

РЕФЕРАТ

В состав выпускной квалификационной работы входит:

- 1) пояснительная записка 81 с., 15 рис., 10 табл., 32 источн., 1 прил.;
- 2) графические (демонстрационные) материалы 15 листов, (слайдов).

ГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ, СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ГИПСОВЫЕ СМЕСИ, РАСТВОРНЫЕ ГИПСОВЫЕ СМЕСИ, ФРАКЦИОНИРОВАННОЕ ПЕНОСТЕКЛО, ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИПСОВЫХ СМЕСЕЙ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГИПСОВЫХ СМЕСЕЙ.

Цель работы заключалась в следующем:

- 1) исследовать свойства гипсового вяжущего с добавкой фракционированного пеностекла;
- 2) оценить пригодность фракционированного пеностекла для получения сухих строительных гипсовых смесей теплоизоляционного назначения.

Объектом исследования являются гипсовые вяжущие, сухие и растворные смеси на их основе с добавкой фракционированного пеностекла.

Предмет исследования: свойства гипсового вяжущего и сухих гипсовых смесей.

В процессе работы решались следующие **задачи**:

- изучение показателей качества гипсовых вяжущих, областей их применения, а также способов повышения физико-технических свойств (литературный обзор);
- изучение формирования физико-механических и теплотехнических свойств сухих строительных смесей в зависимости от их составов (литературный обзор);
- оценка использования и влияния пеностекла на свойства сухих строительных смесей (литературный обзор);
- исследование влияния добавки фракционированного пеностекла на

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		1

физико-технические свойства гипсового вяжущего;

– исследование свойств сухой строительной смеси на гипсовом вяжущем в зависимости от содержания фракционированного пеностекла (ФПС);

– расчет технико-экономических показателей.

В ходе выполнения исследования были получены следующие **научные результаты**:

1. Прочность при сжатии камня строительного гипса при введении добавки ФПС в целом повышается. Наибольший прирост прочности наблюдается у состава, содержащего ФПС в количестве 5-15 % фр. 0,14-1,25 мм. Также было выявлено, что увеличение количества добавки ФПС в составе строительного гипса каждой фракции до 15 % приводит к снижению прочностных характеристик гипсового камня в среднем на 18 %. Подобная закономерность изменения прочности образцов объясняется эффектом стерического стеснения.

2. Присутствие добавки ФПС смеси фракций 0,063-0,14 мм в составе строительного гипса способствует повышению его коэффициента размягчения с 0,42 до 0,48. Однако дальнейшее увеличение фракции ФПС до 4,0 мм оказывает отрицательное воздействие на значение коэффициента размягчения, снижая его в среднем на 11 %.

3. Установлено, что эффективными с точки зрения сочетания физико-механических и теплоизоляционных свойств являются составы с содержанием ФПС в количестве 30 и 40 %. С целью улучшения показателей свойств растворной смеси, не соответствующих нормативным (сроки схватывания, водоудерживающая способность), необходима модификация данных составов путем введения замедлителей схватывания и пластифицирующих добавок. Таким образом, ФПС можно считать пригодным для использования в сухих строительных смесях на гипсовом вяжущем теплоизоляционного назначения.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ	8
ВВЕДЕНИЕ	9
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	11
1.1 Мировой и отечественный опыт производства и применения гипсовых материалов	12
1.2 Показатели качества гипсовых вяжущих, области их применения и способы повышения физико-технических свойств	15
1.3 Роль заполнителей и наполнителей в формировании структуры и свойств сухих строительных смесей	19
1.4 Виды добавок и их назначение в составе сухих строительных смесей ..	23
1.5 Анализ использования пеностекла в составе сухих строительных смесей.....	29
1.6 Выводы	33
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИМЕНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	36
2.1 Характеристика применяемых материалов	37
2.2 Методология исследований	38
2.3 Структурно-методологическая схема исследований	39
3 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	41
3.1 Влияние фракционированного пеностекла на свойства гипсового вяжущего	42
3.2 Исследование зависимости свойств сухой строительной гипсовой смеси от состава гипсового вяжущего	46
3.3 Выводы	51
4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	52
4.1 Общая характеристика показателей экономической эффективности	53
4.2 Калькуляция себестоимости единицы товарной продукции.....	56

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

4.3	Постановка задачи экономического расчета по оценке эффективности внедрения проекта нововведения	57
4.4	Расчет капитальных затрат.....	60
4.5	Расчет текущих затрат производства при использовании аналога объекта нововведения	64
4.6	Расчет текущих затрат производства при использовании объекта нововведения	66
4.7	Привидение вариантов аналога и проекта нововведения в сопоставимый вид.....	68
4.8	Расчет показателей экономической эффективности от внедрения проекта нововведения	68
4.9	Выводы	70
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	74
	Приложение А	78

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ,
СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ

ГВ – гипсовое вяжущее

В/Т – водотвердое отношение

КГВ – композиционное гипсовое вяжущее

КСЦ – калийсиликатный цемент

ПАВ - поверхностно-активные вещества

ССС – сухие строительные смеси

ФПС – фракционированное пеностекло

ЩСР – щелочно-силикатная реакция

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время важнейшей задачей строительной индустрии является обеспечение производства эффективными ресурсосберегающими и экологически чистыми материалами. Производство вяжущих веществ на основе гипса нетоксично и требует примерно в 4-5 раз меньше расходов топлива и энергии по сравнению с производством цемента. Однако ввиду недостаточной водостойкости и невысоких прочностных характеристик область применения гипсовых вяжущих и материалов на их основе значительно ограничивается. С целью улучшения показателей качества гипсовых материалов в состав необходимо вводить модифицирующие добавки.

В отечественных разработках все чаще решается вопрос о снижении потребления природного сырья для производства вяжущих веществ и материалов на их основе путем введения в состав смеси техногенных отходов и побочных продуктов различных отраслей промышленности в качестве наполнителей и добавок.

Современным энергоэффективным и ресурсосберегающим материалом является пеностекло, обладающее как теплоизоляционными, так и конструкционными свойствами. В последнее время активно развивается направление по расширению области применения пеностекла в качестве заполнителя (наполнителя) в строительных материалах на основе цементного вяжущего. Существенным недостатком таких материалов с использованием гранул пеностекла является возможное протекание щелочно-силикатной реакции (ЩСР).

Таким образом, перспективным направлением для разработки новых составов, исключая протекание ЩСР, может служить использование пеностекла в гипсовых вяжущих и материалах на их основе с целью повышения теплотехнических и физико-механических свойств.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Цель работы заключалась в следующем:

- 1) исследовать свойства гипсового вяжущего с добавкой фракционированного пеностекла;
- 2) оценить пригодность фракционированного пеностекла для получения сухих строительных гипсовых смесей теплоизоляционного назначения.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие **задачи**:

- изучение показателей качества гипсовых вяжущих, областей их применения, а также способов повышения физико-технических свойств (литературный обзор);
- изучение формирования физико-механических и теплотехнических свойств сухих строительных смесей в зависимости от их составов (литературный обзор);
- оценка использования и влияния пеностекла на свойства сухих строительных смесей (литературный обзор);
- исследование влияния добавки фракционированного пеностекла на физико-технические свойства гипсового вяжущего;
- исследование свойств сухой строительной смеси на гипсовом вяжущем в зависимости от содержания фракционированного пеностекла;
- расчет технико-экономических показателей.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Дипломн.		Рустамова Д.Ч			Исследование влияния фракционированного пеностекла на свойства гипсового вяжущего и сухих строительных смесей	Лит.	Лист	Листов
Консульт.		Сопегин Г.В.					1	25
Руководит.		Сопегин Г.В.				ПНИПУ, СФ, СИМ, ПСК-16-16		
Н. Контр.		Сопегин Г.В.						
И.о. зав. каф..		Харитонов В.А.						

1.1 Мировой и отечественный опыт производства и применения гипсовых материалов

В зарубежной практике сухие строительные смеси (ССС) прочно утвердились и области их применения постоянно расширяются. В зависимости от назначения сухие смеси подразделяют на штукатурные, шпаклевочные, грунтовочные, клеевые, кладочные и другие составы. Наибольшее распространение ССС находят в качестве штукатурных составов. Так, ведущими западными фирмами были разработаны цементно-песчаные и цементно-известково-песчаные смеси, включающие в себя портландцемент, известь-пушонку, кварцевый песок и многофункциональные химические добавки (эферы целлюлозы, ПАВ, стабилизаторы и ингибиторы).

ССС на основе гипсовых вяжущих также нашли свое место в зарубежной практике. Например, французская фирма «Lambert Industries» нацелена на производство сухих гипсовых смесей для выполнения штукатурных покрытий стен и потолков. В составе смесей содержится строительный гипс, песок и добавки, которые увеличивают прочность сцепления штукатурного слоя с поверхностью.

Немецкая фирма «Knauf» специализируется на оштукатуривании различных внутренних поверхностей (кирпичная кладка, цементная штукатурка, бетон). Штукатурная смесь содержит строительный гипс, минеральный пористый наполнитель, водоудерживающую добавку и регулятор схватывания. Покрытия, полученные на основе этих смесей, обладают рядом преимуществ: расход гипсовой штукатурки «Knauf» в 2 раза меньше традиционных цементно-песчаных штукатурных смесей; обеспечивается гладкая поверхность, не требующая дополнительного шпаклевания; высокая водоудерживающая способность; регулируются режим влажности – покрытия впитывают избыточную влагу и отдают ее при снижении влажности воздуха в помещении [3].

На российском рынке ССС начали появляться относительно недавно,

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

образовав свою отдельную нишу строительных материалов. Наряду с использованием традиционных товарных растворов и бетонов с 1980 года в России возникает интерес к созданию нескольких видов ССС на основе минеральных вяжущих направленного спектра действия: цементно-песчаные – для штукатурных и плиточных работ; известково-песчаные и известково-глинопесчаные – для накрывочных слоев; гипсовые замедленного действия – для штукатурных работ; терразитовые – для отделки фасадных поверхностей зданий. Помимо вяжущего компонента в состав смеси вводятся фракционированные заполнители (наполнители) определенного минералогического состава, а также специальные модифицирующие химические добавки. Использование пористых заполнителей (например, перлита и вермикулита) в составах сухих смесей позволило получить теплоизоляционные покрытия с коэффициентом теплопроводности 0,14-0,37 Вт/(м*К) и огнезащитные покрытия с насыпной плотностью смеси 600-800 кг/м³ [3].

Быстрое развитие производства ССС обычно связывают с экономической ситуацией, возникшей после дефолта 1998 года, до этого сухие смеси преимущественно импортировались из Европы, причем доля зарубежных материалов на рынке ССС достигала 80 %. В дальнейшем процент импортной продукции сократился в несколько раз, а темпы прироста рынка сухих смесей за счет внутреннего производства достигали 50 % в год [7]. На рисунке 1.1. представлена гистограмма, отражающая рост производства сухих смесей в России за последние 20 лет.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ

4	Лист
---	------

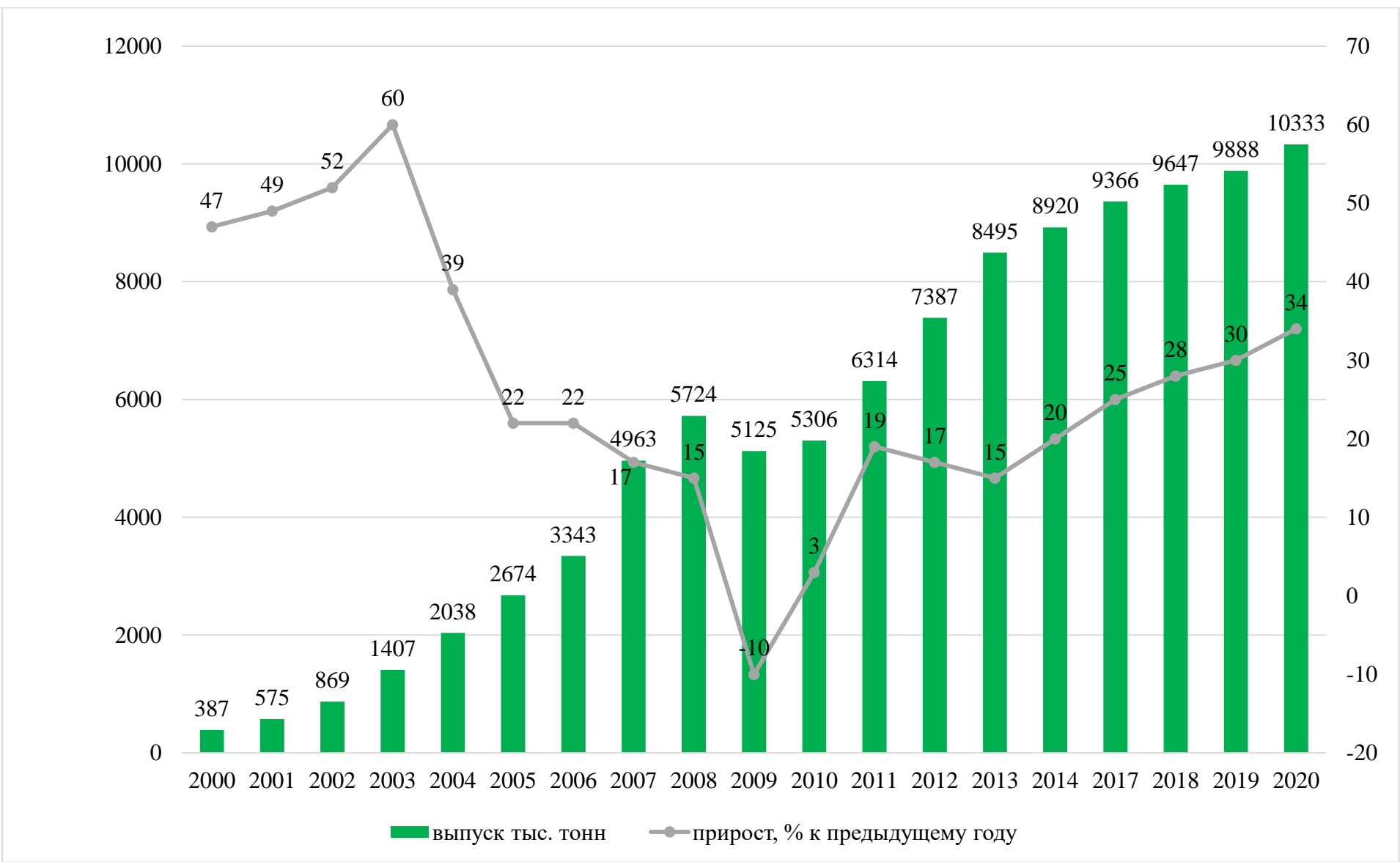


Рисунок 1.1 – Гистограмма роста производства сухих смесей в России

Как видно из рисунка 1.1, начиная с 2003 года прирост рынка на данную продукцию начал постепенно замедляться и к 2009 году достиг минимального значения прироста. С 2013 года наблюдается повышение объема рынка ССС, что свидетельствует о повышении интереса потребителей к данной продукции. Прогноз аналитиков рынка ССС на 2020 год составляет от 4 до 5 % роста потребления [7]. Таким образом, анализ данных рисунка 1.1 позволяет сделать вывод, что в настоящее время выпуск ССС является востребованным на рынке строительных материалов.

На данный момент в России функционируют около 250 компаний, предлагающих ССС общестроительного и специального назначения, наиболее известными марками среди которых являются «Кнауф», «Юнис», «Волма», «Основит», «Старатели», «ГЛИМС», «Бергауф», «Гипсополимер» и др [4].

Несмотря на то, что отечественный рынок ССС сравнительно молод, сегодня он не прекращает своего постоянного развития, где актуальным направлением является расширение производства строительных материалов при обеспечении «устойчивого развития» с точки зрения ресурсо- и энергосбережения, заключающегося в снижении потребления природного сырья для производства вяжущих веществ и материалов на их основе путем введения в состав смеси техногенных отходов и побочных продуктов различных отраслей промышленности [5, 8, 24].

1.2 Показатели качества гипсовых вяжущих, области их применения и способы повышения физико-технических свойств

На сегодняшний день одной из главных задач строительной индустрии остается обеспечение производства эффективными ресурсосберегающими и экологически чистыми материалами. Гипс является природным материалом, производство вяжущих веществ на основе которого нетоксично и требует

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

примерно в 4-5 раз меньше расходов топлива и энергии по сравнению с производством цемента [3, 22].

Гипсовые вяжущие получают термической обработкой гипсового сырья до получения полугидрата сульфата кальция или безводного сульфата кальция (ангидрита). В зависимости от способа термической обработки различают несколько видов гипсовых вяжущих для производства ССС: строительный гипс (полугидрат сульфата кальция β -модификации), высокопрочный гипс (полугидрат сульфата кальция α -модификации) и ангидритовое вяжущее [3, 24].

Свойства сухих смесей на основе гипса определяется качеством вяжущего, содержание которого колеблется в интервале 60-90% в составе смеси. Гипс должен контролироваться по следующим показателям качества в соответствии с ГОСТ 125-2018: марка по прочности, сроки схватывания, тонкость помола и влажность. Для улучшения свойств гипсовых смесей в состав дополнительно вводятся функциональные добавки, регулирующие сроки схватывания, пластические свойства, степень трещиностойкости, прочность сцепления с основанием, водоудерживающую способность и др.

Несмотря на то, что гипсовые вяжущие на основе полугидрата сульфата кальция α и β -модификаций имеют практически одинаковый химический состав, они не являются взаимозаменяемыми по техническим свойствам. Например, строительный гипс характеризуется меньшей прочностью (Г-2...Г-7) по сравнению с высокопрочным гипсом (Г-10...Г-25). Стоит также отметить, что различие в особенностях кристаллизации при получении полугидратов сульфата кальция α и β -модификаций существенно влияет на величину водопотребности. Так, для строительного гипса водопотребность составляет 55-65 %, для высокопрочного гипса – 35-40 % [3, 25].

В отличие от строительного гипса, ангидритовое вяжущее характеризуется более поздними сроками схватывания (начало – не ранее 30 минут, конец – не позднее 24 часов), прочность образцов в смеси с песком в

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

растворе 1:3 достигает 3-5 МПа (для вяжущего, полученного путем тонкого помола природного ангидрита) и 15-25 МПа (для вяжущего из обожженного гипсового камня), водопотребность такого вяжущего составляет 30-40 %. Перспективным является применение ангидритовых вяжущих в производстве ССС в качестве самонивелирующихся полов (стяжек) и штукатурных смесей. Разработаны растворные смеси для устройства полов с прочностью 21-30 МПа на основе ангидритовых вяжущих, полученных путем обжига молотого гипсового камня. Создание растворных смесей с такими свойствами обусловлено правильным подбором заполнителей (наполнителей) и комплексных модифицирующих добавок [9, 25].

Наиболее распространенной практикой применения высокопрочного гипса α -модификации является использование его в составах ССС для устройства полов. Затвердевшие полы уже через 6 часов имеют достаточно высокую начальную прочность при сжатии, позволяющую ходить по полученной поверхности пола. После 5-7 суток выдержки прочность затвердевшего раствора достигает 18 МПа и выше. Однако стоит учитывать относительно небольшой объем производства высокопрочного гипса и его высокую стоимость, в связи с этим все большее распространение получают сухие напольные смеси на основе строительного гипса марок Г-6 и Г-7 [9].

Необходимо добавить, что большинство рецептур гипсовых штукатурных смесей разрабатываются на базе строительного гипса, изготовленного в гипсоварочных котлах. Обычно на рынке строительных материалов такое вяжущее представлено марками по прочности Г-4 и Г-5 нормального твердения и характеризуется различной тонкостью помола. Однако растворные смеси на данной основе имеют недостаточную жизнеспособность. Как было отмечено ранее, возникает необходимость введения в состав сухих смесей химических добавок, регулирующих начало и конец схватывания (например, лимонная или винная кислоты) [9, 25].

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

В случае использования ССС для финишной шпаклевки поверхностей предъявляются более ужесточенные требования по тонкости помола как для гипсового вяжущего, так и для наполнителя [9].

Гипсовые вяжущие вещества перспективны для большой номенклатуры ССС (штукатурки, шпаклевки, затирки, клеящие составы, смеси для устройства полов и т.д.) благодаря ряду ценных свойств: возможность регулирования сроков схватывания, достаточная прочность и твердость затвердевшего раствора, высокие тепло- и звукоизоляционные свойства за счет тонкопористой структуры, высокая паропроницаемость, пожаробезопасность, экологическая чистота. Кроме того, ССС на основе гипса имеют высокую пластичность, что позволяет обеспечить нанесение штукатурного слоя в один прием, не требующего дополнительной шпаклевки. Полученные гипсовые штукатурные покрытия обладают низкой теплопроводностью (0,25-0,35 Вт/м*К), способностью регулировать влажностный режим внутри помещения и не создают усадочных деформаций в процессе твердения и высыхания в отличие от растворных смесей на цементном вяжущем [3, 23].

Перспективным направлением является изготовление гипсосодержащих сухих смесей, которые бы нашли свое применение не только как материалы для внутренней отделки здания, но и для наружной. Однако гипсовым вяжущим и материалам на их основе присущи такие отрицательные качества, как высокая водопотребность и низкая водостойкость, а также значительная ползучесть при увлажнении, недостаточная морозостойкость и т.д.

В настоящее время повышение прочности и водостойкости составов на основе строительного гипса может достигаться прессованием, снижением водопотребности и повышением плотности при введении пластифицирующих добавок, а также гидрофобизацией и пропиткой изделий веществами, препятствующими проникновению в них влаги. Однако экономически и технически более эффективным способом повышения прочности и

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

водостойкости композиций на основе гипса является введение минеральных и техногенных добавок.

Благодаря отечественным разработкам, ряд существенных недостатков удалось устранить путем создания водостойких гипсовых вяжущих. В настоящее время наиболее известными среди них являются композиционные гипсовые вяжущие низкой водопотребности (КГВ) – гомогенная смесь гипсового вяжущего с гидравлическим компонентом, который получают совместной активацией портландцемента, кремнеземистой добавки и суперпластификатора [3].

Производство и применение КГВ на основе вторичных ресурсов взамен традиционных энергоемких цементов является значительным вкладом в развитие ресурсо- и энергосберегающих технологий в строительстве. Так, были проведены исследования [23] с целью повышения физико-технических свойств гипсовых вяжущих и материалов на их основе путем введения в состав тонкодисперсных минеральных и техногенных добавок, в частности керамзитовой пыли в сочетании с известью и портландцементом. Повышение прочности и водостойкости камня на основе КГВ при введении данных добавок обуславливается образованием при гидратации КГВ водостойких и относительно высокопрочных продуктов взаимодействия извести и оксидов кремния, алюминия и железа, входящих в состав керамзитовой пыли. По результатам исследований были получены КГВ средней и повышенной водостойкости, применимые в качестве штукатурных, кладочных и напольных растворов, низкомарочных бетонов для помещений с повышенной влажностью.

1.3 Роль заполнителей и наполнителей в формировании структуры и свойств сухих строительных смесей

Важными компонентами, участвующими в формировании структуры и

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

задающими определенные свойства ССС, являются заполнители и наполнители – минеральные, природные или искусственно приготовленные материалы определенного гранулометрического состава.

При производстве сухих смесей применяют заполнители крупностью зерен 0,16-5,0 мм и наполнители, представляющие собой тонкодисперсные порошкообразные материалы с размером частиц 0,05-0,16 мм. Вышеописанные компоненты вводятся в состав с целью снижения расхода вяжущего вещества для приготовления раствора с требуемой прочностью и, как следствие, стоимости продукции, для улучшения удобообрабатываемости (удобоукладываемости, подвижности), а также повышения водоудерживающей способности растворной смеси [25].

Содержание заполнителей (наполнителей) может достигать 80 % от общего объема растворной смеси. Следовательно, правильный подбор данного компонента, имеющего требуемые показатели по влажности, дисперсности, содержанию примесей, а также при соблюдении соотношения ГВ: заполнитель (наполнитель), гарантирует получение ССС и растворов на их основе высокого качества.

В качестве заполнителей (наполнителей) в ССС применяются кварцевые пески, мел, известняк, доломит, мрамор и гранит. При производстве теплоизоляционных сухих смесей используют легкие минеральные заполнители (наполнители).

Наиболее широкая номенклатура сухих смесей на рынке строительных материалов представлена с применением кварцевого песка в качестве заполнителя. Важнейшими характеристиками заполнителей, влияющими на технологические и технические свойства растворной смеси, являются гранулометрический состав, пустотность, водопотребность, а также форма зерен заполнителя [1, 23, 25].

Оптимальный расход компонентов и повышение физико-механических характеристик сухих смесей и растворов достигается с помощью построения

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

«идеальной гранулометрической кривой», обеспечивающей наиболее плотную упаковку частиц заполнителя [25]. Также необходимо добавить, что для улучшения фракционного состава заполнителя могут вводиться наполнители. В последнее время все больше внимания уделяется введению в состав ССС волокнистых наполнителей (полипропиленовые, целлюлозные, базальтовые и стекловолокна) для увеличения прочностных характеристик раствора, повышения трещиностойкости, а также придания эластичности [23].

Характеристика формы частиц и поверхности заполнителей позволяет оценить их пригодность для применения в растворных смесях различного назначения. Так, например, окатанные пески, имеющие гладкую поверхность, придают хорошую подвижность растворным смесям при низком водовязущем отношении. Такие пески используют для получения плотных растворов, но непригодны в клеевых составах вследствие резкого снижения устойчивости к скольжению. Использование в растворных смесях заполнителей с неправильной формой зерен, имеющих шероховатую поверхность, позволяет увеличить прочность их сцепления с вяжущим примерно в 4 раза [25]. Необходимо добавить, что наполнители, содержащие частицы пластинчатой формы, изменяют характер пористости смеси. Так, например, алюмосиликат калия (слюда) создает прочный каркас в системе раствора и приводит к снижению паропроницаемости, повышая тем самым эксплуатационные свойства материала [23].

Стоит отметить, что применение в сухих смесях на гипсовом вяжущем наполнителя более мягких карбонатных минералов кальция и магния (природный кальцит и доломит) является предпочтительным по сравнению с кварцевым песком, так как получаемая растворная смесь более пластична и технологична. Однако наличие глинистых примесей в таких наполнителях оказывает негативное влияние на свойства растворной смеси на основе цемента, резко повышая усадку и водопотребность и ухудшая прочность сцепления затвердевшего раствора с основанием. При производстве гипсовых

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

смесей в качестве наполнителей применяют известковую и мраморную муку [23].

Наряду с традиционными заполнителями (наполнителями) в состав ССС специального назначения (гидроизоляционные растворы, штукатурки повышенной водостойкости) вводятся заполнители (наполнители), увеличивающие объем при контакте с водой. Одним из таких материалов является бентонит, который в набухшем состоянии обеспечивает увеличение водонепроницаемости полученного раствора [23].

Основными задачами введения пористых заполнителей в сухие смеси являются снижение плотности получаемого материала, а также улучшение тепло- и звукоизоляционных свойств. При производстве теплоизоляционных штукатурных смесей на гипсовой основе могут применяться следующие виды заполнителей (наполнителей): гранулы пенополистирола, вспученный перлит и вермикулит, смесь компонентов (бумага, опилки, глина, цемент), пеностекло и др [11, 21, 25].

В Приложении А рассмотрен ряд преимуществ и недостатков теплоизоляционных штукатурок на основе различных заполнителей (наполнителей).

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Свойства теплоизоляционных штукатурных покрытий на цементной основе в зависимости от вида используемого наполнителя приведены в сравнительной таблице 1.1 [6, 11, 12, 16-18, 21].

Таблица 1.1 – Сравнительная таблица свойств теплоизоляционных штукатурных покрытий на цементной основе в зависимости от вида используемого наполнителя

Вид наполнителя	Характеристики получаемого штукатурного покрытия		
	Теплопроводность, Вт/м*°С	Прочность сцепления с основанием, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа
Пенополистирол	не более 0,35	не менее 0,3	не менее 3,4
Перлит	0,24-0,37	0,28-0,5	не менее 2,2
Вермикулит	0,23-0,3	не менее 0,3	не менее 2,1
Пеностекло	0,22-0,29	не менее 0,5	2,5-5,0

Как видно из таблицы 1.1, штукатурные покрытия на цементной основе с использованием пеностекла в сравнении с другими пористыми заполнителями обладают высокими прочностными и теплоизоляционными свойствами, что определяет перспективность дальнейшего использования пеностекла в сухих смесях, в том числе, и на гипсовой основе.

1.4 Виды добавок и их назначение в составе сухих строительных смесей

Получение сухих смесей с повышенными физико-техническими свойствами связано с правильно разработанной рецептурой состава, важной составляющей в которой являются модифицирующие добавки. Однако использование их в составе ССС ограничивается рядом специфических требований: негигроскопичная сухая добавка должна хорошо распределяться

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

в смеси, иметь химическую устойчивость к другим компонентам в составе, быстро растворяться при затворении сухой смеси водой (время диспергирования должно быть не более 10 минут), а также добавка не должна быть токсичной [22].

Благодаря модификации сухих смесей на рынке появились современные строительные материалы, а именно: тонкослойные штукатурки, клеевые составы для кладки облицовочных плит, гидроизоляционные смеси, самонивелирующиеся стяжки для полов и др [23].

Условно выделяют следующие виды добавок, используемые в составах сухих смесей: модификаторы схватывания, водоудерживающие, воздухововлекающие, гидрофобизаторы, редиспергируемые полимерные порошки, загустители, пеногасители, компенсаторы усадки и др [16, 19, 22]. Основные виды добавок, их химический состав и назначение в сухих смесях представлены в таблице 1.2.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Таблица 1.2 – Основные виды добавок и их назначение в ССС

Вид добавки	Химический состав	Назначение
Модификаторы схватывания	Лимонная кислота и ее соли (цитраты натрия), винная кислота и ее соли (тарtrate натрия), желатины - КМЦ, смесь лигносульфонатов	Способствуют замедлению схватывания гипсового вяжущего
	Сульфат калия	Способствуют более ускоренному схватыванию
Суперпластификаторы	Поликарбоксилаты, меламинсульфонаты	Способствуют увеличению подвижности и прочности на ранних стадиях
Водоудерживающие	Различные эфиры целлюлозы	Способствуют увеличению водоудержания растворной смеси, улучшению перемешивания, придают необходимую вязкость и пластичность
Редиспергируемые полимерные порошки (адгезионные добавки)	Редиспергируемые порошки сополимеров винилацетата, этилена	Способствуют повышению прочности сцепления с основанием и водонепроницаемости, а также увеличению прочности на растяжение при изгибе
Диспергаторы	Насыщенный жирный спирт с оксидом этилена	Способствуют уменьшению комков при приготовлении растворной смеси, придает эластичность, предотвращает усадочные деформации и образование трещин
Порообразователи	Ионогенные и неионогенные ПАВ, лаурил сульфат натрия	Способствуют созданию особой поровой структуры, повышению морозостойкости, снижению средней плотности, минимизируют образование трещин
Гидрофобизаторы	Стеараты кальция и цинка, олеат натрия	Способствуют снижению водопоглощения и теплопроводности раствора, обеспечивают стойкость к агрессивным средам

08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

15

Лист

Окончание таблицы 1.2.

Дисперсноармирующие	Целлюлозные волокна	Способствуют снижению трещинообразования и усадочных деформаций, увеличению прочностных характеристик
Загустители	Эфиры крахмала	Способствуют улучшению консистенции растворной смеси, удобообрабатываемости
Пеногасители	Полиэфирсилоксаны	Способствуют снижению воздуха в растворной смеси, поддержанию желаемой текучести

08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ

Лист

16

Модификацию сухих смесей можно осуществлять по двум основным методам. Наиболее распространенный и простой – введение в состав различных эфиров целлюлозы с целью увеличения водоудержания, прилипаемости к основанию, а также для придания растворной смеси пластичных и тиксотропных свойств. Данный метод применим для производства выравнивающих штукатурок для внутренних работ, кладочных и монтажных составов. Однако материалы, эксплуатируемые в более сложных условиях (например, штукатурки специального назначения, шпатлевки, самонивелирующиеся стяжки для полов, гидроизоляционные составы, клеевые составы для укладки плитки и т.д.), должны иметь высокую прочность сцепления с основанием, низкое водопоглощение, высокую паропроницаемость, низкую усадку, высокую морозо- и атмосферостойкость. Введение в состав ССС полимерных порошков (второй способ модификации) позволяет достичь вышеуказанных свойств [23, 25].

В производстве гипсовых штукатурных смесей используются функциональные добавки, которые обеспечивают более замедленное схватывание растворной смеси, повышают ее водоудерживающую способность и пластичность, а также снижают трещиностойкость покрытия, увеличивают прочность сцепления с основанием.

Поскольку гипс является быстросхватывающимся и быстротвердеющим материалом, то для обеспечения необходимой жизнеспособности растворной смеси на его основе (50-100 минут), в состав смеси следует вводить замедлители схватывания. Важно отметить, что выбор данной добавки зависит от рН-среды гипсового раствора. Так, присутствие гидратной извести в штукатурных составах создает щелочную среду ($\text{pH} > 7$) смеси, где эффективным замедлителем схватывания будет служить винная кислота. В нейтральных средах гипсового раствора используют следующие модификаторы схватывания: КМЦ, смесь лигносульфонатов и лимонную кислоту [25, 29].

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

В работе [29] предложена возможность повышения прочности сцепления гипсовых смесей с основанием путем введения минерального модификатора – калийсиликатного цемента (КСЦ), твердение которого обусловлено гидратацией тетрасиликата калия с образованием его кристаллогидрата. При взаимодействии калийсиликатного цемента с водой создается щелочная среда, способствующая образованию в продуктах твердения геля кремниевой кислоты, который обеспечивает высокие показатели адгезионной прочности. По результатам исследования авторами было выявлено, что введение КСЦ в количестве 5 % в гипсовое вяжущее способствует резкому повышению прочности сцепления с основанием и составляет 1,3 МПа в возрасте 3 суток (в 26 раз выше, чем для чистого гипсового вяжущего). Однако добавка КСЦ ускоряет сроки схватывания и снижает водоудерживающую способность растворной смеси. Для решения данной проблемы авторами работы предложено использовать органические добавки-пластификаторы, одной из которых может служить порошок винной кислоты.

В качестве загустителя (реологическая добавка) для улучшения консистенции растворной смеси, простоты нанесения штукатурного состава применяют эфиры крахмала. Также, немаловажным компонентом являются воздухововлекающие добавки, используемые для создания особой поровой структуры затвердевшего штукатурного слоя. Введение таких добавок позволяет минимизировать риск образования трещин и приводит к снижению плотности материала [25].

Следует отметить, что в настоящее время используются модифицированные добавки преимущественно зарубежных производителей, что приводит к удорожанию отечественной продукции. Очевидно, что единственным способом снижения стоимости производства ССС является использование конкурентоспособных по своим характеристикам модифицирующих добавок на основе местного сырья и отходов производства.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

1.5 Анализ использования пеностекла в составе сухих строительных смесей

Современным энергоэффективным и ресурсосберегающим материалом является пеностекло, обладающее как теплоизоляционными, так и конструктивными свойствами [10, 14, 28, 32].

В последнее время проводятся исследования по созданию ССС на цементной основе с использованием гранул пеностекла фракции до 2,5-4,0 мм. Так, были представлены теплоизоляционные штукатурные составы с добавкой пеностекла для решения проблемы энергопотерь зданий и сооружений через конструкции наружных стен [32].

Наиболее распространены такие смеси в странах Европы и представляют собой, как правило, теплые штукатурки и кладочные растворы на основе дисперсного пеностекольного компонента.

Покрытие, получаемое в результате затвердевания теплоизоляционной штукатурки, является прочным, огнестойким и водонепроницаемым, также обладает низким коэффициентом теплопроводности при полной экологической чистоте.

В таблице 1.3 приведены основные характеристики теплоизоляционной штукатурной смеси «УМКА UB-21» на основе цемента с пеностеклом в качестве наполнителя. Такая штукатурка применяется для наружных и внутренних работ по минеральным основаниям [6].

Таблица 1.3 – Основные характеристики теплоизоляционной штукатурной смеси «УМКА UB-21»

Теплопроводность, Вт/м*°С	0,22-0,29
Водопоглощение, %	3
Плотность, кг/м ³	350
Паропроницаемость, мг/м*ч*Па	0,34
Прочность сцепления с бетонным основанием, МПа	не менее 0,6

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Окончание таблицы 1.3

Предел прочности при сжатии, МПа	не менее 2,5
Морозостойкость, цикл	не менее 35
Толщина слоя, мм	10-100

Штукатурка с пеностеклом в качестве наполнителя стабильна и экологична при любых температурах. Коэффициент теплопроводности теплых штукатурок на базе пеностекла гораздо ниже, чем у штукатурок на основе перлита, вермикулита и гранул пенополистирола (см. таблицу 1.1). Стоит также отметить, что в таких смесях расход вяжущего снижается по сравнению с другими видами штукатурных смесей. Высокая степень тепловой защиты достигается также за счет полного отсутствия мостиков холода при применении штукатурок на основе пеностекла.

Дополнительным преимуществом такого типа покрытий является тот факт, что такие теплые штукатурки с пеностеклом в качестве наполнителя не нуждаются в дополнительной финишной отделке [14, 21].

Перспективным направлением в производстве теплоизоляционных материалов на основе дисперсного пеностекольного компонента также является разработка технологий производства гранул из пеностеклокерамики [2].

Отличительной особенностью предлагаемого состава шихты, в отличие от традиционных составов пеностекла, является введение древесных опилок, как органического компонента.

Наличие глины способствует повышению температуры начала размягчения стекла и периода вспучивания, а содержание в шихте кокса до 5,0 % и древесных опилок до 3 % способствует образованию достаточно большого количества газов с высоким парциальным давлением. Рациональный состав шихты подобран таким образом, чтобы парциальное давление газов было меньше сил поверхностного натяжения расплава. Это способствует увеличению поверхности раздела между фазами и более равномерному

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

распределению пор в расплаве. В процессе пенообразования объединение пор замедляется. Присутствие глины в расплаве значительно увеличивает силы поверхностного натяжения, а давление газа в порах с ростом их размеров уменьшается. В результате образуются до 92% закрытых пор размером 0,2 – 0,4 мм, у которых толщина разделительных стенок между ячейками находится в пределах от 0,07 – 0,1 мкм до 12 мкм [2].

Теплоизоляционные штукатурки с пеностекольным наполнителем обладают большим количеством преимуществ [21, 30, 31, 32]:

- низкое водопоглощение (сокращается расход воды и время высыхания);
- огнестойкость (класс горючести НГ);
- устойчивость к УФ-излучению;
- устойчивость к биологическому воздействию (плесени, грызунам);
- безусадочность (размер гранул не меняется при нагревании и охлаждении, а также с течением времени, что предотвращает образование трещин, усадку, разрушение заполнителя);
- возможность ручного и машинного нанесения (прочность гранул позволяет производить замешивание и наносить штукатурку механическим способом);
- экологичность (на 100 % состоит из неорганических материалов, поэтому пеностекло в отличие от минеральной ваты и пенополистирола абсолютно экологически безопасный материал);
- высокое звукопоглощение (благодаря мелкопористой структуре);
- возможность составления рецептур штукатурок с определенным размером гранул;
- срок эксплуатации достигает 40 лет, межремонтный период – 10 лет;
- пеностекло прочнее перлита и вермикулита в 4 раза;

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

- пеностекло превосходит перлит, керамзит и вермикулит по показателю теплопроводности в 1,5 раза;
- водопоглощение пеностекла не превышает 20 %, что примерно в 10 раз меньше водопоглощения вермикулита.

Такие штукатурные смеси применяются, как правило, для утепления фасадов зданий и сооружений.

К недостаткам можно отнести высокую стоимость устройства теплоизоляционных фасадов из таких штукатурок и разрушение структуры при выполнении различных крепежных работ. Последнее обусловлено формированием особой пористой структуры материала, которая представляет собой гранулы различного фракционного состава, скрепленные между собой разного рода связующими.

Еще одним существенным недостатком сухих смесей на цементной основе с использованием гранул пеностекла является возможное протекание щелочно-силикатной реакции (ЩСР), возникающей за счет взаимодействия щелочей цемента с аморфным кремнеземом заполнителя. Продуктом данной реакции является щелочно-силикатный гидрогель, состоящий из низкополимерных ионов кремниевых кислот и катионов натрия, калия и кальция. Содержание кальция обуславливает способность гидрогеля поглощать воду и, соответственно, увеличиваться в объеме. Накопление силикатного геля способствует увеличению осмотического давления внутри затвердевшего раствора и, как следствие, приводит к его разрушению [10, 13, 20, 26, 27].

Таким образом, перспективным направлением для разработки новых составов ССС может служить использование в их составе пеностекла. Однако, для исключения протекания ЩСР эффективным является использовать пеностекло в гипсовых вяжущих и материалах на их основе. Данное направление мало изучено, что вызывает повышенный интерес к дальнейшему проведению исследований. Актуальным также является применение

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

пеностекла в штукатурных смесях теплоизоляционного назначения с целью расширения рынка строительных материалов, а также по причине отсутствия проявления ЩСР в смесях на гипсовой основе.

1.6 Выводы

По результатам аналитической части исследования можно сделать следующие выводы:

1. Анализ ситуации на рынке гипсовых материалов за последние 20 лет показал, что объем производства ССС на сегодняшний день в России имеет устойчивую тенденцию к значительному увеличению. В настоящее время функционируют более двух сотен российских компаний, постоянно совершенствующих свое производство и предоставляющих потребителю новые высокотехнологичные виды продукции, которые не уступают по характеристикам зарубежным аналогам.

2. Гипсовые вяжущие характеризуются такими показателями качества, как марка по прочности, сроки схватывания, тонкость помола и влажность. С целью улучшения свойств гипсовых смесей в их состав дополнительно вводятся функциональные добавки, регулирующие сроки схватывания, пластические свойства, степень трещиностойкости, прочность сцепления с основанием, водоудерживающую способность.

3. Гипсовые вяжущие и материалы на их основе имеют такие отрицательные качества, как высокая водопотребность и низкая водостойкость, невысокие прочностные характеристики и т.д. Рассмотрены основные пути повышения физико-технических свойств гипсовых композиций, наиболее эффективным из которых является использование в составе гипсовых вяжущих активных минеральных и техногенных добавок, а также разработка композиционных гипсовых вяжущих низкой водопотребности.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

4. Использование в составах сухих смесей гипсовых вяжущих перспективно для производства широкой номенклатуры строительной продукции: штукатурки, шпаклевки, затирки, клеящие составы, смеси для устройства полов.

5. С целью импортозамещения и снижения стоимости модифицированных сухих смесей возникает необходимость в использовании добавок на основе местного сырья и отходов производства. Так, например, для повышения адгезионной прочности гипсовых смесей используют КСЦ в сочетании с органическими добавками-пластификаторами (порошок винной кислоты) без значительного ускорения сроков схватывания.

6. Немаловажными компонентами, определяющими область применения ССС, являются заполнители (наполнители). Основными характеристиками заполнителей (наполнителей), влияющими на физико-механические свойства сухих смесей являются гранулометрический состав, форма зерен, пустотность и водопотребность.

7. Широкое распространение на рынке строительных материалов получили сухие штукатурные теплоизоляционные смеси, где в качестве пористого наполнителя используют пенополистирол, перлитовый и вермикулитовый песок, пеностекло с целью снижения плотности получаемого материала, а также улучшение тепло- и звукоизоляционных свойств.

8. Сравнительный анализ теплоизоляционных штукатурных составов на различных наполнителях показал, что пеностекло превосходит ряд применяемых на сегодняшний день заполнителей (наполнителей) не только по конструкционным, но и теплоизоляционным свойствам, что делает перспективным его использование для разработки новых составов ССС.

9. Для исключения протекания ЩСР эффективным является использовать пеностекло в гипсовых вяжущих и материалах на их основе. Данное направление мало изучено, что вызывает повышенный интерес к дальнейшему проведению исследований. Актуальным также является

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

применение пеностекла в штукатурных смесях теплоизоляционного назначения с целью расширения рынка строительных материалов.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИМЕНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Дипломн.		Рустамова Д.Ч.			Исследование влияния фракционированного пеностекла на свойства гипсового вяжущего и сухих строительных смесей	Лит.	Лист	Листов
Консульт.		Сопегин Г.В.					1	5
Руководит.		Сопегин Г.В.				ПНИПУ, СФ, СИМ, ПСК-16-16		
Н. Контр.		Сопегин Г.В.						
И.о. зав. каф..		Харитонов В.А.						

2.1 Характеристика применяемых материалов

Для проведения исследований применялись следующие материалы:

1) гипс строительный марки Г-5 Б II ГОСТ 125—2018 (компания «Гипсополимер», Пермский край, г. Пермь);

2) фракционированное пеностекло (ФПС) смеси фракций 0,063-4,0 мм с маркой по насыпной плотности D350, полученное в ходе полужаводских испытаний.

С целью повышения физико-механических характеристик затвердевшего раствора и улучшения гранулометрии гипсовой смеси ФПС применяется как в качестве заполнителя (0,14-4,0 мм), так и наполнителя (0,063-0,14 мм).

В качестве инструмента для построения «идеальной гранулометрической кривой» ФПС в работе использовалось уравнение Фуллера, отражающее зависимость между полным остатком A_i на сите с размером ячеек d_i и наибольшим размером зерна в смеси D_{max} :

$$A_i = \sqrt{\frac{d_i}{D_{max}}} \quad (2.1)$$

Гранулометрическая кривая просеивания, рассчитанная для ФПС, представлена на рисунке 2.1.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

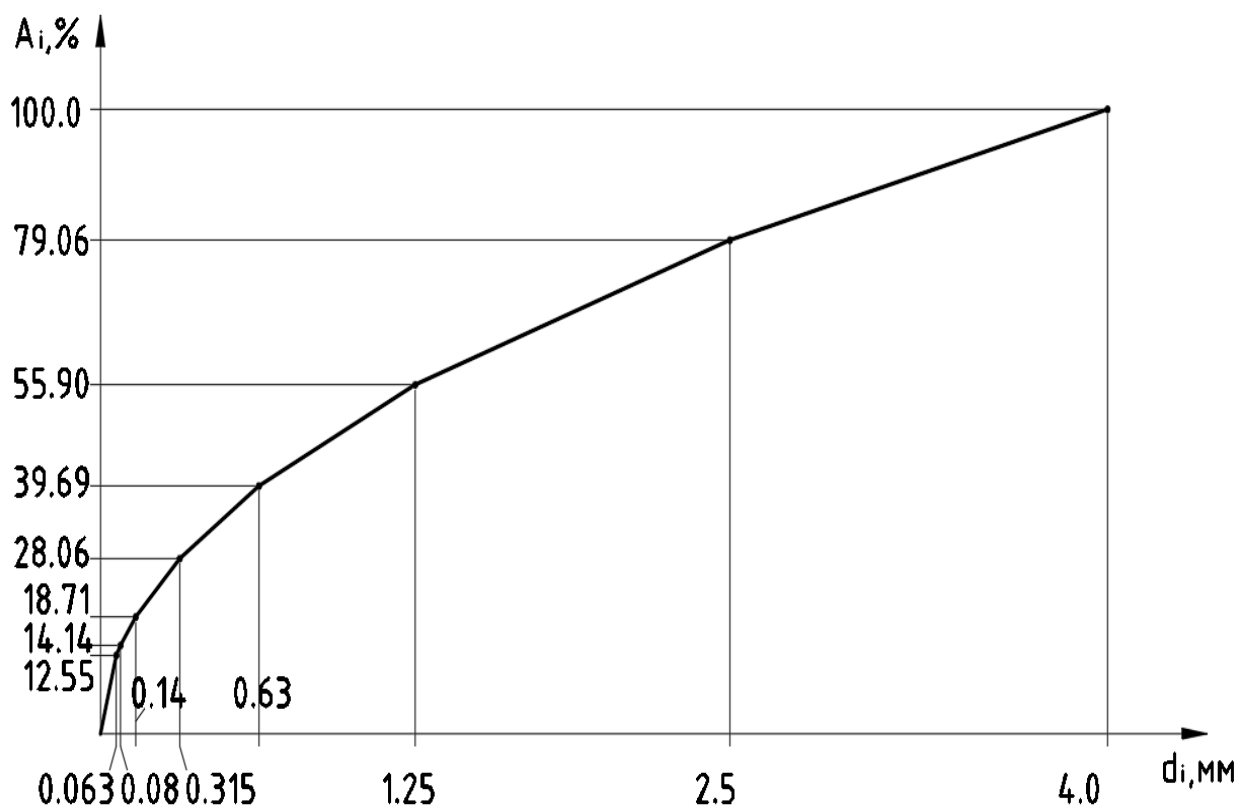


Рисунок 2.1 – Гранулометрическая кривая просеивания ФПС

2.2 Методология исследований

Методологической основой проводимого исследования служат научные труды отечественных и зарубежных учёных в области строительного материаловедения, а также общенаучные методы, базирующиеся на обобщении, эксперименте, сравнении и анализе полученных результатов.

Испытания по определению свойств гипсового вяжущего с добавкой ФПС в количествах 0, 5, 10 и 15 % проводились в соответствии с ГОСТ 23789-2018. Предел прочности на растяжение при изгибе и сжатии затвердевшего гипсового вяжущего определялся в возрасте 28 суток после высушивания до постоянной массы. Методика определения коэффициента размягчения осуществлялась по ТУ 21-0284757-90.

Показатели качества сухих, растворных и затвердевших гипсовых смесей с добавкой ФПС различных фракций в количествах 30, 40 и 50 % от

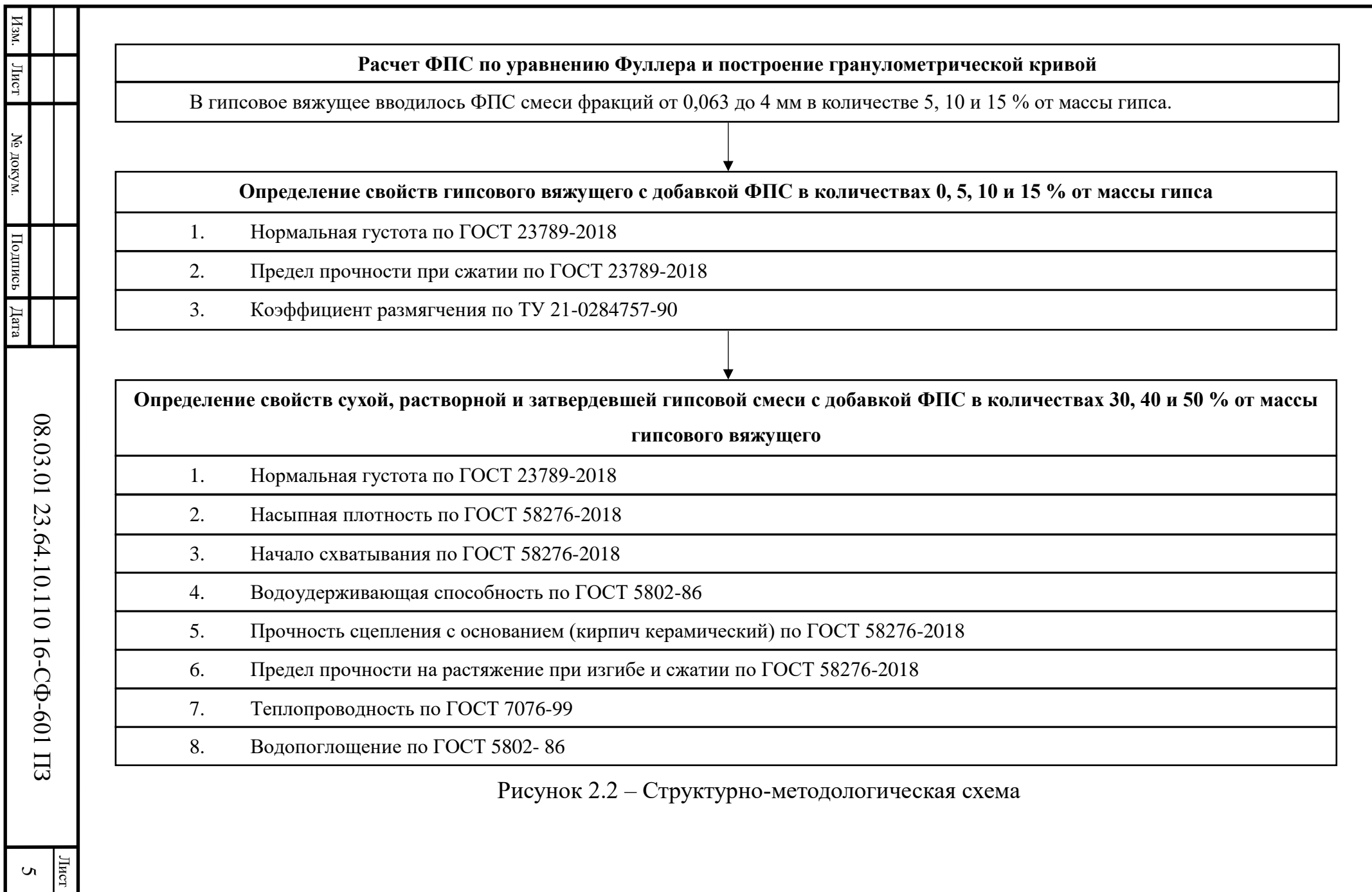
					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

массы гипсового вяжущего определялись по ГОСТ 58276-2018, а также по ГОСТ 5802-86. Определение коэффициента теплопроводности затвердевшего раствора проводилось при стационарном тепловом режиме по ГОСТ 7076-99. Оценка полученных свойств сухих смесей проводилась по ГОСТ 58279-2018.

2.3 Структурно-методологическая схема исследований

В соответствии с поставленными целью и задачами в работе была составлена структурно-методологическая схема проведения исследований, которая представлена на рисунке 2.2.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4



3 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Дипломн.		Рустамова Д.Ч.			Исследование влияния фракционированного пеностекла на свойства гипсового вяжущего и сухих строительных смесей	Лит.	Лист	Листов
Консульт.		Сопегин Г.В.					1	11
Руководит.		Сопегин Г.В.				ПНИПУ, СФ, СИМ, ПСК-16-16		
Н. Контр.		Сопегин Г.В.						
И.о. зав. каф..		Харитонов В.А.						

3.1 Влияние фракционированного пеностекла на свойства гипсового вяжущего

Результаты испытаний по определению свойств гипсового вяжущего с добавкой пеностекла в количествах 0, 5, 10 и 15 % от массы гипса представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Показатели свойств гипсового вяжущего с добавкой ФПС

Фракция, мм	Содержание ФПС, %	Нормальная густота, %	Прочность при сжатии, МПа	Коэффициент размягчения
–	0	52	12,20	0,42
0,063-0,08	5	57	15,83	0,42
	10	59	13,30	0,43
	15	60	11,44	0,44
0,08-0,14	5	54	10,04	0,45
	10	56	9,73	0,47
	15	57	9,54	0,48
0,14-1,25	5	54	26,49	0,36
	10	56	23,36	0,37
	15	58	20,79	0,39
1,25-4,0	5	53	13,00	0,36
	10	54	14,39	0,38
	15	55	11,65	0,37

На рисунках 3.1-3.3 отражены графические зависимости результатов испытаний.

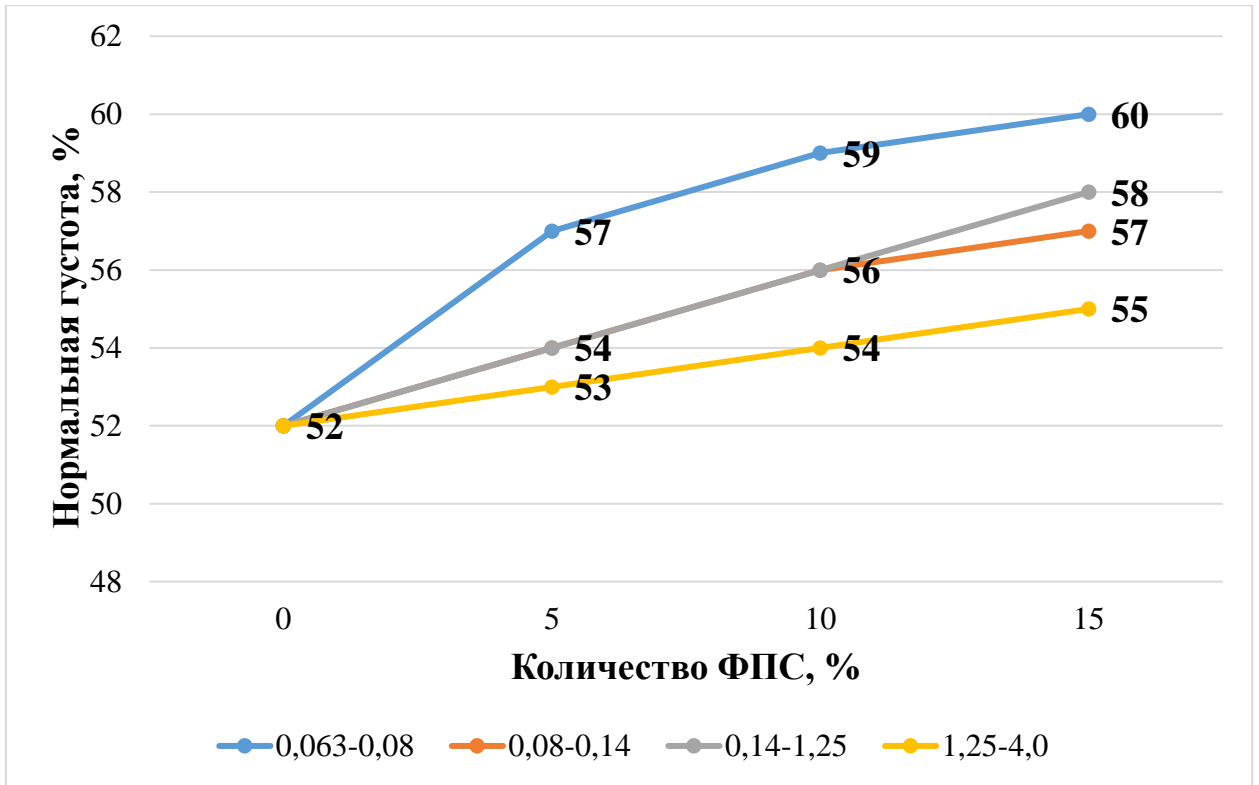


Рисунок 3.1 – Зависимость нормальной плотности гипсового теста от количества вводимой добавки ФПС различных фракций

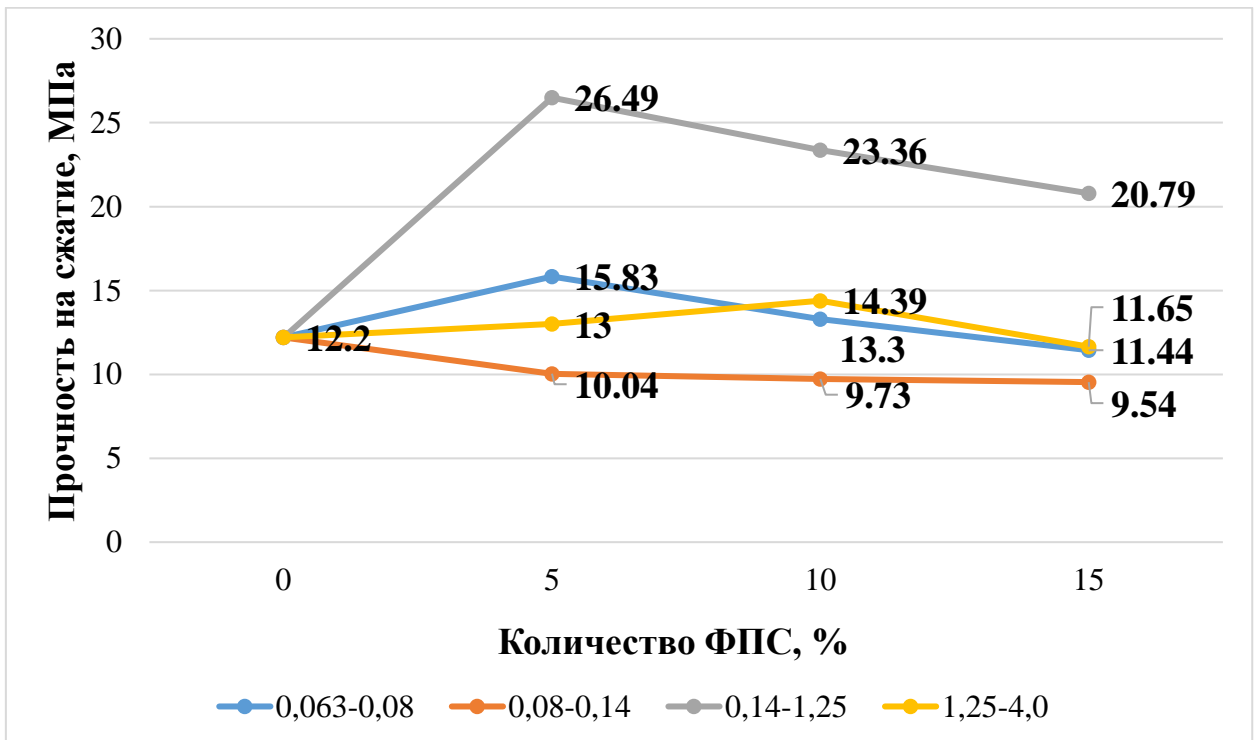


Рисунок 3.2 – Зависимость прочности камня строительного гипса от количества вводимой добавки ФПС различных фракций

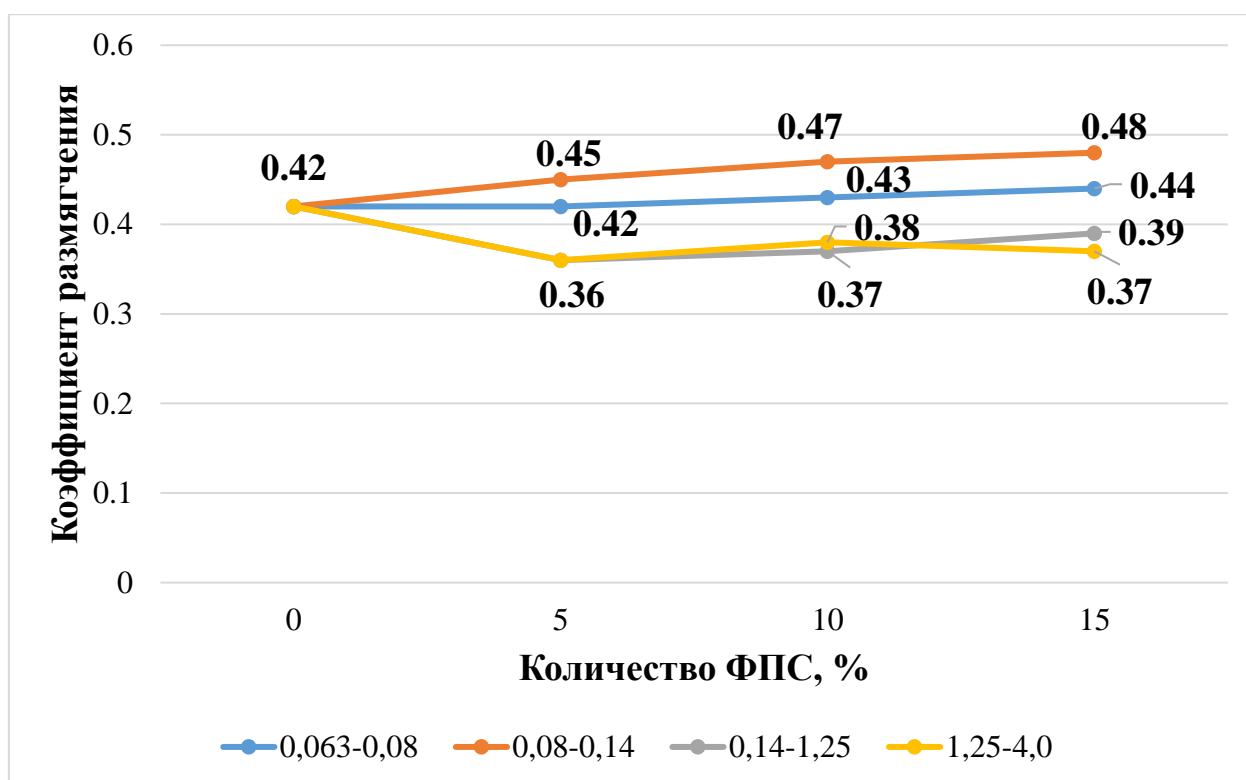


Рисунок 3.3 – Зависимость коэффициента размягчения образцов от количества вводимой добавки ФПС различных фракций

Анализ приведенных данных исследований (таблица 3.1, рисунок 3.1) показывает, что нормальная плотность гипсового теста возрастает пропорционально увеличению количества вводимой в его состав добавки ФПС и размера фракции. Подобная динамика связана с пористым строением добавки ФПС, которое способствует повышению водопотребности вяжущего.

Прочность при сжатии камня строительного гипса при введении добавки ФПС в целом повышается (таблица 3.1, рисунок 3.2). Наибольший прирост прочности наблюдается у состава, содержащего ФПС в количестве 5-15 % фр. 0,14-1,25 мм. Присутствие в гипсовом вяжущем ФПС фракции 0,08-0,14 мм негативно сказывается на прочности камня строительного гипса. Так, содержание ФПС данной фракции в количестве 5 % приводит к снижению прочности образцов с 12,20 до 9,54 МПа. Также было выявлено, что увеличение количества добавки ФПС в составе строительного гипса каждой фракции до 15 % приводит к снижению прочностных характеристик гипсового

камня в среднем на 18 %. Подобная закономерность изменения прочности образцов объясняется эффектом стерического стеснения, возникающего в результате препятствия большого объема частиц заполнителя (наполнителя) образовывать прочный каркас совместно с частицами вяжущего [8].

Присутствие добавки ФПС смеси фракций 0,063-0,14 мм в составе строительного гипса способствует повышению его коэффициента размягчения (таблица 3.1, рисунок 3.3) с 0,42 до 0,48. Однако дальнейшее увеличение фракции ФПС до 4,0 мм оказывает отрицательное воздействие на значение коэффициента размягчения, снижая его в среднем на 11 %.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

3.2 Исследование зависимости свойств сухой строительной гипсовой смеси от состава гипсового вяжущего

Результаты испытаний по определению свойств сухой, растворной и затвердевшей гипсовой смеси с содержанием ФПС смеси фракций 0,063-4,0 мм в количестве 0, 30, 40 и 50 % от массы гипсового вяжущего представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристика свойств сухой, растворной и затвердевшей гипсовой смеси с добавкой ФПС

Показатели качества	Количество ФПС в смеси, %				Требования ГОСТ 58279-2018
	0	30	40	50	
Насыпная плотность, кг/м ³	876	866	830	768	–
Начало схватывания, мин	9	5	5,5	6	Не менее 30
Водоудерживающая способность, %	93,46	95,707	93,95	85,035	Не менее 95
Прочность сцепления с основанием (кирпич керамический), МПа	0,302	0,44	0,69	0,13	Не менее 0,3
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	4,98	4,45	4,37	3,71	Не менее 1,0
Предел прочности при сжатии, МПа	16,76	15,85	11,82	9,27	Не менее 2,0
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,303	0,279	0,218	0,209	–
Водопоглощение, %	13	16	18	20	–

На рисунках 3.4-3.11 графически представлены зависимости влияния количества вводимой добавки ФПС фракции 0,063-4,0 мм на свойства полученной гипсовой смеси.



Рисунок 3.4 - Зависимость насыпной плотности сухой гипсовой смеси от количества вводимой добавки ФПС

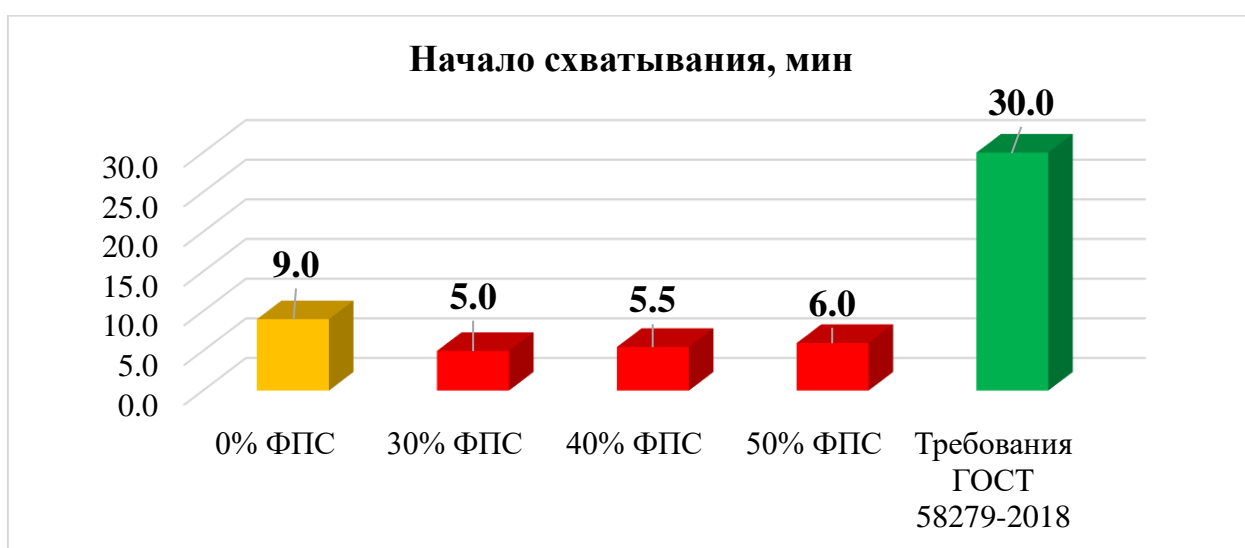


Рисунок 3.5 – Зависимость начала схватывания растворной гипсовой смеси от количества вводимой добавки ФПС

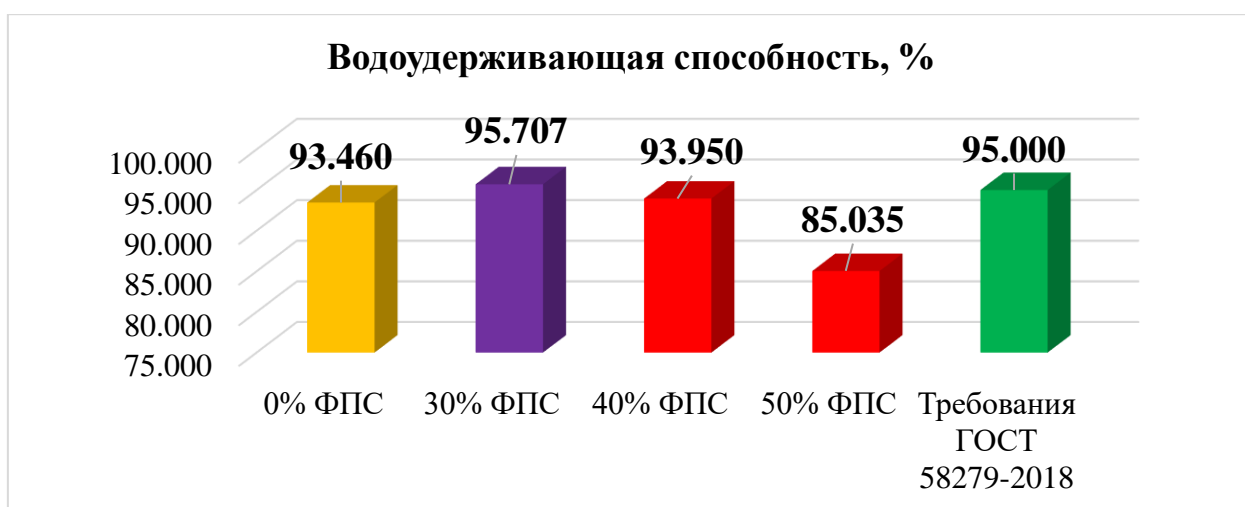


Рисунок 3.6 – Зависимость водоудерживающей способности растворной гипсовой смеси от количества вводимой добавки ФПС

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

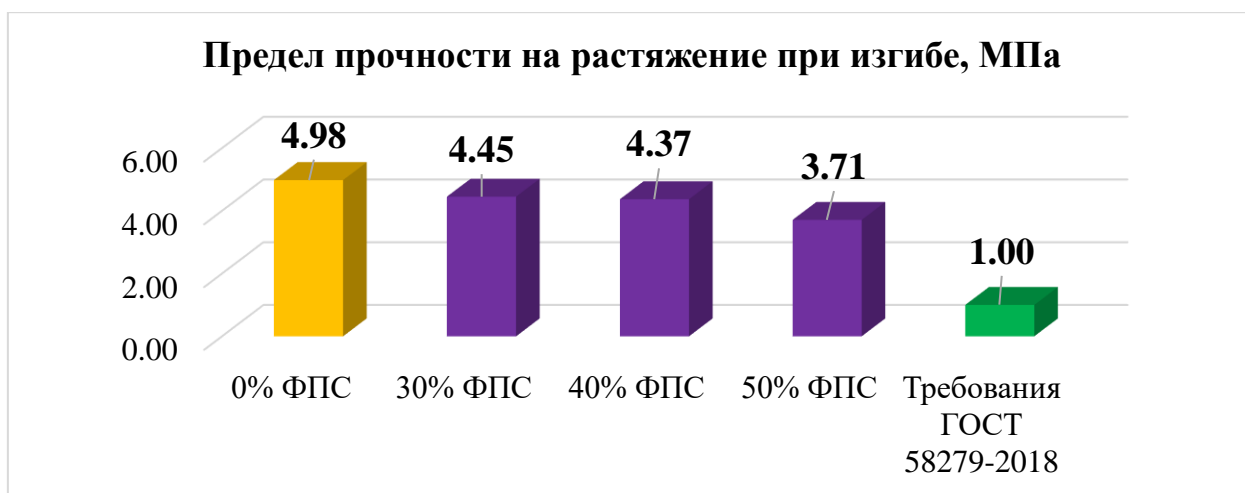


Рисунок 3.7 – Зависимость предела прочности на растяжение при изгибе затвердевшего гипсового раствора от количества вводимой добавки ФПС

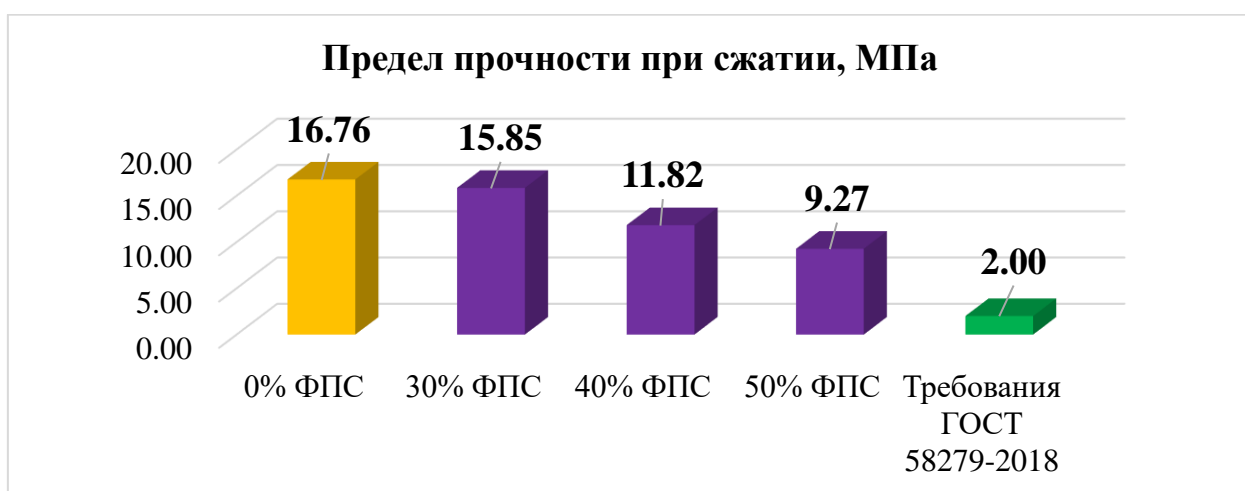


Рисунок 3.8 – Зависимость предела прочности при изгибе затвердевшего гипсового раствора от количества вводимой добавки ФПС

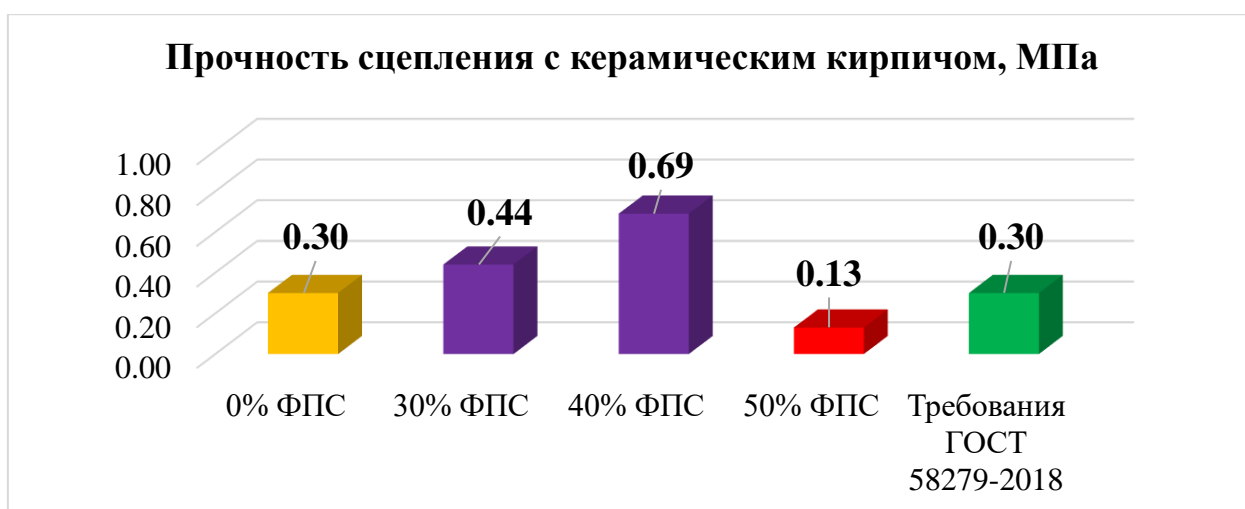


Рисунок 3.9 – Зависимость прочности сцепления с керамическим кирпичом затвердевшего гипсового раствора от количества вводимой добавки ФПС

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

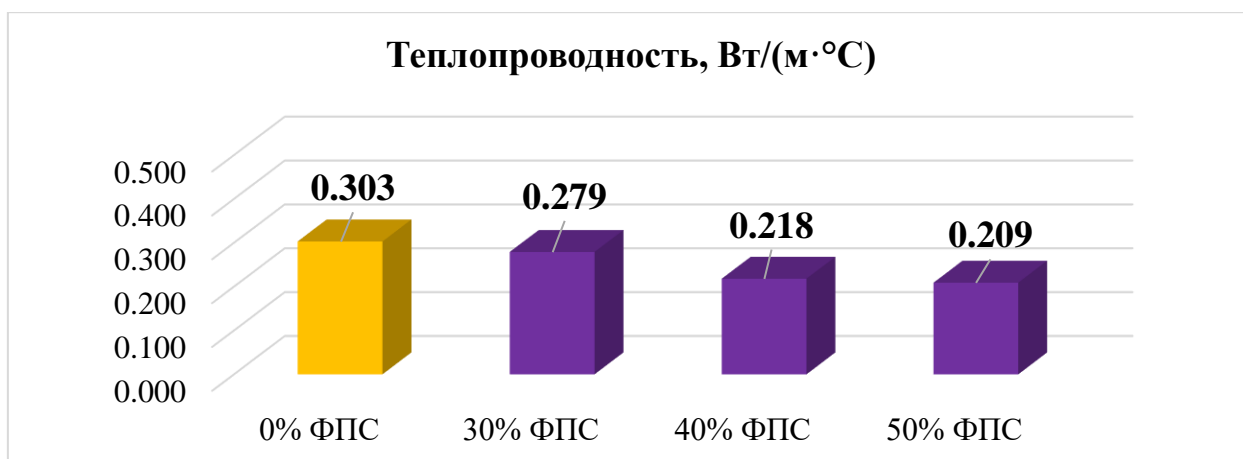


Рисунок 3.10 – Зависимость теплопроводности затвердевшего гипсового раствора от количества вводимой добавки ФПС



Рисунок 3.11 – Зависимость водопоглощения затвердевшего гипсового раствора от количества вводимой добавки ФПС

Как видно из таблицы 3.2 и рисунка 3.4, увеличение содержания ФПС в составе смеси до 50 % приводит к снижению насыпной плотности с 876 до 768 кг/м³.

Начало схватывания всех составов гипсовой смеси с добавкой ФПС (таблица 3.2, рисунок 3.5) наступает не позднее 6 минут с момента затворения водой, что не удовлетворяет требованиям ГОСТ 58279-2018. Из полученных результатов следует, что в состав сухой смеси необходимо вводить добавки, замедляющие сроки схватывания.

Из рисунка 3.6 и таблицы 3.2 следует, что с увеличением содержания ФПС в смеси снижается ее водоудерживающая способность с 95,707 до 85,035

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

%. По требованиям ГОСТ 58279-2018 водоудерживающая способность растворной смеси должна составлять не менее 95 %. С целью улучшения показателей свойств возникает необходимость использования водоудерживающих добавок в составе смеси.

По мере увеличения содержания ФПС в составе смеси до 50 % предел прочности на растяжение при изгибе и при сжатии уменьшается с 4,45 до 3,71 и с 15,85 до 9,273 МПа соответственно (таблица 3.2, рисунок 3.7-3.8).

Как видно из таблицы 3.2 и рисунка 3.9, величина прочности сцепления с керамическим кирпичом у составов с 30 и 40% содержания ФПС удовлетворяет требованиям ГОСТ 58279-2018 и находится в интервале 0,44-0,69 МПа. Высокое содержание (50%) ФПС значительно снижает прочность сцепления с основанием гипсовой смеси до 0,13 МПа. Подобное явление при равной величине водопотребности смеси ($НГ = 36$), объясняется присутствием в смеси ФПС крупной фракции 2,5-4,0 мм, которое значительно затрудняет сцепление гипсовой смеси с керамическим кирпичом. Снижение содержания ФПС в смеси снижает и количество крупной фракции, что улучшает сцепляемость смеси с основанием.

Анализ приведенных данных исследований (таблица 3.2, рисунок 3.10) показал, что повышение содержания ФПС в составе смеси с 30 до 50 % обеспечивает снижение теплопроводности гипсового раствора с 0,279 до 0,209 Вт/(м·°С). Подобная динамика изменения величины теплопроводности объясняется высокопористой структурой ФПС и свидетельствует об улучшении теплоизоляционных свойств гипсовой смеси.

Также присутствие добавки ФПС в составе смеси способствует повышению величины водопоглощения затвердевшего гипсового раствора с 13 до 20 % (таблица 3.2, рисунок 3.11), что обусловлено накоплением влаги в открытых порах ФПС.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

3.3 Выводы

В результате проведенного анализа установлено, что эффективными с точки зрения сочетания физико-механических и теплоизоляционных свойств являются составы с содержанием ФПС в количестве 30 и 40 %. С целью улучшения показателей свойств растворной смеси, не соответствующих нормативным (сроки схватывания, водоудерживающая способность), необходима модификация данных составов путем введения замедлителей схватывания и пластифицирующих добавок. Таким образом, ФПС можно считать пригодным для использования в сухих строительных смесях на гипсовом вяжущем теплоизоляционного назначения.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Расчет экономической эффективности применения фракционированного пеностекла для изготовления гипсового вяжущего и сухих строительных смесей

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Дипломн.		Рустамова Д.Ч.			Исследование влияния фракционированного пеностекла на свойства гипсового вяжущего и сухих строительных смесей	Лит.	Лист	Листов
Консульт.		Южаков К.Н.					1	19
Руководит.		Сопегин Г.В.				ПНИПУ, СФ, СИМ, ПСК-16-16		
Н. Контр.		Сопегин Г.В.						
И.о. зав. каф..		Харитонов В.А.						

4.1 Общая характеристика показателей экономической эффективности

Расчет экономической эффективности от внедрения инвестиционного проекта основан на «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования».

Экономическая эффективность проекта характеризуется следующими показателями:

1. Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E)^t}, \quad (4.1)$$

где R_t – результаты, достигаемые на t -ом шаге расчета, руб.;

Z_t – затраты, осуществляемые на том же шаге расчета, руб.;

E – норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал, %;

T – горизонт расчета, равный периоду времени за который определяется эффективность ($T = 3 \dots 5$), год.;

t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2, \dots T$), год.

Критерием чистого дисконтированного дохода является его положительное значение, т.е. если ЧДД больше 0, то проект является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его внедрении.

2. Индекс доходности (ИД) определяется по формуле:

$$\text{ИД} = \frac{1}{K} \sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t^+}{(1 + E)^t}, \quad (4.2)$$

где Z_t – затраты производства после внедрения проекта нововведения на t -ом шаге при условии, что в них не входят капиталовложения, руб.;

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

K – капиталовложения для внедрения проекта нововведения, руб.

Критерием индекса доходности является его значение больше единицы, т.е. если ИД больше 1, то проект является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его внедрении.

3. Внутренняя норма доходности (ВНД) определяется из уравнения:

$$\sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + \text{ВНД})^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + \text{ВНД})^t}, \quad (4.3)$$

где K_t – капиталовложения на t -ом шаге расчета, руб.

Критерием внутренней нормы доходности является равенство или превышение требуемой инвестором нормы дохода на капитал, т.е. в случае, когда ВНД больше требуемой инвестором нормы дохода на капитал, инвестиции в данный проект оправданы и может рассматриваться вопрос о его внедрении. В противном случае инвестиции в данный проект нецелесообразны.

4. Срок окупаемости (СО) – минимальный временной интервал (от начала осуществления проекта), за пределами которого интегральный эффект становится и в дальнейшем остается неотрицательным, т.е. период, начиная с которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его осуществления. СО рассчитывается по формуле:

$$CO = \frac{K}{\text{ЧДД}}, \quad (4.4)$$

где ЧДД_{1 год} – чистый дисконтированный доход за 1 год, руб.

Критерий по сроку окупаемости задает инвестор. В современных экономических условиях его величину стремятся определить, как минимально возможное значение.

Для оценки эффективности внедрения нововведения в рамках данного исследования рассчитывается три показателя эффективности: ЧДД, ИД и СО.

Критерием чистого дисконтированного дохода является его положительное

									Лист
									3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ				

значение, т.е. если ЧДД больше 0, то проект является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его внедрении. Критерием индекса доходности является его значение больше единицы, т.е. если ИД больше 1, то проект является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его внедрении. Критерием по сроку окупаемости, заданный инвестором равен двум годам. Т.е. если период, начиная с которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его осуществления будет меньше двух лет, проект является эффективным и может рассматриваться вопрос о его внедрении.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.2 Калькуляция себестоимости единицы товарной продукции

Калькуляция себестоимости рассчитывается для наиболее эффективных с точки зрения сочетания физико-механических и теплоизоляционных свойств составов (1 состав – содержание ФПС в составе смеси в количестве 30 %, 2 состав – 40 %).

Таблица 4.1 – Затраты материалов на единицу товарной продукции (калькуляция себестоимости)

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена	Сумма
1 состав					
1	Гипс строительный	кг	4,79	6,00	28,74
2	Гранулированное пеностекло	кг	2,053	16,23	33,32
3	Известь гидратная	кг	0,1437	11,55	1,66
4	Винная кислота	кг	0,00479	283,00	1,36
5	Электроэнергия	кВт	40,5	5,302	214,73
	Итого:				279,81
6	Неучтенные материалы	%	5		13,99
	Всего:				293,80
2 состав					
1	Гипс строительный	кг	4,12	6,00	24,72
2	Гранулированное пеностекло	кг	2,75	16,23	44,63
3	Известь гидратная	кг	0,1236	11,55	1,43
4	Винная кислота	кг	0,0041	283,00	1,16
5	Электроэнергия	кВт	40,5	5,302	214,73
	Итого:				286,67
6	Неучтенные материалы	%	5		14,33
	Всего:				301,00

В качестве проекта для расчета экономической эффективности применения ФПС для изготовления гипсового вяжущего и сухих строительных смесей назначается 2 состав.

В результате проведенного анализа рынка штукатурных смесей с добавкой пеностекла различных производителей назначается средняя цена на готовое изделие по таблице 4.2.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Таблица 4.2 – Стоимость штукатурных смесей с добавкой пеностекла различных производителей

Производитель	Стоимость за 7 кг, руб
А	282
Б	325
В	828
Г	365
Среднее значение	450

4.3 Постановка задачи экономического расчета по оценке эффективности внедрения проекта нововведения

На предприятии «Экотермогрупп» существует производство цементных теплоизоляционных смесей на основе пеностекла. Производство характеризуется следующими показателями:

1. Стоимость изделия 828 рублей;
2. Трудоемкость производства сухой штукатурной смеси 0,4 (чел.-час)/м³;
3. Теплопроводность получаемого штукатурного покрытия 0,255 Вт/м·С°;
4. Прочность сцепления получаемого покрытия с основанием 0,6 МПа.

Недостатками данной технологии являются высокие трудоемкость производства сухой штукатурной смеси и стоимость изделия, а также невысокие физико-механические и теплоизоляционные свойства получаемого штукатурного покрытия.

С целью ликвидации указанных недостатков предлагается усовершенствовать технологию производства посредством изменения рецептуры состава штукатурной смеси, а также сокращения количества вводимых модифицирующих добавок.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Производство гипсовой теплоизоляционной штукатурной смеси на основе пеностекла характеризуются следующим параметрами:

1. Стоимость изделия 450 рублей;
2. Трудоемкость производства сухой штукатурной смеси 0,3 (чел.-час)/т;
3. Теплопроводность получаемого штукатурного покрытия 0,218 Вт/м·С°;
4. Прочность сцепления получаемого покрытия с основанием 0,69 МПа.

Расчет экономической эффективности осуществляется в сравнении с аналогом, за который принимается производство цементных теплоизоляционных штукатурных смесей на основе пеностекла.

Технологические параметры аналога и проекта представлены в таблице 4.3 на секторограмме технологических показателей (рисунок 4.1).

Таблица 4.3 – Технологические параметры аналога и проекта

№	Показатель	Условное обозначение	Аналог	Проект
1	Стоимость изделия, руб	Ц	828	450
2	Трудоемкость производства штукатурной смеси, чел.-час/т	Т	0,4	0,3
3	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·С°	λ	0,255	0,218
4	Прочность сцепления с основанием, МПа	$R_{сц}$	0,6	0,69

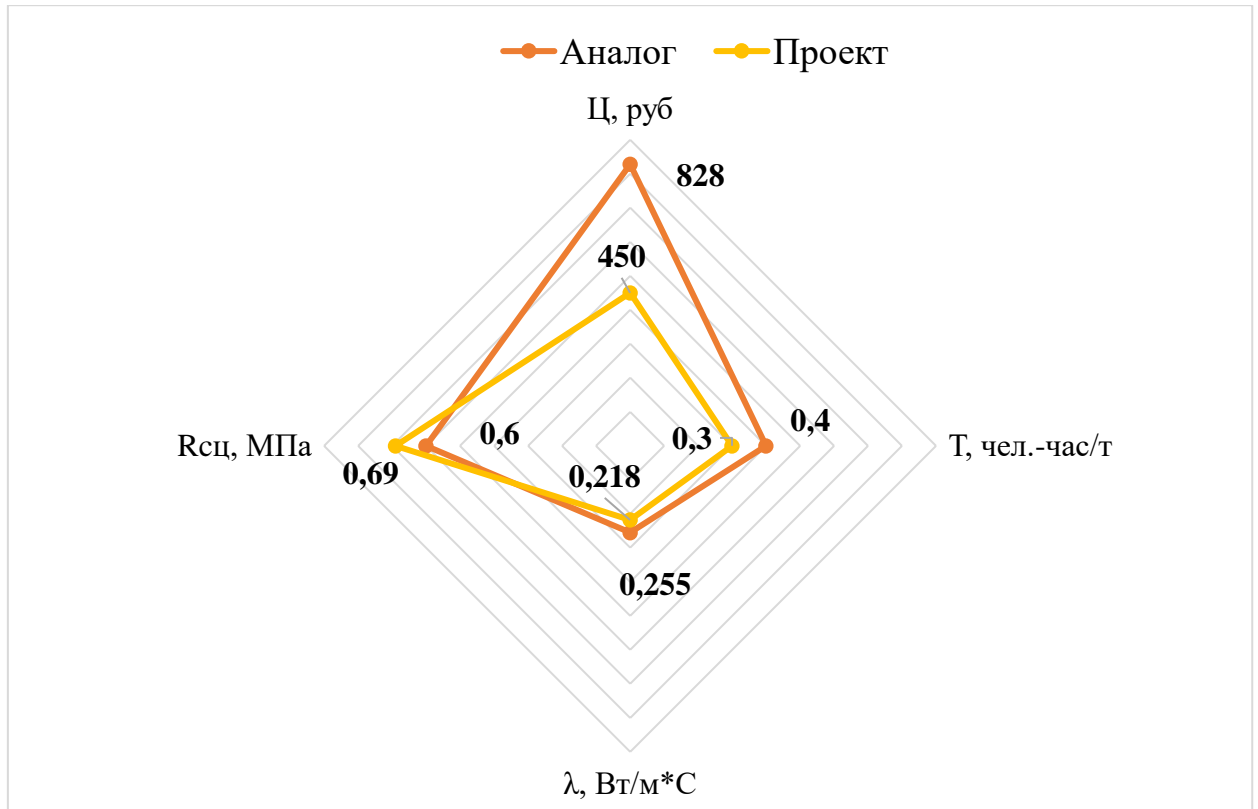


Рисунок 4.1 – Секторограмма технологических показателей

В состав капитальных (единовременных затрат) будут входить:

1. Затраты на разработку технологической документации.
2. Первоначальная стоимость вновь вводимого оборудования.
3. Затраты на обучение персонала.

Годовая экономия от внедрения проекта складывается из:

1. Снижение фонда оплаты труда вследствие уменьшения трудоемкости процесса.
2. Снижения затрат на электроэнергию вследствие уменьшения трудоёмкости.

Для решения данной задачи необходима процедура приведения вариантов в сопоставимый вид по годовому объему выпуска готовой продукции и значению коэффициента теплопроводности.

4.4 Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты K , руб., определяются по следующей формуле:

$$K = Z_{\text{тех}} + Z_{\text{п.с}} + Z_{\text{обуч}}, \quad (4.5)$$

где $Z_{\text{тех}}$ – затраты на разработку технологической документации, руб.;

$Z_{\text{п.с}}$ – первоначальная стоимость вновь вводимого оборудования, руб.;

$Z_{\text{обуч}}$ – затраты на обучение персонала, руб.

Затраты на разработку технологической документации определяются по следующей формуле:

$$Z_{\text{тех}} = Z_{\text{з.п}} + Z_{\text{н.р}} + Z_{\text{эн}} + A, \quad (4.6)$$

где $Z_{\text{з.п}}$ – заработная плата конструкторов, технологов, руб.;

$Z_{\text{н.р}}$ – накладные расходы, равные 200% от фонда оплаты труда, руб.;

$Z_{\text{эн}}$ – затраты на электроэнергию, руб.;

A – затраты на амортизацию, руб.

Затраты на заработную плату определяются по формуле:

$$Z_{\text{з.п}} = T_{\text{к.д}} \cdot O_{\text{ср}} \cdot (1+k_{\text{доп}}) \cdot (1+k_{\text{прем}}) \cdot (1+k_y) \cdot (1+k_{\text{с.с}}), \quad (4.7)$$

где $T_{\text{к.д}}$ – трудоемкость разработки технологической документации ($T_{\text{к.д}}$ (проект) = 0,3; $T_{\text{к.д}}$ (аналог) = 0,4), мес.;

$O_{\text{ср}}$ – средний оклад технолога ($O_{\text{ср}} = 40\,000$), руб./мес.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на дополнительную зарплату основных рабочих ($k_{\text{доп}} = 0,05$);

$k_{\text{прем}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на премию ($k_{\text{прем}} = 0,6$);

k_y – коэффициент, учитывающий районную надбавку ($k_y = 0,15$);

$k_{\text{с.с}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на социальное страхование работников ($k_{\text{с.с}} = 0,302$).

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Z_{з.п} (\text{проект}) = 0,3 \cdot 40\,000 \cdot 1,05 \cdot 1,6 \cdot 1,15 \cdot 1,302 = 30\,185,57 \text{ руб.}$$

$$Z_{з.п} (\text{аналог}) = 0,4 \cdot 40\,000 \cdot 1,05 \cdot 1,6 \cdot 1,15 \cdot 1,302 = 40\,247,42 \text{ руб.}$$

Затраты на накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{н.р} = k_{н.р} \cdot Z_{з.п}, \quad (4.8)$$

где $k_{н.р}$ – коэффициент, учитывающий размер накладных расходов ($k_{н.р}=2$).

$$Z_{н.р} (\text{проект}) = 2 \cdot 30\,185,57 = 60\,371,14 \text{ руб.}$$

$$Z_{н.р} (\text{аналог}) = 2 \cdot 40\,247,42 = 80\,494,84 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$Z_{э.п} = P \cdot T_{к.д} \cdot Ц_{э}, \quad (4.9)$$

где P – мощность компьютера ($P = 0,4$), кВт;

$T_{к.д}$ – трудоемкость разработки технологической документации ($T_{к.д} = 40$), час;

$Ц_{э}$ – цена за электроэнергию ($Ц_{э} = 4$), руб./кВт·ч.

$$Z_{э.п} (\text{проект}) = 0,4 \cdot 40 \cdot 4 = 64 \text{ руб.}$$

$$Z_{э.п} (\text{аналог}) = 0,4 \cdot 40 \cdot 4 = 64 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию определяются по следующей формуле:

$$A = Q_k \cdot a \cdot T_{к.д} / \Phi_{г}, \quad (4.10)$$

где $T_{к.д}$ – трудоемкость разработки технологической документации ($T_{к.д}$ (проект) = 0,3; $T_{к.д}$ (аналог) = 0,4), мес.;

$\Phi_{г}$ – годовой фонд времени ($\Phi_{г} = 12$), мес.;

Q_k – остаточная стоимость компьютера ($Q_k = 35\,000$), руб.;

a – норма амортизации ($a = 20$), %.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

$$A(\text{проект}) = 35\,000 \cdot 0,2 \cdot 0,3 / 12 = 175 \text{ руб.}$$

$$A(\text{аналог}) = 35\,000 \cdot 0,2 \cdot 0,4 / 12 = 233,33 \text{ руб.}$$

Затраты на разработку технологической документации:

$$Z_{\text{тех}} (\text{проект}) = 30\,185,57 + 60\,371,14 + 64 + 175 = 90\,795,71 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{тех}} (\text{аналог}) = 40\,247,42 + 80\,494,84 + 64 + 233,33 = 121\,039,59 \text{ руб.}$$

Первоначальная стоимость вновь вводимого оборудования определяются по следующей формуле:

$$Z_{\text{обор}} = Ц_{\text{об}} + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{у.м}}, \quad (4.11)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – затраты на приобретение вновь вводимого оборудования приведены в таблице 4.4 ($Ц_{\text{об}} (\text{проект}) = 3\,250\,000$, руб.; $Ц_{\text{об}} (\text{аналог}) = 3\,350\,000$, руб.);

$Z_{\text{тр}}$ – затраты на транспортные расходы по доставке оборудования, руб.;

$Z_{\text{у.м}}$ – затраты на установку и монтаж вновь вводимого оборудования, руб.

Таблица 4.4 – Затраты на приобретение вновь вводимого оборудования

Оборудование	Стоимость оборудования (аналог), руб	Стоимость оборудования (проект), руб
Установка для производства сухих смесей "Строитель 1102"	2 600 000	2 600 000
Шаровая мельница МШМ-4.0260.16	650 000	650 000
Бункер-дозатор добавок (дополнительный)	100 000	—
Итого:	3 350 000	3 250 000

Затраты на транспортные расходы определяются по формуле:

$$Z_{\text{тр}} = k_{\text{тр}} \cdot Ц_{\text{об}}, \quad (4.12)$$

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

где $k_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий транспортные расходы ($k_{\text{тр}} = 0,05$)

$$Z_{\text{тр}} (\text{проект}) = 3\,250\,000 \cdot 0,05 = 162\,500 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{тр}} (\text{аналог}) = 3\,350\,000 \cdot 0,05 = 167\,500 \text{ руб.}$$

Затраты на установку и монтаж определяются по формуле:

$$Z_{\text{ум}} = k_{\text{ум}} \cdot Ц_{\text{об}}, \quad (4.13)$$

где $k_{\text{ум}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж ($k_{\text{ум}} = 0,5$).

$$Z_{\text{ум}} (\text{проект}) = 3\,250\,000 \cdot 0,5 = 1\,625\,000 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ум}} (\text{аналог}) = 3\,350\,000 \cdot 0,5 = 1\,675\,000 \text{ руб.}$$

Первоначальную стоимость вновь вводимого оборудования:

$$Z_{\text{обор}} (\text{проект}) = 3\,250\,000 + 162\,500 + 1\,625\,000 = 5\,037\,500 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{обор}} (\text{аналог}) = 3\,350\,000 + 167\,500 + 1\,675\,000 = 5\,192\,500 \text{ руб.}$$

Затраты на обучение персонала определяются по формуле:

$$Z_{\text{обуч}} = Z_{\text{з.п}} + Z_{\text{н.р}}, \quad (4.14)$$

где $Z_{\text{з.п}}$ – затраты на заработную плату инженера, занимающегося обучением, руб.;

$Z_{\text{н.р}}$ – затраты на накладные расходы, руб.

Затраты на заработную плату специалисту, проводящему обучение, определяются по формуле:

$$Z_{\text{з.п}} = T_{\text{к.д}} \cdot O_{\text{ср}} \cdot (1+k_{\text{доп}}) \cdot (1+k_{\text{прем}}) \cdot (1+k_{\text{у}}) \cdot (1+k_{\text{с.с}}), \quad (4.15)$$

где $T_{\text{к.д}}$ – трудоемкость обучения ($T_{\text{к.д}} = 1$), мес.;

$O_{\text{ср}}$ – часовая тарифная ставка специалиста, занимающегося обучением персонала ($O_{\text{ср}} = 35\,000$), руб./мес;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на дополнительную зарплату основных рабочих ($k_{\text{доп}} = 1,05$);

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$k_{\text{прем}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на премию ($k_{\text{прем}} = 1,6$);
 k_y – коэффициент, учитывающий районную надбавку ($k_y = 1,15$);
 $k_{\text{с.с}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на социальное страхование работников ($k_{\text{с.с}} = 1,302$).

$$Z_{\text{з.п}} = 1 \cdot 35\,000 \cdot 1,05 \cdot 1,6 \cdot 1,15 \cdot 1,302 = 88\,041,24 \text{ руб.}$$

Затраты на накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{\text{н.р}} = k_{\text{н.р}} \cdot Z_{\text{з.п}}, \quad (4.16)$$

где $k_{\text{н.р}}$ – коэффициент накладных расходов ($k_{\text{н.р}} = 2$)

$$Z_{\text{н.р}} = 2 \cdot 88\,041,24 = 176\,082,48 \text{ руб.}$$

Затраты на обучение:

$$Z_{\text{обуч}} = 88\,041,24 + 176\,082,48 = 264\,123,72 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты равны:

$$K (\text{проект}) = 90\,795,71 + 5\,037\,500 + 264\,123,72 = 5\,392\,419,43 \text{ руб.}$$

$$K (\text{аналог}) = 121\,039,59 + 5\,192\,500 + 264\,123,72 = 5\,577\,663,31 \text{ руб.}$$

4.5 Расчет текущих затрат производства при использовании аналога объекта нововведения

Текущие затраты определяются по формуле:

$$Z_1 = Z_{\text{мат}} + Z_{\text{з.п}} + Z_{\text{н.р}} + A, \quad (4.17)$$

где $Z_{\text{мат}}$ – затраты на материалы, руб.;

$Z_{\text{з.п}}$ – затраты на оплату труда рабочего, руб.;

$Z_{\text{н.р}}$ – накладные расходы, руб.;

A – затраты на амортизацию оборудования, руб.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Затраты на материалы определяются по формуле:

$$Z_{\text{мат}} = P_{\text{м}} \cdot Q_{\text{г}} \cdot C_{\text{м}}, \quad (4.18)$$

где $P_{\text{м}}$ – расход материалов на единицу продукции ($P_{\text{м}} = 0,0085$), м^3 ;

$Q_{\text{г}}$ – годовой объем выпуска продукции (60 879 м^3);

$C_{\text{м}}$ – цена материалов ($C_{\text{м}} = 650$), руб.

$$Z_{\text{мат}} = 0,0085 \cdot 60\,879 \cdot 650 = 336\,356,5 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных рабочих определяются по формуле:

$$Z_{\text{з.п}} = Q_{\text{г}} \cdot T \cdot C_{\text{оп}} \cdot (1 + k_{\text{доп}}) \cdot (1 + k_{\text{прем}}) \cdot (1 + k_{\text{у}}) \cdot (1 + k_{\text{с.с}}), \quad (4.19)$$

где $Q_{\text{г}}$ – годовой объем выпускаемой продукции, (60 879 м^3);

T – трудоёмкость изготовления одной единицы продукции ($T = 0,4$), час.

$C_{\text{оп}}$ – часовая тарифная ставка основных рабочих ($C_{\text{оп}} = 100,00$), руб./ч.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на дополнительную зарплату основных рабочих ($k_{\text{доп}} = 0,05$);

$k_{\text{прем}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на премию ($k_{\text{прем}} = 0,6$);

$k_{\text{у}}$ – коэффициент, учитывающий районную надбавку ($k_{\text{у}} = 0,15$);

$k_{\text{с.с}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на социальное страхование работников ($k_{\text{с.с}} = 0,302$).

$$\begin{aligned} Z_{\text{з.п}} &= 60\,879 \cdot 0,4 \cdot 100,00 \cdot (1 + 0,05) \cdot (1 + 0,6) \cdot (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,302) = \\ &= 6\,125\,557,3 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{\text{н.р}} = k_{\text{н.р}} \cdot Z_{\text{з.п}}, \quad (4.20)$$

где $k_{\text{н.р}}$ – коэффициент накладных расходов ($k_{\text{н.р}} = 2$).

$$Z_{\text{н.р}} = 2 \cdot 6\,125\,557,3 = 12\,251\,114,6 \text{ руб.}$$

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Затраты на амортизацию определяются по формуле:

$$A = Q_k \cdot a, \quad (4.21)$$

где Q_k – первоначальная стоимость оборудования ($Q_k = 3\,350\,000$), руб.;

a – норма амортизации ($a = 20$), %.

$$A = 3\,350\,000 \cdot 0,2 = 670\,000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты для аналога равны:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 336\,356,5 + 6\,125\,557,3 + 12\,251\,114,6 + 670\,000 = \\ &= 19\,383\,028,4 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.6 Расчет текущих затрат производства при использовании объекта нововведения

Текущие затраты определяются по формуле:

$$Z_1 = Z_{\text{мат}} + Z_{\text{з.п}} + Z_{\text{н.р}} + A, \quad (4.22)$$

где $Z_{\text{мат}}$ – затраты на материалы, руб.;

$Z_{\text{з.п}}$ – затраты на оплату труда рабочего, руб.;

$Z_{\text{н.р}}$ – накладные расходы, руб.;

A – затраты на амортизацию оборудования, руб.

Затраты на материалы определяются по формуле:

$$Z_{\text{мат}} = P_m \cdot Q_g \cdot C_m, \quad (4.23)$$

где P_m – расход материалов на единицу продукции ($P_m = 0,0085$), м³;

Q_g – годовой объем выпуска продукции (60 879 м³);

C_m – цена материалов ($C_m = 310$), руб.

$$Z_{\text{мат}} = 0,0085 \cdot 60\,879 \cdot 310 = 160\,416,2 \text{ руб.}$$

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Затраты на заработную плату основных рабочих определяются по формуле:

$$Z_{з.п} = Q_{г} \cdot T \cdot C_{оп} \cdot (1+k_{доп}) \cdot (1+k_{прем}) \cdot (1+k_y) \cdot (1+k_{с.с.}), \quad (4.24)$$

где $Q_{г}$ – годовой объём выпускаемой продукции, (60 879 м³);

T – трудоёмкость изготовления одной единицы продукции ($T = 0,3$), час.

$C_{оп}$ – часовая тарифная ставка основных рабочих ($C_{оп} = 100,00$), руб./ч.;

$k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий затраты на дополнительную зарплату основных рабочих ($k_{доп} = 0,05$);

$k_{прем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на премию ($k_{прем} = 0,6$);

k_y – коэффициент, учитывающий районную надбавку ($k_y = 0,15$);

$k_{с.с.}$ – коэффициент, учитывающий затраты на социальное страхование работников ($k_{с.с.} = 0,302$).

$$\begin{aligned} Z_{з.п} &= 60\,879 \cdot 0,3 \cdot 100,00 \cdot (1 + 0,05) \cdot (1 + 0,6) \cdot (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,302) = \\ &= 4\,594\,167,9 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{н.р} = k_{н.р} \cdot Z_{з.п}, \quad (4.25)$$

где $k_{н.р}$ – коэффициент накладных расходов ($k_{н.р} = 2$).

$$Z_{н.р} = 2 \cdot 4\,594\,167,9 = 9\,188\,335,8 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию определяются по формуле:

$$A = Q_k \cdot a, \quad (4.26)$$

где Q_k – первоначальная стоимость оборудования ($Q_k = 3\,250\,000$), руб.;

a – норма амортизации ($a = 20$), %.

$$A = 3\,250\,000 \cdot 0,2 = 650\,000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты для объекта нововведения равны:

$$Z_1 = 160\,416,2 + 4\,594\,167,9 + 9\,188\,335,8 + 650\,000 = 14\,592\,919,9 \text{ руб.}$$

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

4.7 Привидение вариантов аналога и проекта нововведения в сопоставимый вид

Для расчета годовой экономии приводим варианты аналога и проекта в сопоставимый вид по годовому объёму выпуска и коэффициента теплопроводности с помощью следующей формулы:

$$\Xi = (Z_1/Q_1 \cdot \lambda_1 - Z_2/Q_2 \cdot \lambda_2) \cdot Q_2/\lambda_2, \quad (4.27)$$

где Z_1 - текущие затраты аналога ($Z_1=19\,383\,028,4$), руб.;

Z_2 - текущие затраты проекта ($Z_2=14\,592\,919,9$), руб.;

Q_1 – годовой объем выпуска (определяющий параметр) для аналога ($Q_1 = 60\,879$), м³;

Q_2 – годовой объем выпуска (определяющий параметр) для проекта ($Q_2 = 60\,879$), м³;

λ_1 – коэффициент теплопроводности (определяющий параметр) для аналога ($\lambda_1 = 0,255$), Вт/м·С°;

λ_2 – коэффициент теплопроводности (определяющий параметр) для проекта ($\lambda_2 = 0,218$), Вт/м·С°.

Годовая экономия равна:

$$\Xi = (19\,383\,028,4/60\,879 \cdot (1/0,255) - 14\,592\,919,9/60\,879 \cdot (1/0,218)) \cdot (60\,879/(1/0,218)) = 8\,103\,574,69 \text{ руб.}$$

4.8 Расчет показателей экономической эффективности от внедрения проекта нововведения

Чистый дисконтируемый доход ЧДД определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{Rt - Zt}{(1 + E)^t} = \left(\sum_{t=0}^T \frac{\Xi}{(1 + E)^t} \right) - K > 0, \quad (4.28)$$

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

где R_t - результат на t -том шаге расчёта, руб.;

Z_t - затраты на t -том шаге, руб.;

T - горизонт расчёта ($T = 3$), год;

E - норма дисконта ($E = 7,25$), %;

Θ - годовая экономия ($\Theta = 2\,496\,724\,500$), руб.;

K - сумма капиталовложений

K (проект) = 5 392 419,43 руб;

K (аналог) = 5 577 663,31 руб.

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} &= \frac{8\,103\,574,69}{(1 + 0,0725)} + \frac{8\,103\,574,69}{(1 + 0,0725)^2} + \frac{8\,103\,574,69}{(1 + 0,0725)^3} + 185\,243,88 = \\ &= 21\,354\,819 \text{ руб} \end{aligned}$$

Срок окупаемости CO определяется по формуле:

$$CO = \frac{K}{\text{ЧДД}_{\text{сред,год}}}, \quad (4.29)$$

где $\text{ЧДД}_{\text{сред,год}}$ – средний годовой ЧДД без учета капиталовложений.

$$CO = \frac{5\,392\,419,43}{\left(\frac{8\,103\,574,69}{(1 + 0,0725)} + \frac{8\,103\,574,69}{(1 + 0,0725)^2} + \frac{8\,103\,574,69}{(1 + 0,0725)^3} \right)} = 0,76 \text{ года}$$

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

4.9 Выводы

Анализ секторограммы (рисунок 4.1) показывает, что:

1. Стоимость штукатурной смеси уменьшилась на 378 рублей (с 828 рублей до 450 рублей).
2. Трудоёмкость производства штукатурной смеси уменьшилась на 0,1 часа (с 0,4 часа до 0,3 часа).
3. Значение коэффициента теплопроводности штукатурного покрытия уменьшилось на 0,037 Вт/м·С° (с 0,255 Вт/м·С° до 0,218 Вт/м·С°).
4. Значение прочности сцепления штукатурного покрытия с основанием увеличилось на 0,09 МПа (с 0,6 МПа до 0,69 МПа).

Проведенный расчет экономической эффективности показывает, что:

1. ЧДД = 21 354 819 рублей > 0 (удовлетворяет критерию).
2. СО = 0,76 год < 1 (удовлетворяет критерию).
3. К (проект) = 5 392 419,43 руб; К (аналог) = 5 577 663,31 руб.
4. Себестоимость единицы товарной продукции составляет 301 руб.

Анализ расчета экономических показателей и сравнение их с соответствующими критериями дает основание считать проект экономически эффективным и целесообразным для внедрения.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Гипсовые вяжущие характеризуются такими показателями качества, как марка по прочности, сроки схватывания, тонкость помола и влажность. С целью улучшения свойств гипсовых смесей в их состав дополнительно вводятся функциональные добавки, регулирующие сроки схватывания, пластические свойства, степень трещиностойкости, прочность сцепления с основанием, водоудерживающую способность.

2. Недостатками гипсовых вяжущих и материалов на их основе являются высокая водопотребность и низкая водостойкость, невысокие прочностные характеристики. Рассмотрены основные пути повышения физико-технических свойств гипсовых композиций, наиболее эффективным из которых является использование в составе гипсовых вяжущих активных минеральных и техногенных добавок, а также разработка композиционных гипсовых вяжущих низкой водопотребности.

3. Использование в составах сухих смесей гипсовых вяжущих перспективно для производства широкой номенклатуры строительной продукции: штукатурки, шпаклевки, затирки, клеящие составы, смеси для устройства полов.

4. С целью импортозамещения и снижения стоимости модифицированных сухих смесей возникает необходимость в использовании добавок на основе местного сырья и отходов производства. Так, например, для повышения адгезионной прочности гипсовых смесей используют КСЦ в сочетании с органическими добавками-пластификаторами (порошок винной кислоты) без значительного ускорения сроков схватывания.

5. Заполнители (наполнители) являются важными компонентами, определяющими область применения ССС. Основными характеристиками

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

заполнителей (наполнителей), влияющими на физико-механические свойства сухих смесей являются гранулометрический состав, форма зерен, пустотность и водопотребность.

6. Широкое распространение на рынке строительных материалов получили сухие штукатурные теплоизоляционные смеси, где в качестве пористого наполнителя используют пенополистирол, перлитовый и вермикулитовый песок, пеностекло с целью снижения плотности получаемого материала, а также улучшение тепло- и звукоизоляционных свойств.

7. Сравнительный анализ теплоизоляционных штукатурных составов на различных наполнителях показал, что пеностекло превосходит ряд применяемых на сегодняшний день заполнителей (наполнителей) не только по конструкционным, но и теплоизоляционным свойствам, что делает перспективным его использование для разработки новых составов ССС.

8. Для исключения протекания ЩСР эффективным является использовать пеностекло в гипсовых вяжущих и материалах на их основе, так пеностекло инертно по отношению к гипсовому вяжущему.

9. Прочность при сжатии камня строительного гипса при введении добавки ФПС в целом повышается. Наибольший прирост прочности наблюдается у состава, содержащего ФПС в количестве 5-15 % фр. 0,14-1,25 мм. Также было выявлено, что увеличение количества добавки ФПС в составе строительного гипса каждой фракции до 15 % приводит к снижению прочностных характеристик гипсового камня в среднем на 18 %. Подобная закономерность изменения прочности образцов объясняется эффектом стерического стеснения.

10. Присутствие добавки ФПС смеси фракций 0,063-0,14 мм в составе строительного гипса способствует повышению его коэффициента размягчения с 0,42 до 0,48. Однако дальнейшее увеличение фракции ФПС до 4,0 мм оказывает отрицательное воздействие на значение коэффициента размягчения, снижая его в среднем на 11 %.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

11. Установлено, что эффективными с точки зрения сочетания физико-механических и теплоизоляционных свойств являются составы с содержанием ФПС в количестве 30 и 40 %. С целью улучшения показателей свойств растворной смеси, не соответствующих нормативным (сроки схватывания, водоудерживающая способность), необходима модификация данных составов путем введения замедлителей схватывания и пластифицирующих добавок. Таким образом, ФПС можно считать пригодным для использования в сухих строительных смесях на гипсовом вяжущем теплоизоляционного назначения.

12. Проведенный расчет экономической эффективности показывает, что:

- ЧДД = 21 354 819 рублей > 0 (удовлетворяет критерию).
- СО = 0,76 год < 1 (удовлетворяет критерию).
- К (проект) = 5 392 419,43 руб; К (аналог) = 5 577 663,31 руб.
- Себестоимость единицы товарной продукции составляет 301 руб.

Анализ расчета экономических показателей и сравнение их с соответствующими критериями дает основание считать проект экономически эффективным и целесообразным для внедрения.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альжанова, А.Ж. Влияние составов сухих строительных смесей на технические свойства строительных материалов / А.Ж. Альжанова, А.К. Зайнутдинов, Б.К. Серсенбаев и [др] // Управление инновациями: теория, методология, практика. – 2016. – № 18. – С. 56-59.
2. Апкарьян, А.С. Композиционный гранулированный теплоизоляционный материал — пеностеклокерамика / А.С. Апкарьян, В.Г. Христюков // Перспективные материалы. – 2014. – № 6. – С. 42-47.
3. Баженов, Ю.М. Технология сухих строительных смесей: Учебное пособие / Ю.М. Баженов, В.Ф. Коровяков, Г.А. Денисов; под ред. О.А. Таранова. – М : Изд-во АСВ, 2003. – 96 с.
4. Беляев, Е.В. Производство сухих строительных смесей: проблемы и перспективы / Е.В. Беляев // Сухие строительные смеси. – 2014. – № 4. – С. 8-9.
5. Бердов, Г.И. Перспективные направления совершенствования составов и технологии строительных материалов на основе минеральных вяжущих веществ / Г.И. Бердов, Н.А. Машкин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2015. – № 4. — С. 45-57.
6. Беседин, И.А. Новые теплоизоляционные материалы. Теплоизоляционная штукатурка «УМКА.ру» / И.А. Беседин // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2011. – № 7. – С. 16-17.
7. Власова, Е.Н. Анализ развития рынка сухих строительных смесей / Е.Н. Власова, М.С. Овчинникова // Наука молодых – будущее России. – 2019. – С. 61-64.
8. Гайфуллин, А.Р. Строительный гипс с добавками керамзитовой пыли / А.Р. Гайфуллин, М.И. Халиуллин, Р.З. Рахимов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 2. – С. 166-171.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

9. Гонтарь, Ю.В. Применение гипсовых и ангидритовых вяжущих для производства сухих строительных смесей / Ю.В. Гонтарь // Сухие строительные смеси. – 2012. – № 3. – С. 39-42.

10. Дамдинова, Д.Р. О возможности использования пеностеклового заполнителя в легких бетонах / Д.Р. Дамдинова, Э.А. Оксахоева, И.Ю. Соктоева // Инновационные технологии в науке и образовании. – 2017. – С.23-31.

11. Загороднюк, Л.Х. Теплоизоляционные растворы пониженной плотности / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.А. Сумской // Строительные материалы и изделия. – 2018. – № 1. – С. 40-50.

12. Загороднюк, Л.Х. Теплоизоляционные растворы с использованием вспученного вермикулита / Л.Х. Загороднюк, Д.С. Махортов, И.Н. Туцкая и [др] // Научные технологии и инновации. – 2019. – С. 180-184.

13. Казанцева, Л.К. Устойчивость пеносиликатных заполнителей к щелочам цемента / Л.К. Казанцева, Ю.В. Серёткин, И.С. Пузанов // Стекло и керамика. – 2017. – № 10. – С. 36-42.

14. Карпенко, М.А. Оптимизация составов теплоизоляционного материала на основе гранулированного пеностекла / М.А. Карпенко, И.Н. Тихомирова // Успехи в химии и химической технологии. – 2018. – № 2. – С. 86-88.

15. Кузьмина, В.П. Производство и применение модифицирующих добавок в сухих строительных смесях / В.П. Кузьмина // Сухие строительные смеси. – 2017. – № 1. – С. 20-24.

16. Логанина, В.И. Активность высокопористых наполнителей для теплоизоляционных сухих строительных смесей / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, М.В. Фролов // Известия высших учебных заведений, строительство. – 2017. – № 5. – С. 43-48.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

17. Лысакова, Д.Д. Теплоизоляционная штукатурка – современный отделочный материал / Д.Д. Лысакова // Образование, наука, производство. – 2016. – С. 1151-1154.

18. Немахов, И.В. Получение сухих строительных смесей с оптимальными физико-механическими свойствами / И.В. Немахов // Аллея науки. – 2018. – № 8. – С. 256-259.

19. Омурканова, А.Т. Сухие гипсовые смеси и гипсовые композиции, модифицированные добавками / А.Т. Омурканова // Вестник Кыргызско-российского славянского университета. – 2016. – № 9. – С. 121-125.

20. Попов, М.Ю. Щелоче-силикатная коррозия в легких бетонах на цементном вяжущем с пористым заполнителем на основе гранулированного пеностекла / М.Ю. Попов, Б.Г. Ким, В.Е. Ваганов, А.С. Брыков // Цемент и его применение. – 2015. – № 4. – С. 89-93.

21. Постникова, П.И. Сравнение свойств теплоизоляционных штукатурок с различными наполнителями / П.И. Постникова, И.В. Цыгвинцев и [др] // Международный научный журнал «Синергия наук». – 2017. – № 17. – С. 594-610.

22. Пуценко, К.Н. Перспективы развития и применения сухих строительных смесей на основе гипса / К.Н. Пуценко, В.Б. Балабанов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 7. – С. 148-154.

23. Растворы сухие строительные и композиции защитно-отделочные / под ред. Е.А. Урецкой, П.П. Ткачик, В.И. Мартинович. – Минск. : Материалы VI международной научно-технической под редакцией, 2011. – 52 с.

24. Рахимов, Р.З. Композиционное гипсовое вяжущее с добавками извести и керамзитовой пыли / Р.З. Рахимов, М.И. Халиуллин, А.Р. Гайфуллин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 31-2. – С. 149-155.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

25. Рецептурный справочник по сухим строительным смесям / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля, И.Н. Медведева, Г.А. Богоявленская, Н.И. Нуждина. – СПб. : РИА «Квинтет», 2010. – 318 с.

26. Саулин, Д.В. Исследование щелочесиликатного взаимодействия пеностеклянных наполнителей с цементным вяжущим / Д.В. Саулин, А.В. Рожкова // Вестник ПНИПУ. – 2017. – № 1. – С. 89-104.

27. Семейных, Н.С. Анализ использования различных сырьевых компонентов в производстве гранулированного пеностекла / Н.С. Семейных, Г.В. Сопегин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – № 1. – С. 60-74.

28. Семейных, Н.С. Оценка физико-механических свойств пористых заполнителей для легких бетонов / Н.С. Семейных, Г.В. Сопегин, А.В. Федосеев // Вестник МГСУ. – 2018. – № 2. – С. 203-212.

29. Сеньков, С.А. Адгезионные свойства гипсового вяжущего в присутствии калийсиликатного цемента / С.А. Сеньков, Н.С. Семейных, Г.И. Яковлев, И.С. Полянских // Строительные материалы. – 2015. – № 1. – С. 69-72.

30. Сопегин, Г.В. Анализ существующих технологических решений производства пеностекла / Г.В. Сопегин, Д.Ч. Рустамова, С.М. Федосеев // Вестник МГСУ. – 2019. – № 12. – С. 1584-1609.

31. Сопегин, Г.В. Влияние молотого фракционированного пеностекла на свойства гипсового вяжущего и сухих строительных смесей / Г.В. Сопегин, Н.С. Семейных // Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы. – 2020. – № 1. – С. 626-629.

32. Шаленный, В.Т. Повышение эффективности и конкурентоспособности применения пеностекла в штукатурных теплоизоляционных системах / В.Т. Шаленный, Л.Н. Смирнов, О.И. Древетняк // Кровельные и теплоизоляционные материалы. – 2018. – № 3. – С. 14-19.

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Приложение А

Достоинства и недостатки теплоизоляционных штукатурок на различных
заполнителях (наполнителях)

					08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Дипломн.		Рустамова Д.Ч.			Исследование влияния фракционированного пеностекла на свойства гипсового вяжущего и сухих строительных смесей	Лит.	Лист	Листов
Консульт.		Сопегин Г.В.				1	4	
Руководит.		Сопегин Г.В.				ПНИПУ, СФ, СИМ, ПСК-16-16		
Н. Контр.		Сопегин Г.В.						
И.о. зав. каф..		Харитонов В.А.						

Таблица А.1 – Достоинства и недостатки теплоизоляционных штукатурок на различных заполнителях (наполнителях)

Вид заполнителя	Достоинства	Недостатки
Вспученный вермикулит	<ul style="list-style-type: none"> - наполнитель имеет высокопористую структуру, вследствие чего покрытие обладает низкой теплопроводностью; - низкая инертность по отношению к другим материалам; - пористая структура заполнителя придает штукатурке высокие звукоизоляционные свойства; - долговечность 	<ul style="list-style-type: none"> - состав обладает высокой степенью водопоглощения – до 500% по массе, необходима дополнительная защита от влаги; - помещение, отделанное «теплой» штукатуркой с вермикулитом, нуждается в дополнительной вентиляции; - высокая стоимость.
Смесь компонентов: бумаги, опилок, глины и цемента	<ul style="list-style-type: none"> - пористая структура опилок и бумаги придает раствору высокие тепло- и звукоизоляционные свойства; - данный состав обеспечивает хорошую проницаемость штукатурного раствора для паров влаги; - создает дополнительные условия для благоприятного микроклимата в помещении; - глина в составе, являясь природным адсорбентом, поглощает излишнюю влагу и вредные примеси из воздуха. 	<ul style="list-style-type: none"> - данный состав пригоден только для внутренних работ; - продолжительное высыхание штукатурной растворной смеси; - периодическое проветривание помещения на протяжении всего периода высыхания покрытия; - плотность покрытия сравнительно больше других «теплых» штукатурок.

08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ

Продолжение таблицы А.1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Вспученный перлит	- высокие тепло- и звукоизоляционные свойства штукатурного раствора;	- продолжительное высыхание штукатурной растворной смеси;
						- пластичность раствора – малый размер гранул позволяет заполнить раствором пустоты и узкие места любой конфигурации;	- периодическое проветривание помещения на протяжении всего периода высыхания покрытия;
						- пожаробезопасность и огнестойкость;	- состав обладает высокой степенью водопоглощения.
						- покрытие регулирует уровень влажности воздуха в помещении;	
						- устойчивость к биологическому воздействию (плесени, грызунам);	
						- лёгкость применения (не требуются специальные навыки для штукатурных работ);	
						- малый удельный вес;	
						- морозоустойчивость;	
						- экологичность;	
						- долговечность.	

08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ

Окончание таблицы А.1

<p>Гранулированный пенополистирол</p>	<ul style="list-style-type: none"> - легкость нанесения на поверхности; - совместимость со всеми видами поверхностей; - поверхность штукатурки не повреждается грызунами; - экологически безопасен; - природное происхождение компонентов; - долговечность; - устойчивость к патогенной флоре. 	<ul style="list-style-type: none"> - необходимость нанесения финишного слоя; - большая толщина слоя по сравнению с нанесением обычной штукатурки; - высокая стоимость; - невозможность нанесения слоя толще 2,5 см за один заход.
<p>Пеностекло</p>	<ul style="list-style-type: none"> - низкий коэффициент теплопроводности получаемого штукатурного слоя; - высокие прочностные характеристики покрытия; - низкое водопоглощение; - высокие звукоизоляционные свойства; - огнестойкость; - устойчивость к УФ-излучению; - устойчивость к биологическому воздействию (плесени, грызунам); - возможность машинного и ручного нанесения; - экологическая безопасность; - долговечность. 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая стоимость; - разрушение структуры штукатурного покрытия при выполнении крепежных работ.

08.03.01 23.64.10.110 16-СФ-601 ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

4

Лист