцов, например 5, согласно [8]. Образцы по п.4 [2] насыщают водой, обмеряют и помещают в измерительную камеру дифференциального объемного дилатометра типа ДОД-100-К, а во вторую его камеру помещают стандартный алюминиевый образец. Обе камеры заполняют керосином и герметизируют. Дилатометр с образцами устанавливают в морозильную камеру и после 30 мин выдержки начинают замораживание со скоростью около $0,3^\circ\text{C}/\text{мин}$ до достижения температуры $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Разморозив образец с той же скоростью, по графику показателя разностей объемных деформаций бетонного и алюминиевого образца находят значение остаточной относительной объемной деформации e_{Ti} бетонного образца после каждого i -того термоцикла.

Каждый образец замораживают и размораживают таким образом, по крайней мере, 4 раза. После термоциклирования каждый образец нагружают в условиях одноосного сжатия с заданным темпом до экстремального (максимального) значения нагрузки первого нагружения $L_{\text{макс}} = L_1$ (см.рис.1). Значение $L_{\text{макс}}$ регистрируют по ведомой стрелке динамометра пресса. После полного разгружения без перестановки образца замеряют остаточную деформацию i -того образца в направлении, перпендикулярном сжатию. Относительную остаточную деформацию ϵ_i в направлении, перпендикулярном сжатию, для i -того образца рассчитывают по формуле $e_i = \Delta a_i / a_0$, где a_0 – размер i -того образца до сжатия в направлении, перпендикулярном сжатию; Δa_i – остаточное изменение этого размера.

Повторяют осевое сжатие образца с прежним темпом до значения экстремальной нагрузки второго нагружения L_2 . Для i -того образца рассчитывают отношение z_i относительного снижения предела прочности к относительной остаточной деформации

Каждый образец замораживают и размораживают таким образом, по крайней мере, 4 раза. После термоциклирования каждый образец нагружают в условиях одноосного сжатия с заданным темпом до экстремального (максимального) значения нагрузки первого нагружения $L_{\text{макс}} = L_1$ (см.рис.1). Значение $L_{\text{макс}}$ регистрируют по ведомой стрелке динамометра пресса. После полного разгружения без перестановки образца замеряют остаточную деформацию i -того образца в направлении, перпендикулярном сжатию. Относительную остаточную деформацию ϵ_i в направлении, перпендикулярном сжатию, для i -того образца рассчитывают по формуле $e_i = \Delta a_i / a_0$, где a_0 – размер i -того образца до сжатия в направлении, перпендикулярном сжатию; Δa_i – остаточное изменение этого размера.

Повторяют осевое сжатие образца с прежним темпом до значения экстремальной нагрузки второго нагружения L_2 . Для i -того образца рассчитывают отношение z_i относительного снижения предела прочности к относительной остаточной деформации

в направлении, перпендикулярном сжатию $z_i = (L_{10} - L_{20}) / (L_{1i} e_{0i})$, где L_{1i} и L_{2i} – экстремальная нагрузка i -того образца при первом и втором нагружении соответственно.

Затем рассчитывают среднее $z = \bar{z}_0 / n$, где n – число образцов, значение относительной остаточной деформации ε_m , соответствующей допускаемому стандартот относительному снижению предела прочности по формуле $e_M = [dR/R] / z$, где $[dR/R]$ – допускаемое стандартот относительное снижение предела прочности.

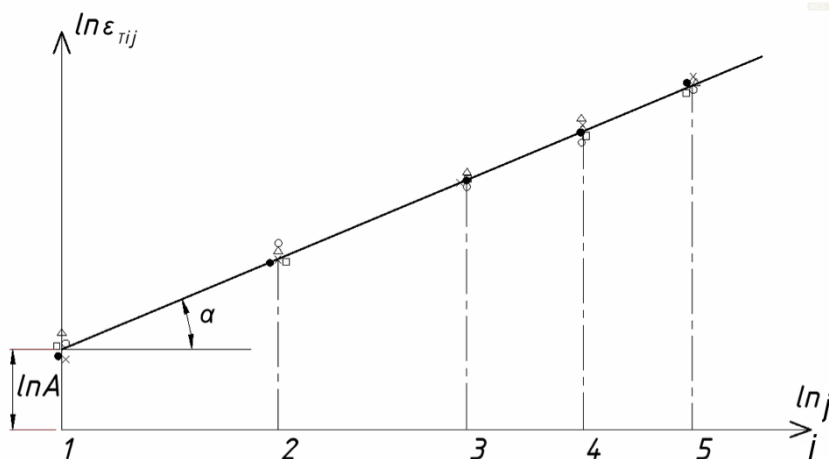


Рис.2. График для определения параметров A и λ зависимости остаточной деформации $\varepsilon_T = A j^\lambda$ по данным об относительных остаточных деформациях ε_{tij} для i -того образца после j -того термоцикла: j – количество термоциклов; A – температурная относительная остаточная деформация после первого термоцикла; α – угол наклона прямой к горизонтали; $\square, \square, \Delta, \square, \times$ -точки, полученные по результатам испытаний, соответственно, I, II, III, IV и V образцов.

По значениям ε_{tij} строят график, аналогичный рис. 2, и с его помощью определяют значения λ как осредненный $\operatorname{tg} \alpha$. По значениям e_{Tj} при последних j -тых образцах рассчитывают среднее $\bar{e}_{Tj} = z_{T2} / j$. В соответствии с (1) при $z = \text{const}$ $e_c = e_1 c^q$, следовательно $e_M / \bar{e}_{Tj} = (F_i / j)^q$. По этой формуле можно рассчитать значения F_i , а затем и оценку морозостойкости испытанного камня $\bar{F} = \bar{z} F_i / n$, где n – количество испытанных образцов.

В частности, способ реализован на 10 образцах-кубах, ребром 10 см в возрасте 88 дней, изготовленных из бетонной смеси такого состава: портландцемент марки 400 – 1 весовая часть, песок – 2 весовые части, гранитного щебня 5...20 мм – 4,5 весовые части, воды – 0,6 весовой части. Экспериментально установлено двумя разными способами для этого бетона в возрасте 88 дней, что после 105 замораживаний-размораживаний, среднее относительное снижение предела прочности составляет 0,142 по способу [9] и 0,16 по первому базовому способу [2]. Следовательно, для такого бетона при допускаемом стандартот относительным снижением предела прочности, равного 0,15, морозостойкости составляет $F_{0,15} = 105$, где $F_{0,15}$ – известное значение морозостойкости при $[dR/R] = 0,15$.

В табл. 1 приведены результаты этих опытов для каждого образца. Среднее для показателей морозостойкостей F_i составило $\bar{F} = 107$. Среднее квадратичное отклонение для значений F_i составило $S = 17$. Следовательно, при вероятности 0,95 доверительный

интервал для \bar{F} составляет $2S_{\bar{F}} = \frac{2 \cdot 17}{\sqrt{10}} = 10,8$, где $S_{\bar{F}}$ - среднее квадратичное отклонение для значений морозостойкости образцов.

Таким образом, можно считать отличие $\bar{F}=107$ от известного значения $F_{0,15}=105$ случайным, а предложенный способ корректным.

Таким образом, показано, что предложенный способ расширяет арсенал технических средств ускоренного определения морозостойкости пористых тел.

Таблица 1

Результаты испытаний по предложенному способу

Номер образца	$\frac{\Delta R}{R}$	$\varepsilon_{0i} \cdot 10^3$	z_i	$\varepsilon_{Ti5} \cdot 10^5$	$\varepsilon_{Mi} / \varepsilon_{Ti5}$	F_i
1	0,093	8,86	10,50	56	24,78	76
2	0,077	6,99	11,02	42	33,04	97
3	0,105	9,91	10,60	40	34,69	102
4	0,081	7,49	10,82	38	36,5	106
5	0,092	7,95	11,57	38	36,5	106
6	0,063	5,83	10,80	37	37,5	109
7	0,114	10,16	11,22	36	38,54	111
8	0,080	7,66	10,40	34	40,81	117
9	0,106	9,53	11,12	33	42,05	120
10	0,096	9,55	10,05	31	44,76	127
Среднее	0,92	8,40	10,81			107

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
- ГОСТ 10060-2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости.
- Vatin N., Gorshkov A., Nemova D., Gamayunova O. and Tarasova D., "Humidity conditions of homogeneous wall from gas-concrete blocks with finishing plaster compounds", Applied Mechanics and Materials, vols. 670-671, pp. 349-354, 2014.
- Ponomarev A., Knezević M., Vatin N., Kiski S. and Ageev I., "Nanosize scale additives mix influence on the properties of the high performance concretes", Journal of Applied Engineering Science, vol. 12, pp. 227-231, 2014
- Korsun V., Vatin N., Korsun A., and Nemova D., "Physical-mechanical properties of the modified fine-grained concrete subjected to thermal effects up to 200°C", Applied Mechanics and Materials, 633-634, pp. 1013-1017, 2014.
- Akimov L., Ilenko N., Mizharev R., Cherkashin A., Vatin N. and Chumadova L., "Influence of Plasticizing and Siliceous Additives on the Strength Characteristics of Concrete", Applied Mechanics and Materials, vols. 725-726, pp. 461-468, 2015.
- Никольский С.Г., Перцева О.Н. Способ определения морозостойкости пористых материалов. Заявка на патент № 2014116713 от 24.04.2014
- Никольский С.Г., Никольская Т.С. Экспресс-методы оценки длительной стойкости бетона // Материалы III МК «Популярное бетоноведение» 27 февраля – 2 марта. СПб. 2009. С.35-43.
- Никольский С.Г. Экспресс-метод контроля эрозии бетона // Инженерно-строительный журнал, № 2, 2008 г. С 40-44.

Першикова М.Ю., студентка 2-го курса

Грабов Г.В., магистрант 2-го года обучения

Научный руководитель –

Петропавловская В.Б., канд. техн. наук

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»

Бурьянов А.Ф., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГИПСОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ИХ СТРУКТУРЫ БАЗАЛЬТОВОЙ ДОБАВКОЙ

В среднем, житель города около 90 % своего времени проводит в помещении, поэтому качество жизни напрямую зависит от безопасности строительных материалов, окружающих человека. Строительные материалы могут представлять серьезную опасность для здоровья человека, это приводит к необходимости обеспечения строительной индустрии безопасными и экологичными материалами.

Строительные материалы могут быть условно разделены на следующие группы: негармоничные – отрицательно сказывающиеся на здоровье человека, и экологичные – безопасные для здоровья и жизни животных, растений и человека.

Негармоничные строительные материалы испускают токсичные газы при старении и нагревании, они способны вызвать целый спектр серьезных заболеваний. К ним можно отнести многие полимерные отделочные материалы, а также изделия, содержащие в своем составе фенол и формальдегид.

Экологичные материалы, наоборот, не содержат токсинов и раздражителей, при повторной переработке не являются опасными. К таким материалам относятся природные материалы, которые встречаются повсеместно – вода, древесина, глина, гипс и т. д. Так, например, гипс на всем жизненном цикле экологически безопасен, даже при переработке в гипсовое вяжущее не выделяет вредных веществ, в отличие от извести и цемента. Гипсовые материалы отвечают современным требованиям по пожарной безопасности, не имеют запаха, не являются аллергенами, способствуют благоприятному микроклимату, поглощая излишнюю влагу и отдавая ее, при сухости [1].

Эффективный способ повышения экологической безопасности строительных материалов – это отказ от использования вредных и токсичных веществ в пользу природных материалов.

Относительно недавно на рынке строительных материалов появились гипсовые 3D панели. Такие облицовочные изделия применяют для внутренней отделки как гражданских, так и жилых помещений, в последнее время они набирают все большую популярность ввиду их экологической безопасности. В производстве панелей используется только минеральное вяжущее, такой состав позволяет организовать комфортные и безопасные условия для проживания.

Армирование гипсовых изделий может повысить их механические свойства, исключить образование трещин при транспортировке.

К способам армирования можно отнести модифицирование добавками в виде углеродных нанотрубок, стекловолокна, фибры, базальтового волокна [2, 3, 4]. Большой интерес представляют технологии, использующие базальтовые волокна. Они достаточно технологичны и имеют высокие механические характеристики. В качестве до-

бавки, повышающей прочность изделий, возможно также применение базальтовой пыли - отхода от производства базальтового волокна.

Такая минеральная модифицирующая добавка позволяет снизить стоимость готовых изделий и утилизировать отходы.

В данной работе исследована возможность получения модифицированного гипсового состава с армирующим компонентом, с последующей возможностью применения в производстве гипсовых 3D панелей.

В качестве исходного материала в исследованиях применялся гипсовое вяжущее – высокопрочный гипс марки Г-16 производства Самарского гипсового комбината. В качестве добавки использовался отход производства базальтового волокна Тверской области, не утилизируемый в настоящее время в реальное производство.

С целью исследования физико-математических характеристик гипсового композита были изготовлены стандартные образцы-кубы и образцы-балочки, которые после твердения были испытаны в стандартные сроки в соответствии с требованиями ГОСТ 23789, а также в возрасте двух суток в воздушно-сухом состоянии. Водогипсовое отношение варьировалось при проведении экспериментов от 0,36 до 0,375 с шагом 0,05.

Результаты исследований зависимости прочности гипсового материала от содержания добавки отходов волокна приведены на рисунке 1.

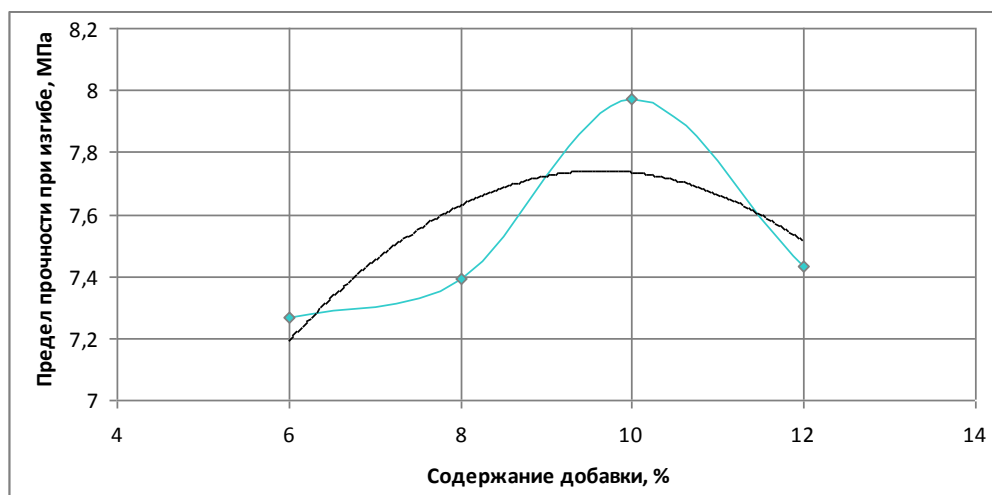


Рис. 1. Влияние армирующей добавки на прочность гипсовых образцов в возрасте 2 часов

Анализ полученных результатов показывает, что дисперсное армирование приводит к росту прочности материала. При введении добавки в количестве от 6 до 10 % предел прочности гипсового композита повышается в среднем на 10 %. В случае дальнейшего увеличения количества добавки значения предела прочности при изгибе понижаются, что объясняется, по-видимому, недостатком воды для полного протекания реакции гидратации гипсового вяжущего [5].

Наибольшее значение прочности при изгибе гипсового камня достигается при содержании добавки базальтового отхода в количестве 10 % и составляет 7,96 МПа, средняя плотность камня при этом достигает значения 1687 кг/м³. Также установлено, что увеличение концентрации добавки в составе сырьевой смеси требует повышения водосодержания сырьевой смеси или дополнительного введения пластификатора.

Результаты исследований зависимости свойств гипсового камня от водосодержания приведены на рисунках 2, 3.

Анализ проведенных исследований показывает, что физико-механические свойства модифицированных гипсовых композитов с базальтовой пылью определяются как содержанием отхода, так и водогипсовым отношением. Наибольшая прочность (58 МПа) достигается при водогипсовом отношении 0,36 (рис. 2), при этом средняя плотность образцов составляет 1647 кг/м³ (рис.3).

Наибольшая плотность достигается при водогипсовом отношении, равном 0,366. Полученные данные показывают, что при малом водосодержании не обеспечивается необходимая формуемость смеси, а при повышении водогипсового отношения более 0,366 в системе присутствует «лишняя вода», которая не участвует в процессе гидратации и, следовательно, способствует повышению пористости изделия.

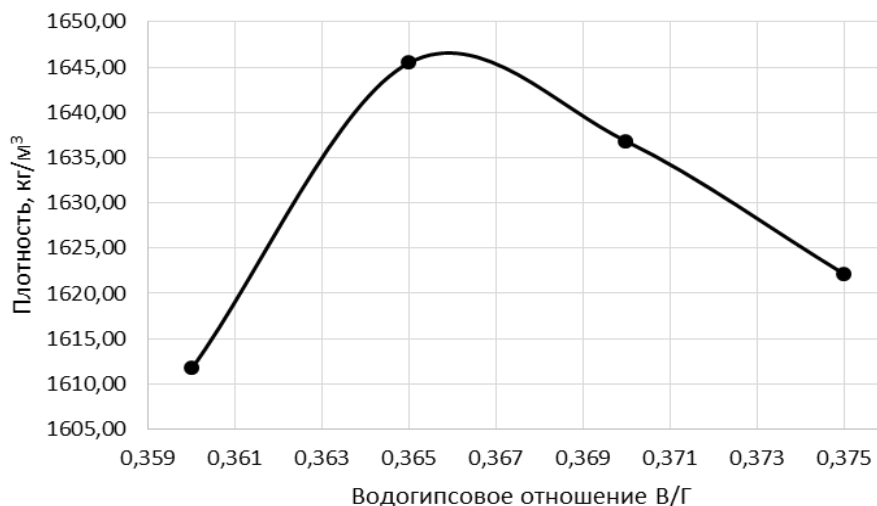


Рис. 2. Влияние В/Г на прочность при сжатии модифицированного гипсового камня

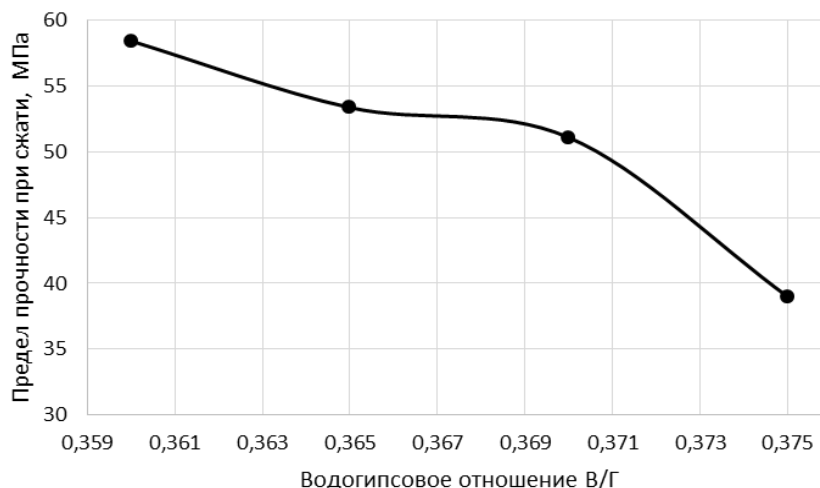


Рис. 3. Влияние В/Г отношения на плотность модифицированного гипсового камня

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что возможно получение эффективных гипсовых композитов с повышенными эксплуатационными свойствами за счет введения модифицирующей добавки – базальтовой пыли, что позволит обеспечить строительную индустрию материалами высокого качества и утилизировать отход производства базальтового волокна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ферронская А.В.* Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) / А. В. Ферронская [и др.]; под ред. А. В. Ферронской. – М.: АСВ, 2004. – 488 с.
2. *Могнонов Д.М.* Улучшение деформационно-прочностных свойств асфальтобетона базальтовыми волокнами / Д. М. Могнонов [и др.] // Строительные материалы, 2012. – №10. – С.28-30.
3. Базальтовое волокно как армирующий материал для сухих строительных смесей / В. С. Лесовик, Г. Г. Ильинская // Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова: БГТУ, 2010. – С. 109-193.
4. *Петропавловская В.Б.* Самоармированные гипсовые композиты / В.Б. Петропавловская, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов, Х.–Б. Фишер, К.С. Петропавловский // Строительные материалы, 2014. – № 7. – С. 19 – 21.
5. *Сагдатуллин Д.Г.* Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов / Д.Г. Сагдатуллин, Н.Н. Морозова, В.Г. Хозин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2009. – № 2 (12). – С. 263-268.

Петропавловский К.С., аспирант

Грабов Г.В., магистрант 2-го года обучения

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»

Научные руководители –

Бурьянов А.Ф., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Новиченкова Т.Б., канд. техн. наук

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»

РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

К сожалению можно констатировать, что одним из самых мощных источников загрязнения жилых и общественных зданий являются строительные и отделочные материалы, применяющиеся в современном строительстве.

В условиях жилых зданий химическая нагрузка относительно невелика, но длительность воздействия максимальна по сравнению с другими средами жизнедеятельности человека. Кроме того, токсические вещества действуют на организм человека не изолированно, а в сочетании с различными факторами: температурой, влажностью воздуха, электромагнитными полями и в случае несоответствия комплекса этих факторов гигиеническим требованиям, внутренняя среда помещений может стать одним из факторов риска.

Одной из составных частей решения этой задачи является внедрение экологически чистых материалов на основе гипса, которые необходимы для создания оптимальных условий повседневной жизни, эффективного отдыха, и при этом абсолютно безвредных для человека.

В свете экологических требований строительные материалы на основе гипсового вяжущего имеют существенные преимущества по сравнению с другими традиционными материалами [1].

Гипс - одно из наиболее ранних вяжущих веществ - на протяжении многих лет повсеместно находит разнообразное применение в строительстве с учетом его свойств, а так же экономических и других местных условий.

Проблема получения тонкостенных материалов и изделий на основе гипса требует повышения механических свойств применяемого вяжущего, в первую очередь – предела прочности при изгибе. Упрочнение гипсового камня, модифицированного сульфатными и сульфоалюминатными добавками (модификаторами), может привести к образованию этрингита и, как следствие, к самоармированию гипсовой матрицы [2].

Однако свойства композита определяются также и свойствами самой твердеющей гипсовой матрицы. Процесс конденсации растворенного вещества в процессе твердения гипса наиболее активно будет происходить в местах контактов частиц, где кривизна будет максимальна, что ведет к образованию фазового контакта между частицами. Твердое вещество конденсируется самопроизвольно, без энергозатрат вследствие физико-химической однородности подложки и новообразования. Такие области являются активными центрами кристаллизации [3, 4].

Для формирования максимального количества кристаллизационных контактов в системе на основе полуводного гипса необходимо, как и в случае негидратационного твердения, сочетание зерен полугидрата различного размера в твердеющей системе. Такие сочетания могут в процессе направленного роста кристаллов дигидрата приводить к повышению прочности гипсовой матрицы [3].

Следовательно, высокая прочность получаемого материала может обеспечиваться увеличением числа кристаллизационных контактов, что в свою очередь требует подбора оптимального гранулометрического состава вяжущего.

Целью настоящей работы явилось исследование возможности снижения энергозатрат при производстве гипсовых материалов на основе гипса за счет активизации процесса структурообразования путем подбора оптимального гранулометрического состава.

В качестве основного сырьевого компонента в работе применяли гипсовое вяжущее – высокопрочный гипс марки Г-16 производства Самарского гипсового комбината. Гранулометрический состав порошков гипсового вяжущего оценивали по результатам дисперсионного анализа с помощью лазерного анализатора типа Fritsch Particle Sizer 'analysette 22' на базе МГСУ. Оптимизацию гранулометрического состава бинарной системы на основе полугидрата производили с использованием программного комплекса [5]. Оценку влияния гранулометрического состава гипсового вяжущего на прочность бинарных гипсовых систем гидратационного твердения проводили на стандартных образцах – балочках, изготовленных из теста нормальной густоты и испытанных в стандартные сроки твердения.

Анализ полученных результатов исследования показывает, что прочность дисперсной системы на основе полугидрата зависит от гранулометрического состава порошков согласно рисунку 1. При увеличении в составе смеси тонкомолотого порошка в диапазоне от 0 до 20 % прочность увеличивается на 15 % на каждые 10 % увеличения тонкомолотого компонента в составе бинарной смеси, а в диапазоне от 30 до 60 % прочность увеличивается на 36 % на каждые 10 % изменения компонента. Тогда как при увеличении содержания тонкомолотого порошка в диапазоне от 60 до 100 % прочность практически не меняется – 3 % прироста прочности на каждые 10 % увеличения содержания тонкомолотого порошка.



Рис.1. Зависимость прочности при сжатии гипсового камня от содержания тонкомолотого компонента в составе бинарной дисперсной системы на основе полугидрата сульфата кальция

Гипсовая дисперсная система с оптимальным гранулометрическим составом характеризуется бимодальным распределением частиц (рисунок 2). Согласно проведенным исследованиям средний размер частиц составляет 6.381 мкм, максимальный размер частиц полугидрата – 44.829 мкм; частиц менее 2 мкм в составе системы – 20.23 % по массе.

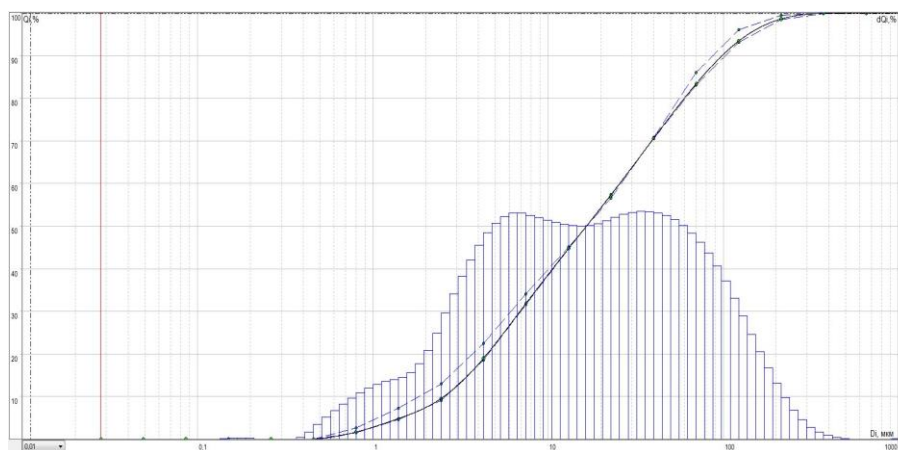


Рис.2. Оптимальный гранулометрический состав бинарной гипсовой дисперсной системы

Таким образом, проведенные исследования показывают, что в целях повышения энергоэффективности и улучшения свойств гипсовых изделий возможно использование бинарных смесей полугидрата оптимального зернового состава с содержанием тонкомолотого компонента в составе сырьевой смеси – 60 – 70 %. Подбор зернового состава позволяет не только управлять процессом структурообразования, но и получать плотно упакованные системы, что предопределяет и повышенные эксплуатационные характеристики гипсовых изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) / А. В. Ферронская [и др.]; под ред. А. В. Ферронской. – М.: АСВ, 2004. – 488 с.
2. Петропавловская В.Б. Самоармированные гипсовые композиты / В.Б. Петропавловская, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов, Х. –Б. Фишер, К.С. Петропавловский // Строительные материалы, 2014. – № 7. – С. 19 – 21.
3. Петропавловская В.Б. Малоэнергоёмкие гипсовые строительные композиты: монография / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова // Тверь: Тверской государственный технический униве, 2014. – 136 с.

4. *Гаркави М.С.* Эволюция структурных состояний при твердении вяжущих систем / М. С. Гаркави // *Архитектура. Строительство. Образование: сборник трудов конференции. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»*, 2013. – С. 185-192.

5. *Белов В.В.* Получение высокопрочных безобжиговых гипсовых материалов на основе техногенных отходов с применением математического и компьютерного моделирования состава сырьевой смеси / В.В. Белов, В.Б. Петропавловская, Ю.Ю. Полеонова, И.В. Образцов // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета Серия: Строительство и архитектура*, 2013. – Вып. 31(50). – Ч. 2. Строительные науки. – С. 563-570.

Полеонова Ю.Ю., аспирантка кафедры ПСК

Чубисов И.Е., студент 2-го курса кафедры ПСК

Научный руководитель –

Петропавловская В.Б., канд. техн. наук

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»

МОДИФИЦИРОВАНИЕ БЕЗОБЖИГОВЫХ ГИПСОВЫХ КОМПОЗИТОВ МИНЕРАЛЬНЫМ ВОЛОКНОМ

В решении проблемы насыщения рынка экологически чистыми и энергоемкими строительными материалами немалая роль принадлежит композиционным материалам на основе минеральных вяжущих веществ. Внедрение гипсовых вяжущих в производство строительных изделий позволит не только улучшить экологическую составляющую, снизить себестоимость изделий, но и вовлечь в производство ценное техногенное сырье [1, 2, 3, 4]. Российская Федерация располагает значительными запасами гипсового камня, но, несмотря на это, производство и применение гипсовых вяжущих на их основе в настоящее время развивается недостаточно высокими темпами [5]. К таким отходам относятся отсеивы и отходы дробления гипсовой породы, гипсовые отходы в виде отработанных форм для литья фаянсового и керамического производства, которые практически не используются для получения строительных материалов и изделий. Внедрение ценного техногенного сырья в производство гипсовых изделий позволит не только повысить экологическую составляющую, но и экономическую эффективность гипсовых вяжущих.

В настоящее время промышленность обладает рядом технологий по производству изделий из гипсоволокнистых масс, где в качестве арматуры применяют равномерно распределенное в гипсовой массе растительное волокно, например, в работе Жежева Х.А. представлены гипсобетонные композиты, армированные базальтовыми волокнами [6]. В работе Рязанова Р.Р. в качестве арматуры применялись целлюлозные волокна, рубленные базальтовые волокна, стеклянные волокна и полипропиленовые волокна. Однако испытания в данной работе с применением базальтового волокна не показали эффективности [7].

В работе изучен процесс формирования структуры гипсового камня, получаемого методом полусухого прессования, оптимального зернового состава с применением модифицирующей добавки. В качестве основного исходного материала использовался техногенный гипс в виде отработанных форм Конаковского фаянсового завода Тверской области в виде бинарных смесей порошков тонкого и грубого помола по ГОСТ 125-79** (содержание дигидрата сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в составе отхода – 98,54 %). В качестве модифицирующей добавки использовался дисперсный отход производства базальтового волокна Тверской области. Содержание добавки ва-

рьировалось в пределах от 0 до 15 %. Среднюю плотность и прочность прессованных гипсовых образцов-цилиндров, полученных методом полусухого прессования на лабораторном гидравлическом прессе и выдержанных 7, 14 и 28 сут во влажных условиях, оценивали по ГОСТу.

Результаты исследований зависимостей прочности и средней плотности модифицированного безобжигового гипсового композита от содержания добавки отходов волокна приведены на рисунке 1.

Результаты проведенных исследований показали, что введение модификатора в состав сырьевой смеси от 5 до 10 % позволяет повысить прочность прессованного композита. Введение модификатора свыше 10 % приводит к понижению прочности. Одновременно при повышении процентного содержания модификатора средняя плотность структуры композита повышается незначительно.

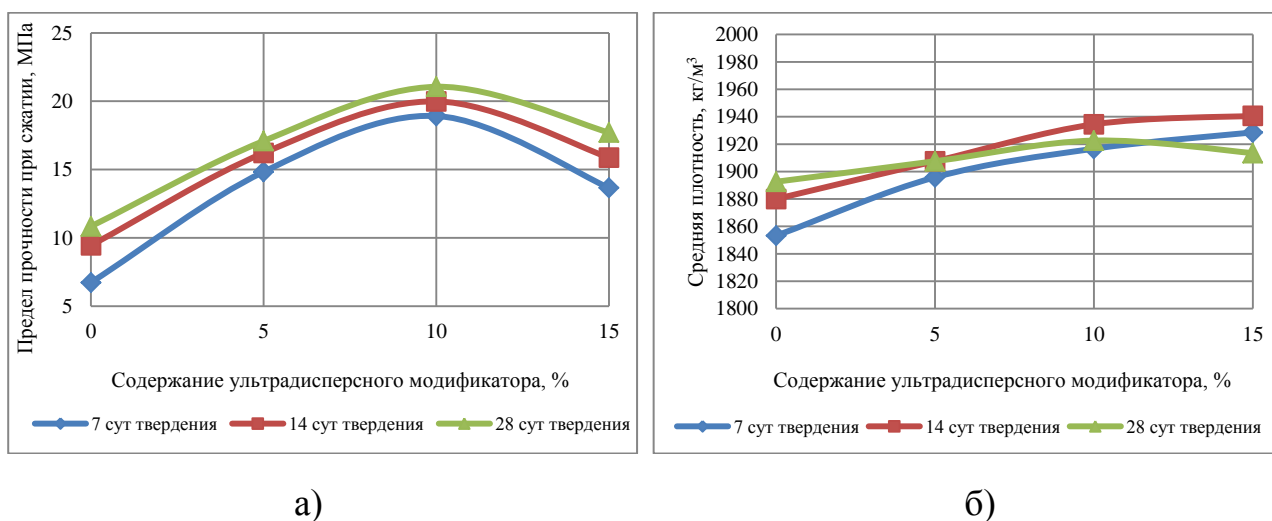


Рис. 1. Зависимости: а) прочности, б) средней плотности прессованных гипсовых композитов на 7, 14 и 28 сут твердения от процентного содержания модифицирующей добавки

Максимум прочности безобжигового гипсового композита в возрасте 7 сут составляет 19 МПа при 10 % содержания ультрадисперсного модификатора, а к 28 сут твердения достигает 21 МПа.

Таким образом, установлено, что введение дисперсного отхода производства базальтового волокна в состав прессованного гипсового композита позволяет повысить его прочность в 3 раза. Высокие физико-механические характеристики композита обеспечивают его применение в производстве строительных изделий для промышленного и жилищного строительства, а применение в качестве основного сырья – гипсовых отходов в виде отработанных форм для литья фаянсового производства, и модификатора – отходов производства базальтового волокна, позволит повысить экологическую составляющую нашей страны, а также в разы снизить себестоимость изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б., Бурьянов А.Ф., Пустовгар А.П. Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения. Строительные материалы. 2010. №7. С.22-23.
2. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б. Регулирование свойств безобжиговых гипсовых материалов. Строительные материалы. 2008. №8. С.14-15.

3. *Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Полеонова Ю.Ю., Бурьянов А.Ф.* Модифицированные гипсовые безобжиговые композиты. Строительные материалы. 2013. №5. С.76-78.

4. *Петропавловская В.Б., Белов В.В., Бурьянов А.Ф.* Твердеющие кристаллизационные системы на основе порошков двухводного гипса. Строительные материалы. 2007. №12. С.46-47.

5. *Морева И.В., Медяник В.В., Соколова Ю.А.* К вопросу о комплексной активации компонентов при получении гипсовых вяжущих веществ. Известия Вузов. Строительство. 2008. №8. С.17-20.

6. *Хежнев Х.А., Пухаренко Ю.В.* Гипсобетонные композиты, армированные базальтовыми волокнами. Вестник гражданских инженеров. 2013. №2 (37). С.152-156.

7. *Рязанов Р.Р., Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С.* Дисперсно-армированные строительные композиционные материалы на основе гипсового вяжущего. Известия КГАСУ. 2011. №3 (17). С.145-149.

Солнцев А.А., аспирант кафедры «ТКМиПХ» ИСА

Научный руководитель –

Соков В.Н., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

БЕСШАМОТНАЯ ОГНЕУПОРНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Для достижения высокого технико-экономического эффекта производства огнеупорной теплоизоляции требуется отказаться от применения дорогостоящего сырьевого материала (шамота) и традиционных способов формования. Как правило, в основе всех способов формования огнеупорной теплоизоляции лежит литьевая технология, для которой характерно высокое содержание воды затворения. Большое количество формовочной влаги позволяет получить изделия из чистых глин из-за значительных воздушный усадок (до 50% по объему), вызывающих коробление и растрескивание материала.

Содержание глины в шихте значительно повышает прочностные показатели изделия. Однако ее технологические свойства, и в первую очередь высокая воздушная усадка, определяют необходимость формирования в формовочной массе жесткого каркаса. Это достигается введением в шихту отошающих добавок, роль которых в технологии огнеупорной теплоизоляции выполняет шамот. Увеличение его содержания в шихте снижает конечную прочность изделий, повышает их среднюю плотность, удельный расход топлива и электроэнергии (обжиг и помол глины на шамот).

Получение бесшамотной огнеупорной теплоизоляции возможно лишь при интенсивном удалении влаги и минимальных воздушных усадках сырца. Авторами предложен подход к решению данной проблемы, основанный на гипотезе интенсивного удаления избыточной влаги не испарением, а принудительным отжатием, путем теплосилового воздействия на глиняно-полистирольную массу, заключенную в жестком перфорированном объеме. Авторы изменили природу уплотняющего компонента и перешли на выгорающую добавку растительного происхождения. Такая добавка в отличие от полимерной воспроизводима, а значит, неисчерпаема. Известно, что на технологические факторы, структурные и физико-технические свойства изделия влияют геометрическая форма зерен и их удельная поверхность. Первый фактор определяет расход минерального компонента, необходимый для создания монолитного каркаса, второй — общую пористость системы. Таким условиям может удовлетворить добавка правильной сферической формы с минимальной поверхностью (шероховатостью).

Таким условиям удовлетворяет и новая добавка. Она нерастворима в воде, а при использовании энергии электрогидротеплосилового поля увеличивается в объеме, создавая прессующее внутреннее давление до 1 МПа. Активная добавка не требует предварительной обработки, как это предусмотрено в технологии с применением полистирола (необходимость в подвешивании исходного бисерного полистирола). Несомненным преимуществом метода введения активной выгорающей добавки растительного происхождения является использование форм без перфорации, что полностью устраняет вынос с водой отжатия минерального компонента.

Технологическая сущность процесса формования заключается в следующем. В лопастную мешалку загружают отдозированные компоненты в следующей последовательности: выгорающая добавка, вода затворения, огнеупорная глина. Все это перемешивают в течение 5 минут. Готовую формовочную смесь заливают в герметичную форму, закрывают крышкой и подвергают электропрогреву. Схема установки для формования приведена на рис.1. При достижении температуры 55 °С добавка начинает проявлять свою активность, увеличиваясь в объеме и создавая в форме избыточное давление до 1 МПа. В результате развиваемых усилий происходит формирование жесткого глиняного каркаса вокруг каждого зерна добавки. В результате самоуплотнения формовочных масс происходит выштампование сырца с четкими гранями и ребрами и повышенной механической прочностью. Высокая прочность сырцов позволяет ускорить процесс сушки, а также использовать механические захваты для транспортировки на обжиг.

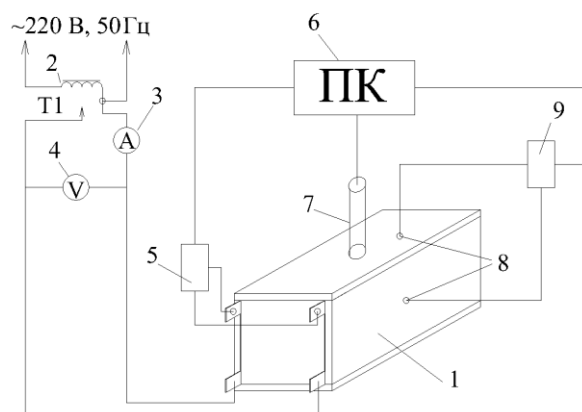


Рис.1. Установка для формования изделий на основе новой добавки.

1-форма; 2-трансформатор; 3-амперметр; 4-вольтметр; 5-модуль регистрации и обработки вольт-амперных характеристик; 6-ЭВМ; 7- датчик давления; 8-температурные датчики; 9-модуль регистрации и обработки температурных характеристик.

После обжига шлифовка и обрезка обожженных изделий не требуется, так как они имеют четкие грани и ребра. Экономический эффект складывается из следующих составляющих: исключение из технологической схемы шамотно-приготовительного конвейера (с помолом на фракции); переход от многокомпонентных систем к двухкомпонентным; исключение шлифовки и обрезки изделий (улучшение экологической обстановки на предприятии); интенсификация производственного процесса и уменьшение энергетических затрат; ликвидация сушильного отделения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соков В.Н. Эффективная скоростная технология получения высокотемпературных теплоизоляционных материалов. М: Изд. МГСУ, 2014, 328 с.

2. Соков В. Н., Солнцев А. А., Бегляров А.Э. Бесшамотный теплоизоляционный материал на основе активной выгорающей добавки растительного происхождения // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 2. С. 37-40.
3. Тарасов А.В., Ушков В.А., Орлова А.М., Григорьева Л.С. Дымообразование полимерных композиционных материалов // Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 346-351.
4. Орлова А.М., Попова М.Н., Современные проблемы твердых бытовых отходов. М: изд. МГСУ, 2014, 216 с.
5. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В. Теплопроводность высокопористых материалов// Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 108-114.
6. Орлова А.М., Петрова Е.А. Огнезащита древесины// Пожаровзрывобезопасность. 2000. Т. 9. № 2. С. 8-16.
7. Трескова Н.В., Пушкин А.С. Современные стеновые материалы и изделия//Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 11 (178). С. 32-35.
8. Пилипенко А.С.Эффективные декоративные фасадные бетонные изделия с использованием отсевов дробления бетонного лома. - Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Московский государственный строительный университет. Москва, 2012.
10. Орлова А.М., Ушков В.А., Дудеров Г.Н., Алимова А.У. Самовозгорание деревянной отделки комнат сухого жара// Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 10. С. 14-16.

Суликова В.А., аспирантка

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Сазонова Т.В., канд. техн. наук

Кумертауский филиал ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Научный руководитель –

Черноусова А.М., канд. техн. наук, проф.

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

С каждым годом непрерывно возрастает потребность в строительстве в изделиях из стекла, вызывающая производителей увеличивать выпуск продукции стекольной промышленности, улучшая ее качества и снижая долю брака готовых изделий.

В технологическом процессе производства листового стекла используют шихту (однородная увлажненная смесь предварительно подготовленных сырьевых материалов). Шихта рассчитывается исходя из заданного состава стекла с учетом химического состава сырьевых материалов (кварцевого песка, кальцинированной соды, доломита, карбоната кальция, полевого шпата, сульфата натрия и других материалов).

При увлажнении шихты до 4 – 5% уменьшается пыление и предупреждается или уменьшается расслоение шихты при ее хранении и транспортировании.

Из помещенной шихты в печь, при соответствующей температуре, получают расплав – стекломассу, которую выдерживают в печи достаточное время для того, чтобы она приобрела необходимую однородность и цвет. Затем температуру расплава постепенно снижают. Что дает увеличение его вязкости и возможность формовать ленту стекла на расплаве олова. После формования ленту стекла подвергают термической обработке, которую проводят медленно и постепенно (отжиг). Заключительным этапом обработки изделий предусматривает резку ленты стекла по типоразмерам.

Стекломасса на выходе из печи, пройдя все стадии стекловарения должна отвечать ряду требований: не иметь не проваренных и иных твердых включений;-не иметь

пузырьковых включений газов; иметь однородную консистенцию по всему объему; - иметь определенную вязкость необходимую для нормального формования изделия

Добиваются этого, не принимая во внимание обязательных требований к качеству загружаемых в печь шихты и стеклобоя, путем поддержания в печи заданного режима температуры и давления. Для того чтобы понять процесс производства стекла, необходимо этого необходимо построить алгоритм управления стекловаренной печью. Который поможет понять управление процессом варки стекла.

Каждая стадия процесса варки стекла следует в определенной последовательности по длине печи и требуют создания необходимого температурного режима газовой среды, который должен строго контролироваться по времени. Если температурный режим не будет контролироваться, то образование брака в готовой продукции не избежать.

Для установления необходимого температурного режима газовой среды в каждой зоне печи, необходимо регулировать количество и соотношение топлива и воздуха, который подается в печь, тщательно их смешивать и своевременно отводить отходящие дымовые газы.

На изменение температурного режима оказывает влияние давление газов в рабочей камере печи. При повышении давления до определенных пределов происходит более равномерный прогрев отдельных частей печи, так как объем рабочей камеры максимально заполняется пламенем, при полном открытии заслонок. Создание разрежения в печи приводит к уменьшению распространения пламени и присосу холодного воздуха через отверстия. Это ухудшает равномерность распределения температур и вызывает понижение температур в тех участках печи, куда проникает холодный воздух, тем самым возрастает вероятность образования брака готовой продукции.

Технологический процесс производства стекла характеризуется сложностью физико-химических процессов, протекающих в технологическом оборудовании. Объекты управления являются многомерными, характеризуются распределенностью параметров. Отличаются значительной инерционностью каналов управления и их запазданием. Объекты управления, плохо обусловлены, подвержены воздействию шумов и высокой температуре. Непрерывный контроль за качеством сваренной стекломассы и вырабатываемой ленты стекла в таком случае отсутствует. Каждая произведенная партия листового стекла оценивается по данным лабораторных анализов и измерений, проводимым вручную.

Управление технологическим процессом и режимом работы оборудования ведется вручную с пульта оператора. Ручные приемы управления основаны на практике ведения технологического процесса и опыте работы технологического персонала. Все эти особенности производства листового стекла усложняют решение задачи автоматизации управления этим процессом.

Основными задачами контроля всего технологического процесса являются предупреждение брака готовой продукции, оценка состояния технологического процесса, сбор информации для выработки управляющих воздействий по коррекции режима варки-выработки.

Основное назначение АСУ ТП - управление протекающими в печи процессами варки стекломассы и подготовки ее для дальнейшей обработки на ленте раскройке стекла.

Конструктивно печь состоит из четырех частей: регенераторы, варочная часть, рабочая часть, фидерная часть (питательный канал).

Температура в пламенном пространстве печи является регулирующим воздействием по отношению к температуре стекломассы, скорости плавления шихты и регулируемым параметром по отношению к расходу топлива, соотношению газ-воздух и их количественному расходу. Температура в стекломассе обуславливает потоки

стекломассы, границу варки, температурный максимум, т. е. те параметры, которые определяют процессы стекловарения.

Варочная часть печи представляет собой ванну с расплавленным сырьевым материалом (шихтой), которая подогревается регулировкой горелок. Для полной картины всего технологического процесса производства листового стекла необходимо построить алгоритм управления стекловаренной печью. (рисунок 1)

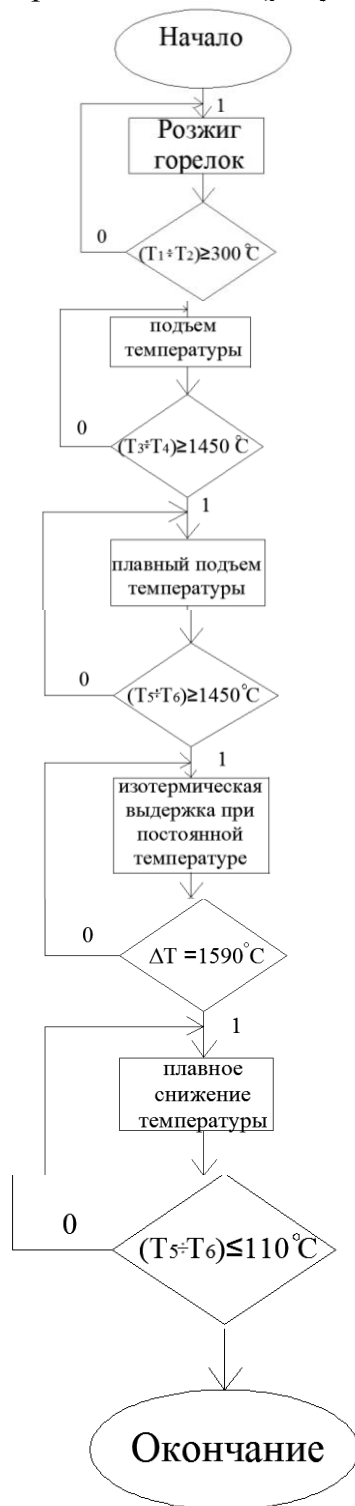


Рис. 2. Алгоритм управления стекловаренной печью

Такая конструкция обеспечивает минимальную продолжительность подъема и спада давления и температуры в ванной печи вследствие адаптации продолжительности одноименных технологических стадий стекловарения к постоянно меняющемуся химическому составу сырья и равномерности подачи расплава на ленту раскроя. Тем самым создаются принципиально новые условия для снижения энергозатрат и повышения качества готовой продукции при производстве листового стекла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Мирошник И.В.* Теория Автоматического Управления. Линейные системы. СПб.: Питер 2005 – 336с.
2. *Бутт Л.М., Поляк В.В.* Технология стекла. Стройиздат М. 1971г. 368с;
3. *Суликова В.А.* Концептуальная модель ванной стекловаренной печи / Суликова В.А. : Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием– Стерлитамак: 2013. – С. 160-165.
4. *Кондратов В.И.* Развитие флоат-процесса производства листового стекла / В. И. Кондратов, Е. Б. Файнберг, В. С. Безлюдная // Стекло и керамика. – 2000. – № 6. – С. 11-14.

Таничев М.В., ст. преподаватель

Научные руководители –

Федосов С.В., проф., д-р техн. наук, академик РААСН

Акулова М.В., проф., д-р техн. наук, советник РААСН

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОЙ ОТДЕЛКИ РУЛОННЫХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ФЛИЗЕЛИНОВОЙ ОСНОВЕ

Одним из перспективных способов придания необходимых свойств материалам является модифицирование поверхности самих материалов. В ряде отраслей промышленности (производство полимерных пленок, текстильных материалов, пластмасс, фибробетонов и др.) это достигается с помощью низкотемпературной плазмы тлеющего разряда [1]. При плазменной активации поверхности полимерных материалов появляется возможность улучшать эксплуатационные свойства волокон, не ухудшая их объемных характеристик (например, прочностных свойств). Проведенные ранее исследования свидетельствуют о существенном улучшении гидрофильных и адгезионных свойств рулонных стеновых материалов на флизелиновой основе в результате воздействия тлеющего разряда [2, 3]. Флизелин представляет собой нетканый материал, состоящий из химически модифицированных и сшитых целлюлозных волокон $(C_6H_{10}O_5)_n$, а иногда текстильных волокон с полимерным связующим. Данный материал является экологически чистым и отличается рядом замечательных свойств: легкий, весьма прочный, хорошо пропускает воздух, но не растягивается и не дает усадки при намокании и последующем высыхании после оклейки обоев. В современном производстве флизелин используется в качестве основы многослойных обоев, а также как самостоятельный рулонный стеновой материал под последующую покраску. Поэтому актуальной является задача улучшения качества декоративных

покрытий, наносимых на поверхность флизелина на стадии производства или эксплуатации.

В данной работе рассмотрено влияние плазменной обработки на эффективность окрашивания рулонного стенового материала. Испытанию подвергались образцы ремонтного флизелина (артикул 02065, плотность 65 г/м^2), обработанные в низкотемпературной плазме тлеющего разряда (время обработки – 90 с, ток разряда – 100 мА, давление плазмообразующего газа – 100 Па (воздух)). Данный режим обработки выбран как оптимальный в соответствии с данными исследований [2, 3]. Сравнение проводилось с необработанными образцами. Для приготовления красильной композиции в качестве основы использована белая матовая латексная краска «Эксперт» (ЗАО «Декарт», г. Химки Московской области), рекомендованная для окрашивания бетонных, зашпатлеванных и оклеенных обоями потолков и стен, изготовленная согласно ТУ 2316-086-51218143-2011, а в качестве колеров – пигмент синий Imperon Blue P-V (фирмы DyStar Textilfarben). Концентрация пигмента составляла 20 г/кг. Краска равномерно наносилась на поверхность флизелина с помощью сетчатого шаблона с размером меш⁴ 100 (0,147 – 0,152 мм). Испытания окрашенных образцов проводились после их высыхания в условиях, соответствующих требованиям [4].

Интенсивность окрашивания флизелина оценивалась спектрофотометрически по изменению цветовых характеристик (насыщенности, светлоты, цветового тона) после воздействия истирающей нагрузки [5]. Суть способа состоит в получении отсканированного изображения в палитре цветов RGB образцов исследуемых материалов и определении разницы между характеристиками цвета окрашенных образцов. Преимуществами указанного способа являются высокая достоверность и объективность результатов испытаний; производительность и информативность; удобство для оценки качества окрасок материалов при их испытаниях на устойчивость к физико-химическим воздействиям (сложная фактура объекта не является препятствием определения колорита стенового материала) [6, 7].

Также проверялась устойчивость получаемых окрасок к истирающему воздействию (сухое трение), для чего использовался аппарат ИКБ-4 в соответствии с методикой, изложенной в стандарте [4]. Испытанию подвергались пять образцов, шестой выступал в качестве контрольного. В соответствии с требованиями [4] к испытаниям обоев марки С (устойчивые к сухому трению) на стержень истирающей головки прибора ИКБ-4 был помещен груз массой 100 г, создающий давление $0,7 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Образцы подвергались сухому истиранию пенополиуретаном в отсутствие испытательной среды. Испытание проводилось до достижения на счетчике аппарата показания, равного числу ходов, соответствующего норме указанного стандарта для данной марки обоев (для обоев марки С – 20 ходов), после чего проводилось визуальное сравнение с контрольным образцом [4]. Получено, что окрашенные образцы ремонтного флизелина – исходные и модифицированные плазмохимической обработкой – выдержали испытание (20 циклов).

Для описания цвета рассчитаны цветовые координаты в системе CIE Lab: светлота (L) окраски, насыщенность цвета (S) и цветовой тон (H) [5]. При этом использовали цифровые фотоизображения окрашенных образцов при одинаковом освещении. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

⁴ Меш – внесистемная единица измерения для проволочных сеток (сит), равная количеству отверстий на 1 линейный дюйм (25,4 мм).

Цветовые характеристики окрасок образцов флизелина (пигмент синий)

Характер воздействия на образцы		Координаты цвета образцов		
обработка в плазме	сухое трение	светлота (L)	насыщенность (S)	цветовой тон (H)
необработанный	исходный	107,16	34,11	-70,72
	после трения	112,58	27,57	-77,49
обработанный в плазме	исходный	104,24	37,81	-72,10
	после трения	109,58	31,50	-78,48

Из приведенных данных видно, что интенсивность окрашивания обработанных в плазме образцов (по показателю насыщенности S) на 11 – 14% выше, чем необработанных (как исходных, так и подвергнутых истирающему воздействию). При этом относительная разность в последних показателях для необработанных в плазме образцов выше, чем для плазменно-модифицированных, что дополнительно подтверждает факт повышения устойчивости окраски к трению и благоприятного воздействия модифицирующей обработки. Наблюдаемое повышение прочности окрасок связано с усиленной адгезией пигментного состава и улучшенным закреплением пигмента на материале, подвергнутом воздействию тлеющего разряда.

Также в данной работе показана возможность нанесения тонких пленок на поверхность рулонных стеновых материалов с использованием ионно-плазменных методов. Тонкие пленки, представляющие собой слои вещества толщиной от долей нанометра до нескольких микрометров, получают конденсацией молекулярных или атомных потоков вещества на поверхности путем внедрения атомных частиц (ионов) в тонкий приповерхностный слой, химическим вакуумным осаждением, лазерной абляцией и т.д. [8]. Суть методов ионно-плазменного напыления тонких пленок заключается в обработке поверхности мишени из нужного вещества ионами и выбивании атомов (молекул) из мишени. К преимуществу ионно-плазменных методов относится высокая управляемость процессом; возможность получения пленок тугоплавких материалов, а также химических соединений и сплавов заданного состава; лучшая адгезия пленок к поверхности и т.д. [9].

Распыление мишени и получение пленок металлов (меди, железа и никеля) на поверхности виниловых обоев на флизелиновой основе проводилось на трехэлектродной установке (рис. 1), принцип работы которой состоит в следующем. По достижении в камере вакуума порядка 10^{-4} Па термокатод 1 разогревают и в камеру через натекальтер подадут газ заданного состава. В результате термоэлектронной эмиссии с катода интенсивно испускаются электроны, ускоряющиеся вертикальным электрическим полем. При напряжении между термокатодом 1 и анодом 2 порядка 100 В возникает самостоятельный газовый разряд. Мишень 3, имеющая отрицательный потенциал относительно катода, оттягивает на себя значительную часть ионов, образующихся в газовом разряде, и ускоряет их. В результате бомбардировки мишени ионами происходит ее распыление, и распыленные атомы осаждаются на подложке 4, формируя тонкую пленку [9]. Распыление осуществлялось в атмосфере аргона и кислорода в соотношениях 80%:20% и 50%:50% при токе разряда 40 мкА и давлении 70 Па. Время распыления составляло 1, 5 и 10 минут для каждого металла.

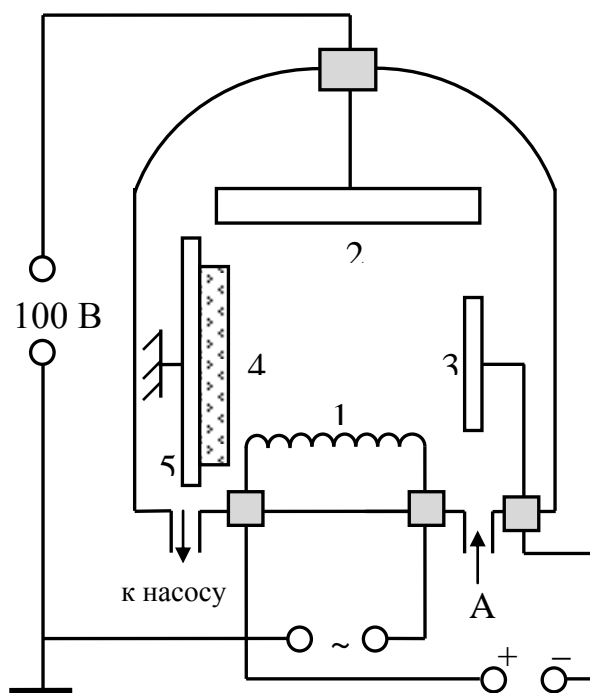


Рис. 1. Трехэлектродная система распыления: 1 – термокатод, 2 – анод, 3 – мишень, 4 – подложка, 5 – подложкодержатель

Проводя визуальную оценку полученных образцов, можно сказать, что при продолжительности распыления в 1 минуту пленки получались тонкими и малозаметными. При распылении же в течение 5 минут количество напыленного на поверхность обоев металла существенно возросло, вследствие чего пленки получались более заметными и чистыми; текстура поверхности оставалась без изменений. При продолжительности напыления в 10 минут наблюдалось ухудшение декоративных свойств рулонного стенового материала, поскольку пленки получались весьма толстые, а в некоторых случаях очень грязные. На ряде образцов заметны деформации рельефного покрытия из вспененного винила, что обусловлено значительным нагревом материала. Таким образом, наилучшим временем для проведения процесса распыления является 5 минут. Также установлено, что в большинстве случаев при распылении в атмосфере Ar/O_2 в соотношении 80%:20% декоративные свойства получаемых пленок (чистота, равномерность толщины напыляемого слоя) оказывались выше, чем при соотношении аргона и кислорода, равном 50%:50%. Также целесообразно провести исследование по нанесению тонких пленок на поверхность рулонных стеновых материалов с использованием магнетронного распыления, поскольку согласно литературным данным [8] этот способ позволяет получать более чистые пленки и нагревать подложку до меньших температур, чем при трехэлектродном распылении.

Обобщая приведенные данные, можно заключить, что использование плазмохимической обработки рулонных стеновых материалов позволит улучшить их эксплуатационные свойства (в первую очередь декоративные): за счет увеличения интенсивности окрашивания будет достигнуто снижение количества непрокрасов поверхности и ускорение нанесения красильной композиции; повышенная устойчивость окраски к истиранию обеспечит увеличение срока эксплуатации изделий. Указанные эффекты применимы для рулонных стеновых материалов, производимых как в виде готовых обоев с декоративной отделкой поверхности, так и в виде полуфабрикатов под после-

дующую окраску после монтажа на оклеиваемую поверхность. Кроме того, при усовершенствовании процесса нанесения тонких пленок становится возможным увеличение ассортимента выпускаемых рулонных стеновых материалов и расширение сферы их применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федосов С.В., Мельников Б.Н., Акулова М.В., Шарнина Л.В. Применение тлеющего разряда в строительной и текстильной промышленности. – Иваново: ИГХТУ, ИГАСУ, 2008. – 236 с.
2. Федосов С.В., Акулова М.В., Таничев М.В., Слащев Р.В., Шутов Д.А. Влияние тлеющего разряда постоянного тока на адгезионные и гидрофильные свойства ремонтного флизелина. Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. 2013. №9. – С. 66 – 70.
3. Федосов С.В., Таничев М.В., Акулова М.В., Слащев Р.В., Шутов Д.А. Дисперсионный анализ изменения гидрофильных свойств флизелина в зависимости от параметров его обработки в тлеющем разряде // Вестник МГСУ. 2012. № 9. С. 172 – 178.
4. ГОСТ 6810-2002. Межгосударственный стандарт. Обои. Технические условия.
5. Чешкова А.В., Козлова О.В. Унификация технологии отделки тканей: экономичность и экологичность. Изв. вузов. «Технология легкой пром-сти», СПГУТиД. 2013, № 2. – С. 37-42.
6. Барашкова Н.Н., Шаломин О.А., Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю. Способ компьютерного определения изменения окраски текстильных полотен при оценке ее устойчивости к физико-химическим воздействиям. Патент РФ № 2439560. Оpubл. 10.01.2012, бюл. №1.
7. Привалова Т.А., Романов А.В., Тихомирова Н.А., Романов В.Е., Гришина Е.Н., Телегин Ф.Ю. Способ подбора цвета посредством анализа электронного изображения. Патент РФ № 2327120. Оpubл. 20.06.2008, бюл. №17.
8. Смирнов В.И. Физико-химические основы технологии электронных средств: учебное пособие. – Ульяновск, УлГТУ, 2005. – 112 с.
9. Шутов Д.А., Ситанов Д.В. Процессы микро- и нанотехнологий: лабораторный практикум. Ч. 2 / ИГХТУ. – Иваново, 2006. – 135 с.

*Урутин К.А., Щербань С.В., студенты 3-го курса строительного института
Мироненко А.Ю., студентка 2-го курса строительного института*

Научные руководители –

Братчун В.И., д-р техн. наук, проф.,

зав. кафедрой автомобильных дорог и аэродромов

*Пактер М.К., канд. техн. наук, доц. кафедры автомобильных дорог и аэродромов
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Украина)*

ИЗУЧЕНИЕ СТАНДАРТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИНТЕТИЧЕСКИХ БИТУМОПОДОБНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

В данной работе исследованы малакометрические свойства образцов битумоподобных полимер-олигомерных продуктов, полученных химическим синтезом на основе каменноугольной смолы (КУС) высокотемпературного коксования и каменноугольного дегтя марки Д4 по технологии, разработанной в ГП «УкргосНИИпластмасс» к.х.н., с.н.с. Каратом Л.Д. [1]. Аналоги нефтяных битумов обозначены аббревиатурой СП.

Цель данной работы – сопоставить малакометрические свойства (пенетрацию, температуру размягчения и дуктильность) синтетических образцов СП и нефтяных битумов (дорожных БНД, модифицированных полимерами БМП и строительных БН).

Определение пенетрации при 25°C (P_{25}) выполнено по ГОСТ 11501, температуры размягчения (T_p) и хрупкости (T_{xp}) по ГОСТ 11506 и ГОСТ 11507, растяжимости (D_{25}) по ГОСТ 11505, эластичности (\mathcal{E}_{25}) по ДСТУ Б В.2.7-135:2007 (п. 9.5) [2].

Результаты сведены в табл. 1 и 2. Как видно из табл. 1 и 2, из маловязкого дегтя Д 4 и КУС получены пластичные и упруго-пластичные образцы. В отличие от дегтя и каменноугольной смолы, образцы обладают слабым не раздражающим запахом.

Таблица 1

Сравнительная характеристика вязких дорожных битумов (БНД по ДСТУ 4044-2001 и БМП по ДСТУ Б В.2.7-135:2007) и их синтетических аналогов

Наименование образцов	T_p , °C	P_{25} , дмм	D_{25} , см	\mathcal{E}_{25} , %	T_{xp} , °C
<u>БНД 40/60</u>	51-57	40-60	н.м. 45	-	н.б. – 10
СП-480	57	42	19	-	-16
СП-443	54	31	30	9	-3
<u>БНД 90/130</u>	43-49	91-130	н.м. 65	-	н.б. – 15
СП-448	49	100	15	5	-19
СП-445	47	99	14	5	-5
<u>БМП 130/200-47</u>	н.м 47	131-200	н.м. 30	н.м. 50	н.б. – 20
СП-449	44	150	17	11	-21
<u>БНД 130/200</u>	39-45	131-200	н.м. 70	-	н.б. – 17
СП-455	39	116	42	-	-19

Таблица 2

Сравнительная характеристика строительных битумов (БН по ДСТУ 4148-2003) и их синтетических аналогов

Наименование образцов	T_p , °C	P_{25} , дмм	D_{25} , см
<u>БН 90/10</u>	90-10	5-20	н.м. 1,0
СП-422	101	4	1,0
СП-420	91	7	2,3
СП-311	85	9	3,1
СП-431	78	12	4,5
<u>БН 70/30</u>	70-80	21-40	н.м. 3,0
СП-428	70	17	3,8
СП-456	68	18	3,0

При этом образец СП-480 по показателям T_p и P_{25} соответствует нефтяному дорожному битуму марки БНД 40/60, СП-445 и СП-448 (по T_p , P_{25} , T_{xp}) – БНД 90/130, а СП-449 – БНД 130/200 и приближается к модифицированному битуму марки БМП 130/200 – 47.

Из табл. 2 видно, что образцы СП-420 и СП-422 по показателям T_p , P_{25} , D_{25} соответствуют строительному битуму марки БН 90/10, а остальные – приближаются к этой марке и БН 70/30.

Если же учесть, что химическая природа СП, приведенных в табл. 1 и 2 сходна, то не представляет труда получить битум любой заданной марки БНД или БН (по вышеприведенным показателям) путем их компаундирования.

Более низкие значения растяжимости и отношения Π_{25}/T_p битумоподобных образцов СП по сравнению с БНД свидетельствуют о существенных различиях в их химической и структурной организации, что позволяет рассчитывать на более высокий уровень структурно-механических свойств асфальтобетонов на этих вяжущих

В пользу этого предположения свидетельствует значительно более высокий уровень ароматичности и плотности исходного сырья [3] и соответственно – СП, как это видно из табл. 3. В результате СП должны отличаться от битумов более высоким значением энергии когезии и коэффициента молекулярной упаковки [4].

Таблица 3

Сопоставление плотности битумов нефтяных дорожных и их синтетических аналогов (СП)

Битумы и их групповые компоненты	ρ , г/см ³	СП и их исходные компоненты	ρ , г/см ³
БНД 130/200 ... БНД 40/60	1,015 ... 1,040	СП-455 ... СП-480	1,22 ... 1,17
Масла	0,91 ... 0,93	Деготь	1,21 ... 1,23
Смолы	1,06 ... 1,08	КУС	1,15 ... 1,19
Асфальтены	1,12	Каменноугольные – масла – пеки	1,08 ... 1,45 1,27 ... 1,28

Нами рассмотрен также вариант регулирования T_p и Π_{25} способом пластификации [5].

Пластификацию СП осуществляли сплавлением с предполагаемым пластификатором при температуре выше T_p при перемешивании. О совместимости компонентов при температуре сплавления судили по пробе на однородность согласно [2, с. 220]. Несовместимость после охлаждения обнаруживали по «выпотеванию» пластификатора: появление следов пластификатора на пробе сплава, вылитой на стеклянную пластинку, обнаруживали визуально и с помощью фильтровальной бумаги.

Результаты пластификации представлены в табл. 4 (неоднородные сплавы исключены). Как видно из табл. 4, дибутилфталат (ДБФ) при определенных концентрациях приводит к антипластификации СП-420: повышается T_p при практически неизменной пенетрации (Π_{25}). Такой же эффект наблюдается при сплавлении СП-428 с жирными кислотами талового масла (ЖКТМ). Эффект антипластификации известен и связан со структурированием системы [6]. Он характерен для полимерных систем.

Это наблюдение в совокупности с отмеченным выше (табл. 1) переходом вязко-текучих дегтей в пластичные образцы СП позволяет заключить, что СП представляют собой олигомер-полимерные системы. Различия в проявлении эффекта антипластификации свидетельствуют о различном в содержании полимерной составляющей в СП.

Эффект пластификации (табл. 4) достигается при высоких расходах пластификаторов. Лучшие результаты позволяет получить ароматизированное масло – высокотемпературный теплоноситель АМТ-300.

Это ожидаемый результат, поскольку СП также являются ароматическими производными коксохимической природы.

Таблица 4

Пластификация синтетических вяжущих

Обозначение образца	Пластификатор и его расход (% к СП)	П ₂₅ , дмм	T _p , °C
СП-420	-	7	91
	Дибутилфталат		
	3,6	8	74
	10,0	8	108
	12,5	7	110
	15,6	43	48
	Глицерин		
	10	12	85
	ЖКТМ		
	11,5	11	88
АМТ-300			
7	21	75	
СП-428	-	17	70
	ЖКТМ		
	12	13	77
	20	6	89
	АМТ-,300		
7	48	56	

Выводы

1. Маловязкое коксохимическое сырье (каменноугольные смолы, дегти, масла) может быть использовано для получения битумоподобных вяжущих веществ – аналогов нефтяных дорожных и строительных битумов.

2. Технические характеристики синтезированных битумоподобных вяжущих (T_p, П₂₅, D₂₅, T_{хр}) могут направленно регулироваться в очень широких пределах как синтетическим путем, так и за счет компаундирования, пластификации и антипластификации.

3. Эти аналоги (СП) имеют олигомер-полимерную природу и структурную организацию, отличную от нефтяных битумов.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс при подготовке студентов на ОКР «Бакалавр» по специальности 6.06010105 «Автомобильные дороги и аэродромы» в дисциплине «Физико-химическая механика строительных материалов».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Братчун В.И., Карат Л.Д., Щербань С.В. и др. Битумоподобные вяжущие на основе коксохимического сырья // Сучасні будівельні матеріали. Вісник ДонНАБА. Зб. наук. праць, вип. 2015-1(81). – Макіївка, 2015. – С. 22-35. – ISSN 1814-3296.

2. *Золотарев В.А., Братчун В.И., Космин А.В. и др.* Испытания дорожно-строительных материалов : лабораторный практикум ; учебное пособие; под. ред. В.А. Золотарева, А.В. Космина. – Харьков : ХНАДУ, 2012. – 368 с. – ISBN 978-966-303-363-1.
3. *Братчун В.І., Золотарьов В.О., Пактер М.К., Беспалов В.Л.* Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів : підручник для студентів ВНЗ; під редакцією д.т.н. В.І. Братчуна. – Макіївка-Харків : ДонНАБА, ХНАДУ, 2013. – 338 с. – ISBN 5-7763-0351-6.
4. *Аскадский А.А., Кондращенко В.К.* Компьютерное материаловедение полимеров. Т. 1. Атомномолекулярный уровень. – М. : Новый мир, 1999. – 544 с. – ISSN 5-89176-077-0.
5. *Козлов П.В., Панков С.П.* Физико-химические основы пластификации полимеров. – М. : Химия, 1982. – 224 с.
6. *Хозин В.Г.* Усиление эпоксидных полимеров. – Казань : ПИК «Дом печати», 2004. – 446 с. – ISBN 5-94259-143-1.