

РАЗРАБОТКА СТЕНОВОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ СВОЙСТВАМИ

К. М. ШАФИЕВ, А. Н. ЯГУБКИН

Scientific novelty and significance of the results are:

Designed wall material, which combines environmental friendliness of wood filler, the durability of mineral binders, thermal insulation properties that meet modern requirements.

New modifier Arbel, which provides the ability to reduce operational and humidity necessary strength characteristics arbolit. This prevents the filling stage of mineralization, which provides a wall material that does not cause the accumulation of moisture and mold in the wall in a living space.

Developed and theoretically proved technology of directed stacking layers forming of building blocks. This solution provides a reduction of thermal conductivity and increase the strength of the product arbolit.

Work is underway on the commercialization of technology in the manufacture of sealing the vibrational building blocks of arbolit in KUP PSP "Polotkselstroy" and ЗАО "Mozyrles."

Ключевые слова: арболит, добавка, прочность, теплопроводность, плотность

1. ВВЕДЕНИЕ

В связи с постоянным ростом объемов капитального строительства наблюдается высокий спрос на материалы для ограждающих конструкций. Одним из путей снижения затрат на их изготовление может быть использование местных сырьевых материалов. Перспективным представляется вопрос изготовления стеновых материалов из арболита. Из этого эффективного местного строительного материала изготавливают стеновые панели и блоки, плиты покрытий для совмещенных кровель и плиты перекрытия, перегородочные и теплоизоляционные плиты, объемные блоки. Наиболее утвердившейся областью применения изделий из арболита является малоэтажное строительство жилых, гражданских, сельскохозяйственных, лесохозяйственных и производственных зданий.

Арболит относится к числу биостойких и трудносгораемых материалов, имеет высокие теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства, хорошо отделяется цементным раствором, пилится и гвоздится. Средняя плотность арболита в теплоизоляционных изделиях составляет 300...500 кг/м³ и конструктивно-теплоизоляционных – 400...850 кг/м³. Благодаря наличию в изделиях пор в помещениях происходит более равномерный тепло-воздухо обмен и сохраняется благоприятный для проживания температурно-влажностный режим. Такие свойства арболита, как его гвоздимось и возможность отделки различными фактурными слоями еще более увеличивает его преимущество перед другими строительными материалами.

Эффективность применения древесно-цементных композитов (ДЦК) и практически неограниченная сырьевая база дают право рассматривать развитие их производства не как временное мероприятие по ликвидации дефицита на стеновые материалы, а как на одно из важнейших направлений в освоении новых прогрессивных строительных материалов.

Целью работы является разработка стенового материала на основе местных сырьевых ресурсов с улучшенными потребительскими свойствами, не уступающему по своим физико-механическим свойствам, качеству и стоимости газобетону и другим стеновым материалам для малоэтажного строительства.

2. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АРБОЛИТА

Арболит – это легкий бетон на заполнителях растительного происхождения, предварительно обработанный раствором минерализатора.

Технология производства арболита большей частью предусматривает применение в качестве минерального вяжущего портландцемента марки не ниже 400. Проводимые исследования арболита на местных вяжущих включали изучение влияния вида затворителя на сроки схватывания каустического доломита, влияние водорастворимых веществ и их состава на кинетику его твердения и зависимость прочности арболита от его плотности и вида используемого затворителя. В результате исследований были выявлены короткие сроки начала и конца схватывания вяжущего, особенно при затворении хлористым магнием, а также серноокислым магнием. Они в несколько раз меньше, чем у портландцемента. Характерно, что при использовании вяжущего, затворенного хлористым магнием, прочность арболита на сжатие и изгиб, а также интенсивность ее нарастания во времени повышаются.

По отношению к древесине: модифицированный арболит не подвержен гниению, поражению грибками и микроорганизмами, не горит, обладает улучшенным воздухообменом и регуляцией влажности в помещении.

По отношению к газосиликатным, пенобетонным блокам, кирпичу, тяжелому бетону: арболитовые блоки легко поддаются механической обработке (пилению, сверлению, рубке), надежно удерживают

крепежные элементы, обладают высоким звукопоглощением, имеют повышенную трещиностойкость при превышении максимально допустимых нагрузок, что позволяет без повреждений переносить осадки здания.

По отношению к арболиту конкурентов: высокая прочность и низкая теплопроводность блоков, достигаемые за счет направленной укладки заполнителя (запатентованная авторская разработка). Использование добавки Арбел (запатентованная авторская разработка) гарантирует низкие показатели сорбционной влажности и гигроскопичности, что обеспечивает малое значение равновесной влажности. Экономическое сравнение рыночной стоимости газосиликатных блоков с блоками из арболита показывает, что при переходе на арболитовые блоки возможно снижение себестоимости стенового материала до 25 %. В соответствии с выполненными расчетами (бизнес-план) окупаемость вложенных средств составит 1,5–2 года.

Выполненный обзор отечественного и зарубежного опыта производства изделий с использованием древесного заполнителя показывает, что изделия из древесно-цементных композиций считаются эффективным строительным материалом и их производство получило распространение во многих странах мира.

В настоящее время предложено много добавок-модификаторов арболита, каждая представленная добавка обеспечивает достижение определенного положительного эффекта, но имеет и ряд недостатков. Поэтому создание эффективной добавки-модификатора арболита является актуальной задачей.

До настоящего времени не существует методики оценки влияния добавок на прочность арболита с минимальными затратами материалов, времени и труда. Разработка такой методики позволила бы оперативно выполнять оценку эффективности новых модификаторов, внедрять их в производство.

Выполненный анализ свидетельствует об отсутствии эффективных способов уплотнения арболитовой смеси, обеспечивающих направленную укладку древесного заполнителя с низким показателем редеформации.

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ДОБАВКОЙ АРБЕЛ АРБОЛИТА С НАПРАВЛЕННОЙ УКЛАДКОЙ ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Для реализации технологии изготовления модифицированного добавкой Арбел арболита с направленной укладкой заполнителя разработана добавка-модификатор арболитовой смеси Арбел, которая по своим свойствам не уступает базовой добавке для арболитовой смеси (хлористый кальций). Кроме того, добавка Арбел позволяет снизить водопоглощение арболита и при этом получить арболит с низкой эксплуатационной влажностью.

Объяснить механизм действия добавки Арбел можно следующим образом. Процессы формирования структуры арболита отличаются от обычных бетонов. При приготовлении арболитовой смеси используются достаточно высокие значения В/Ц. Это всеми исследователями объясняется тем, что древесный заполнитель очень гигроскопичен. Более половины воды затворения впитывается стенками клеток, насыщает волокна, заполняет поры и капилляры.

Насыщение древесного заполнителя водой может происходить в течение нескольких часов. В это время в цементном тесте происходят процессы гидратации. В определенный момент цементу становится недостаточно той воды, которая не впиталась в древесный заполнитель и находится в цементном тесте. Поэтому цемент начинает вытягивать воду из древесного заполнителя. Однако находясь в стенках клеток, волокнах, порах и капиллярах вода вымывает из них гемицеллюлозу, гексозаны, пентозаны, танины, дубильные и смолистые вещества. Все представленные выше вещества, попадая в цемент до начала его схватывания, замедляют процессы набора прочности от нескольких суток до нескольких месяцев, ухудшают сцепление цементного камня с древесным заполнителем, т.к. создают пленки на его поверхности.

Поэтому, если за счет специальных добавок ускорить процессы схватывания и твердения цементного теста, то вредные вещества, которые будут поступать вместе с отсасываемой водой из древесного заполнителя, не смогут существенно повлиять на набор прочности цементом.

Добавка сернокислого калия, по данным Ратинова [64], ускоряет гидратацию ангидрита. Это объясняется тем, что добавки содержащие сульфаты, влияют на структурные аспекты катионов и анионов; на воду, изменяя ее подвижность; на некоторые кристаллохимические аспекты. Также по данным Ратинова, в присутствии сульфатов, процесс гидратации сильно смещается в сторону образования гидросульфоалюмината кальция. Поэтому добавки, содержащие сульфаты Ратиновым рекомендуется использовать вместе со шлакопортландцементом, пуццолановыми и низкоалюминатными цементами.

Действуя как ускоритель твердения арболита, сернокислый калий позволяет обеспечить схватывание и твердение цементного теста в ранние сроки, тем самым защитив цементный камень от агрессивного воздействия древесного заполнителя.

В качестве основного преимущества добавки Арбел перед основным наиболее сильным ускорителем – хлористым кальцием, необходимо отметить, то, что добавка сернокислого калия позволяет поддерживать более низкую эксплуатационную влажность стены и, соответственно, более низкий показатель теплопроводности.

Это можно объяснить с позиций общей химии. Известно, что соли кальция имеют малые размеры катионных радиусов, поэтому легко притягивают значительные количества диполей воды. Хлорид кальция существует в виде кристаллогидратов переменной структуры. Хлорид кальция притягивает к себе до 6 молекул воды с образованием кристаллогидратов ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Известный ускоритель обычных бетонов сульфат натрия также является гигроскопичным, для него характерно образование кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Добавка Арбел – K_2SO_4 не притягивает воду и не образует кристаллогидратов.

Расчеты показывают, что 1 кг хлористого кальция в составе арболита удерживает до 1 литра воды. Т.к. на 1 м³ арболита идет 7 кг хлористого кальция, то в стене удерживается дополнительно до 7 литров воды. Соль K_2SO_4 не является гигроскопичной, следовательно, ее использование обеспечит более низкий показатель теплопроводности в условиях эксплуатации стенового ограждения.

Кроме того, использование сернокислого калия в качестве добавки в арболит позволит избежать сульфатной коррозии цементного камня, в отличие от использования добавок сульфата натрия и сернокислого глинозема. Исследования данного процесса Минасом указывают на то, что основной причиной разрушения цементного камня при сульфатной коррозии является увеличение объема солей при фазовом переходе от менее гидратированных форм к формам, содержащим большие количества кристаллизационной воды. Согласно этим представлениям, наиболее опасно для стойкости цементного камня не просто кристаллизация соли, а образование кристаллогидратов с увеличением объема твердой фазы.

С использованием электронно-микроскопического анализа, дифференциально-термического анализа, рентгенофазового анализа выполнено обоснование механизма действия добавки Арбел. Эти методы подтвердили эффективность добавки Арбел, а также ее отличия и преимущества перед известным наиболее сильным ускорителем твердения – хлористым кальцием.

Разработана методика оценки оптимальной дозировки химических добавок в арболите, позволяющая определять оптимальную дозировку ввода как отдельных, так и комплексных добавок.

Методика реализуется следующим образом: готовят отфильтрованный раствор древесного заполнителя, для чего усредненную пробу заполнителя заливают водой в соотношении 1:4, кипятят в течение 30–60 минут, доливают воду до первоначального веса, охлаждают до комнатной температуры и фильтруют, готовят контрольный состав, содержащий следующие компоненты, мас. %:

цемент	60–80
отфильтрованный раствор древесного заполнителя	10–20
вода	остальное,

и основные составы, содержащие вышеуказанные компоненты в аналогичном количестве и химическую добавку в количестве от 0,1 до 10,0 мас.%, при этом компоненты вводят в следующей последовательности: вода, химическая добавка, цемент и отфильтрованный раствор древесного заполнителя, изготавливают образцы из контрольного и основных составов размером 20×20×20 мм, осуществляют их термовлажностную обработку, испытывают на прочность и определяют оптимальную дозировку химической добавки путем сравнения прочности образца контрольного состава и образцов основных составов.

Для обеспечения направленной укладки заполнителя разработан и теоретически обоснован способ колебательного уплотнения арболитовой смеси. Способ позволяет повысить прочностные свойства арболита до 70 % и снизить теплопроводность до 20 %.

На основании результатов экспериментальных исследований, выполненных с использованием методов математического планирования эксперимента и статистических методов обработки экспериментальных данных, рассчитаны математические модели для определения прочности и плотности арболита в зависимости от расхода основных компонентов смеси и параметров колебательного уплотнения. Разработана методика подбора состава модифицированного арболита с использованием полученных математических моделей.

Определены основные свойства модифицированного арболита с направленной укладкой заполнителя: прочность, плотность, водопоглощение, теплопроводность, морозостойкость. По всем показателям полученный материал отвечает требованиям нормативных документов.

4. УЛУЧШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ АРБОЛИТА

В Полоцком государственном университете проведены исследования по улучшению потребительских свойств арболита. Результаты разработки стенового материала на основе местных сырьевых ресурсов представлены в виде *таблицы 1*: Методика проведения исследований. За день до замеса смеси в заранее подготовленную щепу был добавлен колер «Alpina» синего и красного цвета. В день замеса полученная смесь (*рис. 1, 2*) была тщательно перемешана.

В дальнейшем был приготовлен цементный раствор. В него также был добавлен колер «Alpina». В результате получен цементный раствор, приведенный на *рисунке 3*. (расход материалов приведен в *табл. 1*). После в приготовленный цементный раствор была добавлена заранее изготовленная щепка с колером «Alpina» (*рис. 4*). Смесь была тщательно перемешана и заформована.

После набора прочности образцы были извлечены из форм и испытаны. Результаты испытаний приведены в *таблице 1*. Введение колера не влияет на основные характеристики арболита.

Таблица 1. Результаты исследований

№ состава	Расход материалов			Вид и кол-во добавки, % массы цемента	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Коэф. теплопроводности, Вт/м °С
	Цемент, кг/м ³	Щепа, кг/м ³	Вода, л/м ³				
1	350	200	360	Арбел+синий колер (3)	4,1	550	0,14
2	350	200	360	Арбел+красный колер (3)	4,1	550	0,14
3	350	200	360	Арбел+синий колер (5)	3,9	550	0,14
4	350	200	360	Арбел+красный колер (5)	3,9	550	0,14
5	350	200	360	Арбел+синий колер (6)	3,7	550	0,14



Рис. 1. Смесь синего колера «Alpina» и щепы



Рис. 2. Смесь красного колера «Alpina» и щепы



Рис. 3. Цементный раствор с синим колером «Alpina»



Рис. 4. Смесь щепы и цементного раствора

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях постоянно ведущегося сегодня строительства на селе на арболит стоит обратить внимание, как на не только материал с отличными технологическими, эксплуатационными, техническими характеристиками, но и материал, позволяющий значительно сэкономить на сырье, прямых затратах, сроках строительства, что в условиях рыночной экономики становится важнейшим фактором.

Улучшение потребительских свойств арболита предложенное в работе позволит ускорить внедрение данного материала на рынок, решить проблему утилизации древесных отходов и использовать местное сырье.

©пгу

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ВОЗДУХА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

И. В. ШЕРЕМЕТЬЕВ, О. М. КАЧАН, Т. И. КОРОЛЕВА

Analysis of various schemes of aspiration systems, operating on wood-processing enterprises allowed to reveal substantial reserves, which may lead to reduced energy consumption and dust emissions. The expected effect is provided in case of replacement of energy-intensive systems used for energy-saving and environmentally friendly

Ключевые слова: рециркуляция воздуха, аспирационные системы вентиляции

При обработке древесины на деревообрабатывающих станках образуется большое количество древесных сыпучих отходов. Удаление сыпучих отходов от станков и перемещение их к месту утилизации производится цеховыми пневмотранспортными установками (системами аспирации). Эти установки выполняют важную санитарно-гигиеническую функцию: обеспыливание рабочей [1]. Установка состоит из разветвленной сети трубопроводов с приемниками-пылеуловителями у каждого из станков, пылевого вентилятора и пылеочистного устройства с бункером-накопителем отходов. В качестве очистных устройств традиционно применяли устройства инерционного типа - циклоны, которые имеют ряд существенных недостатков. Во-первых, степень очистки воздуха циклоном в лучшем случае достигает 97 - 98,5%, что приводит к загрязнению окружающей среды в районе расположения предприятия [2]. Во-вторых, очищенный в циклонах воздух выбрасывается в атмосферу, и вместе с ним в атмосферу выбрасывается мелкодисперсная пыль, а в холодное время и значительное количество теплоты, что приводит к энергетическим затратам. Избежать таких затрат можно, применяя вместо циклонов пылеочистные устройства контактного типа - рукавные фильтры, степень очистки воздуха которыми достигает 99,9%, что позволяет системе работать в режиме рециркуляции воздуха [1, 3].

Для определения эксплуатационных затрат был выполнен технический расчет затрат тепловой, электрической энергии для выбранных схем систем вентиляции (с коллектором-сборником, циклоном, без рециркуляции воздуха; с коллектором-сборником, циклоном, матерчатый фильтр, доочисткой в фильтре приточной камеры, с рециркуляцией воздуха; с малогабаритным коллектором, циклоном, матерчатый фильтр, доочисткой в фильтре приточной камеры, с рециркуляцией воздуха; с коллектором-сборником, рукавным фильтром, доочисткой его в фильтре приточной камеры, с рециркуляцией воздуха).

Выполненный комплекс теоретических исследований по повышению экономичности и эффективности систем аспирации позволил получить следующие научно-практические результаты:

- рекомендовано использование объемного вертикального коллектора-сборника для улавливания крупных частиц материала в непосредственной близости от станков;
- расход тепловой энергии на подогрев наружного воздуха в системах вентиляции без рециркуляции воздуха в 3,3 раза выше, чем в системах вентиляции с рециркуляцией воздуха;
- установлено, что работа модернизированной кустовой системы аспирации в комплексе с общеобменной приточной вентиляцией и рециркуляцией воздуха с применением новых конструктивных элементов и решений приводит к снижению затрат электрической энергии на 38%, а тепловой энергии на – 70 %.

Литература

1. *Воскресенский, В.Е.* Системы пневмотранспорта, пылеулавливания и вентиляции на деревообрабатывающих предприятиях. Теория и практика: в 2 т. / В.Е. Воскресенский. – СПб., 2009. – Т. 2: Аспирационные и транспортные пневмосистемы. – 2009.
2. *Торговников, Б.М.* Проектирование промышленной вентиляции: справочник / Б.М. Торговников, В.Е. Табачник, Е.М. Ефанов; под ред. Б.М. Торговников. – К.: Будивельник, 1983. – 256 с.
3. *Волков, О.Д.* Проектирование и вентиляция промышленного здания: учеб. пособие / О.Д. Волков. – Х.: Выща шк. Изд-во при ХГУ, 1989. – 240 с.