

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
институт  
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

  
подпись Назиров Р.А.  
Ф.И.О  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

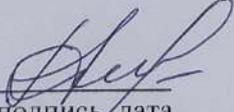
**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Применение магнезиальных вяжущих в строительстве  
тема

08.04.01 «Строительство»  
код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»  
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель

  
подпись, дата

доцент, к.ф.-м.н.  
должность, ученая степень

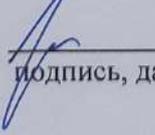
Г. Е. Нагибин  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

А. А. Муртазина  
инициалы, фамилия

Рецензент

  
подпись, дата

доцент, к.т.н.  
должность, ученая степень

Б.Г. Плясунов  
инициалы, фамилия

Красноярск 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. Теоретические аспекты .....	10
1.1. Актуальность нового строительства зданий и сооружений .....	10
1.2. Существующие причины ухудшения состояния строительных конструкций, как части жилого фонда.....	11
1.3. Свойства магнезиальных вяжущих. Технические характеристики. Достоинства и недостатки применения в строительстве.....	14
1.4. Магнезиальное вяжущее в сфере строительства .....	20
1.5. Достоинства и недостатки магнезиального цемента в строительстве .....	21
1.6. Нормативная база .....	23
1.7. Изученность метода .....	25
2. Общие положения экспериментальной работы .....	26
2.1. Изготовление образцов.....	26
2.2. Испытание образцов .....	29
3. Обоснование эффективности применения перлитцементного вяжущего ....	31
3.1. Разработка конструктивного решения .....	31
3.2. Теплотехнический расчет.....	33
3.3. Моделируемый расчет ПК Comsol .....	34
3.4. Результаты и подведение итогов .....	37
4. Определение экономического эффекта от применения материалов на магнезиальном вяжущем .....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	67

## ВВЕДЕНИЕ

### *Актуальность темы исследования.*

Сфера обеспечения безопасной и долговечной эксплуатации строений и сооружений в настоящем исследуется многими учеными, как в стране, так и за границами. Потребность поиска новых методов решения долговечности и надежности требуется, как при новом строительстве, так и в процессе эксплуатации, и в последующие этапы жизни здания или сооружения.

На сегодняшний день найдено уже огромное количество методов для усиления или полного реконструирования строительных конструкций. Имеет место быть поиск нового решения для полного восстановления разрушенной конструкции, либо на стадии проектирования замена на более инновационной и надежный материал. Большинство классических технологий обладают рядом недостатков, в виде повышенной стоимости проведения работ, трудозатрат, или же нереальность выполнения капитального ремонта.

Опираясь на приведенных выше условиях, можно сделать вывод о том, что в настоящее время имеется необходимость в разработке и последующем применении современных технологий с применением новых материалов, которые бы позволяли проводить работы с меньшими трудозатратами и меньшей стоимостью.

В нововведениях имеет место быть материалы на основе магниезальных вяжущих. Данный материал будет одновременно фасадным, теплоизоляционным и конструкционным.

### *Степень научной разработанности проблемы.*

Диссертационного исследования определена путем изучения и анализа работ отечественных и зарубежных ученых ведущих научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений, а также производителей систем внешнего армирования.

Исследователи, Душевина, Козлова, Матюнина, Черных, Носов занимались исследованиями в области изучения магниезальных пород [1-29].

Иностранные научные журналы преподносящие статьи зарубежных ученых [30-40].

Первый отечественный государственный стандарт был разработан и введен в 1988 году, назывался ГОСТ 1216-87 «Порошки магнезитовые каустические» [41].

***Целью диссертационного исследования.***

Является разработка проектных решений по увеличению прочности строительных конструкций на стадии строительства и в дальнейших реконструкциях с использованием композиционного материала на основе магнезиального вяжущего.

В соответствии с поставленной целью в работе сформулированы следующие задачи:

- Рассмотреть нынешний фонд капитального ремонта МКД;
- Изучить существующие методы реконструкции или восстановления строительных конструкций;
- Разработать метод замены строительных конструкций;
- Провести испытания разработанной методики;
- Провести экономическое сравнение.

***Область исследования диссертационной работы.***

Соответствует паспорту специальности ВАК 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения», а именно пункту 3 «Создание и развитие эффективных методов расчета и экспериментальных исследований вновь возводимых, восстанавливаемых и усиливаемых строительных конструкций, наиболее плотно учитывающих специфику воздействия на них, свойства материала, специфику конструктивных решений и другие особенности».

***Объект исследования.***

Проектные решения ограждающих конструкций малоэтажных зданий и сооружений.

### ***Предмет исследования.***

Конструктивный материал на основе магнезиального вяжущего.

### ***Научная гипотеза диссертационного исследования.***

Заключается в том, что применение магнезиального вяжущего в основе конструктивного материала для возможного уменьшения трудозатрат при возведении, стоимости работ и материалов при строительстве, опасности эксплуатации здания.

### ***Научную новизну диссертационного исследования.***

Составляют разработанные проектные решения введению новой строительной конструкции, позволяющие повысить прочность при проведении работ по реконструкции и возведению.

### ***Практическая значимость работы.***

Заключается в том, что разработанные методики можно использовать, как при новом строительстве, так и при реконструкционных работах, при этом обеспечивая минимальное изменение габаритов заменяемой конструкции в сочетании с достаточно надежными показателями повышения прочности.

### ***Теоретической базой для диссертации.***

Послужили научные работы отечественных и зарубежных ученых различных научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений, а также нормативная документация.

### ***Методология исследования.***

Основана на комплексе способов научного познания: натурных обследований строительных конструкций, логического и компьютерного моделирования. Проведены численно-аналитические исследования, использованы приемы системного анализа и сопоставительный анализ результатов.

### ***Публикации результатов исследования.***

Результаты диссертационного исследования были опубликованы в 2 статьях, в сборниках, входящих в систему научного цитирования РИНЦ.

### ***Структура и объем диссертации.***

Структура работы, была определена в соответствии с поставленными целями и задачами. Работа состоит из следующих разделов, введение, три главы, а также заключение, список использованных источников и приложения. Текст диссертации представлен на 72 страницах, включая 5 таблиц, 2 графика и 8 рисунков, библиографию из 56 источников, приложения изложены на 19 страницах.

Авторские разработки основаны на данных, полученных автором в ходе исследований в период 2019-2021 года.

## 1. Теоретические аспекты

### 1.1. Актуальность нового строительства зданий и сооружений

На всех этапах своей жизни здания и сооружения поддаются влиянию разнообразных силовых и не силовых воздействий, действие которых вызывает материальный износ, и как следствие ослабление материала, снижение долговечности за счет потери его эксплуатационных качеств и как следствие физических и химических характеристик.

Помимо физического износа строительные сооружения претерпевают моральный износ, который может быть вызван несоответствием планировки зданий, конструктивных решений и инженерных систем современным требованиям эксплуатации.

Для надежного и безопасного цикла здания, необходимо учитывать все факторы, влияющие на дальнейшую эксплуатацию согласно нормативным требованиям.

Одним из аспектов, требующих на сегодняшний день проведения реконструкционных работ и капитального ремонта, является жилищный фонд, находящийся в аварийном состоянии, в результате воздействия непредвиденных нагрузок, износом строительных конструкций в процессе эксплуатации, а также моральном износе.

Определение аварийного жилого фонда приводится в п. 2 ст. 2 Федерального закона "О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства" от 21.07.2007 N 185-ФЗ.

Аварийный жилищный фонд — это совокупность жилых помещений в многоквартирных домах, признанных в установленном порядке до 01.01.2019 аварийными и подлежащими сносу или реконструкции в связи с физическим износом в процессе их эксплуатации.

Состояние аварийности жилищного фонда начиная с 1995 года в России на сегодняшний момент отражено в графике 1.1 [42].

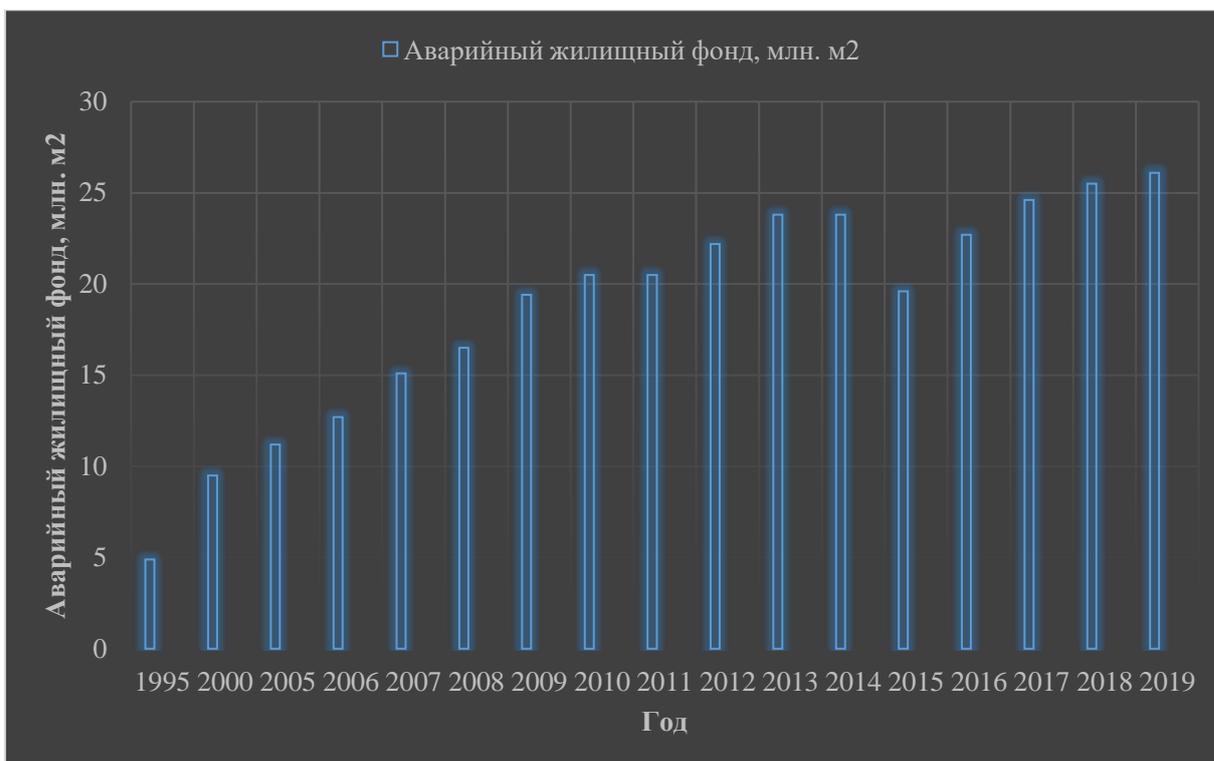


График 1.1 – Состояние аварийности жилищного фонда

По вышеизложенному на графическом рисунке показано, что с 1995 года происходил рост жилья, требующие внимания к своему состоянию.

Со временем данный фактор не снижался, согласно этим показателям, есть смысла введения нового более прочного материала, который будет удовлетворять всем потребностям.

## 1.2. Существующие причины ухудшения состояния строительных конструкций, как части жилого фонда

В процессе эксплуатации любого здания или сооружения его конструктивные элементы постепенно теряют свои первоначальные эксплуатационные свойства. Поэтому в строительной сфере принято считать, что после сдачи объекта в эксплуатацию начинается период его износа.

Физический износ зданий – это величина, обозначающая степень ухудшения технических и других эксплуатационных характеристик объекта. С

течением времени у любой строительной конструкции ухудшаются прочностные, тепло- и звукоизоляционные свойства, водо- и воздухопроницаемость, и другие показатели, понижающие несущую способность зданий.

Чтобы предотвратить преждевременное разрушение сооружения и продлить срок его эксплуатации необходимо периодически проводить обследование зданий и сооружений на предмет их технического состояния.

Физический износ конструктивных элементов зданий или всего объекта может быть вызван по следующим *причинам*:

1. Длительная или неправильная эксплуатация сооружений;
2. Истираемость материалов, использованных в отделке или отдельных конструктивных элементах;
3. Агрессивное воздействие атмосферных факторов, вызывающих размыв фундамента, коррозию и эрозию стройматериалов, промерзание оснований, боковое давление ветра на конструкции;
4. Динамические и механические воздействия, приводящие к неравномерной осадке;
5. Биологические факторы: насекомые, бактерии, грибки;
6. Стихийные бедствия: землетрясения, наводнения, пожары, ураганы и другие;
7. Ошибки при проектировании сооружений;
8. Допущенные при возведении зданий ошибки, например, неправильная кладка или некачественный бетон.

Каждый из этих факторов вызывает износ конструкций здания, но наибольший вред причиняет влага, а также воздействующая через грунт вибрация.

### *Методы определения физического износа*

Расчет физического износа зданий в целом является важнейшим критерием влияния на результат фактической оценки стоимости объекта. Для вычисления

оценки недвижимого объекта применяют разные методы, с помощью которых в процентах определяется физический износ сооружений.

### ***Методика компенсации затрат***

Согласно данному методу, процент физического износа равен затратам, которые потребуются для устранения дефектов. Плюсом методики является возможность обосновать экономическую суть величины общего износа.

В числе недостатков отмечают трудности, возникающие при определении объемов ремонтных работ. Чрезмерно сложным является расчет износа фундамента и других технически сложных элементов.

В связи с тем, что методика достаточно сложна в применении, используют ее, как правило, для крупных объектов, для которых требуется определение физического износа здания.

Процесс возведения разгружающих и заменяющих конструкций, как правило, не является сложным.

Ремонт ограждающих конструкций путем замены теплоизоляционного материала является традиционным. Перед ремонтом охлаждаемые помещения, ограждения которых подлежат ремонту, выключают из режима охлаждения, при необходимости демонтируют охлаждающие приборы. Удаляют последовательно облицовочный, теплоизоляционный и пароизоляционный слои ограждающей конструкции. Помещения прогревают до температуры не ниже 10 °С, чтобы влага не конденсировалась на поверхности.

При замене тепловой изоляции восстанавливают и пароизоляционный слой конструкции. Изолируемые поверхности очищают, размечают и делают отверстия для установки анкерных болтов, которыми крепят брусья несущего каркаса, заделывают трещины, выравнивают цементным раствором. Анкерные болты закрепляют с помощью цементного раствора или деревянных пробок. На подготовленную поверхность наносят пароизоляционный слой, качество которого проверяет комиссия и удостоверяет актом. Затем выполняют теплоизоляционный слой. Монтируют и закрепляют деревянные брусья несущего каркаса. Если теплоизоляция выполняется из плиточного материала,

то первый слой плит приклеивают сплошным слоем битума (БН-IV) или клея (БФ-4), а второй и последующие слои — не сплошным, а в виде клеевых полос или точек, чтобы не создавать непрерывную пароизоляцию внутри конструкции. Плиты теплоизоляционного материала закладывают между брусками каркаса, прижимают к поверхности стен временными рейками приблизительно на 30 мин для склеивания. Все стыки между теплоизоляционными плитами заполняют отходами плит и промазывают битумом или клеем. Отделочный слой (асбоцементные, алюминиевые листы) поджимает теплоизоляционный слой и крепится к рейкам каркаса шурупами.

Весь этот комплекс работ по восстановлению несущей конструкции зданий в последствии несет в себе увеличенное количество трудозатрат по их выполнению, так же, не исключая стоимостные затраты.

Сложность метода заключается в необходимости обеспечения единой работы получаемой системы. Существенным недостатком при применении данного метода является то, что бетон подвержен воздействию физических, химических и биологических факторов (коррозии), что в конечном итоге вызовет разъединение материалов (деградацию бетона и арматуры). Происходит это из-за различия свойств и деформационных характеристик старого и нового бетона, а также наличия трещин, в которые попала влага, что вызывает необратимые реакции в бетон или его вымывание. Совокупность всех этих воздействий по итогу приводит к образованию и развитию трещин, а также к отслоению нового бетона от старого.

### **1.3. Свойства магнезиальных вяжущих. Технические характеристики. Достоинства и недостатки применения в строительстве.**

Минеральные вяжущие вещества - это вещества, способные переходить из полужидкого (тестообразного) состояния в твердое (камневидное) состояние. Такой переход вяжущих веществ происходит в результате различных физико-химических процессов под воздействием либо воздуха (воздушное вяжущее

вещество), либо воды или водо-соляных растворов (гидравлическое вяжущее вещество), либо под воздействием температуры и определенного давления (автоклавное вяжущее вещество). Вяжущее вещество в процессе своего твердения имеет свойство скреплять между собой разного рода наполнители: песок, гравий, щебень, древесно-стружечные материалы, являясь материалом для изготовления бетонов и строительных растворов. Таким образом, основное предназначение минеральных вяжущих веществ - это создание высокопрочного и долговечного искусственного камня - одного из базовых элементов строительной индустрии.

### **Химический состав магнезиального вяжущего**

**Магнезитовый цемент** – мелкодисперсный порошок, активной частью которого является оксид магния. Одна из его особенностей – необходимость использования специального затворителя – водного раствора магниевых солей. Характеристики этого вяжущего во многом зависят от точности дозировки компонентов и соблюдения правил его применения. **Магниевый цемент** является достойной альтернативой традиционному портландцементу в сухих строительных смесях, штукатурных растворах, при заливке полов в производственных помещениях, изготовлении теплоизоляторов, стекломагниевых листов.

Достаточно широкое применение этого вида, вяжущего обеспечивают следующие положительные свойства твердевших смесей и растворов на его основе:

1. Быстрое схватывание и твердение. Скорость этих процессов зависит от соотношения компонентов. За сутки материал может набрать 30-50 % марочной прочности;
2. Хорошая совместимость со многими органическими и неорганическими заполнителями;
3. Прекрасная адгезия к различным поверхностям.

Для бетона, созданного на основе магнезиального цемента, характерны:

- механическая и ударная прочность;

- высокая устойчивость к воздействию органических растворителей, щелочных сред, солей;
- хорошие теплоизоляционные характеристики;
- огнестойкость;
- высокая износостойкость;
- экологическая безопасность – токсичные выделения отсутствуют.

В качестве заполнителя выступает натуральный перлит – это блестящие непрозрачные фрагменты, напоминающие жемчужинки. Их цвета – белый, черней, зеленой, красновато-бурый, коричневый. Вспученный перлит получается путем измельчения и термической обработки вулканического стекла обсидиана. Вспучивание осуществляется при помощи термического удара в 900-1000 градусов. При резком нагревании внутри материала выделяются газы, которые взрываются и придают материалу характерную рыхлость.

Характеристики вспученного перлита, как основного заполнителя перечислены в Приложении Б.

Известен состав магнезиального вяжущего, содержащий каустический магнезит (17,4-25%), хлорид магния (2,5-5,0%) и карбонат кальция (0,1-4,0%). В этом составе водный раствор хлорида магния является жидкостью затворения, а весьма малое количество в смеси хлорида магния и каустического магнезита, являющихся основными компонентами магнезиальных вяжущих, не позволяют получать прочные изделия. Известны также аналогичные составы, содержащие помимо основных компонентов, тремолит и карбонат кальция или тонкомолотый ( $S_{уд}=510-700$  м<sup>2</sup>/кг) диопсид. Последний состав обеспечивает получение прочных изделий только при использовании высокодисперсного диопсида.

Наиболее близким по сути к предлагаемому составу является магнезиальное вяжущее, в котором каустический магнезит, или оксид магния, затворяется водными растворами хлорида магния или сульфата магния. При затворении хлоридом магния состав содержит 62-67% MgO и 33-38%

$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , а при затворении сульфатом магния состав содержит 80-84%  $MgO$  и 16-20%  $MgSO_4$ .

Основными недостатками этого состава является низкая водостойкость, оцениваемая коэффициентом водостойкости в пределах 0,1-0,3, необходимость использования свежесожженного магнезита ( $MgO$ ) для получения цементного камня с прочностью 30-50 МПа в возрасте 28 суток при воздушном твердении при относительной влажности воздуха менее 60%. Нормальное соотношение между вяжущим и затворитель (каустический магнезит, плавленный хлористый магний) 1 : 0,62. При затворении на хлористом магнии прочность изделий выше, чем на сернокислом, но одновременно повышается их гигроскопичность.

Одним из преимуществ магнезиальных вяжущих веществ является значительно меньшие энергетические затраты на их производство, по сравнению с производством извести и портландцемента.

Установлено, что продукты твердения некоторых магнезиальных вяжущих веществ имеют чрезвычайно высокую стойкость к действию морской воды, минерализованных подземных вод, растворов солей и щелочей, намного превышающую стойкость продуктов твердения специальных видов портландцемента. Это делает целесообразной постановку вопроса о разработке технологий производства таких вяжущих и материалов на их основе.

Таким образом, можно выделить следующие достоинства:

1. Легкость, которая позволяет разместить его внутри любой каркасной конструкции без усиления ее прочности.
2. Стойкость к довольно резким температурным перепадам позволяет использовать его для наружного применения при различных погодных условиях
3. Экологическая безопасность, отсутствие токсичности в любых условиях эксплуатации.
4. Не является аллергеном для животного мира, людей.
5. Стойкость к большинству кислотных и щелочных составов.
6. Не подвержен коррозионным процессам.

7. Благодаря плотности, образующейся между частицами материала во время укладки слоев, достигается высокий уровень звукоизоляции всей конструкции. Поэтому нет необходимости использовать добавочный слой изоляции иного происхождения.

8. Имеет высокую эффективность, рационален и эргономичен в своем применении.

В таблице 1.1 показатели магнезиального перлита по физико-механическим свойствам.

Таблица 1.1 –Физико-механические свойства

№	Наименование	Показатель
1	Плотность, кг/см <sup>3</sup>	650-450
2	Теплопроводность, Вт/(м*К)	0,043-0,081
3	Коэффициент разрыхления	1,5
4	Пористость	70-90%
5	Водопоглощение	0,97%
6	Предел прочности при сжатии, кг/кв.см в воздушно-сухом состоянии в водонасыщенном состоянии	460 399
7	Предел прочности при изгибе	0,23-10,28 МПа
6	Коэффициент морозостойкости	0,50-0,78 отн. ед
7	Морозостойкость	Мрз 50
8	Естественная влажность	1,2%

Так же магнезиальное вяжущее, характеризуется долговечностью. Столь продолжительный эксплуатационный срок обусловлен следующими характеристиками [5]:

- Отличная адгезия к поверхностям с различной структурой.
- Высокая устойчивость к коррозионным процессам.

- Лёгкость и прочность.
- Изоляция от влаги.
- Высокая огнеупорность и ударопрочность.
- Является полностью токсично-безопасным и экологически чистым.
- Высокая степень универсальности. Может использоваться при теплоизоляционных работах, работах по возведению строительных конструкций и отделочных работах.

Составляющей магнезиального вяжущего является доломит, минерал породообразующий. Он принадлежит к классу карбонатов, являясь огнеупорным и очень стойким. Он наделен великолепными природными свойствами натурального камня. Обжиг каустического доломита выполняют при температуре до 750 градусов. При более высокой температуре (до 850 градусов) образуется доломитовый цемент. Доломитовая известь, способная к гашению, производится при температуре порядка 950 градусов. Учитывая вышеописанные технические характеристики, наиболее частым применением доломитового сырья в строительстве в основном являются теплоизоляционные материалы или строительные бетонные конструкции.

Список недостатков короткий, но они обязательно должны быть учтены при планировании строительства. Выделяют три основных недостатка:

1. Крайне опасен для здоровья человека состав перлита, в основе имеется песок, который при неправильном использовании попадает в дыхательные пути.
2. Материал отличается высокой стоимостью в сравнении с аналогами.
3. Гигроскопичность. Материал пористый, активно поглощает и удерживает влагу, при использовании необходима обработка водоотталкивающими веществами.

#### 1.4. Магнезиальное вяжущее в сфере строительства

Современные технологии использования магнезиальных вяжущих позволяют делать на их основе практически все, что угодно: стеновые материалы, конструкционные брусы, пеномагнезиальные блоки с фасадной облицовкой под кирпич или колотый камень, разнообразные половые покрытия, детали интерьера. Следует отметить, что в домах, стены которых выполнены из материалов на основе магнезиальных вяжущих (магнезиальный ячеистый бетон, арболит и т.п.) создается благоприятный для человека микроклимат, сочетающий в себе достоинства деревянного дома и соляной пещеры, оказывающей бальнеологический эффект для больных астмой и другими аллергическими заболеваниями.

Только в России по этому материалу зарегистрировано более двух тысяч научных работ, диссертаций, изобретений, более полтора века над ксилолитом ведут изыскания, проводят опыты, ученые, научно и производственные коллективы, изобретатели, производственники. В США, Канаде, КНР, Европе, Японии и других странах в строительстве активно используют ксилолит. Ксилолит используют для заливки полов, изготовления стеновых блоков, бруса, плитки, стеновых и напольных панели небольшого размера. Ксилолит используется для монолитной заливки стен жилых зданий и индивидуальный жилых домов и коттеджей. В России пока это направление не развито.

За рубежом в середине 50-х годов XX века, благодаря большому объему исследований и появлению новых материалов, старые идеи обрели новую жизнь. Немаловажную роль сыграла также практически идеальная экологическая безопасность материалов на основе магнезиального бетона. Разработанные технологии позволили создать целый ряд новых составов, существенно увеличить влагостойкость и сохранить уникальные физико-механические свойства материала. Очень важной для комплекса физико-

механических свойств материала является игольчато-древовидная структура кристаллов, которая и обеспечивает *магнезиальному бетону*, несмотря на высокую твердость, устойчивость к ударным нагрузкам.

### **1.5. Достоинства и недостатки магнезиального цемента в строительстве**

В зависимости от используемых заполнителей магнезиальные бетоны обладает следующими свойствами:

1. Механической прочностью при сжатии, на уровне самых высокопрочных бетонов, (а при изгибе прочность превосходит бетоны в 3-5 раз без использования дополнительных армирующих материалов), а также короткими сроками набора прочности – не более 3-5 дней. Кроме того, это наиболее прочный из всех известных теплоизоляционных строительных материалов на минеральных вяжущих при равной с ними плотности;

2. Высокая ударная прочность. Магнезиальные бетоны при ударе не подвержены трещинообразованию и отколу. Происходит лишь смятие участка, который подвергся ударному воздействию.

3. Высокая износостойкость. Магнезиальные бетоны имеют истираемость в 3-5 раз выше, чем бетоны на портландцементе.

4. Атмосферостойкостью на уровне большинства традиционных строительных материалов;

5. Абсолютной маслостойкостью и солестойкостью (при воздействии масел, нефтепродуктов, морской воды магнезиальные бетоны только набирают прочность);

6. Декоративностью, то есть возможностью достоверно имитировать многие природные материалы (от дерева до малахита), чему способствует совместимость с различными пигментами, отличная полируемость, прозрачность вяжущего в тонком слое;

7. Пожаробезопасностью - при достаточной массивности конструкции из магнезиального бетона выдерживают пожар 5-й категории без деструкции материала и выделения каких-либо канцерогенных веществ;

8. Фунгицидностью, бактерицидностью и биоцидностью, что не позволяет развиваться

9. Стойкость к грибкам и бактериям, а горько-солёный вкус бишофита препятствует также появлению насекомых и грызунов;

10. Обладает низкой диэлектрической проницаемостью и электропроводностью, стабильной во времени и мало зависящей от влажности окружающей среды. Для производства конструкций специального назначения, предназначенных для защиты от электромагнитных излучений, этот материал незаменим. Поверхности конструкций из магнезита не электризуются и исключают образование искр.

11. Магнезиальное вяжущее и изделия на его основе являются биологически инертными, то есть экологически безопасными. Более того, магнезиальные вяжущие обладают определенным бальнеологическим эффектом, насыщающим воздух так же, как и морская вода.

12. Магнезиальные напольные покрытия беспыльны, практически не имеют усадки, т.е. устраиваются сплошным покрытием не требуется нарезка деформационных швов, долговечны и высокопрочны, обладают высокой твердостью и низкой истираемостью, устойчивы к ударным нагрузкам. Обладают высокой адгезией практически ко всем видам органических и минеральных заполнителей в составе вяжущего, а также хорошим сцеплением к бетонным, кирпичным, деревянным основаниям.

Недостатки тоже имеют место быть. Из них можно выделить следующие:

1. В среде с влажностью больше 10% необходимо использование дополнительных композитов;

2. Во время работы с перлитом происходит выделение алюмосиликатной пыли, в следствии чего ухудшается здоровье, возможно появление астмы.

## 1.6. Нормативная база

Нормативная база, регулирующая правила проектирования и принцип расчета элементов, описывает технические требования, перечень конструкций, к которым возможно применение данной технологии, область применения, требования к проектированию, производству работ, технике безопасности и приемке работ.

В зарубежной практике разработано не мало стандартов, нормативов, сертификатов качества, которые определяют стандарты к композиционному материалу, к технологии производства композиционных материалов, к приемке работ по данному метод. Среди них можно выделить следующие позиции:

- ACI 440.2R-08 «Правила проектирования железобетонных конструкций»;
- ISO 527-4:1997 «Вяжущие. Определение механических свойств при растяжении. Часть 4.»;
- EN 1991:2002-2007. Еврокод 1. «Воздействие на строительные конструкции (1991:2002-2007. Eurocode 1: Actions on structures)»;
- DIN 273-2:1963-07 Ausgangsstoffe für Magnesiaestriche (Estriche aus Magnesiamörtel). - 2000. - 24 pages;
- EN 14016-2004 Binders for magnesite screeds. Caustic magnesia and magnesium chloride. BSI. - 2004. - 20 pages.
- JC 688-2006 Glass fiber & magnesium cement board. State Committee of China National Development and Reform. - 2006. - 9 pages.

В приведенных выше нормативных документах, пособиях и стандартах достаточно подробно и точно описаны свойства, условия применения и расчета, технология испытаний и проведения работ

Наибольшее внимания среди представленных нормативам достойны методики по теплотехническим расчетам, которые, разработаны на основе экспериментально-теоретических исследований и опыта. Анализированы

физико-технические и физико-механические преимущественные характеристики.

В отечественной строительной практике применение магнезиального сырья еще не закрепились как конструктивного элемента, который превосходит традиционные способы повышения прочности конструкций. Для этого необходимо создать прочную нормативную базу, которая бы четко регламентировала бы все аспекты.

В Российской Федерации в соответствии с частью 3 статьи 42 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» 26.12.2014 г. существует список национальных стандартов и сводов правил, соблюдение которых гарантирует выполнение Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [51]. Из этого перечня следует выделить следующие национальные стандарты и стандарты организаций:

1. **Своды правил**, (СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции»; СП 27.13330.2017 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур»; СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»; СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий»).

2. **Стандарты организаций**, (СТО 501-52-01-2007 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением конструкций на магнезиальном вяжущем), разработанные с целью внедрения применения материалов в различных целях.

3. **Руководства**, Разработаны статистические методы планирования экспериментов в области строительных материалов. Центральное композиционное планирование. (Методическое руководство). Челябинск: УРАЛНИИСТРОМПРОЕКТ.

4. **Технические условия** (ТУ 5745-004-70828456-2005 «Магнезиальное вяжущее» на вяжущее строительного назначения, ТУ5745-005-708-28456-2006 «Магнезиальное водостойкое вяжущее»).

Вышеуказанные нормативы являются основой для расчета, анализа и производства работ с магниальным вяжущим. В документах приведены методы. Учебные пособия, исследования, конструктивные решения и опыт зарубежной и российской науки.

### **1.7. Изученность метода**

В рамках диссертационной работы был проведен анализ отечественных исследований, на основании этого была изучена степень разработанности рассматриваемой темы. В ходе анализа можно выделить ряд работ, в которые в совокупности дают наиболее полное представление по усилению железобетонных конструкций материалами на основе углеродного волокна.

Данная методика в дальнейшем была усовершенствована и уточнена Козловой и Черных, в рамках расчетов элементов прямоугольного и таврового сечения, выполненных из перлитовых блоков, при расчете по первой группе предельных состояний.

## 2. Общие положения экспериментальной работы

Экспериментальные лабораторные исследования в рамках данной диссертационной работы проводились по определению прочности на изгиб. Исходя из задач исследования, необходимо было разработать схемы и проверить их эффективность на практике. Для сравнения изготавливались образцы с применением магнезиального вяжущего на основе вспученного перлита и подготавливались образцы форм блоков.

### 2.1. Изготовление образцов

Основываясь на теплотехническом расчете (Приложение В) рассчитанный по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [44] материал на основе Магнезиального цемента, в основе вяжущего и Перлита, как заполнителя показало, что теплопроводность несущей стены без дополнительного слоя теплоизоляции и вентилируемого фасада, дало результат ничем не уступающий основному методу конструирования.

Так как дифференциальные уравнения для теплопроводности и электропроводности имеет одинаковый вид, возможно применение решения для уравнения теплопроводности к уравнению электропроводности.

Для теплопроводности гетероструктурных материалов, состоящих из матрицы и заполнителя, существует следующая зависимость [4]:

$$\lambda = \frac{\lambda_p}{1 - \sqrt[3]{\eta} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{1 + \sqrt[3]{\eta^2} \cdot (\lambda_s / \lambda_p - 1)} \right]} \quad (4)$$

$$\eta = 1 - \frac{V_{mat}}{V_{mat} + V_{пор}} \quad (4^*)$$

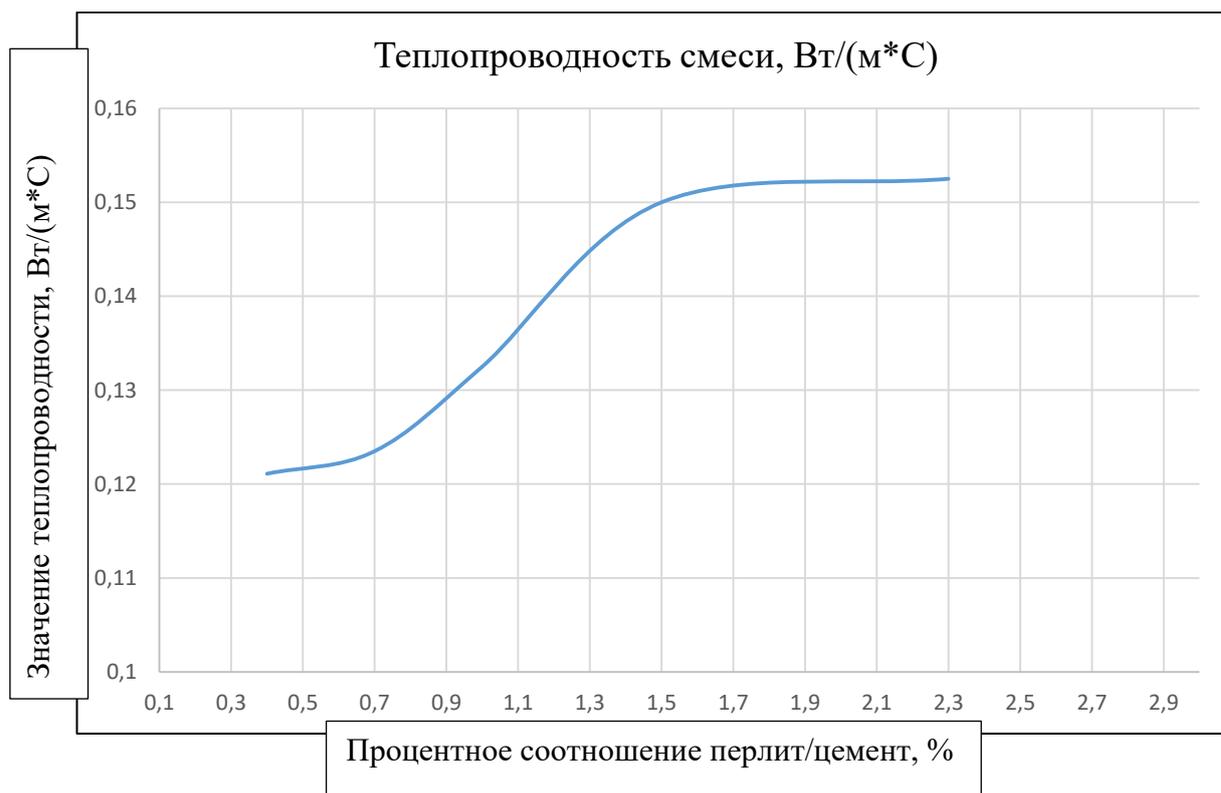
где  $\lambda$  – теплопроводность композиционного материала (модели в целом);

$\lambda_{\text{мат}}$  – теплопроводность матрицы;

$\lambda_3$  – теплопроводность заполнителя пор,

$v_{\text{мат}}$  – объем матрицы;

$v_{\text{пор}}$  – объем пор.



Предел прочности при изгибе определяли в соответствии ГОСТ 310.4-92.

Для приготовления бетона применяли следующие исходные материалы:

- В качестве вяжущего – магнезиальный цемент;
- В качестве крупного заполнителя – вспученный перлит;
- В качестве мелкого заполнителя - строительный песок I класса с

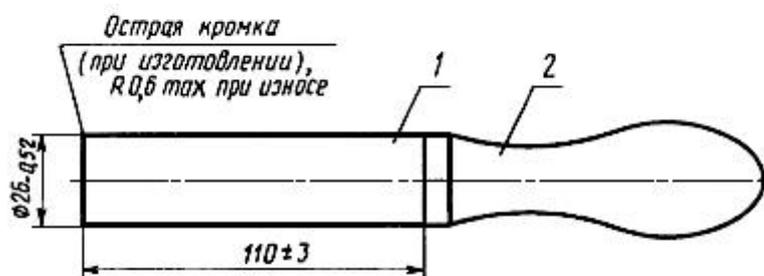
модулем крупности не более 2,5 мм по ГОСТ 8736-93;

- Вода – по ГОСТ 23732-201.

Для изготовления образцов применялось оборудование:

- Штыковка (рисунок 2.1);
- Разъемные формы для образцов балочек (рисунок 2.2).

## Штыковка



1 - стержень; 2 - рукоятка

Рисунок 2.1 - Штыковка

## Формы для изготовления образцов-балочек

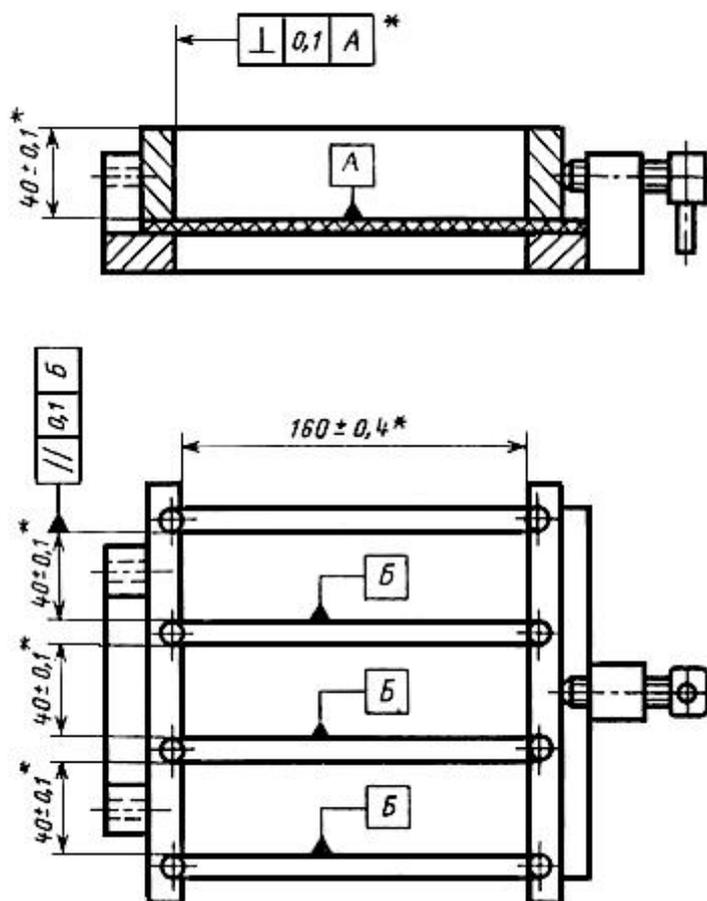


Рисунок 2.2 - Разъемные формы для образцов балочек

Для изготовления цементного раствора отweighивалось 1200 г вспученный перлит (ГОСТ 10832-2009), 800 г магнезиального цемента и 200 г воды. После чего перлит и цемент загружались в емкость и тщательно перемешивались лопаткой в течение 1 минуты.

Химические реакции затворения оксида магния (MgO) хлоридом магния (MgCl<sub>2</sub>) описывается в Приложении А.

Основные характеристики Перлита вспученного ГОСТ 10832-2009 указаны в Приложении Б.

Затем в центре сухой смеси делалась лунка, и в нее вливалась вода в количестве 200 г, после чего смесь перемешивалась в течение 1 минуты.

Непосредственно перед изготовлением образцов внутренняя поверхность стенок форм и поддона слегка смазывалась маслом.

После изготовления образцы хранились в формах сутки. После этого образцы хранились до испытания их физико-механических показателей в распалубленном виде при нормальных условиях.

## **2.2. Испытание образцов**

Для испытания образцов балочек на изгиб могут быть использованы приборы любой конструкции, удовлетворяющие следующим требованиям.

Средняя скорость нарастания испытательной нагрузки на образец должна быть (0,05± 0,01) кН/с [0,12±0,02] МПа/с в пересчете на единицу площади приведенного сечения балочки. Захват для установки образца должен быть снабжен цилиндрическими элементами, изготовленными из стали твердостью 56...61 НРС.

Нижние опоры элемента должны иметь возможность поворота относительно горизонтальной оси, лежащей на нижней опорной плоскости образца и являющейся осью ее продольной симметрии.

Схема расположения образца на опорных элементах, их форма и размеры, и взаимное расположение приведены на рисунке 2.3

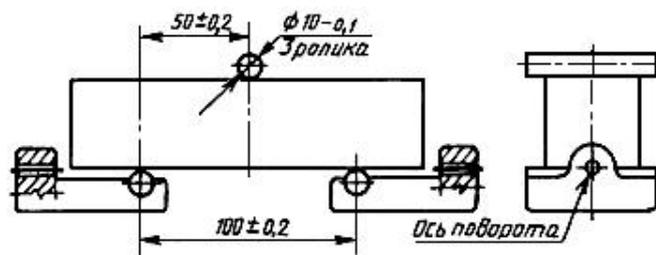


Рисунок 2.3 –Схема расположения образца на опорных элементах

Для определения предела прочности образцов при сжатии могут быть использованы прессы любой конструкции с предельной нагрузкой до 500 кН, удовлетворяющие техническим требованиям ГОСТ 28840 и обеспечивающие нагружение образца в режиме чистого сжатия.

Для компенсации пространственного отклонения от не параллельности опорных граней образца пресс должен иметь подвижную шаровую опору. Допускается применять шаровые опоры любой конструкции, обеспечивающей возможность проведения проверки пресса. Пресс должен быть снабжен приспособлением для центрированной установки нажимных пластинок, передающих нагрузку на образец.

Для определения прочности при изгибе образец устанавливают на опорные элементы прибора таким образом, чтобы его горизонтальные при изготовлении грани находились в вертикальном положении. Образцы испытывают в соответствии с инструкцией, приложенной к прибору.

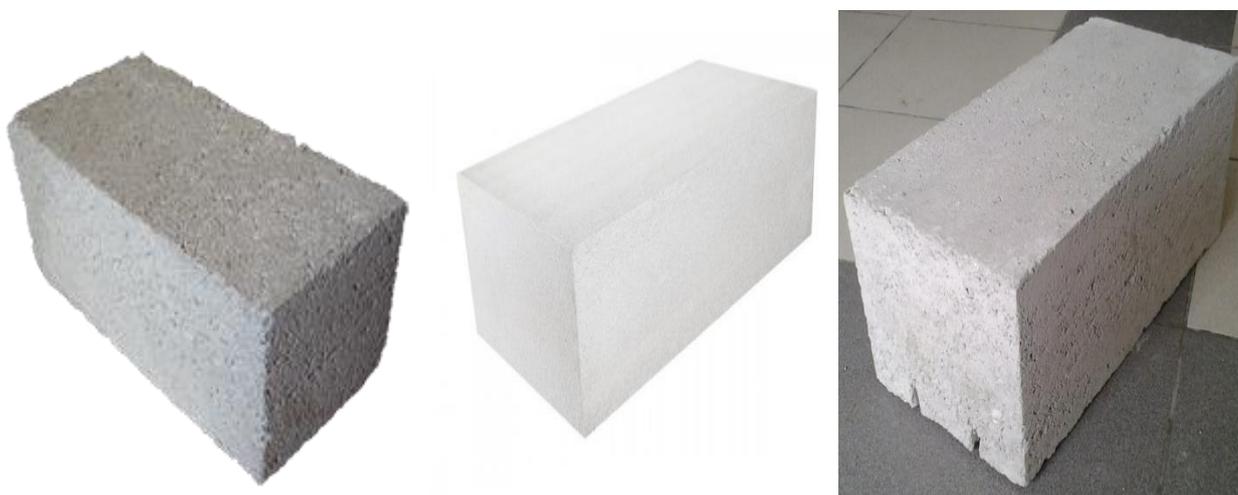
### 3. Обоснование эффективности применения перлитоцементного вяжущего

#### 3.1. Разработка конструктивного решения

Диссертационная работа направлена на решение проблемы трудозатратности и многозадачности при проектировании и дальнейшем строительстве, посредством использования магнезиального вяжущего на основе перлита.

Были рассмотрены два варианта нынешнего устройства несущих конструкций стен, и наш прогнозируемый образец, выполненный с перлитоцементным вяжущим.

На рисунке 3.1 варианты для сравнительного анализа.



а – шлакоблок; б – газоблок; в – перлитоцементный блок

Рисунок 3.1 – Варианты несущих конструктивных решений

После проведенных испытаний был представлен анализ полученных результатов.

Прочность бетона на растяжение при изгибе вычисляют по формуле (3.1)

$$R_{tb} = \delta \cdot \frac{F \cdot l}{a \cdot b^2} \cdot K_w, \quad (3.1)$$

где  $F$  – разрушающая нагрузка, Н;

$a$  - ширина поперечного сечения призмы и расстояние между опорами соответственно при испытании образцов на растяжение при изгибе, мм.

$b$  – высота поперечного сечения призмы и расстояние между опорами соответственно при испытании образцов на растяжение при изгибе, мм.

$l$  – длина поперечного сечения призмы и расстояние между опорами соответственно при испытании образцов на растяжение при изгибе, мм.

$\delta$  – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы;

$K_w$  – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания.

Данные расчета сведем в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Расчет на прочность при сжатии балок на основе магнезиального вяжущего

№	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$F$ , Н	$l$ , мм	$a$ , мм	$b^2$ , мм	$\delta$	$R$ , МПа
1	700	1800	120	40	1600	0,73	2,040563
2	800	1880	120	40	1600	0,73	2,136875
3	800	1900	120	40	1600	0,73	2,24864
4	900	1750	120	45	1600	0,73	2,44864
5	1000	1760	120	45	1600	0,73	2,53245

Как видно из таблицы применение магнезиального цемента с заполнителем в виде перлита повышенной плотности - приводит к повышению прочности усиленного образца.

На основании проведенного анализа возможно сделать вывод, что при применении магнезиального вяжущего возможно увеличить продолжительность срока службы конструкции.

### 3.2. Теплотехнический расчет

Для сравнения работы были выбраны следующие типы конструкций: ограждающая конструкция здания из шлакобетона/газобетона с дополнительной теплоизоляционной защитой и фасадным решением; ограждающая конструкция из перлитцементного блока, который включает в себя тепловую и ограждающую функцию защиты здания. Был произведен теплотехнический расчет для определения толщины блока на основе нашего вяжущего. Толщина утеплителя стены 1,2 и толщина стены 3 были подобраны таким образом, чтобы сопротивление всех ограждающих конструкций были одинаковыми.

Характеристики материалов приняты согласно СП 50.13330.2012 [44].

Определение толщины утеплителя производится согласно СП50.13330.2012 и СП 131.13330.2018 [45].

Климатические параметры:

Город – Красноярск;

Условия эксплуатации – А;

Температура внутреннего воздуха,  $t_{в} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

Температура отопительного периода,  $t_{от} = -6,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

Температура наиболее холодной пятидневки (0,92),  $t_{н} = -37 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

Продолжительность отопительного периода,  $z_{от} = 235 \text{ сут}$ ;

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности,  $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C})$ ;

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности,  $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C})$ .

$\text{ГСОП} = (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot z_{\text{ht}} = (20 + 6,5) \cdot 235 = 6\,227,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$ .

Расчет был произведен и изложен в Приложении В, по нему составлена сводная таблица.

Основные показатели были вынесены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Наименование конструкции/ Необходимые условия	Шлакобетонные блок – 500 мм; Теплоизоляция – 150 мм; Облицовочный кирпич	Газобетонный блок – 500 мм; Теплоизоляция – 100 мм; Облицовочный кирпич	Перлитоцементный блок – 700 мм; Высококачественная фасадная штукатурка по камню
$R > R_c$	4,23м <sup>2</sup> °С/Вт > 1,637м <sup>2</sup> °С/Вт	3,693м <sup>2</sup> °С/Вт > 1,637м <sup>2</sup> °С/Вт	2,248м <sup>2</sup> °С/Вт > 1,637м <sup>2</sup> °С/Вт
$R > R_3$	4,23м <sup>2</sup> °С/Вт > 2,254м <sup>2</sup> °С/Вт	3,693м <sup>2</sup> °С/Вт > 2,254м <sup>2</sup> °С/Вт	2,248м <sup>2</sup> °С/Вт > 2,234м <sup>2</sup> °С/Вт

Примечание. Материалы соответствуют условиям эксплуатации А, табл.2 СП 50.13330.2012.

Сопrotивление теплоизоляции полностью соответствует требуемым условиям нормативов, что так же подтверждает возможность применения материал в качестве тепло-конструкционного материала, эффективность проектируемого конструкционного материала на основе магнезиального цемента не уступает в своих физико-механических свойствах ячеистым бетонам.

### 3.3. Моделируемый расчет ПК Comsol

Исходные данные для моделирования были приняты согласно СП 50.13330.2012 и СП 131.13330.2012. Так же учтены теплотехнические расчеты (подраздел 3.2.).

В качестве граничных условий для теплопереноса заданы тепловые потоки с коэффициентами теплоотдачи наружных и внутренних поверхностей.

Основные характеристики, задаваемые в дальнейшем в ПО Comsol представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Характеристики материалов узлов

Номер слоя	Наименование	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Сопротивление теплопередаче материала, м <sup>2</sup> °С/Вт
Ограждающая конструкция			
1	Шлакобетонный блок	0,50	2,254
2	Газобетонный блок	0,20	2,254
3	Перлитоцементный блок	0,15	2,234
Теплоизоляционный слой			
4	Экструдированный Пенополистирол	0,038	2,439
Фасадное решение			
5	Облицовочный кирпич	0,5	1,8
Прочее			
6	Стеклопакет (3-е остекление)	0,3	0,73
7	ПВХ панели, пластиковые откосы	0,234	1,56
8	Ж/б перемычка	1,3	3,4

Далее в работе нами были выбраны 3 узла сопряжения с разными конструкционными решениями.

Проектные узлы сопряжения:

- а) стена/перекрытие;
- б) несущие стены, угол здания;
- в) стена/оконный проём.

Конструкции наружных ограждающих стен:

1. **Несущая конструкция:**

Шлакобетонный блок.

**Теплоизоляционный слой:**

Плита пенополистирольная.

**Фасадное решение:**

Облицовочный кирпич.

2. **Несущая конструкция:**

Газобетонный блок.

**Теплоизоляционный слой:**

Плита пенополистирольная.

**Фасадное решение:**

Облицовочный кирпич.

3. **Несущая конструкция:**

Перлитцементный блок.

**Фасадное решение:**

Высококачественное штукатурное покрытие по камню.

Представим на рисунке 3.3 предполагаемые узлы для дальнейшего анализа.

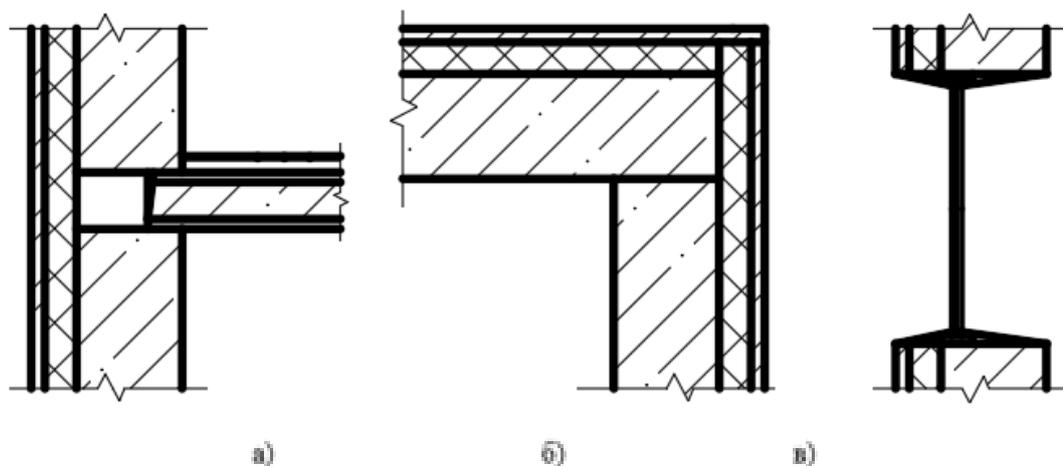


Рисунок 3.3 – Исследуемый узел сопряжения перекрытие/стена

а) стена/перекрытие; б) несущие стены, угол здания; в) стена/оконный проём.

### 3.4. Результаты и подведение итогов

Из опыта перлит в основном используется в качестве теплоизоляционного материала, но учитывая все факторы (теплопроводности, паропроницаемости, сопротивлений, огнеупорности, прочности) можно применять его в качестве заполнителя в материалах на магнезиальном цементе. В дальнейшем данная конструкция может быть использована в качестве тепло-конструкционного материала.

Исходя из всех вышеуказанных исследований, применение вспученного перлита в основе магнезиального вяжущего может выступать конкурентоспособным в качестве конструктивного ограждающего материала.

Благодаря своему происхождению, физико-механическим характеристикам перлитцементные блоки обладают низкой теплопроводностью и высокой огнестойкостью, что уже ставит его выше рыночных материалов.

В связи с участившимися пожарами, резко континентальными климатическими условиями, не благоприятными условиями строительства, ухудшение качества строительства, стоило рассмотреть применение нового материала.

Основной недостаток – гигроскопичность. Влажный, он утрачивает свои свойства. Нужно особое внимание уделять гидро- и пароизоляции. Закладывать в основу специальные поглощающие средства, например, Пенетрон Адмикс.

Наружные ограждения зданий защищают помещения от атмосферных воздействий, а также выполняют функции защиты и регулирования воздушного, теплового и влажностного режимов. Влажностный режим влияет на теплофизические свойства применяемых материалов. В свою очередь от теплофизических свойств зависят энергозатраты необходимые на эксплуатацию здания.

Расчет в ПО Comsol показал нам следующие зависимости теплового сопротивления ограждающих конструкций.

Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий.» были взяты следующие нормативные значения:

Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом:

12 – Наружный коэффициент теплоотдачи для зимних условий,  $\alpha_n$ , Вт/(м·°С).

Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты  $h$  ребер к расстоянию  $a$ , между гранями соседних ребер  $h/a \leq 0,3$ :

8,7 – Внутренний коэффициент теплоотдачи,  $\alpha_n$ , Вт/(м·°С).

$T_{int} = -16^\circ\text{C}$  – Наружная температура г. Красноярск;

$T_{int} = 20^\circ\text{C}$  – Внутренняя температура г. Красноярск.

Так после расчёта ПО Comsol Multiphysics было рассчитано тепловое сопротивление для каждого узла (3.2):

$$R = \frac{\Delta T}{q}, \quad (3.2)$$

где  $\Delta T$  – разница температур среды, °С;

$q$  – плотность теплового потока, Вт/м.

Плотность теплового потока (3.3) рассчитывалась по следующей формуле с использованием значений из расчетов узлов в ПО Comsol:

$$q = \frac{Q}{l}, \quad (3.3)$$

где  $Q$  – количество тепловой энергии, которая передается через произвольную поверхность в единицу времени, Вт;

$l$  – площадь поверхности теплообмена, в нашем случае блина поверхности, м.

Далее на рисунке 3.4-3.6 будут приведены температурные поля (изотермы) трех ограждающих конструкций в разных узловых сопряжениях.

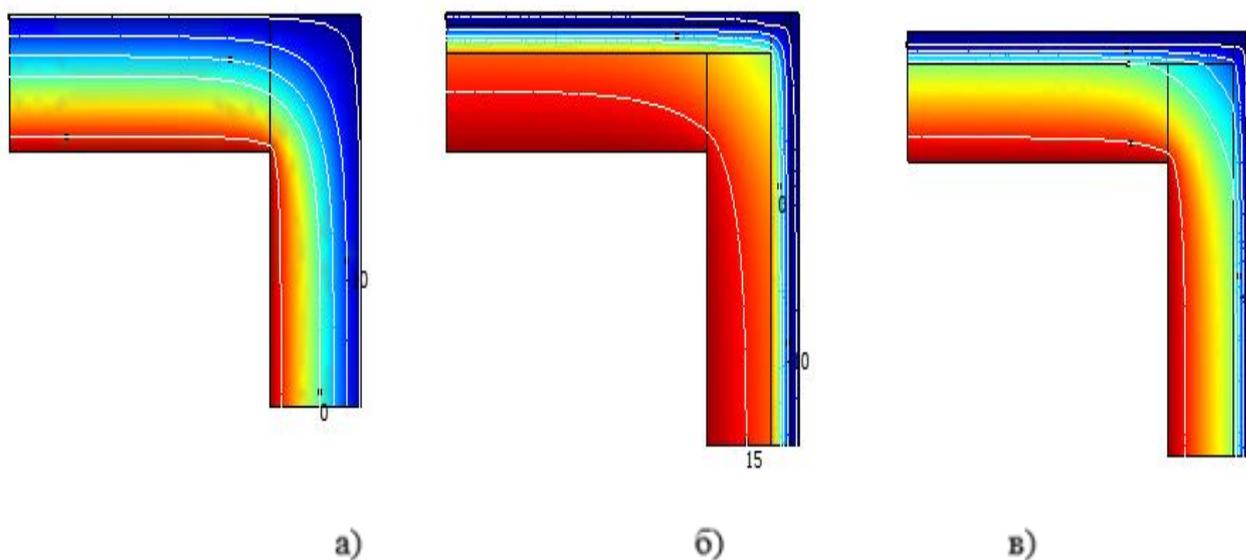


Рисунок 3.4 – Изотермы ограждающих конструкций в угловом узле сопряжения наружных стен:

- а) в качестве тепло-конструкционного элемента перлитцементный блок;  
 б) в качестве ограждающей конструкции: шлакоблок, теплоизоляция – экстр. пенополистирол; в) в качестве ограждающей конструкции: шлакоблок, теплоизоляция – экстр. пенополистирол.

Тепловое сопротивление перлитцементной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 5,74 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$

$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{5,74} = 6,27 \text{ м}^2\text{°С/Вт}.$$

Тепловое сопротивление шлакоблочной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 6,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$

$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{6,24} = 5,77 \text{ м}^2\text{°С/Вт}.$$

Тепловое сопротивление газоблочной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 5,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$

$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{5,76} = 6,25 \text{ м}^2\text{°С/Вт}.$$

В данном узловом сопряжении все условия теплопередачи и теплового сопротивления соблюдаются, конструкция применима в качестве тепло-конструкционного материала.

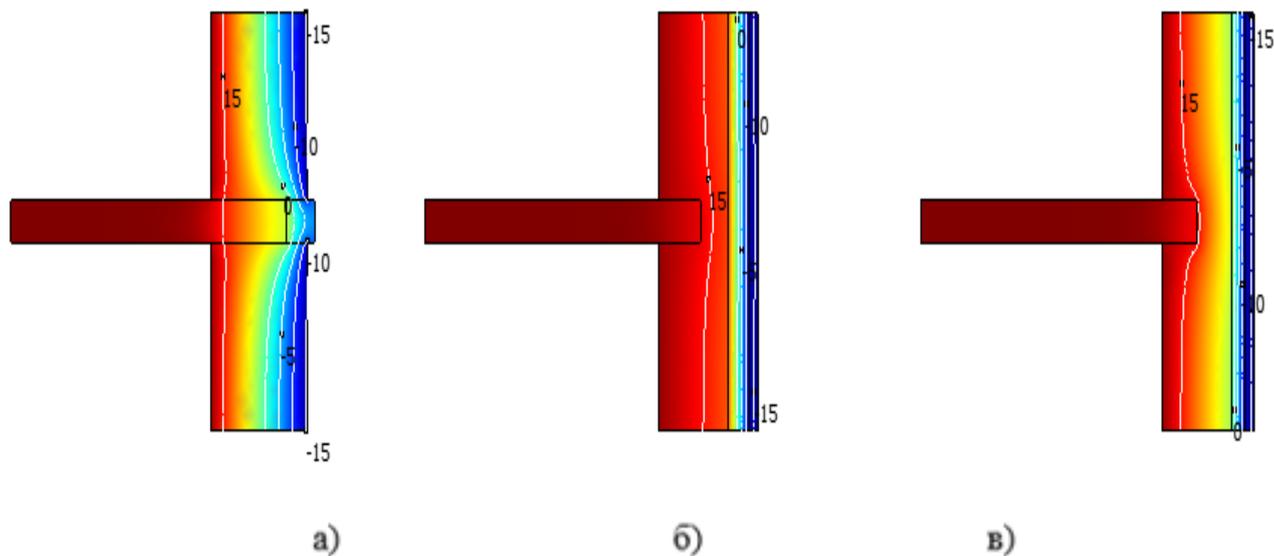


Рисунок 3.5 – Изотермы ограждающих конструкций в узле сопряжения стена/перекрытие:

- а) в качестве тепло-конструкционного элемента перлитцементный блок;
- б) в качестве ограждающей конструкции: шлакоблок, теплоизоляция – экстр. пенополистирол;
- в) в качестве ограждающей конструкции: шлакоблок, теплоизоляция – экстр. пенополистирол.

Тепловое сопротивление перлитцементной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 9,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$

$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{9,05} = 3,98 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Тепловое сопротивление шлакоблочной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 7,09 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$

$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{7,09} = 5,08 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Тепловое сопротивление газоблочной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 7,10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$

$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{7,10} = 5,07 \text{ м}^2\text{°С/Вт}.$$

В данном узловом сопряжении все условия теплопередачи и теплового сопротивления соблюдаются, конструкция применима в качестве тепло-конструкционного материала.

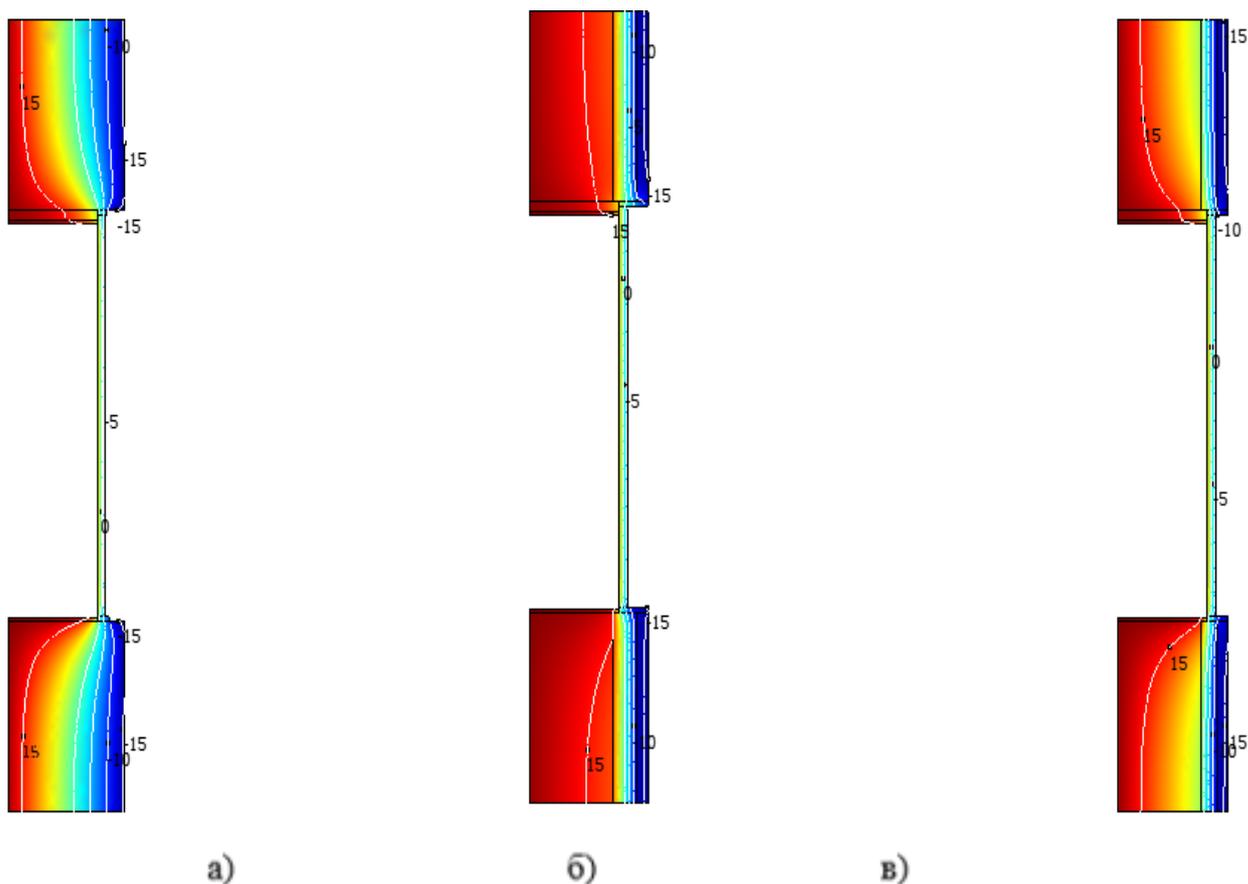


Рисунок 3.6 – Изотермы ограждающих конструкций в узле сопряжения стена/оконный проём:

- а) в качестве тепло-конструкционного элемента перлитцементный блок;
- б) в качестве ограждающей конструкции: шлакоблок, теплоизоляция – экстр. пенополистирол;
- в) в качестве ограждающей конструкции: шлакоблок, теплоизоляция – экстр. пенополистирол.

Тепловое сопротивление оконного проема в перлитцементной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 51,11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$
$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{51,11} = 0,7 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Тепловое сопротивление оконного проема в шлакоблочной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 53,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$
$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{53,15} = 0,68 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Тепловое сопротивление оконного проема в газоблочной ограждающей конструкции:

$$q = \frac{Q}{l} = 56,69 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$
$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{36}{56,69} = 0,64 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

В данном узловом сопряжении все условия теплопередачи и теплового сопротивления соблюдаются, конструкция применима в качестве тепло-конструкционного материала.

После проведенного анализа согласно вычислениям, в ПО Comsol можно сделать вывод, что конструкция ничем не уступает газоблоку/шлакоблоку по конструктивным характеристикам и идеально подходит в качестве теплоизоляционного материала.

Стоит учитывать, что по прочностным характеристикам перлитцементный блок, к сожалению, напоминает лёгкие ячеистые бетоны. В качестве тепло-конструкционного элемента возможно использование только в малоэтажном домостроении.

В многоэтажных многоквартирных домах, возможно применение в качестве внутренних стен/перегородок или облицовочного материала.

#### **4. Определение экономического эффекта от применения материалов на магниальном вяжущем**

Бизнес-план на основе производства по изготовлению перлитцементных блоков в г. Красноярске для вычисления его себестоимости, улучшенных качеств, увеличения долговечности конструктивного решения.

Согласно примерным подсчетам, затраты на изготовление материалов для несущих конструкций составляют порядка 500 000 рублей. На уже готовом производстве газобетонных блок получается очень дешевым. Вместе с тем, одних вложений оказывается недостаточно. При открытии бизнеса необходимо учитывать целый ряд юридических вопросов, в числе которых — выбор статуса будущего предприятия.

В зависимости от бюджета собственник бизнеса может потратить разные средства на покупку агрегатов. В оптимальные проекты обычно закладывается сумма от 200 000 рублей. Все будет зависеть от того, будет приобретаться готовая линия бизнеса на строительных блоках или осуществляться сборка нового конвейера. Во втором варианте предпринимателю необходимо будет обладать хорошими знаниями технологического процесса. В этом случае рентабельность производства перлитцементных блоков на собственной сборке окажется выше показателей готового бизнеса.

Что нужно приобрести:

- Бетоносмеситель;
- Вибростол;
- Формокомплекты;
- Поддоны формовочные;
- Поддоны для приема готовой продукции — рольганги;
- Насос перистальтический в комплекте с генератором пены и компрессором.

Основные достоинства магнезиального цемента наталкивают на возможность формирования производства по изготовлению перлитцементных блоков, которые в свое время станут достойными противниками стандартным конструктивным материалам для малоэтажного строительства.

Проектный материал может стать экономически выгодным, за счёт малозатратности применения рабочей силы при возведении данного материала. Так же перлитцементные блоки являются отличным огнеупором, основываясь на статистике увеличения пожаров из-за физических свойств теплоизоляционных материалов малоэтажных МКД на 14,2% в период с 2000 года, стоит отметить, что применения материалов на магнезиальном вяжущем в основе конструктивных материалов будет отличным способом для предотвращения этого фактора.

При промышленной обработке горная порода приобретает крупчатую структуру. Горный материал экологически-безопасен и долговечен из-за своей структуры, что в свою очередь так же доказывает его улучшенные качества.

### *Технология*

Стандартное производство прочных форм для несущих конструкций предполагает соблюдение определенной последовательности. Особое внимание в технологии изготовления обращается на состав компонентов, из которых будут произведены блоки. В зависимости от выбранной модификации будет определяться применение полученных материалов на той или иной стадии строительства. Несмотря на то, что блок на керамзитной основе пользуется спросом среди потребителей, на рынке часто может наблюдаться смена действующих трендов. По этой причине в производстве целесообразно осваивать несколько рецептов.

В качестве сырья используются следующие компоненты:

- Магнезиальный цемент. Основа блочной конструкции. Если планируется перейти на более низкое качество, придется увеличивать количество основного компонента и уменьшать количество других строительных материалов;

- Наполнитель. Перлит вспученный;
- Пластификаторы. Для усиления практических свойств изделия в производственном процессе применяются различные добавки, которые позволяют контролировать технические характеристики несущих конструкций на стадии изготовления;
- Вода.

Готовая субстанция подается в вибростанок для усадки раствора, иначе блок не будет обладать нужными качествами. После этого за счет работы специального прижимного устройства раствор будет выдавливаться в формы для дальнейшего высыхания. По мере заполнения поддонов подаются следующие до тех пор, пока не закончится замес.

В случае с постепенным освоением нового направления можно начать с небольших затрат. На первом этапе создания достаточно будет одного вибростанка, который будет успокаивать раствор, доводя его до необходимой кондиции. Обратившись на один из местных цементных заводов, можно заказать целую машину готовой смеси цемента и гипса в нужном количестве.

### ***Общие затраты и сроки окупаемости***

Для производства строительных блоков могут быть выбраны несколько стратегий. Каждая из них отличается и по времени, и по объему затрат, необходимых для продвижения продукции на рынке. В любом случае необходимо следовать четко намеченному проекту, так как интуитивное развитие бизнеса быстро приведет незадачливого предпринимателя в тупик и заставит задуматься о пересмотре концепции или продаже оборудования.

Итак, самым оптимальным по затратам планом развития собственного блочного завода является смета на полмиллиона рублей. Распределение бюджета будет происходить следующим образом:

- Покупка основного оборудования. Примерно за 200 000 рублей можно приобрести технику, которая обеспечит стабильную работу производства;

- Аренда производственного помещения. В практике взаимодействия субъектов нередко применяется режим оплаты за полгода вперед. Рента за подходящее помещение составит порядка 120 000 рублей;

- За 100 000 рублей можно приобрести сырье для самостоятельного освоения рецептуры или же заказать готовые строительные смеси;

- Без локального ремонта обойтись можно, но только если помещение цеха выбрано идеально для размещения профильного завода. При отсутствии хотя бы косметической отделки и действующих коммуникаций необходимо будет потратить не менее 50 000 рублей;

- Проведение регистрационных действий потребует не менее 10 000 рублей. Сумма несоизмерима с тем, какие штрафы могут ожидать нелегальный бизнес, включая возможную конфискацию оборудования;

- По 5000 рублей можно заложить на обучение персонала и расходы на продвижение;

- На непредвиденные расходы нужно отложить минимум 20 000 рублей.

При консервативном подходе и учете возможных рисков, сопровождающих открытие фирмы по изготовлению строительных материалов, потребуется не менее **500 000 рублей**. Сумма может быть скорректирована за счет изменения концепции и существенных статей затрат.

Для того, чтобы рассчитать доход от работы цеха, необходимо высчитать ежемесячную прибыль с учетом уже понесенных и текущих затрат. Средняя выручка от сбыта продукции цеха уже в первые месяцы работы должна выйти на уровень **150 000 рублей**.

При расчетном соотношении суммы доходов и суммы расходов предприятие окупится в **период 10-11 месяцев**. После этого владельца действующего бизнеса ожидает чистый ежемесячный доход на уровне **120-150 тысяч рублей**. При том, что себестоимость Перлитцементный блок КраЭкоЛит 600x400x800 мм – 6 500,00 за шт.

По каждому варианту усиления балок были составлены локальные сметы на строительство, включающие стоимость строительно-монтажных работ.

В данной работе локальная смета была составлена с использованием ТЕР 2020.

При определении сметной стоимости был применен базисно-индексный метод. Индексы 4 квартала 2020 года для общестроительных работ по статьям затрат Красноярском крае равны ОЗП=21,32, ЭММ=7,81 (В том числе ЗПМ=21,32), МАТ=5,34.

Накладные расходы и сметная прибыль приняты по МДС 81-33.2004 и МДС 81-25.2001 [81, 82], в размере 110% и 90% от фонда оплаты труда, соответственно.

Количество материала, принимаемого в смете, было принято исходя из прочностных расчетов для соответствующего метода.

Результаты по определению стоимости работ по каждому варианту усиления представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты определения стоимости вариантов на 100 м<sup>2</sup> наружной кладки

Вид ограждающей конструкции	Сметная стоимость СМР (с учетом НДС 20%)
Наружная кладка несущих стен с вентилируемым фасадным решением шлакоблок	18 984 196,80
Наружная кладка несущих стен с вентилируемым фасадным решением газобетон	6 643 735,20
Наружная кладка несущих стен отделочным решением фасада высококачественными составами без вентилируемого фасада перлитцементблок	4 747 414,80

Как видно из таблицы, применение материалов на магнезиальном цементе и перлите вместо шлакоблочных конструкций приводит к экономии на 75%, вместо газобетонной конструкции на 30%.

Экономия заключается в уменьшении спектра проводимых работ при возведении ограждающих конструкций на основе магнезиального цемента.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работы были предложены конструктивные решения, которые позволяют увеличить долговечность и эксплуатационный срок службы зданий. Так же минимизировать расходы в ходе применения материалов на магнезиальном вяжущем.

В ходе работы было отмечено, что материалы на магнезиальном вяжущем имеют прочностные характеристики ничем не уступающие легким ячеистым бетонам. Помимо применения магнезиальных вяжущих в качестве теплоизоляционного вяжущего, возможно применение при возведении малоэтажных зданий в качестве ограждающих несущих конструкций.

Проанализировав природу магнезиального вяжущего было выявлено, что материал является более химически и биологически стойким. Получаемая на основе магнезита продукция обладает хорошими физико-химическими свойствами: высокая огнеупорность (выше 2000°С и выше), шлакоустойчивость, вяжущие свойства, прочность, износостойчивость, способность сохранять постоянство объема при воздействии высоких температур в течении длительного периода времени.

Так же было проведено экономическое сравнение применения традиционных методов и современного. Были проведены прочностные расчеты, и на их основании составлена смета. В результате экономического расчета было выявлено преимущество в связи с минимизированием трудозатрат на стадии строительства. Был составлен бизнес-план по возможности открытия производства для изготовления данного материала в Красноярском крае. Стоимость строительства на возведение ограждающих конструкций при применении материалов на магнезиальном вяжущем оказалась выгодней на 30-75% в сравнении с ограждающими конструкциями, где в качестве несущего элемента выступает – газоблок/шлакоблок, теплоизоляция – экструдированный пенополистирол и фасадное решение – облицовочный кирпич.

Оценка производилась на основании следующих параметров:

- Экономичность метода, здесь было оценено трудоёмкость производства работ, стоимость конструкций;
- Основываясь на улучшенных физико-механических характеристиках, были выявлены факторы энергоэффективности применения данного материала;
- Химическая стойкость доказывает эффективность его применения в качестве долговечного материала;
- Материал является общедоступным, при дальнейшем воспроизведении производства по изготовлению блоков на основе магнезиального цемента, его эффективность станет значительно выше;
- Благодаря улучшенным прочностным и теплоизоляционным характеристикам, является альтернативным заменяющим материалом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козлова В.К. Сухие строительные смеси с использованием магнезиальных вяжущих веществ / В.К. Козлова, А.М. Душевина, Т.Ф. Свит, О.В. Долгих // Ползуновский альманах. - 2001.- вып. 3.- С. 191-194.
2. Козлова В.К. Особенности механизма гидратации и твердения каустического доломита / В.К. Козлова, А.М. Душевина, А.Т. Пименов // Современные проблемы строительного материаловедения. Седьмые академические чтения РААСН. - Белгород, 2001. – С. 223-227.
3. Козлова В.К. О перспективах использования магнезиального сырья Западной Сибири / В.К. Козлова, А.М. Душевина, А.Т. Пименов, Т.Ф. Свит // Тезисы докладов VI Международного семинара Азиатско-Тихоокеанской академии материалов (АТАМ) «Строительные и отделочные материалы, стандарты XXI века». - Новосибирск, 2001. – С. 14-15.
4. Душевина А.М. Свойства теплоизоляционных материалов на основе перлитового доломита / А.М. Душевина, В.К. Козлова // Архитектура и строительство. Наука, образование, технологии, рынок: тезисы докладов научно-технической конференции. - Томск, 2002. – С. 32-33.
5. Козлова В.К. Теплоизоляционные материалы на основе перлитового доломита / В.К. Козлова, А.М. Душевина // Юбилейная 60-ая научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава, посвященная 60-летию АлтГТУ. Часть 1. Строительно-технологический факультет./ Алт. гос. тех. ун. им. И.И. Ползунова.- Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2002. («Горизонты образования». Научно-образовательный журнал АлтГТУ. [http:// edu.secna.ru/main/revien/](http://edu.secna.ru/main/revien/))
6. Малютина Т.А. Получение магнезиальных вяжущих на основе Таензинского перлита / Т.А. Малютина, Н.Ю. Немченко, Т.Ф. Свит, В.К. Козлова, А.М. Душевина // Юбилейная 60-ая научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава, посвященная 60-летию АлтГТУ. Часть 5. Химико-технологический факультет./

Алт. гос. тех. ун. им. И.И. Ползунова.- Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2002. («Горизонты образования». Научно-образовательный журнал АлтГТУ. <http://edu.secna.ru/main/revien/>)

7. Козлова В.К. Строительные материалы на основе доломита Таензинского месторождения / В.К. Козлова, А.М. Душевина, А.С. Челышев // Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций: Материалы III Международной научно-технической конференции. – Волгоград: ВолгГАСА, 2003. – часть 3 – С. 108-110.

8. Козлова В.К. Получение комплексного флюса из доломитов Таензинского месторождения / В.К. Козлова, А.М. Душевина // Гуманизм и строительство. Природа, этнос и архитектура: Сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2003. - С. 86-87.

9. Козлова В.К. Технология получения и свойства офлюсованного доломита из сырья Таензинского месторождения / В.К. Козлова, А.М. Душевина // Сборник трудов Международного конгресса «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии». – Белгород: БГТУ, 2003. – С. 46-47.

10. Козлова В.К. Комплексное использование доломитов Таензинского месторождения / В.К. Козлова, Т.Ф. Свит, А.М. Душевина, А.С. Челышев, А.Т. Пименов // Строительные материалы, 2004. – № 1 - С. 29-31.

11. Черных, Т.Н. Особенности получения магнезиального вяжущего из некоторых побочных продуктов промышленности / Т.Н. Черных, ЛЛ. Крамар, А.Е. Юрин, А.В. Носов // Цемент и его применение. - 2012. - №5. - С. 112-117.

12. Носов, А.В. Высокопрочное доломитовое вяжущее / А.В. Носов, Т.Н. Черных, ЛЛ. Крамар, Е.А. Гамалий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2013. - Том 13. — №1. — С. 30-37.

13. Носов, А.В. Особенности взаимодействия продуктов гидратации доломитового вяжущего с заполнителями различного генезиса / А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар // Техника и технология силикатов. — 2014. — Том 21. — №2. - С. 2-7.

14. Носов, А.В. Эффективность различных добавок-интенсификаторов при обжиге доломитов / А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар // Строительные материалы. - 2014. -№6. - С. 71-76.

15. Пат. RU 2506235 С1 Российская Федерация МПК С04В 9/20 (2006.01). Способ получения доломитового вяжущего / Т.Н. Черных, А.В. Носов, Е.А. Гамалий, Л.Я. Крамар, А.А. Орлов, В.В. Зимич, Б.Я. Трофимов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «ЮжноУральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) (ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ)) (RU). -Кs 2012134868/03. Заявл. 14.08.2012. Опубликовано: 10.02.2014 Бюл. № 4.

16. Носов, А.В. Исследование возможности получения вяжущего из доломитов Саткинского месторождения / А.В. Носов, Е.А. Гамалий, Л.Я. Крамар // Исследования и инновации в строительстве: сборник статей Международной научно-технической конференции. — Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012.-С. 66-68.

17. Носов, А.В. К вопросу о получении минерального вяжущего из доломитов / А.В. Носов, Л.Я. Крамар // Устойчивость, безопасность и энергоресурсосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решениях и инженерных системах зданий и сооружений: Сб. тезисов III Всероссийской молодежной конференции. — М.: МГСУ, 2012. — С. 218-224.

18. Носов, А.В. Исследование возможности получения качественного доломитового вяжущего / А.В. Носов, Л.Я. Крамар, Т.Н. Черных, Е.А. Гамалий, А.В. Перминов // Ресурсосберегающие технологии и эффективное, использование местных ресурсов в строительстве: Международный сборник научных трудов. — Новосибирск, 2013. — С.236-241.

19. Носов, А.В. Перспективы получения доломитового вяжущего / А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар, Е.А. Гамалий // Наука ЮУрГУ: материалы 65-й научной конференции. - Челябинск, 2013. -С. 110-113.

20. Черных, Т.Н. Особенности твердения доломитового вяжущего / Т.Н. Черных, К.Р. Фатеева, А.В. Носов // Наука ЮУрГУ: материалы 65-й научной конференции. — Челябинск, 2013. — С. 130-133.

21. Носов, А.В. Возможности снижения температуры разложения  $MgCO_3$  в доломите / А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар // Перспективы развития строительного материаловедения: сборник статей Международной научно-технической конференции. - Челябинск: Изд-во «Пирс», 2013.-С. 79-81.

22. Носов, А.В. Использование некондиционных доломитов и магнезитов в производстве вяжущих / А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар // Комплексное освоение и переработка техногенных образований с использованием инновационных технологий: сборник научных статей межрегиональной научно-практической юбилейной конференции. - Челябинск, 2013. - С. 183-185.

23. Носов, А.В. Комплексное использование доломитов при производстве твердеющих закладочных смесей / А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. -С. 740-744.

24. Чельцов В.М., Царегородцев И.Д. Вакуумные печи для силикотермического способа получения магнезия // Цветные металлы. - 1976. - № 6. - С. 45-53.

25. Локшин М.З., Макаров Г.С. Актуальные проблемы производства и переработки магнезия // Цветные металлы. - 2006. - №5. - С. 46-54.

26. Браун Р.Е. Обзор магнезиевой промышленности // Цветные металлы. - 2002. -№4. - С. 52-56.

27. Аникеева Л.Ф., Репина Н.И., Демаков В.В., Семерун В.А. Разведка и переоценка Северного участка Бойцовского месторождения доломитов в Первоуральском городском округе Свердловской области. - Екатеринбург: Уралгеолстром, 2008. - 254 с.

28. Будников П.П. Комплексное использование доломита / Сб. трудов по химии и технологии силикатов. - М.: Промстройиздат, 1957. - С. 100-113.
29. Монастырев А.В. Производство извести - М.: Высш. школа, 1975. - 223 с.
30. ASTM 323 Пластический магнезиальный цемент для строительства. (США).
31. De Wolff P.M., Walter-Levy M.L. Acta Cryst. v.6, 1953. - p. 40-44.
32. De Wolff P.M., Walter-Levy M.L. Acta Cryst. v.6, 1953. - p. 40-44.
33. De Wolff P.M., Walter-Levy M.L. Hydratations prozesse und Erhartungs eigenschaften in Systemen MgO-MgCb.//Zement-Kalk-Gips.- 1953, -II. №4. P. 125137
34. De Wolff P.M., Walter-Levy M.L., BiancoMYCR Acad. Sei. Paris.- v.236-42,1953.-p.1280. 1282.
35. Demediuk T., Cole W.F., Huebern H.V. Aust.J.Chem. v.8.-2,1955.- p.215.,233.
36. DIN 273 4.1 — Каустическая магнезия тонкомолотый вяжущий материал для строительства. (Германия).
37. Feitknecht W., Held F. Helv. Chim. Acta. V.27, 1944. - p.1480-1495
38. Harrell T.R. etc. Magnesite oxycement rich improved water resistance, US P 3, 238, 155, Mar.1, 1966, Chem. Abstr., 64, p. 155583
39. Newman E.S. J.Res.NBS. v.54-6, 1955.-p.347.355.
40. Offenlegungsschrift 4040180.4 A 1 Bundesrepublik Deutschland, Int CI5 C 04 B 38/02. Offenlegungsschrift / Peter Dr. -anmeldetag 15.12.90; offenlegungstag 17.06.92,-6 s.
41. ГОСТ 10832-2009. «Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия».
42. ГОСТ1216 «Порошки магнезитовые каустические».
43. ГОСТ 310.4-92 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии / Введ. 01.07.1983 – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 21 с.

44. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».

45. СП 131.13330.2018 «Строительная климатология».

46. СТО 00044807-001-2006 «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий».

47. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

48. СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».

49. СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты».

50. ГОСТ 30494 – 2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении».

51. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: федер. закон: принят Гос. думой 30 дек. 2009 г. : по состоянию на 02 июля 2013 г.. – М. : 2013. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720).

52. Государственные сметные нормативы. Федеральные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы. ТЕР 07-05-08-2001. Сборник 8. Конструкции из кирпича и блоков [Электронный ресурс]: Приложение № 8 к приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйств Российской Федерации от 26 декабря 2019 г. № 876/пр // Минстрой России – Режим доступа: <https://www.minstroyrf.ru/trades/view.fer-2020.php>.

53. Государственные сметные нормативы. Федеральные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы. ФЕР 07-02-08-2001. Часть 13. Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии [Электронный ресурс]: Приложение № 13 к приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйств Российской Федерации от 26 декабря 2019 г. № 876/пр // Минстрой России – Режим доступа: <https://www.minstroyrf.ru/trades/view.fer-2020.php>.

54. Письмо Минстра РФ №18208-ИФ/09 от 10.01.2021 года «О рекомендуемой величине прогнозных индексов изменения сметной стоимости строительства в IV квартале 2020 года». // Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru>.

55. Методические указания по определению величины сметной прибыли в строительстве, (МДС 81-25.2001)//Госстрой России//Москва, 2001– 27 с.

56. Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве (МДС 81-33.2004)//Госстрой России//. Москва., 2004. - 27 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

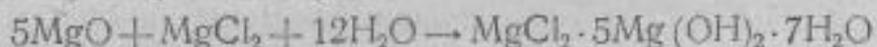
Химические реакции за творения оксида магния хлористым фтором, для получения магнезиального вяжущего (магнезиальный цемент).

Каустический магнезит по ГОСТ 1216—75 в зависимости от его химического состава делят на четыре марки: ПМК-88, ПМК-87, ПМК-83, ПМК-75.

Каустический магнезит марки ПМК-88 применяют как химический продукт специального назначения. Каустический магнезит марок ПМК-87 и ПМК-83 предназначается для химической, энергетической и стекольной промышленности. Каустический магнезит первых трех марок размалывается до остатка на сите № 02 не более 5% и до прохождения не менее 75% через сито № 008.

Магнезиальные вяжущие вещества в отличие от других вяжущих затворяют не водой, а растворами хлористых и сернокислых солей. Наиболее распространенным затворителем, дающим лучшие результаты, является раствор хлористого магния  $MgCl_2$ . При затво-

При затворении  $MgO$  водным раствором  $MgCl_2$  образуется комплексный  $Mg$ -гидроксихлорид:



Магниевый гидроксихлорид состава  $MgCl_2 \cdot 5Mg(OH)_2 \cdot 7H_2O$  затем медленно превращается в  $MgCl_2 \cdot 3Mg(OH)_2 \cdot 7H_2O$  и  $Mg(OH)_2$ . Поэтому в затвердевшем каустическом магнезите установлено наличие как гидроксихлоридов магния, так и гидрата окиси магния. Формула  $MgCl_2 \cdot 3Mg(OH)_2 \cdot 7H_2O$  может быть записана  $[Mg_2(OH)_3 \cdot (H_2O)_3]_2Cl_2 \cdot H_2O$ . Это соединение кристаллизуется в виде игл или волокон и придает камню повышенную прочность при растяжении. При использовании для затворения магнезиального вяжущего раствора  $MgSO_4$  образуется комплексный гидрат  $MgSO_4 \cdot 5Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$ ; при температуре выше 320 К это соединение превращается в  $MgSO_4 \cdot 3Mg(OH)_2 \cdot 8H_2O$ .

На основе каустического магнезита можно получить так называемый гелевый цемент. Твердение его основано на том, что адсорбированная вода, содержащаяся в геле  $Mg(OH)_2$ , удаляется введением  $MgO$ . При этом гель уплотняется и кристаллизуется. Вместо  $MgO$  для химического связывания адсорбированной воды можно вводить обожженный доломит, прокаленные  $Al_2O_3$ ,  $BaO$ ,  $CaO$ . Затвердевшие гелевые цементы состоят из гидроксида магния и гидроксидов алюминия, бария или кальция. Они обладают значительной прочностью.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Основные характеристики перлита вспученного ГОСТ 10832-2009

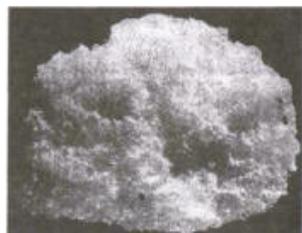


*Перлит. От сырья до вспученного песка (слева направо).*

Перлитами называют природный материал, породу, представляющую из себя вулканическое стекло, в составе которого 70-75%  $\text{SiO}_2$ ; 12-14%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 3-5%  $\text{NaO}$ , примерно столько же  $\text{K}_2\text{O}$ , до 1%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ . Отличительной особенностью перлитовой породы является содержание в ней от 2 до 5% связанной воды.

В силу своей природы, химического состава перлит, как и любое стекло инертен, химически и биологически стоек.

В 30-е годы XX века было открыто одно его уникальное свойство. При резком термоударном нагреве до температур 1100-1150°C частицы этой породы поризуются. Резко увеличивается объем внутренних пор, приобретающих сферовидную форму. Легкий пористый песок в насыпанном слое может достигать плотности 50 и менее  $\text{кг/м}^3$ .



*Частица вспученного перлитового песка (Увеличено)*

Легкий, инертный, негорючий, нетоксичный материал - вспученный перлитовый песок и щебень нашли широкое применение в металлургической промышленности, строительстве и сельском хозяйстве

## Особенности вспученного перлита

- Вспученный перлит используется в качестве утеплителя, как в чистом виде (в качестве засыпки), так и в составе теплоизоляционных изделий.
- Имея малую насыпную плотность, он применяется для изготовления теплоизоляционных материалов, также обладающих хорошими звукоизоляционными свойствами. Используя перлитовый песок М-75-200 и различные вяжущие материалы (цемент, гипс, известь) можно получить объемную массу в сухом состоянии от 300 до 1000 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности от 0,07 до 0,37 Вт/м\*с при прочности от 5 до 75 кг/см<sup>2</sup>.
- Применяется перлитовый песок в качестве наполнителя и добавок при производстве огнестойких и антикоррозионных обмазок, сухих строительных смесей, гипсовых перегородок, в качестве заполнителя легких бетонов,
- Используется в качестве теплоизоляционных засыпок при температуре изолируемых поверхностей от –200 до +875 оС.
- Обладая высокой открытой пористостью (до 75%), он интенсивно поглощает жидкие вещества, в том числе и органические. Так 10 кг вспученного перлита в течении 3-5 минут впитывают около 100 кг жидкости (воды, нефти, мазута и других жидких углеводородов). Практически один объем вспученного перлита поглощает один объем жидкости. При этом воду он с легкостью отдает обратно. Это свойство позволяет применять перлитовый песок:
  - В сельском хозяйстве при редких поливах, повышенной засушливости, при благоустройстве территорий, строительстве стадионов, теннисных кортов, садов и скверов. Мировой опыт использования агроперлита гарантирует ускорение роста растений, повышение урожайности с/х культур на 20-50% при сокращении сроков их созревания, получение экологически чистых продуктов, а также значительное сокращение (до 50%) расходов минеральных удобрений.
  - При разливе нефти, мазута и других жидких углеводородов адсорбционным методом локализации разлива. При этом нефтепродукты из смеси легко выгорают. Оставшаяся сыпучая масса, состоящая из перлитового песка и коксового остатка, может использоваться повторно или запахивается на месте.

## Физико-механические свойства вспученного перлитового песка выпускаемого

### ООО "Перлит".

Наименование показателей	Марка песка по насыпной плотности			
	75	100	150	200
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	До 75 включ.	Св. 75 до 100 включ.	Св. 100 до 150 включ.	Св. 150 до 200 включ.
Теплопроводность при температуре (25+/-5) °С, Вт/м <sup>2</sup> ·с не более	0,043	0,052	0,058	0,064
Влажность, % по массе, не более	2,0			
Прочность при сдавливании в цилиндре (определяется по фракции 1,3-2,5мм), МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее	Не нормируется			0,10

Зерновой состав:

Песок в зависимости от зернового состава подразделяют на группы:

Вспученный песок рядовой (ВПР) - от 0,16 до 5,0 мм;

Вспученный песок средний (ВПС) - от 0,16 до 2,5 мм;

Вспученный песок мелкий (ВПМ) - от 0,16 до 1,25 мм;

Вспученный перлитовый порошок (ВПП) - до 0,16 мм.

*Примечание: В песке каждой группы содержание зерен крупнее наибольшего и мельче наименьшего номинального размера должно быть не более 15 % по объему, при этом во вспученном песке группы ВПР, применяемом для приготовления легких бетонов, содержание зерен размером менее 0,16 мм должно быть не более 10 % по объему.*

Вспученный перлитовый песок отгружается потребителю в герметично заваренных полиэтиленовых мешках, МКР («биг-бэгах») с полиэтиленовым вкладышем или без вкладыша, а также навалом. Отгрузка производится автомобильным и железнодорожным транспортом, навалом в цементовозах, самовывоз.

Возможен выпуск продукции с характеристиками, требуемыми заказчиком.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Характеристики объекта:

Регион — Красноярск

Тип помещения — Жилое помещение

Температура внутреннего воздуха — 21

Тип конструкции — Наружные стены с вентилируемым фасадом

Влажность внутри помещения — 55

Расчет Б.1 – Теплотехнический расчет шлакобетонной несущей конструкции.

- Температура
- Температура точки росы
- Зона конденсации
- 1 Несущая конструкция – Шлакобетонный блок 500 мм
- 2 Теплоизоляция – Пенополистерол 150 мм
- 3 Гидроизоляция – Обмазочная битумная 20 мм
- 4 Фасадные материалы – Кирпичная кладка 65 мм
- 5 Воздушная прослойка
- X  $\delta$ , мм
- Y T, °C

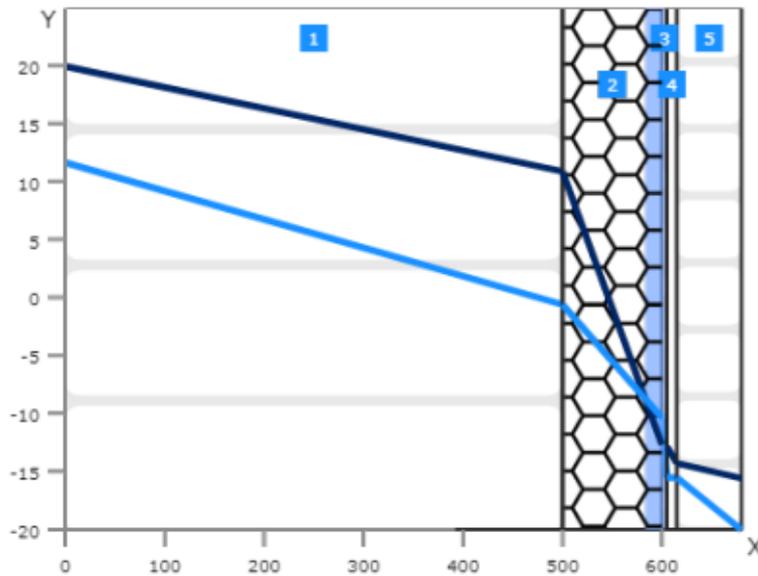


Рисунок Б.1 – Схема несущей ограждающей конструкции (шлакобетонный блок)

1. Градусутки отопительного периода:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \times z_{\text{от}} = 6 \ 227^{\circ}\text{C сут/год.}$$

2. Требуемые сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции:

Базовое значение поэлементных требований

$$R_{\text{T}} = a \times \text{ГСОП} + b = 3,579 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Санитарно-гигиенические требования

$$R_{\text{с}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \times n}{\Delta t^{\text{н}} \times a_{\text{в}}} = 1,637 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Нормируемое значение поэлементных требований

$$R_{\text{э}} = R_{\text{T}} \times m_{\text{p}} = 2,254 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

3. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции:

Условное сопротивление теплопередаче

$$R_0^{\text{усл}} = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{\text{в}}} + \frac{1}{a_{\text{н}}} = 4,598 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче

$$R = R_0^{\text{усл}} \times r = 4,23 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Нормируемое значение поэлементных требований

$$R_{\text{э}} = R_{\text{T}} \times m_{\text{p}} = 2,254 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

**Выводы:**

$R > R_c$  ( $4.23 \text{ м}^2\text{°C/Вт} > 1.637 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ ) – Ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите.

$R > R_{э}$  ( $4.23 \text{ м}^2\text{°C/Вт} > 2.254 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ ) – Условие по теплозащите ограждающей конструкции выполняется.

Расчет Б.2 – Теплотехнический расчет газобетонной несущей конструкции.

- Температура
- Температура точки росы
- Зона конденсации
- 1 Несущая конструкция – Газобетонный блок 500 мм
- 2 Теплоизоляция – Пенополистерол 100 мм
- 3 Гидроизоляция – Обмазочная битумная 20 мм
- 4 Фасадные материалы – Кирпичная кладка 65 мм
- 5 Воздушная прослойка
- X  $\delta$ , мм
- Y T, °C

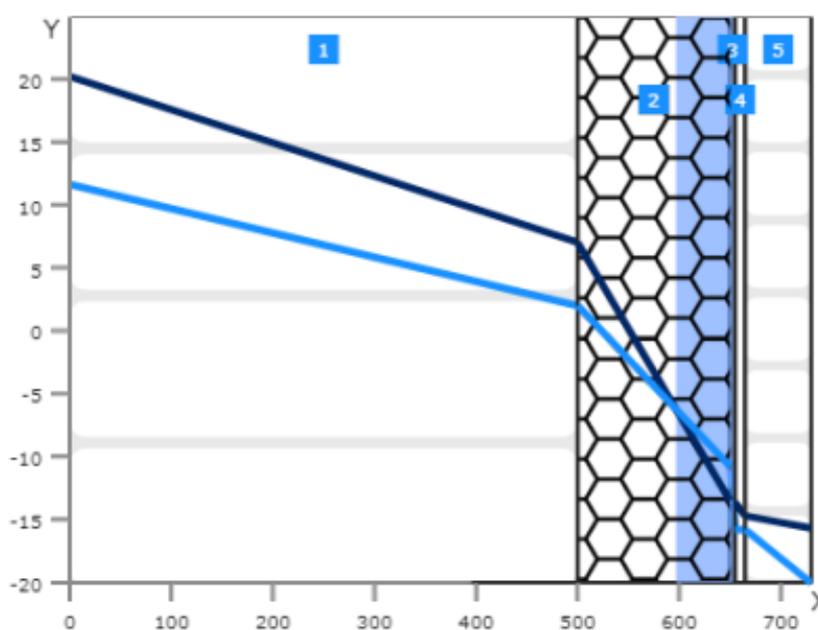


Рисунок Б.2 – Схема несущей ограждающей конструкции (газобетонный блок)

1. Градусутки отопительного периода:

$$ГСОП = (t_B - t_{от}) \times z_{от} = 6 \ 227^\circ\text{C сут/год.}$$

2. Требуемые сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции:

Базовое значение поэлементных требований

$$R_T = a \times ГСОП + b = 3,579 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Санитарно-гигиенические требования

$$R_c = \frac{(t_B - t_{от}) \times n}{\Delta t^H \times a_B} = 1,637 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Нормируемое значение поэлементных требований

$$R_э = R_T \times m_p = 2,254 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

3. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции:

Условное сопротивление теплопередаче

$$R_0^{усл} = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} + \frac{1}{a_H} = 4,015 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче

$$R = R_0^{усл} \times r = 3,693 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Нормируемое значение поэлементных требований

$$R_э = R_T \times m_p = 2,254 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

**Выводы:**

$R > R_c$  ( $3,693 \text{ м}^2\text{°C/Вт} > 1,637 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ ) – Ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите.

$R > R_э$  ( $3,693 \text{ м}^2\text{°C/Вт} > 2,254 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ ) – Условие по теплозащите ограждающей конструкции выполняется.

Расчет Б.3 – Теплотехнический расчет перлитоцементной несущей конструкции.

- Температура
- Температура точки росы
- Зона конденсации
- 1 Несущая конструкция – Перлитоцементный блок 700 мм
- 2 Гидроизоляция – Обмазочная битумная 20 мм
- 3 Фасадные материалы – Финишная штукатурка 20 мм
- 5 Воздушная прослойка
- X  $\delta$ , мм
- Y T, °C

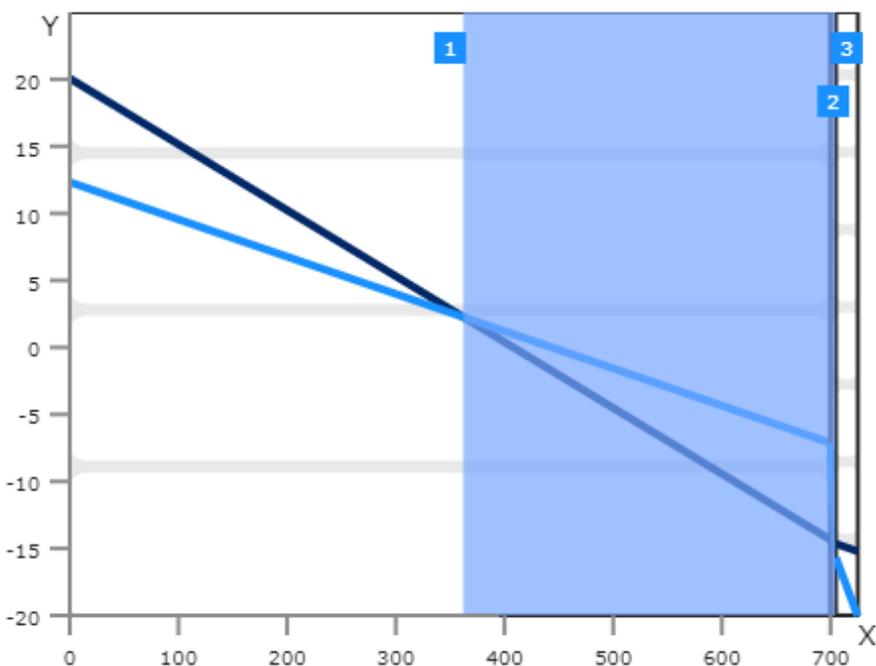


Рисунок Б.3 – Схема несущей ограждающей конструкции (перлитоцементный блок)

1. Градусутки отопительного периода:

$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) \times z_{от} = 6\,227^{\circ}\text{C сут/год.}$$

2. Требуемые сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции:

Базовое значение поэлементных требований

$$R_T = a \times \text{ГСОП} + b = 3,579 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

Санитарно-гигиенические требования

$$R_C = \frac{(t_B - t_{OT}) \times n}{\Delta t^H \times a_B} = 1,637 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

Нормируемое значение поэлементных требований

$$R_Э = R_T \times m_p = 2,254 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

3. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции:

Условное сопротивление теплопередаче

$$R_0^{ysl} = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} + \frac{1}{a_H} = 2,444 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче

$$R = R_0^{ysl} \times r = 2,341 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

Нормируемое значение поэлементных требований

$$R_Э = R_T \times m_p = 2,254 \text{ м}^2\text{°С/Вт.}$$

### **Выводы:**

$R > R_C$  ( $2,248 \text{ м}^2\text{°С/Вт} > 1,637 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$ ) – Ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите.

$R > R_Э$  ( $2,248 \text{ м}^2\text{°С/Вт} > 2,234 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$ ) – Условие по теплозащите ограждающей конструкции выполняется

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

Таблица Г.1 – Смета шлакоблок

на Возведение ограждающих конструкций стен - шлакоблок, теплоизоляция, облицовочный кирпич - 100 м2

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы, руб.			Оборудование	Общая стоимость, руб.			Т/з осн. раб. на ед.	Т/з осн. раб. Всего		
					Всего	В том числе			Всего	В том числе					
						Осн.З/п	Эк.Маш			З/пМех	Осн.З/п			Эк.Маш	З/пМех
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Раздел 1. Кладка стен на основе шлакоблока фасадного решения-100 м2 внешней стены</b>															
1	<b>ТЕР07-05-021-04</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Установка блоков наружных стен массой до 1 т ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общестроительное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (1886660 руб.): 155%*0,85 от ФОТ (1432000 руб.) СП (1145600 руб.): 100%*0,8 от ФОТ (1432000 руб.)	100 шт. сборных конструкций	25	9437	2013	5357	674,1		235934	50316	133927	16851	192,78	4819,5
2	<b>Прайс-лист</b>	Шлакоблок - камень стеновой пустотелый. 188x190x390 (МДС35 п.4.60. Транспортные расходы ПЗ=1,06 (ОЗП=1,06; ЭМ=1,06; МАТ=1,06); МДС35 п.4.64. Заготовительно-складские расходы ПЗ=1,012 (ОЗП=1,012; ЭМ=1,012; МАТ=1,012)) ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общестроительное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34	шт.	2500	666,3					1665675					
3	<b>ТЕР26-02-029-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Огнезащитное покрытие бетонных конструкций и железобетонных стен и перегородок составом ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общестроительное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (24556 руб.): 100%*0,85 от ФОТ (28889 руб.) СП (16178 руб.): 70%*0,8 от ФОТ (28889 руб.)	100 м2 обрабатываемой поверхности	1	46381	1355	5352			46381	1355	5352		134,67	134,67

4	<b>ТЕР13-06-003-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Очистка поверхности щетками ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общественное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (14402 руб.): 90%*0,85 от ФОР (18826 руб.) СП (10543 руб.): 70%*0,8 от ФОР (18826 руб.)	1 м2 очищаемой поверхности	100	8,83	8,83				883	883			0,9	90
5	<b>ТЕР13-06-004-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Обеспыливание поверхности ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общественное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (1598 руб.): 90%*0,85 от ФОР (2089 руб.) СП (1170 руб.): 70%*0,8 от ФОР (2089 руб.)	1 м2 обеспыливаемой поверхности	100	1,3	0,98	0,32			130	98	32		0,1	10
6	<b>ТЕР08-01-003-04</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Гидроизоляция стен, фундаментов боковая цементная с жидким стеклом ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общественное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (20738 руб.): 122%*0,85 от ФОР (19998 руб.) СП (12799 руб.): 80%*0,8 от ФОР (19998 руб.)	100 м2 изолируемой поверхности	1	2946	937,7	59,24			2946	938	59		88,8	88,8
7	<b>ТЕР15-01-081-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Утепление наружных стен зданий с применением пенополистирольных и минераловатных плит толщиной 50 мм с люльки(Слой-100мм ПЗ=2 (ОЗП=2; ЭМ=2 к расх.; ЗПМ=2; МАТ=2 к расх.; ТЗ=2; ТЗМ=2))ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общественное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34НР (118393 руб.): 105%*0,85 от ФОР (132653 руб.)СП (58367 руб.): 55%*0,8 от ФОР (132653 руб.)	1 м2	100	711,2	62,22	168,4			71122	6222	16842		5,96	596

8	<b>ТЕР08-02-015-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Кладка наружных и внутренних кирпичных стен с воздушной прослойкой при высоте этажа до 4 м ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общеотраслевое строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (10590 руб.): 122%*0,85 от ФОТ (10212 руб.) СП (6536 руб.): 80%*0,8 от ФОТ (10212 руб.)	1 м3 кладки	6,5	842,4	68,78	38,15	4,9		5476	447	248	32	6,75	43,88
Итого прямые затраты по смете в базисных ценах										2028547	60259	156460	16883		5782,85
Итого прямые затраты по смете с учетом индексов, в текущих ценах (Общеотраслевое строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34)										12181837	1284722	1221953	359945		5782,85
Накладные расходы										2076937					
Сметная прибыль										1251191					
<b>Итого по смете:</b>															
Бетонные и железобетонные сборные конструкции в жилищно-гражданском строительстве										5426997					4819,5
Материалы по Прайс-листам										8894705					
Теплоизоляционные работы										323281					134,67
Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии										48877					100
Конструкции из кирпича и блоков										118526					132,68
Отделочные работы										697579					596
Итого										15509965					5782,85
В том числе:															
Материалы										9675162					
Машины и механизмы										1221953					
ФОТ										1644667					
Накладные расходы										2076937					
Сметная прибыль										1251191					
Непредвиденные затраты 2%										310199					
<b>Итого с непредвиденными</b>										<b>15820164</b>					
НДС 20%										3164032,8					
<b>ВСЕГО по смете</b>										<b>18984196,8</b>					<b>5782,85</b>

Таблица Г.2 – Смета газоблок

на Возведение ограждающих конструкций стен - газоблок, теплоизоляция, облицовочный кирпич - 100 м2

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы, руб.			Общая стоимость, руб.			Т/з осн. раб. на ед.	Т/з осн. раб. Всего			
					Всего	В том числе		Оборудование	Всего	В том числе					
						Осн.З/п	Эк.Маш			З/пМех			Осн.З/п	Эк.Маш	З/пМех
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Раздел 1. Кладка стен на основе газоблока фасадного решения-100 м2 внешней стены</b>															
1	<b>ТЕР07-05-021-04</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Установка блоков наружных стен массой до 1 т ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общеотраслевое строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (603718 руб.): 155%*0,85 от ФОТ (458230 руб.) СП (366584 руб.): 100%*0,8 от ФОТ (458230 руб.)	100 шт. сборных конструкций	8	9437	2013	5357	674,1		75499	16101	42857	5392	192,78	1542
2	<b>Прайс-лист</b>	Газоблок Поревит D600 625x400x250 мм (МДС35 п.4.60. Транспортные расходы ПЗ=1,06 (ОЗП=1,06; ЭМ=1,06; МАТ=1,06); МДС35 п.4.64. Заготовительно-складские расходы ПЗ=1,012 (ОЗП=1,012; ЭМ=1,012; МАТ=1,012)) ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общеотраслевое строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34	шт.	800	585,9					468728					
3	<b>ТЕР26-02-029-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Огнезащитное покрытие бетонных конструкций и железобетонных стен и перегородок составом ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общеотраслевое строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (24556 руб.): 100%*0,85 от ФОТ (28889 руб.) СП (16178 руб.): 70%*0,8 от ФОТ (28889 руб.)	100 м2 обрабатываемой поверхности	1	46381	1355	5352			46381	1355	5352		134,67	134,7

4	<b>ТЕР13-06-003-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Очистка поверхности щетками <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1</b> Общепромышленное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (14402 руб.): 90%*0,85 от ФОТ (18826 руб.) СП (10543 руб.): 70%*0,8 от ФОТ (18826 руб.)	1 м2 очищаемой поверхности	100	8,83	8,83				883	883			0,9	90
5	<b>ТЕР13-06-004-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Обеспыливание поверхности <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1</b> Общепромышленное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (1598 руб.): 90%*0,85 от ФОТ (2089 руб.) СП (1170 руб.): 70%*0,8 от ФОТ (2089 руб.)	1 м2 обеспыливаемой поверхности	100	1,3	0,98	0,32			130	98	32		0,1	10
6	<b>ТЕР08-01-003-04</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Гидроизоляция стен, фундаментов боковая цементная с жидким стеклом <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1</b> Общепромышленное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (20738 руб.): 122%*0,85 от ФОТ (19998 руб.) СП (12799 руб.): 80%*0,8 от ФОТ (19998 руб.)	100 м2 изолируемой поверхности	1	2946	937,7	59,24			2946	938	59		88,8	88,8
7	<b>ТЕР15-01-081-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Утепление наружных стен зданий с применением пенополистирольных и минераловатных плит толщиной 50 мм с люльки (Слой-100мм ПЗ=2 (ОЗП=2; ЭМ=2 к расх.; ЗПМ=2; МАТ=2 к расх.; ТЗ=2; ТЗМ=2)) <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1</b> Общепромышленное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (118393 руб.): 105%*0,85 от ФОТ (132653 руб.) СП (58367 руб.): 55%*0,8 от ФОТ (132653 руб.)	1 м2	100	711,2	62,22	168,4			71122	6222	16842		5,96	596
8	<b>ТЕР08-02-015-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Кладка наружных и внутренних кирпичных стен с воздушной прослойкой при высоте этажа до 4 м <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1</b> Общепромышленное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (10590 руб.): 122%*0,85 от ФОТ (10212 руб.) СП (6536 руб.): 80%*0,8 от ФОТ (10212 руб.)	1 м3 кладки	6,5	842,4	68,78	38,15	4,9		5476	447	248	32	6,75	43,88

Итого прямые затраты по смете в базисных ценах	671165	26044	65390	5424		2506
Итого прямые затраты по смете с учетом индексов, в текущих ценах (Общепромышленное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34)	4161718	555258	510696	115639		2506
Накладные расходы	793995					
Сметная прибыль	472175					
<b>Итого по смете:</b>						
Бетонные и железобетонные сборные конструкции в жилищно-гражданском строительстве	1736617					1542
Материалы по Прайс-листам	2503008					
Теплоизоляционные работы	323281					134,7
Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	48877					100
Конструкции из кирпича и блоков	118526					132,7
Отделочные работы	697579					596
Итого	5427888					2506
В том числе:						
Материалы	3095764					
Машины и механизмы	510696					
ФОТ	670897					
Накладные расходы	793995					
Сметная прибыль	472175					
Непредвиденные затраты 2%	108558					
<b>Итого с непредвиденными</b>	<b>5536446</b>					
НДС 20%	1107289,2					
<b>ВСЕГО по смете</b>	<b>6643735,2</b>					<b>2506</b>

Таблица Г.2 – Смета перлитцементный блок

на Возведение ограждающих конструкций стен - перлитцементный блок, облицовочная штукатурка - 100 м2

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы, руб.			Общая стоимость, руб.			Т/з осн. раб. на ед.	Т/з осн. раб. Всего			
					Всего	В том числе		Оборудование	Всего	В том числе					
						Осн.З/п	Эк.Маш			З/пМех			Осн.З/п	Эк.Маш	З/пМех
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Раздел 1. Кладка стен на основе блока перлитцементного без фасадного решения-100 м2 внешней стены</b>															
1	<b>ТЕР07-05-021-04</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Установка блоков наружных стен массой до 1 т ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общеотраслевое строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (314711 руб.): 155%*0,85 от ФОТ (238870 руб.) СП (191096 руб.): 100%*0,8 от ФОТ (238870 руб.)	100 шт. сборных конструкций	4,17	9437	2013	5357	674,1		39354	8393	22339	2811	192,78	803,89
2	<b>Прайс-лист</b>	Перлитцементный блок КраЭкоЛит 600х400х800 мм (МДС35 п.4.60. Транспортные расходы ПЗ=1,06 (ОЗП=1,06; ЭМ=1,06; МАТ=1,06); МДС35 п.4.64. Заготовительно-складские расходы ПЗ=1,012 (ОЗП=1,012; ЭМ=1,012; МАТ=1,012)) ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общеотраслевое строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34	шт.	417	1088					453746					
3	<b>ТЕР13-06-003-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Очистка поверхности щетками ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): ТЕР-1 Общеотраслевое строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (14402 руб.): 90%*0,85 от ФОТ (18826 руб.) СП (10543 руб.): 70%*0,8 от ФОТ (18826 руб.)	1 м2 очищаемой поверхности	100	8,83	8,83				883	883			0,9	90

4	<b>ТЕР13-06-004-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Обеспыливание поверхности <i>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно):</i> ТЕР-1 <i>Общестроительное</i> строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (1598 руб.): 90%*0,85 от ФОТ (2089 руб.) СП (1170 руб.): 70%*0,8 от ФОТ (2089 руб.)	1 м2 обеспыливаемой поверхности	100	1,3	0,98	0,32			130	98	32		0,1	10
5	<b>ТЕР08-01-003-04</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Гидроизоляция стен, фундаментов боковая цементная с жидким стеклом <i>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно):</i> ТЕР-1 <i>Общестроительное</i> строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (20738 руб.): 122%*0,85 от ФОТ (19998 руб.) СП (12799 руб.): 80%*0,8 от ФОТ (19998 руб.)	100 м2 изолируемой поверхности	1	2946	937,7	59,24			2946	938	59		88,8	88,8
6	<b>ТЕР15-02-005-04</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Высококачественная штукатурка фасадов декоративным раствором по камню колонн круглых (цилиндрических и переменного сечения) с прорезными рустами <i>ИНДЕКС К</i> <i>ПОЗИЦИИ(справочно):</i> ТЕР-1 <i>Общестроительное</i> строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34 НР (162729 руб.): 105%*0,85 от ФОТ (182329 руб.) СП (80225 руб.): 55%*0,8 от ФОТ (182329 руб.)	100 м2 оштукатуриваемой поверхности	1	10748	8552	23,27			10748	8552	23		610	610
Итого прямые затраты по смете в базисных ценах										507807	18864	22453	2811		1602,69
Итого прямые затраты по смете с учетом индексов, в текущих ценах (Общестроительное строительство, 4 кв.2020 г. ОЗП=21,32; ЭМ=7,81; ЗПМ=21,32; МАТ=5,34)										3068597	402181	175359	59931		1602,69
Накладные расходы										514178					
Сметная прибыль										295832					
<b>Итого по смете:</b>															
Бетонные и железобетонные сборные конструкции в жилищно-гражданском строительстве										905255					803,89
Материалы по Прайс-листам										2423004					
Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии										48877					100
Конструкции из кирпича и блоков										64404					88,8
Отделочные работы										437067					610
Итого										3878607					1602,69
В том числе:															
Материалы										2491057					

Машины и механизмы	175359					
ФОТ	462112					
Накладные расходы	514178					
Сметная прибыль	295832					
Непредвиденные затраты 2%	77572					
<b>Итого с непредвиденными</b>	<b>3956179</b>					
НДС 20%	791235,8					
<b>ВСЕГО по смете</b>	<b>4747415,8</b>					<b>1602,69</b>

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
институт  
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

  
подпись Назиров Р.А.  
Ф.И.О  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

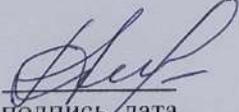
**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Применение магнезиальных вяжущих в строительстве  
тема

08.04.01 «Строительство»  
код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»  
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель

  
подпись, дата

доцент, к.ф.-м.н.  
должность, ученая степень

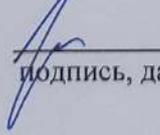
Г. Е. Нагибин  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

А. А. Муртазина  
инициалы, фамилия

Рецензент

  
подпись, дата

доцент, к.т.н.  
должность, ученая степень

Б.Г. Плясунов  
инициалы, фамилия

Красноярск 2021