

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Костромской государственный университет»

(КГУ)

Институт _____ Институт дизайна и технологий _____

Кафедра Лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств

Направление (профиль) 35.04.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств

Направленность _____ Технология деревообработки _____

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА ДРЕВЕСНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОЗИТА
ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

Магистерская диссертация

Исполнитель _____ Захряпин С.А., 18-ЛДмо-4

(подпись)

(Ф.И.О., группа)

Руководитель _____ д.т.н., доц. Титунин А.А.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Кострома

2020

Перечень графических материалов

1. Сведения о магнезите каустическом
2. Цель и задачи исследований
3. Результаты предварительной серии опытов
4. Исследование кинетики твердения магнезита
5. Проверка прочности образцов
6. Оценка теплопроводности композита
7. Технология производства композита
8. Техничко-экономическое обоснование цены реализации
9. Основные выводы

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ОБЩИХ СВЕДЕНИЙ О МАГНЕЗИТЕ КАУСТИЧЕСКОМ.....	11
1.1. Магnezит, его характеристика и физические показатели	11
1.2. Происхождение магнезита и его добыча	12
1.3. Применение магнезита и материалы на его основе.....	14
1.4. Магнезитовые плиты, свойства и характеристики	18
1.5. Магнезиальные цементы	21
1.6. Требования нормативно-технической документации к материалам на основе магнезита	24
1.7. Потребность в стройматериалах.....	25
1.8. Проблема использования древесных отходов.....	26
1.9. Исследования российских ученых в области композиционных материалов на магнезиальной основе	28
1.10. Цель и задачи исследований	30
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛУ, МАТРИЦЕ И НАПОЛНИТЕЛЮ	32
2.1. Классификация композита	32
2.2. Основные физико–механические показатели по ГОСТ Р 54854–2011 «бетоны легкие на органических заполнителях растительного происхождения»	33
2.2.1. Средняя плотность арболита.....	33
2.2.2. Прочность на сжатие.....	34
2.2.3. Теплопроводность	35
2.3. Методы определения прочности по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»	35
2.3.1. Сущность методов.....	35

2.3.2. Форма, размеры и число образцов	35
2.3.3. Испытание на сжатие.....	37
2.3.4. Испытание на растяжение при изгибе	37
2.4. Методика определения фракционного состава древесных частиц.....	37
2.4.1. Определение фракционного состава древесных частиц	37
2.5. Теория адгезии, лежащая в основе структурообразования композита	39
2.5.1. О возможных теориях образования композита.....	39
2.5.2. Механическая теория адгезии.....	40
2.5.3. Химическая теория адгезии	40
2.6. Полимерная матрица композита.....	41
2.6.1. Требования к полимерной матрице композита.....	41
2.6.2. Влияние параметров матрицы на показатели композита	42
ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИТА, ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И КИНЕТИКИ ТВЕРДЕНИЯ	43
3.1. Двухфакторный регрессионный анализ прочности древесноминерального композита на изгиб.....	43
3.1.1. Определение диапазонов варьирования факторов	43
3.1.2. Составление плана эксперимента.....	44
3.1.3. Проведение эксперимента	45
3.1.4. Статистическая обработка результатов эксперимента	45
3.1.5. Проверка однородности дисперсий	47
3.1.6. Расчет коэффициентов уравнения регрессии и проверка их значимости	48
3.1.7. Проверка адекватности математической модели	48
3.1.8. Построение графика и его интерпретация.....	49
3.2. Двухфакторный регрессионный анализ прочности древесноминерального композита на сжатие	51
3.2.1. Определение диапазонов варьирования факторов	51
3.2.2. Составление плана эксперимента.....	51

3.2.3. Проведение эксперимента	52
3.2.4. Статистическая обработка результатов эксперимента	52
3.2.5. Проверка однородности дисперсий	53
3.2.6. Расчет коэффициентов уравнения регрессии и проверка их значимости	53
3.2.7. Проверка адекватности математической модели	54
3.2.8. Построение графиков и их интерпретация.....	55
3.3. Определение фракционного состава стружки.....	57
3.4. Определение коэффициента теплопроводности и исследование кинетики твердения древесноминерального композита	58
3.4.1. Изготовление и подготовка образцов к испытаниям	58
3.4.2. Проведение замеров коэффициента теплопроводности и подведение результатов.....	59
3.4.3. Исследование кинетики твердения древесноминерального композита	60
ГЛАВА 4. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	63
ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	63
4.1. Структурная схема технологического процесса производства.....	63
дресвно-минерального композита	63
4.2. Расчет производственной программы.....	65
4.3. Затраты на производство древесно–минерального композита	67
4.4. Сравнение цен строительных материалов на магнизиальном вяжущем ..	70
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	72
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	75
Приложение 1	80
Приложение 2	81
Приложение 3	82
Приложение 4	83

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В России сосредоточены самые большие запасы лесных ресурсов в мире. При производстве продукции из древесины используется только половина древесного сырья, а четвертая часть образующихся отходов в силу целого ряда причин не находит применения. Неслучайно перед промышленными предприятиями ставится задача полного использования образующихся отходов. Одним из путей решения проблемы является создание из древесных отходов композиционных материалов с высокими эксплуатационными показателями, потребность в которых с учетом возросших экологических требований будет сохраняться в ближайшие десятилетия. Среди возможных вариантов создания композиционных материалов особое место занимают материалы строительного назначения. Это обусловлено тем, что в строительном комплексе действуют стратегические программы энергосбережения, обеспечения населения доступным жильем и др. В решении вопросов энергосбережения важную роль играют теплоизоляционные материалы. Существующие теплоизоляционные материалы не лишены недостатков. Многие из них теряют теплоизоляционные свойства при увлажнении, другие – являются горючими или выделяют вредные вещества при высокой температуре. С учетом возросших потребностей населения и экологических требований актуальной является разработка технологии получения композиционного материала теплоизоляционного назначения, обладающего требуемой прочностью, высокой долговечностью, низкой горючестью. Для этого предлагается использовать в качестве вяжущего магнезит каустический.

Магнезиальные вяжущие вещества являются объектом множества исследований. Их способность затвердевать и образовывать бетон с органиче-

скими и древесными заполнителями дают возможность получить высокопрочный материал с хорошими теплоизоляционными свойствами. Однако, не полностью изучены вопросы создания прочной и одновременно легкой композиции. Данное обстоятельство требует проведения научных исследований.

Объектом диссертационного исследования является композиционный материал на основе порошка магнезитового каустического (ПМК – 75) и мягких древесных отходов.

Предмет исследования – состав и свойства композиционного материала на магнезиальном вяжущем и мягких древесных отходах.

Композит планируется разработать из порошка минерала магнезита и древесных отходов местных предприятий, что соответствует приоритетным направлениям научно–технологического развития РФ и позволит снизить долю неиспользуемых древесных отходов. Ожидается, что результаты исследований будут иметь научно–практическое значение для деревообрабатывающей промышленности и строительного комплекса. Будет обоснована возможность получения экологически чистого материала с хорошими теплоизоляционными свойствами. В настоящее время материалы из магнезиального порошка и древесных отходов не получили широкого применения, так как не был решен ряд вопросов. В связи с этим в магистерской диссертации поставлена следующая цель и задачи:

Цель диссертационной работы – разработка рационального состава древесно-минерального композита и конструкционно-теплоизоляционных материалов на его основе.

Исходя из цели исследования, в работе поставлены следующие задачи:

1. Исследование механизма твердения магнезита каустического.

2. Экспериментальное исследование влияния доли древесной стружки на свойства композита.
3. Исследование теплоизоляционных свойств древесно-минерального композита.
4. Обоснование рационального состава древесно-минерального композита.
5. Определение технико-экономических показателей производства древесно-минерального композита.

Методологической основой магистерской диссертации служат методы математической статистики и регрессионного анализа – В-план второго порядка.

Информационная база работы включает в себя учебную литературу, публикации в периодической печати, реферативную информацию, научные доклады, материалы научных исследований и web-сайтов Интернета.

Основой магистерской диссертации служат собственные результаты экспериментальных исследований и расчетов.

Научная новизна работы заключается в исследовании механизма твердения порошка ПМК – 75 и установлении зависимости эксплуатационных свойств материала от пропорций добавляемого древесного наполнителя и связующего вещества – бишофита (хлористый магний б-водный); экспериментальном определении новых значений коэффициента теплопроводности композиционного материала на магниевом вяжущем.

Имеют научную новизну следующие результаты магистерской диссертации:

1. Для композиционного материала разработана регрессионная математическая модель зависимости прочностных показателей от факторов процесса производства: доли добавки древесных отходов от массы вяжущего и доли добавки бишофита от массы добавляемой воды.

2. Установлены особенности кинетики твердения композиционного материала на магнизиальном вяжущем.

3. Разработаны рекомендации для производства теплоизоляционных материалов на магнизиальной вяжущей основе с разной долей добавки древесных отходов и вяжущего вещества.

Практическая значимость работы заключается в экспериментальном подтверждении возможности создания древесно-минерального композита конструкционно-теплоизоляционного назначения на основе станочной стружки хвойных пород, получении значений эксплуатационных и теплоизоляционных свойств материала, определении экономической целесообразности его производства и в разработке рекомендаций по повышению его эксплуатационных свойств.

Апробация работы. Основные положения магистерской диссертационной работы были представлены на конференциях вузовского и регионального уровня:

- Всероссийской научно–практической конференции «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий» 2019 г. (г. Кострома);
- Всероссийской научно–практической конференции «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий» 2020 г. (г. Кострома);
- 23–м областном форуме научной молодежи «Шаг в будущее» 2020 г. (г. Кострома).

Публикации. По теме магистерской диссертации опубликовано четыре работы:

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 34 наименований, а также четы-

рех приложений. Основной текст работы изложен на 83 страницах машинописного текста, включая 20 рисунков, 29 таблиц.

Публикации по материалам магистерской диссертации

1. Захряпин С. А. Проблема использования древесных отходов / С. А. Захряпин, А. А. Титунин // Всероссийская научно–практическая конференция «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий». – Кострома: КГУ, 2019.

2. Захряпин С. А. Определение рационального количества древесной стружки в древесноминеральном композите / С. А. Захряпин, А. А. Титунин // Всероссийская научно–практическая конференция «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий». – Кострома: КГУ, 2020.

3. Захряпин С. А. Влияние доли древесного наполнителя на прочность материалов на магнизиальном вяжущем / С. А. Захряпин, А. А. Сапунова, А. А. Титунин // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 71-ой Международной научно-практической конференции. — Караваево: Костромская ГСХА, 2020. — 152 с.

4. Захряпин С. А. Композиционный материал на магнизиальном вяжущем и мягких древесных отходах / С. А. Захряпин, А. А. Титунин // 23–ий областной форум научной молодежи «Шаг в будущее» – Кострома: Костромской энергетический техникум им. Ф. В. Чижова, 2020.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ОБЩИХ СВЕДЕНИЙ О МАГНЕЗИТЕ КАУСТИЧЕСКОМ

1.1. Магnezит, его характеристика и физические показатели

Магnezит – это горная порода, распространенная практически по всему миру. Другое его название – карбонат магния или магнезиальный шпат. (Внешний вид материала представлен на рис.1)

Химическая формула магнезита – $MgCO_3$. Это популярный и распространенный минерал, который активно используется в тяжелой промышленности для изготовления огнеупорных сплавов. Магнезитом также называют огнеупорный материал, в состав которого входит MgO и примеси.



Рис. 1. Минерал магнезит

Магнезит имеет следующие физические показатели:

- Обычно окрашен в серый цвет с жёлтым отливом;
- Матовый блеск и стеклянный отлив;
- Кристаллы тригональные, ромбоэдрические;

- Совершенная спайность;
- Кальциевая кристаллическая структура;
- Встречаются образцы неправильной формы;
- Плохо растворяется в воде, но хорошо в хлоре;
- Повышенная химическая активность.
- Твердость составляет 4–4,5
- Плотность варьируется от 2,97 до 3,10 г/см³[1].

1.2. Происхождение магнезита и его добыча

Камень магнезит обнаружили в Греции, в провинции Магнасия. Особенностью найденных руд было их содержание в породе половина – это окись магния, вторая половина – углекислый газ.

Сегодня добыча этого природного минерала осуществляется во многих странах мира, его добычи ведутся на территории Уральских гор, на Енисее, в Саянских горах. Другие месторождения открыты в таких государствах: КНР; Бразилия; Австрия; Америка; Мексика; Греция. Лидирующая страна по добыче магнезита – это Россия. Наиболее крупное в мире месторождение минерала находится в Иркутской области (представлен на рис.2). В РФ разрабатывается рудное месторождение особого вида – каракульчатого. Он состоит из цельного массива цветных металлов. Магнезитовые агрегаты идут только на декоративные изделия. В Австралии добывают ювелирные образцы жёлтого цвета. В Бразилии – крупные друзы. Во Франции – розовые самоцветные руды. Большинство мест добычи предоставляют промышленное сырьё и поделочный камень.



Рис. 2. Савинское месторождение в Иркутской области

Залежи магнезита находят в различных по характеру образования породах: магматических; соленосных; ультраосновных; метаморфизм. Другие агрегаты находят в скрытых массивах зернистого фарфора. Промышленный минерал добывают среди доломитов.

Добычу обычно ведут в карьерах с помощью взрывного метода. Глыбы дробят на фрагменты диаметром от 150 до 300 мм прямо на месте добычи, после чего сортируют по твердости и чистоте на три сорта. Обжиг выполняют в печах различного типа. Обычно используют вращающиеся или шахтные устройства с выносными топками (шахтная печь представлена на рис.3).



Рис. 3. Шахтная печь

После обжигания при 700–1000°С теряется до 94% углекислот, и формируется каустическая магнезия в форме химически активного порошка. Если температуру обжигания увеличить до 1500°С, получится обожженная магнезия. У нее невысокая активность, но очень большой уровень огнеупорности.

После обжига сырье перемалывают в шаровых или иных мельницах. (Шаровая мельница представлена на рис.4)

Каустический магнезит должен быть измельчен так, чтобы при прохождении через сито № 02 оставалось не больше 2%, а через сито № 008 – максимум 25%. Чтобы предупредить гидратацию вещества, его пакуют в металлические барабаны[2].



Рис. 4. Шаровая мельница

1.3. Применение магнезита и материалы на его основе

Магнезит – это уникальная горная порода, спектр применения которой очень широк. Магнезиты активно использовались в промышленности ещё в древности. Образцы обжигали, газ улетучивался. Камень становился огнеупорным, что позволяло его применять во многих отраслях. Особые кристаллы доставались мастерам ювелирного дела.

В современное время магнезит используют как тонкодисперсный наполнитель в строительных смесях. Из него делают огнеупорные кирпичи,

которые выдерживают нагревание до 3000°C, искусственный мрамор, магнетитовую штукатурку, огнеупорные краски[2].

Его задействуют в производстве сахара, бумаги, электроизоляторов, фармацевтике и т. д. Поскольку магнезит является рудой магнезия, он служит для получения магнезия и его солей.

Каустический магнезит служит для производства вяжущих цементов, искусственного каучука, вискозы, пластмассы. Он является важной составляющей в изготовлении термоизоляционных материалов, в процессе варки целлюлозы, хорошим удобрением и т. д.

Обожженную магнезию задействуют, прежде всего, в металлургической промышленности. С помощью специальных печей из нее делают плавный периклаз. Это материал с отличными тепло- и электроизоляционными параметрами, который используют в изготовлении керамики.

С помощью магнезиального цемента выполняют теплые бесшовные полы, наполнителем в которых являются опилки. Они устойчивы к истиранию, имеют малую теплопроводность, долговечны и характеризуются полной гигиеничностью[3].

Разновидностями магнезиальных вяжущих веществ являются каустический магнезит и каустический доломит. Благодаря своим физико-химическим свойствам, эти материалы стали часто использоваться при строительных и отделочных работах.

- Каустический магнезит получают при обжиге горной породы магнезита $MgCO_3$ в шахтных или вращающихся печах при 650...850°C. В результате $MgCO_3$ разлагается по схеме $MgCO_3 = MgO + CO_2$. Оставшееся твердое вещество (окись магнезия) измельчают в тонкий порошок.

- Каустический доломит (рис. 5) MgO и $CaCO_3$ получают путем обжига природного доломита $CaCO_3 * MgCO_3$ с последующим измельчением его в тонкий порошок.



Рис.5. Доломит

На основе магниезальных вяжущих веществ изготовляют ксилолит, фибролит, штукатурные растворы, некоторые архитектурны изделия, реже — бетоны. Материалы на основе магниезальных вяжущих получают, используя в качестве органических заполнителей древесные опилки, шерсть или стружки.

Каустические магнезит или доломит, затворенные раствором хлористого магния, надежно соединяются с органическими заполнителями и защищают их от гниения. Цементный камень, образующийся на основе магниезального вяжущего, является твердым раствором солей сложного состава. Именно на основе магниезальных вяжущих получают различные камнеподобные материалы с заранее заданными свойствами под общим названием «магнолит». Магниезальные вяжущие применяют для изготовления ксилолита и фибролита.

Ксилолит – искусственный каменный материал (рис. 6), полученный в результате затвердевания смеси древесных опилок и магниезального вяжущего, затворенного раствором хлористого магния. В смесь вводят также добавки, улучшающие свойства материала, – тальк, асбест, кварцевый песок и красители. Плотность ксилолита – $1000...1200 \text{ кг/м}^3$, предел прочности при

сжатии – 30...40 МПа, теплопроводность – около 0,3 Вт /($m \cdot ^\circ C$). Его применяют для устройства бесшовных полов.



Рис. 6. Ксилолит

Ксилолитовые бесшовные полы устраивают из ксилолитовой смеси пластичной консистенции, приготовленной на месте производства работ. Эту смесь наносят на основание, разравнивают и уплотняют вибрацией

Фибролит представляет собой теплоизоляционный материал, изготовленный из древесной стружки или шерсти, связанной магниезальным вяжущим. Фибролитовые плиты применяют для утепления стен, перекрытий или для заполнения стен, перекрытий и перегородок каркасных зданий.

Кроме горных пород магнезита и доломита в качестве сырья. Для получения магниезальных вяжущих веществ используют техногенное магниезальное сырье более сложного химического состава. Оно является попутным продуктом добычи и переработки горных пород ультраосновного состава при получении железа, меди, алмазов, асбеста и других полезных ископаемых. По ориентировочным подсчетам на горно-обогатительных комбинатах нашей страны такого техногенного сырья скопилось более 900 млн. т. Особенно эффективные диоксидсодержащие продукты получают от переработки магматических и некоторых метаморфических пород, содержащих диоксиды. На основе такого рода попутных продуктов вырабатывают модифицированный

цемент Сореля, портланд-цементный клинкер, строительные пигменты, бетоны плотные тяжелые и пористые легкие, другие строительные материалы[4].

1.4. Магnezитовые плиты, свойства и характеристики

Принципиально новым стройматериалом, изготовленным на основе магнезита, являются магнезитовые плиты (рис.7). Они выполняются в форме листов толщиной 3...12 мм. Выпускаются длиной 1,83...2,44 м и в ширину составляют 0,9...1,22 м.

Магнезитовая плита включает в себя несколько слоев:

1. внешний;
2. сетка из стекловолокна;
3. наполнитель;
4. армирующий стекловолоконный слой;
5. наполнитель с внутренней стороны.

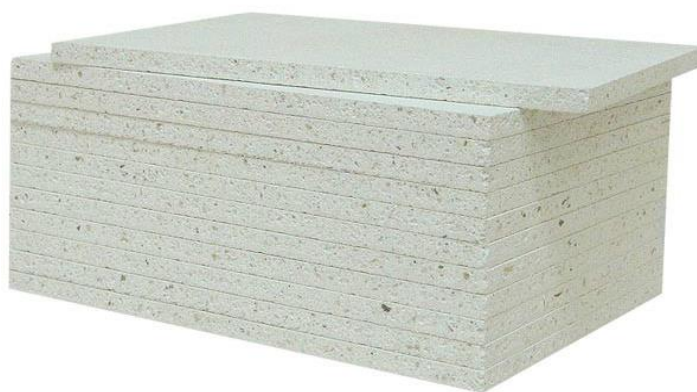


Рис. 7. Магнезитовые плиты

Наполнителем служит композитный материал, который делают путем смешивания оксидов и хлоридов магния, силикатов, органических волокон, пластификаторов и т. д.

Для затворения каустического магнезита используют раствор серно-кислого или хлористого магния. В итоге получается магнезиальный цемент. Если материал затворить водой, он будет долго затвердевать, и будет не особо прочным.

Итоговая прочность вещества довольно высока. Раствор каустической магнезии имеет прочность до 100 кг/см^2 . Максимальная прочность приобретает примерно через неделю, если затвердение происходит в обычных условиях.

Застывание каустической магнезии определяется толщиной помола и температурой обжига. Материал схватывается минимум через 20 минут и максимум через 6 часов после затворения[5].

Магнезитовые плиты вобрала в себя все лучшие качества магнезита. Их плотность составляет примерно $0,95 \text{ г/см}^3$. Коэффициент теплопроводности равен $0,21 \text{ Вт/м}$. Они способны выдержать нагревание до 1200 градусов. Уровень звукоизоляции достигает 46 Дб . Водонепроницаемость доходит до 95% . Магнезитовые плиты отличаются превосходными техническими качествами. Самым важным преимуществом можно считать то, что они позволяют выполнить ремонт без «мокрых» отделочных процессов.

Достоинствами магнезитовых плит являются:

- влагостойкость – попадая в воду, не разбухают до 100 дней;
- огнеупорность – лист толщиной 6 мм удерживает огонь около 2 часов;
- экологичность – даже при нагревании не выделяется токсинов;
- морозоустойчивость;
- хорошая звуко- и теплоизоляция;

- большая степень пластичности – их можно сгибать, достигая радиуса кривизны до 3 м;
- ударопрочность;
- небольшой вес – 1 м² средней толщины весит около 6,04 кг.
- отсутствие запаха;
- возможность применения для отделки общественных помещений.

Благодаря устойчивости к действию влаги, их можно применять в отделке ванных комнат, бассейнов и т. п. Плиты просты в обработке. Их можно резать с помощью ножовки или ножа, сверлить, крепить саморезами или гвоздями. Плиты можно покрывать любой краской, приклеивать на них плитку, обои и т. д.

Монтаж магнезитовых плит не предполагает особых навыков. Их крепят или на металлический, или на деревянный каркас. Крепление обычно выполняют при помощи саморезов. Поскольку плиты прикрепляются к каркасу, между ними и стеной остается пространство. Это обеспечивает дополнительную теплоизоляцию помещения. Единственным недостатком плит из магнезита является то, что если они имеют небольшую толщину, то есть отличаются особой хрупкостью.

Магнезитовые плиты служат отделочным материалом при:

1. облицовке стен изнутри и снаружи;
2. монтаже потолка, пола, перегородок между комнатами;
3. изготовлении заборов;
4. устройстве мягкой кровли;
5. отделке бассейнов, бань, ванных комнат;
6. сборке мебели;
7. выполнении баннеров и рекламных щитов;
8. обустройстве гостиничных комплексов, школ и т. д. [5].

1.5. Магнезиальные цементы

Магнезиальный цемент во многих отношениях является лучше, чем портландцемент. Повышенная прочность на изгиб, высокая прочность на сжатие, малая усадка или ее отсутствие, высокая эластичность, быстрое твердение, не требующее влажного хранения как для бетонов на портландцементе, хорошая износостойкость (в три раза выше, чем у портландцемента), стойкость к действию масел, лаков, красок, органических растворителей, щелочей, солей, включая сульфаты, очень высокая огнестойкость, абсолютная экологическая чистота, бактерицидные свойства –неполный перечень преимуществ этого материала. Но были обнаружены и отрицательные стороны магнезиальных вяжущих, в первую очередь, их незначительная водостойкость.

Однако уникальные свойства магнезиальных цементов и бетонов на их основе, их совместимость практически с любыми видами заполнителей, в том числе органического и природного происхождения, стали поводом для многочисленных исследований и экспериментов. Исследования вяжущих систем на основе оксида магния позволили накопить значительные данные по улучшению свойств магнезиальных цементов и, в первую очередь, их водостойкости.

Сегодня установлено, что цементный камень, образующийся на основе магнезиального вяжущего (представлен на рис.8), является твердым раствором солей сложного состава. Именно на основе магнезиальных вяжущих получают различные камнеподобные материалы с заранее заданными свойствами – магнезиальные бетоны.



Рис. 8. Магнезиальный цемент

В зависимости от используемых заполнителей магнезиальные бетоны обладает следующими свойствами:

- 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;
- Высокая ударная прочность. Магнезиальные бетоны при ударе не подвержены трещинообразованию и отколу. Происходит лишь смятие участка, который подвергся ударному воздействию.
- Высокая износостойкость. Магнезиальные бетоны имеют истираемость в 3–5 раз выше, чем бетоны на портландцементе.
- Атмосферостойкостью на уровне большинства традиционных строительных материалов;
- Абсолютной маслостойкостью и солестойкостью (при воздействии масел, нефтепродуктов, морской воды магнезиальные бетоны только набирают прочность);
- Декоративностью, то есть возможностью достоверно имитировать многие природные материалы (от дерева до малахита), чему способству-

ет совместимость с различными пигментами, отличная полируемость, прозрачность вяжущего в тонком слое;

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

- Фунгицидностью, бактерицидностью и биоцидностью, что не позволяет развиваться грибкам и бактериям, а горько-соленый вкус бишофита препятствует также появлению насекомых и грызунов;

- 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.

- 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.

- Магнезиальные напольные покрытия беспыльны, практически не имеют усадку, 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.

Уданного материала в России, где сосредоточено более половины мировых запасов магнезиального сырья, могут быть большие перспективы. У магнезиальный цементов и бетонов на их основе большое будущее[6].

1.6. Требования нормативно-технической документации к материалам на основе магнезита

Как и любой товар, магнезит и изделия изготовленные из него должны иметь определенные физико-химические свойства, требуемые НТД.

Магнезитовый лист соответствует следующим международным стандартам:

- ISO9001–2000 (приложение 1)
- GB/T19001–2000 (приложение 2)
- Санитарно-эпидемиологическое заключение (приложение 3)
- ГОСТ 30244–94 "Материалы строительные. Метод испытания на горючесть" (приложение 4)



Рис. 9. Знаки качества

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, по окончании испытаний, выдает Санитарно-эпидемиологическое заключение 61.РЦ.10.150.П.000750.02.08 в которой говорится, что противопожарная (магнезитовая) плита соответствует нормам радиационной безопасности и может применяться для всех видов строительства, в т.ч. жилых и общественных зданиях.

Так же выдается специальный сертификат пожарной службой. Сертификат подтверждает, что плита (магнезитовая плита) соответствует техниче-

скому регламенту о требованиях пожарной безопасности ГОСТ 30244-94 "Материалы строительные. Метод испытания на горючесть"[7].

Для порошков, используемых в производстве магнезиального цемента, используется ГОСТ 1216–87 «Порошки магнезитовые каустические. Технические условия»[8].

1.7. Потребность в стройматериалах

Потребность в стройматериалах на основе магнезита достаточно высока, это объясняется его высокими эксплуатационными свойствами. Главным конкурентом магнезитовой плиты является гипсокартон.

Совокупность свойств магнезитовой плиты (негорючесть, влагостойкость, долговечность, прочность и т.д.) делают этот материал уникальным, а в некоторых случаях безальтернативным, но стоимость магнезитовой плиты на порядок выше стоимости гипсокартона.

Перспективы развития рынка композиционных материалов на основе магнезита

При применении гипсокартона в аналогичных конструкциях не дало бы такого результата и обусловлено это, в первую очередь, свойствами данного материала. Именно поэтому профессиональные строители отдают предпочтение магнезитовой плите, как материалу с большим запасом положительных эксплуатационных характеристик. При этом затраты на устройство 1м² строительной площади практически идентичны с затратами на использование гипсокартона[9]. Сегодня рынок композиционных материалов (рис. 10) активно развивается, так как технологии производства композитов позволяют свободно комбинировать свойства различных материалов для получения

нужных характеристик жесткости, легкости, теплопроводности, упругости, устойчивости к агрессивному воздействию среды и т.д. Такая универсальность достигается благодаря тому, что в этих материалах используются различные органические и неорганические наполнители. В качестве органического наполнителя во многих изделиях выступают древесные отходы.

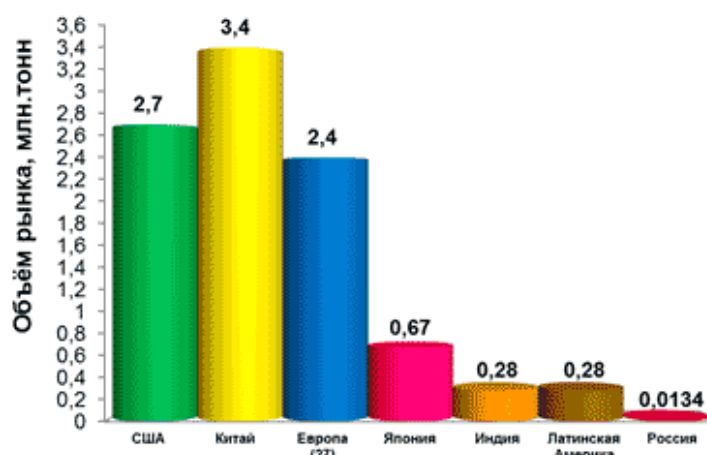


Рис. 10. Мировой рынок композитов [11]

1.8. Проблема использования древесных отходов

Проблема переработки древесных отходов существует давно и до настоящего времени не потеряла своей актуальности. Основными источниками образования отходов являются различные лесопромышленные комплексы и деревоперерабатывающие предприятия (рис.11). Их доля в зависимости от профиля предприятия и вида выпускаемой продукции может достигать 35–65%.

В 2015 году по данным статистической отчетности 2–ТП (отходы) на территории Костромской области образовано 1 104,896 тыс. тонн отходов. Основная масса образующихся отходов представлена отходами IV – V классов опасности для окружающей природной среды. Доля использованных,

обезвреженных отходов в общем объеме образовавшихся отходов в процессе производства и потребления в 2015 году составила 86,5 % [12].

На сегодняшний день на практике основным направлением утилизации отходов является сжигание с целью получения тепловой энергии. Чаще всего древесные отходы вывозятся в отвал, что приводит к отторжению территорий, увеличению себестоимости готовой продукции, повышению пожароопасности, загрязнению окружающей среды и ухудшению экологической обстановки, особенно в зоне деятельности крупных лесоперерабатывающих комплексов. Обоснованный подход к выбору направления утилизации вторичных древесных ресурсов, является одной из актуальных задач, способствующих повышению эффективности производства отечественной продукции деревообработки. Предлагается следующий подход к решению данного вопроса:

- создание основ рационального лесопользования путем разработки направления использования значительного потенциала мягколиственных пород и маломерной древесины при производстве продукции с высокой добавленной стоимостью;
- повышение эффективности отечественного производства клееных материалов и плит путем комплексного подхода к проблеме утилизации древесных отходов;
- разработка предложений по использованию биомассы дерева на топливно–энергетические нужды [13].

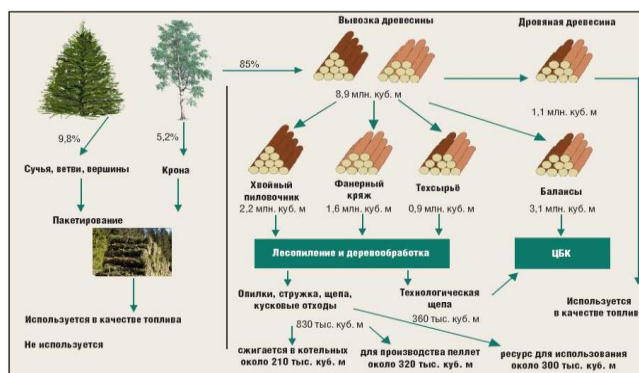


Рис. 11. Схема образования древесных отходов

1.9. Исследования российских ученых в области композиционных материалов на магниевой основе

Многие российские ученые занимались изучением магнезита, магниевых порошков и изделий на их основе. Особого внимания заслуживают две работы. Во-первых, работы Плехановой Т. А., которая занималась исследованием и разработкой магниевых композиционных материалов, модифицированных сульфатными добавками. В ее работе были получены следующие результаты:

1. Найдено оптимальное содержание модифицирующих добавок, вводимых в состав магниевых вяжущих, что соответствует 20 % ангидрита и 1 % карбоната магния. Разработанные составы имеют прочность при сжатии до 54 МПа, коэффициент размягчения 0,92 и пониженные усадочные деформации, стабилизированные во времени.

2. Была установлена карбонизация гидроксида магния в модифицированном магниевом вяжущем, приводящая к его устранению. Образовавшиеся карбонизированные соединения создают на поверхности новообразований непроницаемые для воды пленки, способствующие повышению коэффициента размягчения материала.

3. Было изучено влияние модифицированного магнезиального вяжущего на повышение водостойкости, прочности и снижение усадочных деформаций древесно-магнезиальных композиций. Разработанная композиция с прочностью до 22 МПа и коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,21$ Вт/м·°С использована для производства древесно-магнезиального бруса. В качестве древесного наполнителя использовались частицы древесины с крупностью менее 2,5 мм, влажностью – 12% [14]. Поскольку фракционный состав стружки, получаемой в деревообрабатывающих цехах, содержит и более крупные частицы, то представляет интерес получение композиционного материала на магнезиальном вяжущем и древесных отходах без дополнительного сортирования.

Другой немаловажный вклад, был принесен Черных Т. Н., благодаря работе по физико-химическим закономерностям получения энергоэффективных магнезиальных вяжущих веществ с улучшенными характеристиками и материалов на их основе, были получены следующие результаты:

1. Качество порошков магнезиальных вяжущих нестабильно и значительно отличается как по активности и содержанию свободного оксида магния (от 40 до 95 %), так и по составу остальной части вяжущего, что отражается на свойствах вяжущих, затрудняет работу с ними, делает практически невозможным прогнозирование свойств магнезиальных материалов на их основе и обеспечение постоянства их качества.

2. Основным критерием качества магнезиальных порошков из таких горных пород как магнезиты и бруситы, является размер кристаллов периклаза от 30 до 50 нм, при условии отсутствия свободного оксида кальция.

3. При гидратации хлор- и сульфомагнезиальных композиций скорость твердения обратно пропорциональна размеру кристаллов периклаза, а величина тепловыделения прямо пропорциональна содержанию активного оксида магния в вяжущем [15].

Первый из приведенных результатов указывает на необходимость использования при изготовлении композиционных материалов качественного магнезита и проверки в лабораторных условиях в каждой партии сырья свободного оксида магния.

Как было отмечено в этих работах, свойства композиционного материала во многом зависят от параметров наполнителя, самого магнезита и технологии приготовления смеси. Поэтому проведение дальнейших исследований процесса структурообразования композиционного материала на основе древесной стружки хвойных пород имеет определенное научно-практическое значение.

1.10. Цель и задачи исследований

Композит планируется разработать из порошка минерала магнезита и древесных отходов местных предприятий, что соответствует приоритетным направлениям научно-технологического развития РФ и позволит снизить долю неиспользуемых древесных отходов. Ожидается, что результаты исследований будут иметь научно-практическое значение для строительного комплекса и позволят получить экологически чистый материал с хорошими теплоизоляционными свойствами. В настоящее время материалы из магнезиального порошка и древесных отходов не получили широкого применения, так как не был решен ряд вопросов. В связи с этим в моей работе поставлена следующая цель и задачи:

Цель – разработка рационального состава древесно-минерального композита и конструкционно-теплоизоляционных материалов на его основе.

Задачи:

1. Исследование механизма твердения магнезита каустического.

2. Экспериментальное исследование влияния доли древесной стружки на свойства древесно-минерального композита.
3. Исследование теплоизоляционных свойств древесно-минерального композита.
4. Обоснование рационального состава древесно-минерального композита.
5. Определение технико-экономических показателей производства древесно-минерального композита.

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛУ, МАТРИЦЕ И НАПОЛНИТЕЛЮ

2.1. Классификация композита

Единой общепринятой классификации композиционных материалов (КМ) нет, это объясняется тем, что к композитам относятся разнородные материалы, объединяющие металлы, полимеры, керамику, древесину и др. В каждом научном направлении существуют свои классификационные признаки. Чаще всего композиты систематизируются по материаловедческим признакам. Древесные композиты можно классифицировать по следующим признакам:

- **По виду материала матрицы:** км на минеральных вяжущих. К этой группе относятся композиты, матрицы которых являются неорганическими вяжущими веществами.
- **По виду наполнителя:** км на основе дискретных древесных частиц (стружка–отходы деревоперерабатывающих производств (рис.12)).

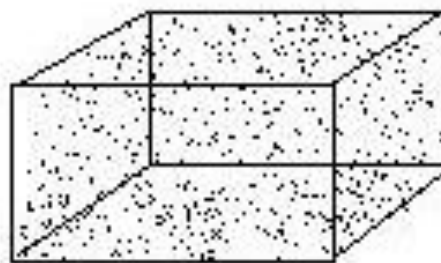


Рис. 12. Схема наполнения композита дискретными древесными частицами

- **По схеме армирования:** хаотично армированные дискретными частицами. Дискретные частицы не имеют точного места расположения в композите, их расположение в каждом новом изделии – случайно.
- **По количеству компонентов:** мономатричные (использование в одном материале одной матрицы и одного вида наполнителя)
- **По направлению усилия прессования:** прямое компрессионное прессование (формирование древесных композитов в открытых пресс-формах)
- **По степени ограничения рабочего пространства:** изготовление в пресс-формах (штучные изделия и детали)[16].

Данная классификация дает общее представление о древесноминеральном композите, который планируется разработать. Основные методы определения его прочностных характеристик, а также коэффициента теплопроводности будут проведены, в соответствии с нормативно-технической документацией.

2.2. Основные физико–механические показатели по ГОСТ Р 54854–2011 «бетоны легкие на органических заполнителях растительного происхождения»

2.2.1. Средняя плотность арболита

Максимально допустимые значения фактической средней плотности арболита в высушенном до постоянной массы состоянии в зависимости от вида заполнителя, указанные в рабочих чертежах, не должны превышать значений, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Максимально допустимые значения фактической средней плотности
арболита

Класс арболита по прочности на сжатие	Максимально допустимое значение фактической средней плотности арболита, кг/м ³				
	На измельченной древесине из отходов		На кострельна или дробленых стеблях хлопчатника	На костре конопли	На дробленой рисовой соломе
	Лесопиления и деревообработки	лесозаготовок			
В0,35; В0,5	450	500	500	500	450
В0,75	500	500	500	500	500
В1,5	650	700	650	600	700
В2,5	750	800	800	–	–
В3,5	800	900	–	–	–

2.2.2. Прочность на сжатие

Прочность на сжатие арболита в проектном возрасте (нормируемая прочность) характеризуют классами по прочности: В0,35; В0,5; В0,75; В1,5; В2,5; В3,5. Для изделий и конструкций, изготовленных из теплоизоляционного арболита и запроектированных без учета обеспеченности 0,95, показатель прочности арболита на сжатие характеризуют марками: М2,5; М3,5; М5; М10. Соотношение между классами и марками арболита по прочности на сжатие представлены в таблице 2:

Таблица 2

Соотношение класса и марки арболита по прочности на сжатие

Класс по прочности на сжатие	Средняя прочность на сжатие арболита R, кгс/см ²	Ближайшая марка арболита по прочности на сжатие
В0,35	5,06	М5
В0,5	7,23	М5
В0,75	10,85	М10
В1,5	21,7	–
В2,5	36,17	–
В3,5	50,64	–

2.2.3. Теплопроводность

Фактическая теплопроводность арболита, высушенного до постоянной массы, в зависимости от вида органического заполнителя, определяемая при температуре $(25 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$, не должна превышать более чем на 10 % значений, приведенных в таблице 3:[17]

Таблица 3

Теплопроводность арболита при температуре 25 °С

Вид заполнителя	Теплопроводность арболита, Вт(м · °С), марок при средней плотности											
	D 300	D 350	D 400	D 450	D 500	D 550	D 600	D 650	D 700	D 750	D 800	D 900
Изм-ая древесина	0,07	0,075	0,08	0,09	0,095	0,105	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
Изм-ые стебли Хлопка и рисовой соломой, костра льна и конопля	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,095	0,105	0,11	0,12	–	–	–

2.3. Методы определения прочности по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»

2.3.1. Сущность методов

Определение прочности бетона состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью нарастания нагрузки, и последующем вычислении напряжений при этих усилиях.

2.3.2. Форма, размеры и число образцов

Форма и размеры образцов в зависимости от метода определения прочности бетона должны соответствовать указанным в таблице 4.

Форма и номинальные размеры образцов

Метод	Форма образца	Номинальные размеры образца, мм
Определение прочности на сжатие и на растяжение при раскалывании	Куб	Длина ребра: 100; 150; 200; 250; 300
	Цилиндр	Диаметр d : 100; 150; 200; 250; 300 Высота $h \geq d$
Определение прочности на осевое растяжение	Призма квадратного сечения	100x100x400; 150x150x600; 200x200x800; 250x250x1000; 300x300x1200
	Цилиндр	Диаметр: 100; 150; 200; 250; 300 Высота h , равная $2d$
Определение прочности на растяжение при изгибе и при раскалывании	Призма квадратного сечения	100x100x400; 150x150x600; 200x200x800; 250x250x1000; 300x300x1200

Допускается применять следующие образцы:

- кубы (далее - образцы-кубы) с ребром длиной 70 мм;
- призмы (далее - образцы-призмы) размером 70x70x280 мм;
- цилиндры (далее - образцы-цилиндры) диаметром 70 мм;
- половинки образцов-призм, полученных после испытания на растяжение при изгибе образцов-призм, для определения прочности бетона на сжатие;
- образцы-кубы, изготовленные в неразъемных формах с технологическим уклоном;
- образцы по приложению К.

За базовый образец при всех видах испытаний следует принимать образец-куб или образец-призму с размером рабочего сечения 150x150 мм.

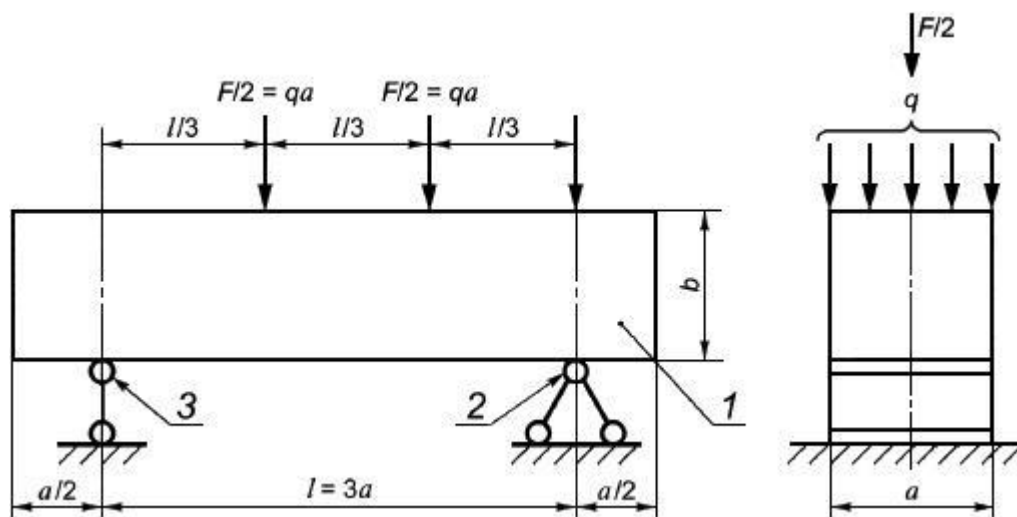
Примечание: Допускается применение образцов других форм и размеров, если они предусмотрены в действующих нормативных или технических документах.

2.3.3. Испытание на сжатие

При испытании на сжатие образцы-кубы и образцы-цилиндры устанавливают одной из выбранных граней на нижнюю опорную плиту испытательной машины (пресса) центрально относительно его продольной оси, используя риски, нанесенные на плиту испытательной машины (пресса).

2.3.4. Испытание на растяжение при изгибе

Образец-призму (рис. 13) устанавливают в испытательную машину и нагружают до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки $(0,05 \pm 0,01)$ МПа/с [18].



a - ширина и высота образца; F - нагрузка; q - распределенная нагрузка; l - пролет; 1 - образец; 2- шарнирно-неподвижная опора; 3 - шарнирно-подвижная опора

Рис.13. Схема испытания на растяжение при изгибе

2.4. Методика определения фракционного состава древесных частиц

2.4.1. Определение фракционного состава древесных частиц

Оборудование и приборы:

- 1) ситоанализатор;
- 2) аналитические весы с точностью взвешивания 1.01 г.

Ситовой анализатор состоит из набора 8 круглых сит с диаметром 200 мм, пять из которых имеют круглые отверстия диаметром 10; 7; 5; 3 и 2 мм, остальные три сита имеют сетчатые ячейки размером 1x1; 0,5x0,5; 0,25x0,25 мм. В основании сит установлена чаша, собирающая пыль. Набор сит накрыт крышкой. Порядок выполнения работы Взятая для испытания проба делится методом квартования до получения навески для одного анализа около 50 г, так как большее количество массы частиц не должно превышать 6 %, что обеспечивает лучшее отделение мелочи и пыли. Навеска насыпается на верхнее сито анализатора. На качество ситового анализа оказывает большое влияние время отсева материала. Оптимальная продолжительность отсева устанавливается опытным путем исходя из того, что просеивание считается законченным, если за наблюдаемый отрезок масса фракции на сите не изменяется или уменьшается не более чем на 0,02 г. Если для обычных частиц оптимальная продолжительность отсева составляет 5 мин, то для мелких частиц – 10-15 мин, причем сев ведется с воздействием побудителей. В качестве побудителей применяются кусочки резины размером 10x5x3 мм, которые в количестве по 5 штук помещаются на каждое сито. В нашем случае при определении фракционного состава разных по форме частиц рекомендуется время фракционирования одной навески обычных частиц – 5 мин. Увеличение времени фракционирования может вызвать чрезмерное измельчение частиц в приборе и искажение результатов исследований. По окончании отсева древесных частиц сита разбираются, каждая фракция взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,01 г. Количественное содержание фракции в навеске выражается в процентах к общей массе. Номер фракции обозначается размерами сит, между которыми она была оторвана. Например, для данного случая: -/10; 10/7; 7/5; 5/3; 3/2; 2/1; 1/0,5; 0,5/0,25; 0,25/0 (одно).

Количество анализов для взятой пробы должно быть не менее трех. Окончательный результат вычисляется как среднеарифметический. Полученные данные сравниваются с показателями, установленными технологической инструкцией по производству древесностружечных плит (таблица 5)[19].

Таблица 5

Фракционный состав древесных частиц в зависимости от типа стружечного станка

Тип и модель измельчающего оборудования и форма стружки	Сырье	Содержание стружки во фракции, %						
		-/10	10/7	7/5	5/3	3/2	2/1	1/0
Стружечный станок с ножевым валом модели ДС-6, стружка плоская	Технологические дрова, «карандаши»	–	23,1	25,0	30,0	17,1	2,8	1,6
То же ДС-8		–	22,8	24,2	31,8	13,5	7,0	0,8
Стружечный станок центробежный модели ДС-7, стружка игольчатая	Технологическая щепка	12,2	20,1	25,6	30,2	7,8	4,0	0,1

2.5. Теория адгезии, лежащая в основе структурообразования композита

2.5.1. О возможных теориях образования композита

Свойства и механизм образования древесно–минеральных композитов активно изучается учеными, и до сих пор нет однозначного вывода, о том как образуется адгезия между минеральным порошком и органическими заполнителями.

По Мельниковой Л.В.: «Механизм образования адгезионного контакта может быть различным. Возможны механические, реологические, химические и другие соединения компонентов» [20]

2.5.2. Механическая теория адгезии

В основе структурообразования древесноминерального композита лежит механическая теория адгезии. Это предположение основывается на следующих фактах:

1. При смешивании двух разнородных систем, а именно порошка магниевого каустического (далее ПМК – 75) и опилок, не возникало никаких химических реакций, заметных невооруженным глазом.

2. При добавлении отвердителя, а именно раствора магния хлорнокислого $Mg(ClO_4)_2$, химические реакции затронули только ПМК, опилки лишь впитали часть раствора.

3. По Мельниковой Л.В.: «древесно–минеральный композит имеет крупнопористую структуру, вследствие недостаточного объема цементного камня для заполнения пустот между частицами древесного заполнителя, т.е. прослойка цементного камня обеспечивает только “проклейку” древесных частиц» и «... древесно–минеральный композит образуется за счет механических сил сцепления заполнитель–цементное вяжущее»[20].

2.5.3. Химическая теория адгезии

В основе структурообразования древесноминерального композита лежит химическая теория адгезии. Это предположение основывается на следующих фактах:

1. При добавлении отвердителя, а именно раствора магния хлорнокислого $Mg(ClO_4)_2$ (далее перхлорат магния); (концентрация раствора, в проведенных опытах была 10 %; 15 %; 20 %), и воды H_2O , в смесь ПМК MgO и опилок, возникает отверждение ПМК и начинается образования цементного камня, реакция не затрагивает опилки, то есть реакция между

ПМК и перхлоратом магния образует цементный камень, а опилки лишь схватываются раствором цементного камня и застывают в нем.

2. При добавлении другого отвердителя, а именно раствора хлористого магния 6-водного $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (далее бишофит); (концентрация раствора, в проведенном опыте была 20 %), и воды H_2O , в смесь ПМК MgO и опилок, возникает отверждение ПМК и начинается образования цементного камня, реакция так же не затрагивает опилки, но при схватывании порошка и отвердителя, можно было наблюдать выделение газа.

Формула реакции: $6MgO + MgCl_2 \cdot 6H_2O = 6Mg(OH)_2 + MgCl_2$

Тип реакции: Двойное разложение (Реакция обмена)

Вывод: Так как нет граничного слоя, между наполнителем и магниезальным вяжущем, возможно образование химических связей между молекулами целлюлозы и магниезальным вяжущем. Но эта теория требует дальнейших исследований.

2.6. Полимерная матрица композита

2.6.1. Требования к полимерной матрице композита

Для изготовления данного древесно-минерального композита в качестве матрицы используется ПМК -75.

Основные требования к матрице:

- Массовая доля MgO – не менее 75 %
- Массовая доля влаги – не более 1,3 %
- Зерновой состав, массовая доля:
 - проход через сетку № 2 – не более 5 %
 - проход через сетку № 009 – не менее 75 %

2.6.2. Влияние параметров матрицы на показатели композита

1. Массовая доля MgO – не менее 75 % (Этот параметр показывает количество вещества в 1г порошка, он оказывает влияние на плотность и прочностные характеристики композита).
2. Массовая доля влаги – не более 1,3 % (Этот параметр показывает степень влажности 1г порошка, он оказывает влияние на скорость схватывания и образования цементного камня).
3. Зерновой состав, массовая доля:
 - 3.1. проход через сетку № 2 – не более 5 %
 - 3.2. проход через сетку № 009 – не менее 75 % (Эти параметры показывают фракции порошка, они оказывают влияние на пористость композита, а также на степень заполнения пустот между частицами древесного заполнителя). [21]

ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИТА, ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И КИНЕТИКИ ТВЕРДЕНИЯ

3.1. Двухфакторный регрессионный анализ прочности древесноминерального композита на изгиб

3.1.1. Определение диапазонов варьирования факторов

Выходная величина в эксперименте Y – прочность образцов при изгибе, МПа. Варьируемые факторы – доля опилок, % и доля бишофита, %. Диапазоны варьированных факторов представлены в натуральных и кодированных обозначениях, для каждого фактора определен основной (нулевой) уровень и интервал варьирования. Нулевой уровень каждого фактора $X_i(0)$ определяется по формуле:

$$X_i(0) = (X_i(-1) + X_i(+1)) / 2,$$

где $X_i(-1)$ – нижний уровень i -го фактора; $X_i(+1)$ – верхний уровень i -го фактора. Интервал варьирования фактора Δ_i определяется по формуле:

$$\Delta_i = X_i(0) - X_i(-1) = X_i(+1) - X_i(0).$$

Диапазоны варьирования факторов заданы в натуральных и кодированных обозначениях:

$$10 \leq \text{ОП} \leq 30; 10 \leq \text{Б} \leq 20$$

$$-1 \leq X_1 \leq +1;$$

$$-1 \leq X_2 \leq +1.$$

Определим нулевой уровень факторов: $\text{ОП}(0) = (10 + 30) / 2 = 20$ (%);

$B(0) = (10 + 20)/2 = 15$ (%). Определим интервалы варьирования факторов: $\Delta_1 = 20 - 10 = 10$ (%); $\Delta_2 = 15 - 10 = 5$ (%). Полученные значения занесены в таблицу.

Таблица 6

Диапазоны, уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Обозначения уровней		Уровни варьирования			Интервал варьирования
	Натуральные	Кодированные	-1	0	+1	
доля опилок, %	ОП	X_1	10	20	30	10
Доля Бишофита, %	Б	X_2	10	15	20	5

3.1.2. Составление плана эксперимента

Построить ПФП – значит составить матрицу планирования эксперимента путем перебора всех возможных сочетаний верхних и нижних уровней факторов. Для построения матрицы в кодированных обозначениях факторов часто используется принцип удвоения: X_1 – столбец первого фактора, варьируется через один знак (+1, -1, +1, -1, ...); X_2 – столбец второго – через два (+1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, -1, ...); X_3 – столбец третьего – через четыре (+1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, -1, +1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, -1, ...) и т.д. Матрица ПФП для двух факторов представлена в таблице 7. Для заданных варьируемых факторов представлена матрица в натуральных обозначениях факторов, таблице 8; в ПФП были добавлены звездные точки и значения выходной величины в данных точках.

Таблица 7

Матрица эксперимента в кодированных и натуральных обозначениях

	1	2	3	4	5	6	7	8
ОП(X_1)	30 (+)	10 (-)	30 (+)	10 (-)	30 (+)	10 (-)	20 (0)	20 (0)
Б (X_2)	20 (+)	20 (+)	10 (-)	10 (-)	15 (0)	15 (0)	20 (+)	10 (-)

3.1.3. Проведение эксперимента

В соответствии с диапазоном, уровнем и интервалом варьирования факторов, а также матрицей эксперимента, был изготовлен ряд смесей, которые укладывались в открытые пресс-формы для изготовления стандартных балочек. По прошествии 28 суток, балочки (рис. 14) были измерены и испытаны на прочность при изгибе. Полученные значения занесены в таблице 9.



Рис. 14. Образцы-призмы квадратного сечения

Таблица 8

Результаты определения значений выходной величины в точках плана

Выходная величина		Значения выходной величины								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Прочность на изгиб	1	0,476	1,253	0,433	0,997	0,494	0,759	0,816	0,565	0,681
	2	0,523	1,019	0,370	0,938	0,493	0,608	0,720	0,500	0,584
	3	0,218	1,084	0,429	1,033	0,348	0,701	0,542	0,454	0,735

В таблице 8 представлено 9 значений, но в двухфакторном регрессионном анализе используются только 8, так как значения при 20 % добавке опилок и 15 % добавке бишофита, по матрице являются нулевыми, и в анализе не используются.

3.1.4. Статистическая обработка результатов эксперимента

Основные статистические параметры выборки определяются по формулам:

$$Y = \frac{\sum Y_i m_i}{n},$$

где Y_i – i -е значение измеряемой величины Y , $i = 1, \dots, k$;

k – количество значений измеряемой величины (членов ранжированного ряда);

n – объем выборки (количество замеров в выборке).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2 m_i}{n - 1}},$$

Среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонение были определены в программе «Статистика».

Проверка выборок на наличие грубых ошибок:

Для проверки используется распределение критерия Стьюдента.

По числу степеней свободы $f = n - 1$ и уровню значимости q

(в деревообработке $q = 0,05$) определяют табличное значение критерия Стьюдента $t_{\text{табл}}$. Для любого проверяемого элемента выборки Y_i определяют расчетное значение критерия Стьюдента t_p :

$$t_p = \frac{|Y_i - \bar{Y}|}{S}.$$

Если выполняется соотношение $t_p \leq t_{\text{табл}}$, то проверяемый результат наблюдений не является грубой ошибкой. Если $t_p > t_{\text{табл}}$, проверяемый замер является грубой ошибкой и должен быть исключен из выборки. Полученные значения занесены в таблице 9.

Таблица 9

Статистическая обработка результатов эксперимента

N	Y	S	t_{расч}	t_{табл}	Вывод
1	0,406	0,16	1,14	4,30	не содержит ошибок
2	1,119	0,12	0,83		не содержит ошибок
3	0,411	0,04	1,15		не содержит ошибок
4	0,989	0,05	1,07		не содержит ошибок

N	Y	S	t_{расч}	t_{табл}	Вывод
5	0,445	0,08	1,15	4,30	не содержит ошибок
6	0,689	0,08	1,07		не содержит ошибок
7	0,693	0,14	1,08		не содержит ошибок
8	0,506	0,06	0,94		не содержит ошибок

3.1.5. Проверка однородности дисперсий

Для проверки используем G–критерий Кохрена. Расчетное значение критерия определяется по формуле:

$$G_p = \frac{S_{max}^2}{\sum s_j^2},$$

где G_p – расчетное значение критерия Кохрена;

S_{max}^2 – дисперсия в j-м опыте;

S_{max}^2 – максимальная из дисперсий. Табличное значение критерия Кохрена

G_T определяется по уровню значимости $q = 0,05$, числу степеней свободы каждой выборки $f = n - 1$ и количеству выборок m . Если выполняется условие $G_p \leq G_T$, дисперсии всех выборок однородны, все выборки принадлежат одной и той же генеральной совокупности, а различие между ними объясняется влиянием случайных ошибок опыта. Результаты проверки представлены в таблице 10.

Таблица 10

Проверка однородности дисперсий

№	S	G_p	G_T	Вывод
1	0,16	0,29	4,30	дисперсии выборок однородны
2	0,12			
3	0,04			
4	0,05			
5	0,08			
6	0,08			
7	0,14			
8	0,06			

3.1.6. Расчет коэффициентов уравнения регрессии и проверка их значимости

Расчет коэффициентов выполнялся в программе «Статистика», полученные результаты представлены в таблице 11.

Таблица 11

Расчет коэффициентов уравнения регрессии

b_0	0,657	значим
b_1	-0,192	значим
b_2	0,039	незначим
b_{11}	-0,272	значим
b_{22}	0,061	незначим
b_{12}	-0,017	незначим
$Y = 0,657 - 0,192x_1 - 0,272x_1^2$		

3.1.7. Проверка адекватности математической модели

Был проведен расчёт значений выходной величины по уравнению регрессии, полученные результаты занесены в таблице 12.

$$Y = 0,657 - 0,192x_1 - 0,272x_1^2.$$

$$\hat{Y}_1 = 0,657 - 0,192 - 0,272 = 0,193$$

$$\hat{Y}_2 = 0,657 + 0,192 - 0,272 = 0,577$$

$$\hat{Y}_3 = 0,657 - 0,192 + 0,272 = 0,737$$

$$\hat{Y}_4 = 0,657 + 0,192 - 0,272 = 0,577$$

$$\hat{Y}_5 = 0,657 - 0,192 + 0,272 = 0,737$$

$$\hat{Y}_6 = 0,657 + 0,192 - 0,272 = 0,577$$

$$\hat{Y}_7 = 0,657$$

$$\hat{Y}_8 = 0,657$$

Значения выходной величины, средние по эксперименту и рассчитанные по квадратичной модели в кодированных обозначениях

N	X ₁	X ₂	\bar{Y}	\hat{Y}
1	+	+	0,41	0,193
2	-	+	1,12	0,577
3	+	-	0,41	0,193
4	-	-	0,99	0,577
5	+	0	0,45	0,193
6	-	0	0,69	0,577
7	0	+	0,69	0,657
8	0	-	0,51	0,657

Определение дисперсии адекватности:

$$S_{ад}^2 = 3[(0,41 - 0,193)^2 + (1,12 - 0,577)^2 + (0,41 - 0,193)^2 + (0,99 - 0,577)^2 + (0,45 - 0,193)^2 + (0,69 - 0,577)^2 + (0,69 - 0,657)^2 + (0,51 - 0,657)^2] = 0,39$$

Дисперсия воспроизводимости: $S_y^2 = 0,09$

Расчетное значение критерия Фишера: $F_p = 0,39/0,09 = 4,34$

Табличное значение критерия Фишера: $F_T = 4,64$

$F_p < F_T$, квадратичная математическая модель адекватна, т.е. позволяет вычислить значения выходной величины с той же точностью, что и результаты эксперимента.

3.1.8. Построение графика и его интерпретация

График был построен в программе «Project41». Сам график представлен на рис. 15:

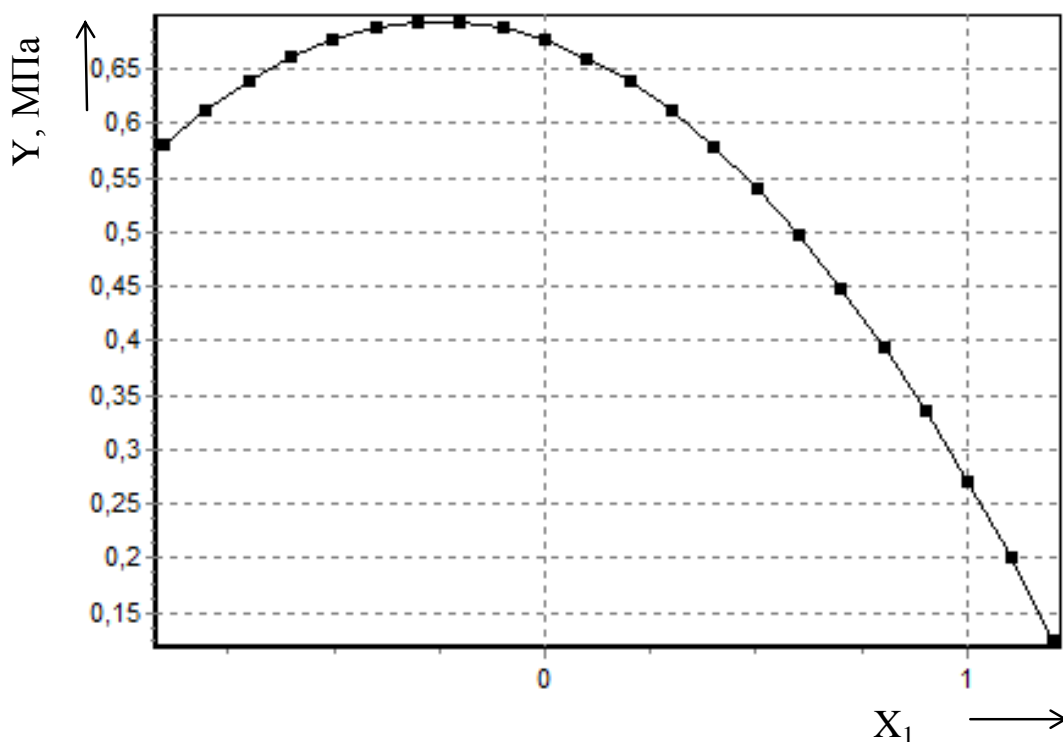


Рис. 15. График зависимости выходной величины Y от фактора X_1

При увеличении в составе легкого бетона доли древесного наполнителя от 10 % до 17 % происходит рост прочности образцов при изгибе. При дальнейшем увеличении доли древесного наполнителя наблюдается интенсивное снижение показателя прочности и при доле наполнителя 27,5 % от массы магнезита прочность при изгибе становится ниже 0,4 МПа. Это объясняется тем, что древесные частицы в количестве до 16 –18 % выступают в качестве армирующего элемента в материале и, имея прочную связь с магнезиальным вяжущим, обеспечивают увеличение прочности при испытаниях образцов на изгиб. Введение в состав легкого бетона древесного наполнителя в количестве более 18 % сопровождается значительным увеличением суммарной удельной поверхности частиц, которые при смешивании с жидкой фазой вяжущего интенсивно набирают влагу, удаляемую впоследствии при затвердевании образцов. Вероятнее всего, из-за большой разницы в содержании влаги в образцах при их приготовлении и твердении, не образуется необходимо-

го количества связей между частицами наполнителя и вяжущим, что приводит к снижению показателя прочности при изгибе.

3.2. Двухфакторный регрессионный анализ прочности древесноминерального композита на сжатие

3.2.1. Определение диапазонов варьирования факторов

Выходная величина в эксперименте Y – прочность образцов при сжатии, МПа. Варьируемые факторы – доля опилок, % и доля бишофита, %.

Полученные значения представлены в таблице 13

Таблица 13

Диапазоны, уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Обозначения уровней		Уровни варьирования			Интервал варьирования
	Натуральные	Кодированные	-1	0	+1	
доля опилок, %	ОП	X_1	10	20	30	10
Доля бишофита, %	Б	X_2	10	15	20	5

3.2.2. Составление плана эксперимента

Матрица ПФП для двух факторов представлена в таблице 14; в ПФП были добавлены звездные точки и значения выходной величины в данных точках.

Таблица 14

Матрица эксперимента в кодированных и натуральных обозначениях

	1	2	3	4	5	6	7	8
ОП(X_1)	30 (+)	10 (-)	30 (+)	10 (-)	30 (+)	10 (-)	20 (0)	20 (0)
Б (X_2)	20 (+)	20 (+)	10 (-)	10 (-)	15 (0)	15 (0)	20 (+)	10 (-)

3.2.3. Проведение эксперимента

В соответствии с диапазоном, уровнем и интервалом варьирования факторов, а также матрицей эксперимента, были отобраны соответствующие половинки балочек, которые остались с проведения прошлого испытания образцов на изгиб. Балочки помещались между двух стальных пластин (33,5x59,8 мм) и сжимались в прессе. Полученные значения занесены в таблице 15.

Таблица 15

Результаты определения значений выходной величины в точках плана

Выходная величина		Значения выходной величины								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Прочность на сжатие	1	3,07	3,11	1,02	1,57	0,71	1,95	2,31	1,34	1,30
	2	2,39	2,60	0,68	1,48	0,51	1,88	2,22	1,37	1,30
	3	1,89	2,18	0,68	1,40	0,98	2,89	2,39	0,65	1,30
	4	1,55	1,24	0,68	1,40	0,98	1,96	1,72	0,85	1,30

В таблице 15 также представлено 9 значений, но используются только 8, в соответствии с методикой проведения двухфакторного регрессионного анализа.

3.2.4. Статистическая обработка результатов эксперимента

Основные статистические параметры выборки и проверка выборок на наличие грубых ошибок были определены по формулам, указанными в пункте 3.1.4. Среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонение также были определены в программе «Статистика». Полученные значения занесены в таблице 16.

Таблица 16

Статистическая обработка результатов эксперимента

№	Y	S	t _{расч}	t _{табл}	Вывод
1	2,23	0,66	1,02	3,18	не содержит ошибок
2	2,28	0,79	1,32		не содержит ошибок

№	Y	S	t _{расч}	t _{табл}	Вывод
3	0,77	0,17	0,50	3,18	не содержит ошибок
4	1,46	0,08	0,77		не содержит ошибок
5	0,80	0,23	1,25		не содержит ошибок
6	2,17	0,48	0,46		не содержит ошибок
7	2,16	0,30	1,46		не содержит ошибок
8	1,05	0,36	1,12		не содержит ошибок

3.2.5. Проверка однородности дисперсий

Проверка однородности дисперсий также была проведена в соответствии с пунктом 3.1.5. Полученные значения занесены в таблице 17

Таблица 17

Проверка однородности дисперсий

№	S	G _p	G _T	Вывод
1	0,66	0,33	0,3910	дисперсии выборок од- нородны
2	0,79			
3	0,17			
4	0,08			
5	0,23			
6	0,48			
7	0,30			
8	0,36			

3.2.6. Расчет коэффициентов уравнения регрессии и проверка их значимости

Расчет коэффициентов выполнялся в программе «Статистика», полученные результаты представлены в таблице 18.

Таблица 18

Расчет коэффициентов уравнения регрессии

b₀	1,405	значим
b₁	-0,352	незначим
b₂	0,565	значим
b₁₁	0,080	значим
b₂₂	0,200	значим
b₁₂	0,160	значим
Y = 1,405+0,565x₂+0,08x₁²+0,200x₂²+0,160x₁x₂		

3.2.7. Проверка адекватности математической модели

Был проведен расчёт значений выходной величины по уравнению регрессии, полученные результаты занесены в таблице 19

$$Y = 1,405 + 0,565x_2 + 0,08x_1^2 + 0,200x_2^2 + 0,160x_1x_2$$

$$\hat{Y}_1 = 1,405 + 0,565 + 0,08 + 0,2 + 0,16 = 2,41$$

$$\hat{Y}_2 = 1,405 + 0,565 + 0,08 + 0,2 - 0,16 = 2,09$$

$$\hat{Y}_3 = 1,405 - 0,565 + 0,08 + 0,2 - 0,16 = 0,96$$

$$\hat{Y}_4 = 1,405 - 0,565 + 0,08 + 0,2 + 0,16 = 1,28$$

$$\hat{Y}_5 = 1,405 + 0,8 = 1,485$$

$$\hat{Y}_6 = 1,405 + 0,8 = 1,485$$

$$\hat{Y}_7 = 1,405 + 0,565 + 0,2 = 2,17$$

$$\hat{Y}_8 = 1,405 - 0,565 + 0,2 = 1,04$$

Таблица 19

Значения выходной величины, средние по эксперименту и рассчитанные по квадратичной модели в кодированных обозначениях

N	X ₁	X ₂	\bar{Y}	\hat{Y}
1	+	+	2,23	2,41
2	-	+	2,28	2,09
3	+	-	0,77	0,96
4	-	-	1,46	1,28
5	+	0	0,8	1,485
6	-	0	2,17	1,485
7	0	+	2,16	2,17
8	0	-	1,05	1,04

Определение дисперсии адекватности:

$$S_{ад}^2 = 5[(2,23 - 2,41)^2 + (2,28 - 2,09)^2 + (0,77 - 0,96)^2 + (1,46 - 1,28)^2 + (0,8 - 1,485)^2 + (2,17 - 1,485)^2 + (2,16 - 2,17)^2 + (1,05 - 1,04)^2] = 2,72$$

Дисперсия воспроизводимости: $S_y^2 = 0,38$

Расчетное значение критерия Фишера: $F_p = 2,72/0,38 = 7,08$

Табличное значение критерия Фишера: $F_T = 8,64$

$F_p < F_T$, квадратичная математическая модель адекватна, т.е. позволяет вычислить значения выходной величины с той же точностью, что и результаты эксперимента.

3.2.8. Построение графиков и их интерпретация

Графики были построены в программе «Project41».

На графике (рис.16) представлена зависимость прочности образцов при сжатии, от доли добавки древесного наполнителя. На верхней половине представлен рост прочности при доле добавки бишофита 20 %, как видно из графика, при доле добавки от 10 % и выше, прочность начинает повышаться (при доле опилок в 20 % прочность равна 2,2МПа, а при 30 % добавке – 2,45 МПа), это можно объяснить тем, что высокая доля добавки опилок выполняет армирующие свойства при сжатии.

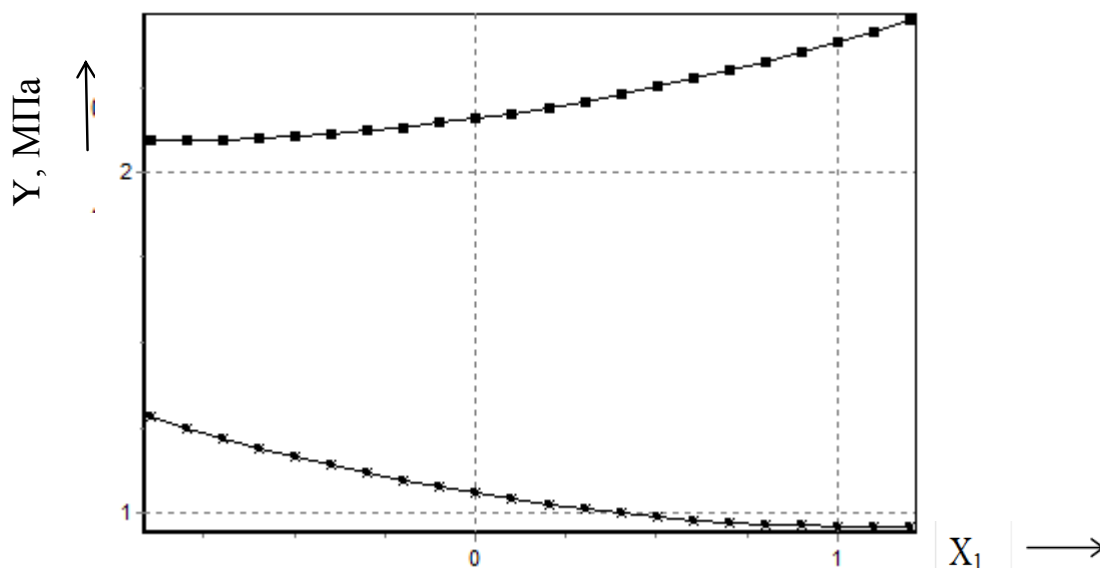


Рис. 16. График зависимости выходной величины Y от фактора X_1

Однако в нижней части графика происходит резкое снижение прочности, от 1,3 МПа при 10 % добавке опилок, до 0,85 МПа при 30 % добавке, дальнейшее повышение доли добавки опилок будет приводить к снижению прочности композита.

На графике (рис.17) представлена зависимость прочности образцов при сжатии, от доли добавки отвердителя (бишофита). Как видно из графика, предел прочности при доле добавки 10 % опилок и добавки 10 % бишофита – 1,3 МПа, дальнейшее повышение доли бишофита будет приводить к увеличению прочности, при 15 % добавке – 1,5 МПа, при 20 % добавке – 2 МПа. Однако, начальная прочность при доле добавки 30 % опилок и добавки 10 % бишофита – 0,95 МПа, но при увеличении доли добавки бишофита до 20 %, прочность вырастает до 2,4 МПа, и при 30 % добавке опилок, дальнейшее увеличение доли отвердителя приведет к большей прочности, чем при 10 % добавке опилок.

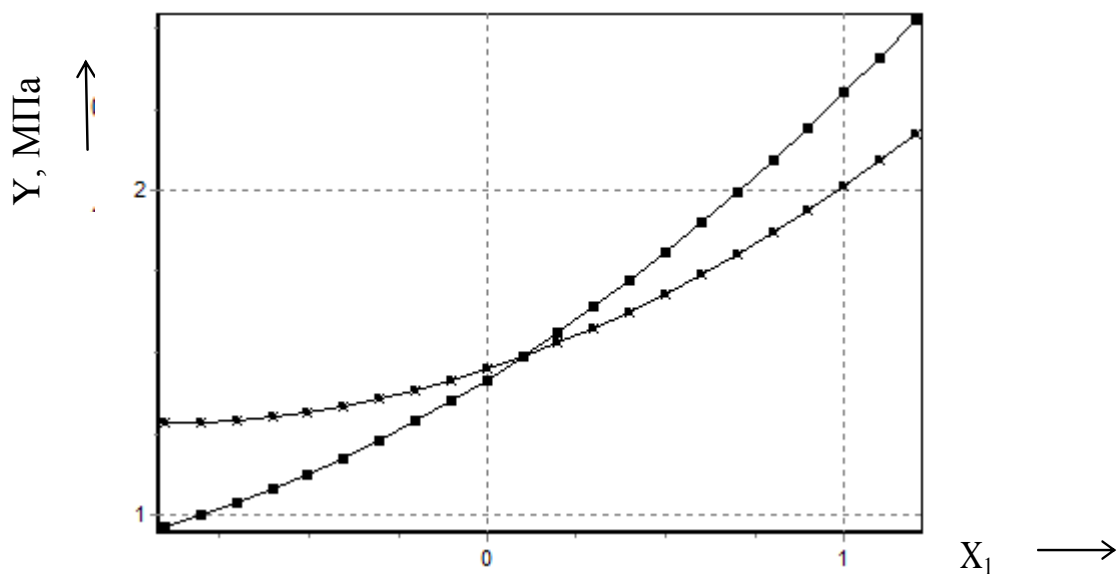


Рис. 17. График зависимости выходной величины Y от фактора X_2

Вывод: Полученные в ходе опытов результаты позволяют определить рациональный состав легкого бетона на магниальном вяжущем. Однако, для проверки гипотезы о влиянии доли древесного наполнителя на прочность

образцов при изгибе необходимо проведение дополнительной серии опытов. Результаты определения прочности образцов при сжатии, показывают, что при увеличении доли опилок на 30 % и выше, приводит к существенному повышению прочности образцов при сжатии, однако, такая большая доля опилок значительно снижает их прочность при изгибе.

3.3. Определение фракционного состава стружки

Фракционный состав древесной стружки, использованной при изготовлении образцов древесноминерального композита, был определен в соответствии с методикой, указанной в пункте 2.4. Полученные результаты представлены в таблицах 20 и 21

Таблица 20

Фракционный состав стружки

№	10	7	5	2	1	0	Сумма
1	0,001	0,004	0,01	0,043	0,018	0,046	0,122
2	0	0,005	0,011	0,039	0,027	0,037	0,119
3	0,001	0,005	0,013	0,043	0,023	0,043	0,128
4	0,002	0,011	0,014	0,037	0,028	0,014	0,106
5	0,001	0,005	0,011	0,036	0,015	0,03	0,098
6	0,001	0,006	0,011	0,033	0,017	0,026	0,094

Таблица 21

Процентное соотношение

	10%	7%	5%	2%	1%	0%
1	0,82	3,28	8,20	35,25	14,75	37,70
2	0,00	4,20	9,24	32,77	22,69	31,09
3	0,78	3,91	10,16	33,59	17,97	33,59
4	1,89	10,38	13,21	34,91	26,42	13,21
5	1,02	5,10	11,22	36,73	15,31	30,61
6	1,06	6,38	11,70	35,11	18,09	27,66

3.4. Определение коэффициента теплопроводности и исследование кинетики твердения древесноминерального композита

3.4.1. Изготовление и подготовка образцов к испытаниям

Для определения коэффициента теплопроводности были изготовлены, в открытых пресс-формах образцы размером 100x100x30 мм.

Было изготовлено 3 разных состава для определения теплопроводности:

1. Образцы без добавок опилок и бишофита (чистый магнезит)
2. Образцы с 20 % добавкой опилок и 20 % добавкой бишофита (20/20)
3. Образцы с 30 % добавкой опилок и 15 % добавкой бишофита (30/15)

Для каждого вида состава было изготовлено по 3 образца.

По прошествии 28 суток получившиеся образцы были распилены по толщине с 30 мм до 19,15 мм с погрешностью $\pm 0,1$ мм, так как для измерения коэффициента теплопроводности в приборе ИТП-МГ 4 (рис. 18), необходимо, чтобы образцы были толщиной 15–25 мм.



Рис. 18. Внешний вид прибора ИТП-МГ 4

3.4.2. Проведение замеров коэффициента теплопроводности и подведение результатов

Методика замера коэффициента теплопроводности:

1. Подключить электронный блок к установке, обращая внимание на положение «ключа» на соединительных разъемах.
2. Подключить сетевой шнур к установке и к сети переменного тока 220В, 50Гц.
3. Открыть установку, для чего:
 - ослабить прижимной микрометрический винт;
 - повернуть против часовой стрелки эксцентриковый замок, освободив поводок коромысла (паз замка направлен вверх);
 - поднять поводок и отвести на 90° подвижную Г-образную стенку установки;
 - поднять коромысло с закрепленной на нем плитой нагревателя;
 - чистой ветошью протереть поверхности нагревателя и термомера, прилегающие к образцу;
 - Установить образец в установку и опустить коромысло.

*зазор между плитой нагревателя и образцом должен составлять от 2 до 5 мм, при необходимости установить зазор, необходимо вращать микрометрический винт.

4. Опустить поводок в паз эксцентрикового замка и, повернув его по часовой стрелке, закрепить поводок[22].

Коэффициент теплопроводности в каждом образце измерялся около 2 часов, после этого образец извлекался и прибор остывал около 15 минут, после чего укладывался другой образец. Полученные результаты представлены в таблице 22.

Результаты определения коэффициента теплопроводности

Образцы	Чистый магнезит	20% опилок; 20% бишофита	30% опилок; 15% бишофита
Коэффициент теплопроводности Вт (м · °С)	0,324	0,246	0,207
	0,370	0,258	0,208
	0,281	0,254	0,175
Плотность, кг/м ³	1232,8	939,6	864,7
	1283,7	989,4	837,3
	1167,5	976,3	753,4
Средний коэффициент Вт (м · °С)	0,325	0,252	0,196

Вывод: самый маленький коэффициент теплопроводности показали образцы с 30 % добавкой опилок и 15 % добавкой бишофита. Средний коэффициент составил 0,196 Вт (м · °С). Это связано с тем, что в данных образцах наибольшая доля добавленных опилок, а значит эти образцы наименьшие по плотности и в них больше пор, что и привело к снижению коэффициента теплопроводности.

3.4.3. Исследование кинетики твердения древесноминерального композита

Так как образцы с 30 % добавкой опилок и 15 % добавкой бишофита, показали наименьший коэффициент теплопроводности, то именно у такого состава было решено исследовать кинетику твердения. Было изготовлено 8 кубиков, размерами 100x100x100 мм. Они были изготовлены в тех же пресс-формах, что и образцы для определения теплопроводности.

Образцы испытывались на прочность при сжатии, испытания проходили в том же прессе, что и испытания в пункте 3.2. Образец представлен на рис. 19:



Рис. 19. Испытание образцов на сжатие

Образцы испытывались парами, в возрасте 7, 14, 21 и 28 суток. Полученные результаты представлены в таблице 23.

Таблица 23

Результаты набора прочности образцов, МПа

	Значения прочности образцов в возрасте, сут							
	7		14		21		28	
№ Образца	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотность, кг/м ³	1074,3	1115,1	885,8	930,4	851,3	836,2	834,3	764,2
Прочность, МПа	0,07	0,08	0,33	0,31	0,47	0,52	0,72	0,61

Также был построен график набора прочности, представленный на рис. 20.

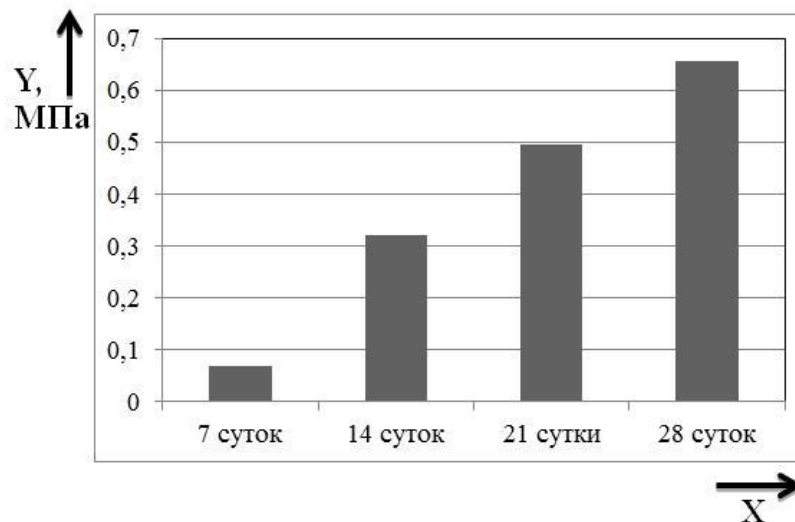


Рис. 20. График кинетики твердения образцов композита при добавке 30 % опилок и 15 % растворе бишофита

Вывод: Как видно из графика, древесноминеральный композит постепенно набирает прочность, но происходит это неравномерно. В первые 7 суток композит набрал прочность до 0,075 МПа, на 14 сутки прочность составила 0,32 МПа, то есть композит набрал за вторые 7 суток – 0,245 МПа, на 21 сутки прочность была – 0,495 МПа, за третьи 7 суток набрано – 0,175 МПа, на 28 сутки прочность композита равна 0,665 МПа, за последние 7 суток было набрано – 0,17 МПа. Наибольший пик набора прочности составил 0,245 МПа в промежутке между 7 и 14 сутками, и далее набор прочности пошел на спад, и составил 0,175 МПа на 21 сутки и 0,17 МПа на 28 сутки. Из этого можно сделать следующее предположение: в период между 7 и 14 сутками, идет активное удаление лишней влаги, которая находится в древесноминеральном композите, дальнейшее её удаление не останавливается, но заметно уменьшается в периоде между 14 и 21 сутками, и продолжает уменьшаться, но уже не так заметно. Скорее всего, после 28 суток идет дальнейшее удаление лишней влаги, но уже меньше, чем в периоде между 21 и 28 сутками.

ГЛАВА 4. ТЕХНИКО –ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Структурная схема технологического процесса производства древесно-минерального композита

Разработанный древесно–минеральный композит на магнизиальном вяжущем и мягких древесных отходах структурно похож на арболит, вяжущим которого выступает портландцемент и наполнителем является древесная щепа. Поэтому организация технологического процесса производства композиционного материала будет не столь существенно отличаться от производства арболитовых блоков.

Предлагается следующая структура схема производства:

1. Заполнитель (древесная стружка) и порошок магнезитовый каоучический (ПМК) загружаются в смесительный аппарат.
2. В смесителе происходит перемешивание компонентов в течение одной минуты.
3. К смеси добавляется затворяющий 15 % раствор бишофита.
4. Продолжается перемешивание компонентов на протяжении двух-пяти минут, после чего готовая смесь подается в дозатор.
5. Дозатор подает смесь на вибропресс с вибростолом.
6. Смесь разравнивается, каждая ячейка получает собственную контактную пластину. Далее вибростол поднимается для достижения уровня трамбовочных плит. Здесь материалы сжимают с применением прессы и форм.

7. Идет установка фиксаторов для контактной пластины, взаимодействующей с формой.

8. После завершения процедуры прессовки форма отправляется в камеру для сушки. В соответствии с нормативными требованиями ГОСТ разрешается штабелирование форм друг на друга, но при условии обязательного использования деревянных блоков. Конкретная температура, при которых блоки сушатся, составляет 80 °С. Микроклимата должно хватать для полного затвердевания блока спустя сутки [23].

Для изготовления композиционных блоков на магнизиальном вяжущем будет использовано следующее оборудование:

1. бетоно-растворомешалка либо смесительный аппарат
2. дозатор
3. пресс-формы
4. вибропресс с вибростолом
5. сушильная камера [24].

Главным отличием от производства арболитовых блоков является то, что при изготовлении арболита идет подача минерализующего раствора (портландцемент, с добавленным минерализатором на основе сульфата алюминия), который перемешивается с заполнителем (древесной щепой). А при производстве композита на магнизиальной основе, необходимо чтобы древесные отходы впитали достаточного количества раствора бишофита, для того чтобы создать армирующий эффект в конструкции композита и предотвратить гниение и появление грибков и бактерий в будущем.

4.2. Расчет производственной программы

Готовое изделие будет иметь стандартный размера блока – $500 \times 200 \times 250$ мм ($0,025 \text{ м}^3$) [25]. Выбор размеров блоков основан на объемно-планировочных параметрах зданий.

- **Длина** – кратна одному метру. Поскольку длина стен дома проектируется в целых метрах, поэтому, к примеру, 12–метровую стену можно выложить ровно из 24 блоков, 5–метровую из 10 и т.д.[26].
- **Ширина** – обусловлена оптимальной толщиной стены из газосиликатного блока – это примерно 300 мм [27]. Так как композит является теплоизоляционным, то несущую часть будет выполнять кирпич, который имеет толщину 120 мм, если к его толщине прибавить толщину композита в 200 мм, то получится, что стена будет иметь общую толщину в 320 мм.
- **Высота** – высота комнат и кухонных помещений не должна быть ниже 2500 мм, а так же у частного дома стандартная высота составляет 2700 – 2900 мм, высота блока в 250 мм позволяет выкладывать стену высотой в 2500 мм из 10 блоков и выкладывать стену 2700 мм из 11 блоков [28].

Производство композиционного материала возможно организовать на предприятии по выпуску арболитовых блоков – «WoodStone». Сейчас данное предприятие выпускает 250 м^3 в месяц [29]. Так как производство арболита и композиционного материала похоже, то по расчетам данное предприятие сможет выпускать:

$$250/0,025 = 10000 \text{ блоков в месяц}$$

$$(250 \cdot 12) / 0,025 = 120000 \text{ блоков в год}$$

Так же существует несколько способов организации производства по выпуску арболитовых блоков в количестве 500 м^3 и 1000 м^3 . При выпуске 500 м^3 предлагается задействовать помещение не менее 250 м^2 , которое включает:

1. Зона производства – 50 м^2
2. Зона выдержки и сушки – 100 м^2
3. Зона складирования готовой продукции – 100 м^2 [30].

При таком выпуске количество блоков составит:

$$500 / 0,025 = 20000 \text{ блоков в месяц}$$

$$(500 \cdot 12) / 0,025 = 240000 \text{ блоков в год}$$

При другом способе организации производства, предполагается выпускать 1000 м^3 . В этом случае будет необходимо организовать 3 линии по производству, работающих в 2 смены. Будет необходима площадь в 1050 м^2 , она состоит из:

1. Зоны производства – 150 м^2
2. Зоны выдержки и распалубки – 900 м^2 [31]

$$\text{Общая площадь будет составлять: } 150 + 900 = 1050 \text{ м}^2$$

При такой организации производства, выпуск материала составит:

$$1000 / 0,025 = 40000 \text{ блоков в месяц;}$$

$$(1000 \cdot 12) / 0,025 = 480000 \text{ блоков в год.}$$

Таким образом, существует 3 разных способа организации производства, все они отличаются по объему выпуска и требуемой площади, несмотря на то что выпуск по второму и третьему вариантам отличается по объему в 2 раза, зона для одной линии производства у них одинакова, у третьего вариан-

та 3 линии производства по 50 м² каждая, это говорит о том, что большую часть площади по третьему варианту занимает зона выдержки и распалубки.

4.3. Затраты на производство древесно–минерального композита

Затраты на производство будут рассчитываться для предприятия, изготавливающего 250 м³ готовой продукции в месяц. Расчет стоимости необходимых материалов представлен в таблице 24. Расчет начальных капиталовложений представлен в таблице 25.

Таблица 24

Стоимость материалов

Материал	Цена, р/кг	Количество материала на производство 1 блока (0,025 м ³), кг	Стоимость материалов на производство 1 блока (0,025 м ³), руб.	Количество материала на годовую программу (3000 м ³), т	Стоимость материалов на годовую программу (3000 м ³), тыс. руб.
Магнезит	16,4	11,75	192,7	1410	23124
Бишофит	72	2,82	203,4	339	24408
Вода	0,0291	15,97	0,465	1917	55,78
Итого	-	-	396,56	-	47587,78

Таблица 25

Капитальные вложения

Оборудование	Расходы, тыс. руб.
Смесительная станция	120
Пресс–формы (30 шт)	110
Комплект ручных трамбовок	15
Сушильная камера	350
Металлические поддоны	30
Дозаторы для смеси, древесных отходов	50
Итого	675

Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 26.

Таблица 26

Расчет суммы амортизации основных фондов

Наименование	Стоимость, тыс. руб.	Амортизация	
		На, %	Сумма, тыс. руб.
1. Оборудования	675	10	67,5
2. Прочие (7)	47,25	10	4,725
Итого:	722,25		72,225

При расчете инвестиционных затрат (таблица 27) следует учесть расходы на создание производственных запасов основных материалов.

Таблица 27

Инвестиционные затраты

Показатели	Сумма, тыс. руб.
1. Инвестиционные затраты, всего	3702,617
- капитальные вложения	675
- производственные запасы основных материалов	2908,142
- прочие основные фонды	47,25
2. Амортизационные отчисления	72,225

Производственные запасы сырья и основных материалов рассчитываются по формуле

$$H_c = Q_{\text{год}} \cdot D / 360,$$

где H_c - производственные запасы сырья и основных материалов, тыс. руб.;

$Q_{\text{год}}$ – годовая потребность сырья и основных материалов, тыс.руб.;

D – норма запасов в днях.

$$H_c = 47587,78 \cdot 22 / 360 = 2908,142 \text{ тыс. руб.}$$

Как видно из таблицы 27, основную долю в инвестиционных затратах составляют расходы на создание производственных запасов.

Расчет предполагаемых расходов без учета расходов на аренду и содержание помещения выполняется по стандартной методике и представлен в таблице 28.

Таблица 28

Себестоимость продукции и прибыль

Элементы	Сумма, тыс. руб.
1. Сырье и материалы (с учетом транспортных расходов)	47587,78
3. Расчет за энергию	10,22
4. Затраты на оплату труда	1800
5. ЕСН (30 %)	540
6. Амортизация ОФ	72,225
7. Прочие затраты, всего в т.ч.	-
а) коммерческие и др. общехоз. расходы (150% от стр. 4)	2700
8. Производственная себестоимость	52710,225
9. Товарный выпуск:	-
а) в натуральном выражении, м ³	3000
10. Выручка (без НДС)	63252,27
11. Прибыль от реализации продукции	10542,042
12. Балансовая прибыль	10528,542
13. Налогооблагаемая прибыль	10528,542
14. Налог на прибыль (20% от стр. 13)	2105,710
15. Чистая прибыль	8422,832
16. Чистая выручка от основной деятельности (стр. 15+6)	8495,057

Полная себестоимость производства годовой программы и одного блока составит 52710,225 тыс. руб. и 439,25 руб. соответственно.

$$52710,225 / (3000/0,025) = 439,25 \text{ руб.}$$

Чистая прибыль предприятия от реализации древесно-магнезитовых блоков составит 8422,832 тыс. руб.

Рентабельность производства продукции составит

$$100 \cdot (63252,27 - 52710,225) / 52710,225 = 20 \%$$

4.4. Сравнение цен строительных материалов на магниальном вяжущем

Похожим по своему составу строительным материалом являются панели из древесного волокна на магнезитовом связующем, для сравнения цены были рассмотрены 3 варианта данных панелей:

1) Размер: 1200x600x25 мм (0,018 м³) – цена от 2661 руб. [32].

2) Размер: 1200x600x15 мм (0,0108 м³) – цена от 1653 руб. [33].

3) Размер: 594x594x15 мм ($\approx 0,0053$ м³) – цена от 904 руб. [34].

Как было сказано в предыдущем пункте, размер блока композиционного материала составит – 500x200x250 мм (0,025 м³), цена за 1 блок равна 439,25 руб.

Для удобства сравнения, все цены были пересчитаны за 1 м³:

1. Цена за панель, объемом 0,018 м³ = $(1/0,018) \cdot 2661 = 147,833$ тыс. руб.

2. Цена за панель, объемом 0,0108 м³ = $(1/0,0108) \cdot 1653 = 153,055$ тыс. руб.

3. Цена за панель, объемом 0,0053 м³ = $(1/0,0053) \cdot 904 = 170,566$ тыс. руб.

4. Цена за композиционный материал, объемом 0,025 м³ = $(1/0,025) \cdot 439,25 = 17,57$ тыс. руб.

Результаты сравнения представлены в таблице 29.

Результаты сравнения строительных материалов

Наименование изделия	Размеры, мм	Объем, м ³	Цена за 1шт, руб.	Цена за 1 м ³ , тыс. руб.
панель из древесного волокна на магнезитовом связующем	1200x600x25	0,018	2661	<u>147,833</u>
	1200x600x15	0,0108	1653	<u>153,055</u>
	594x594x15	0,0053	904	<u>170,566</u>
Композиционный материал	500×200×250	0,025	439,25	<u>17,57</u>

Вывод: как видно из таблицы, цена композиционного материала меньше всех цен из представленных панелей, цена первой панели больше в 8,41 раз; цена второй панели больше в 8,71 раз; цена третьей панели в 9,7 раз.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Неиспользуемые древесные отходы являются отличным наполнителем для легких бетонов, так как коэффициент теплопроводности древесины очень низок, так же они хорошо впитывают различные растворы, что дает широкие возможности использования различных вяжущих веществ.

2. При затворении порошка магнезитового каустического (ПМК – 75), раствором бишофита (хлористого магния 6-водного ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)) образуется цементный камень, плотностью от 1150 до 1300 кг/м³.

3. Благодаря образованию высокой плотности, возможно добавление древесных отходов (стружки, опилок, щепы) различных фракционных составов без дополнительной обработки.

4. Так как нет граничного слоя, между наполнителем и магнезиальным вяжущем, возможно образование химических связей между молекулами целлюлозы и магнезиальным вяжущем. Но эта теория требует дальнейших исследований.

5. Древесные отходы, используемые в производстве, должны быть комнатно-сухими, влажность 7 – 18 %. Отходы следует добавлять в порошок и перемешивать в сухом виде, так как они должны пропитаться раствором бишофита, благодаря этому древесина будет защищена от гниения и появления грибков и плесени.

6. Добавлять древесные отходы следует в процентном соотношении от массы используемого порошка, но не менее 10 % и не более 30 % от массы, так как при низкой доли добавки, теплоизоляционные показатели материала фактически не изменяться. Коэффициент теплопроводности начинает существенно понижаться лишь при доли добавки от 20 % и составляет около 0,26 Вт (м · °С); при доли добавки от 30 % и выше коэффициент составляет 0,175

Вт ($\text{м} \cdot ^\circ\text{С}$), однако композит начинает терять прочность и при сжатии его прочность составляет не более 0,8 МПа ($8,16 \text{ кгс/см}^2$), что соответствует классу прочности В 0,5.

7. Чем меньше доля добавляемых древесных отходов, тем выше плотность композита и его эксплуатационные свойства, однако коэффициент теплопроводности также повышается. При 10 % добавке отходов, плотность полученных изделий составила: 1194,1287 и 1410 кг/м^3 ; прочность на сжатие: 2,28; 1,46 и 2,17 МПа. Коэффициент теплопроводности составил: 0,281; 0,324; 0,37 Вт ($\text{м} \cdot ^\circ\text{С}$).

8. Разная концентрация бишофита в растворе, оказывает незначительное влияние на плотность готового изделия, гораздо большее значение имеет количество самого раствора, добавленного в смесь. Если количество добавленного раствора будет больше необходимого для образования “нормальной густоты цементного теста”, то у блока будет снижен показатель прочности. Вероятнее всего, это связано из-за большого содержания влаги в образце, не образуется необходимого количества связей между частицами наполнителя и вяжущим, что приводит к снижению показателя прочности.

9. Наименьшее значение коэффициента теплопроводности было получено при 30 % добавке древесных отходов от массы ПМК, и при 15 % концентрации раствора бишофита, и составило 0,175 Вт ($\text{м} \cdot ^\circ\text{С}$); плотность образца – 753,4 кг/м^3 ; прочность при сжатии 0,61 МПа.

10. Древесноминеральный композит постепенно набирает прочность, но происходит это неравномерно. С 7 суток до 14 суток композит набрал прочности на 36,84 %, с 14 суток до 21 суток композит набрал прочности на 26,31 %, с 21 суток до 28 суток композит набрал прочности на 25,56 %. Максимальная прочность композита составила – 0,665 МПа.

11. При объеме производства в 250 м^3 , цена композиционного материала меньше всех цен из представленных панелей (таблица 5), цена первой па-

нели больше в 8,41 раз; цена второй панели больше в 8,71 раз; цена третьей панели в 9,7 раз, но композит уступает панелям по эксплуатационным показателям, необходимо продолжить исследования в данном направлении с целью обоснования технических и технологических решений, которые обеспечили бы повышение его эксплуатационных характеристик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Магnezит – описание, свойства, месторождение [Электронный ресурс] / Информационный портал «FB.ru». – Режим доступа: <http://fb.ru/article/390221/magnezit---eto-opisanie-svoystva-mestorojdeniya-primenenie> (дата обращения 19.08.2018).
2. Камень магнезит, его свойства [Электронный ресурс] / Сайт о драгоценных и полудрагоценных камнях «Bgems.ru». – Режим доступа: <http://bgems.ru/podelochnye-kamni/magnezit.html> (дата обращения 21.02.2019).
3. Магнезит и магнезитовые плиты, их основные свойства и применение [Электронный ресурс] / Строительный портал «Stroyres.net». – Режим доступа: <http://stroyres.net/vyazhushhie-materialy/neorganicheskie/magnezit> (дата обращения 09.01.2019).
4. Материалы и изделия на магнезиальных вяжущих веществах [Электронный ресурс] / Информационный портал «MSD.com.ua». – Режим доступа: <https://msd.com.ua/sovremennoe-proizvodstvo-stroitelnykh-materialov/materialy-i-izdeliya-na-magnezialnykh-vyazhushhix-veshhestvax/> (дата обращения 18.03.2019).
5. Магнезит и магнезитовые плиты, их основные свойства и применение [Электронный ресурс] / Строительный портал «Stroyres.net». – Режим доступа: <http://stroyres.net/vyazhushhie-materialy/neorganicheskie/magnezit> (дата обращения 09.01.2019).
6. Бесшовные полы, материалы и их свойства. [Электронный ресурс] / Сайт компании «ИЗОТЕХ». – Режим доступа: <http://www.izotech-spb.ru/statyi/floors/3> (дата обращения 13.04.2019).

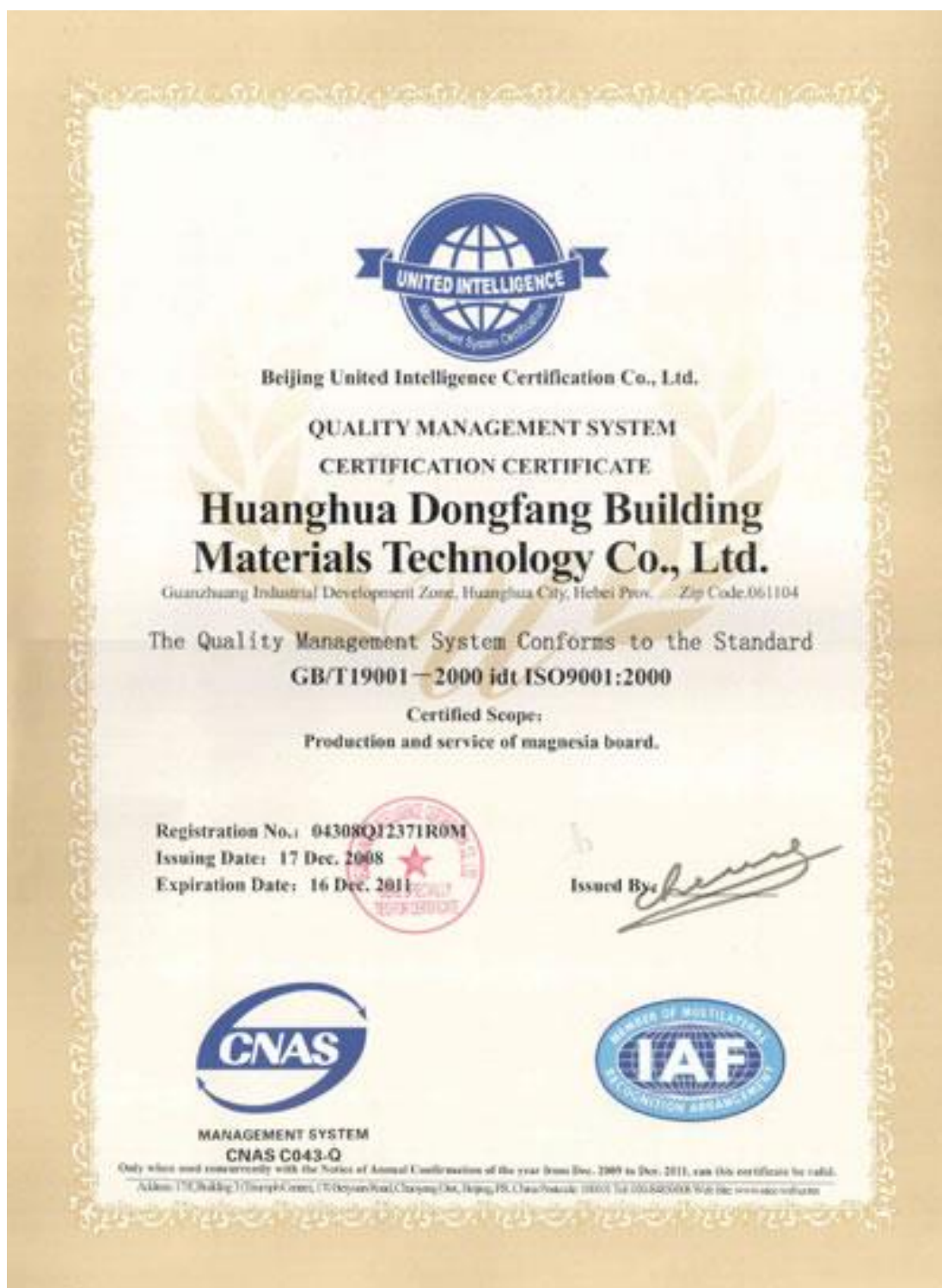
7. Сертификаты соответствия материалов пожарной безопасности. [Электронный ресурс] / Информационный портал «МагнезитДон». – Режим доступа: <http://magnezitdon.ru/material/certif> (дата обращения 3.03.2019).
8. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] / «docs.cntd.ru» – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200014092> (дата обращения 16.01.2019).
9. Сравнение свойств гипсокартона и магнезита [Электронный ресурс] / Сайт предприятия «УКРМАГНЕЗИТ». – Режим доступа: <http://magnesit.com.ua/ru/magnezitovaya-plita-ili-gipsokarton-chto-vybrat/> (дата обращения 20.03.2019).
10. Развитие российского рынка композиционных материалов [Электронный ресурс] / Официальный сайт «РБК+». – Режим доступа: <https://plus.rbc.ru/news/5a93649d7a8aa9696f569340> (дата обращения 06.04.2020).
11. Мировой рынок композитов [Электронный ресурс] / Деятельность Сергея Фахретдинова в Союзе производителей композитов – Режим доступа: <http://sbfakhretdinov.ru/deyatelnost/organisations/?ID=102> (дата обращения 06.04.2020).
12. Об экологической ситуации в Костромской области в 2015 году. [Электронный ресурс]: Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию от 30 ноября 2010 года. // Портал государственных органов Костромской области – Режим доступа: http://www.adm44.ru/i/u/Doklad_20151.pdf (дата обращения: 19.02.2019)
13. *Титунин А.А.* Обоснование необходимости организации ресурсосбережения на деревообрабатывающих предприятиях / Титунин А.А., Каравайков В.М. // Актуальные проблемы лесного комплекса – 2007. – № 18. – С. 145–147.

14. Плеханова Т.А. Магнезиальные композиционные материалы, модифицированные сульфатными добавками / Плеханова Т.А.,// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – 2005. – 139 с.
15. Черных Т.Н. физико-химические закономерности получения энергоэффективных магнезиальных вяжущих веществ с улучшенными характеристиками и материалов на их основе /Черных Т.Н.//Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук –2016.– 329с.
16. Вахнина Т.Н. Теория и технология комп–ных древесных материалов: учеб.пособие. Ч. 1. Физико–химические основы разработки древесных композитов / Т.Н. Вахнина. – Кострома: Изд–во КГТУ, 2016. – 143 с.
17. ГОСТ Р 54854–2011 «Бетоны легкие на органических заполнителях растительного происхождения» [Электронный ресурс] / Электронный фонд «docs.cntd.ru» – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200089413>(дата обращения 5.11.19)
18. ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам [Электронный ресурс] / Электронный фонд «docs.cntd.ru» – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200100908> (дата обращения 5.11.19)
19. Дружинин А.В. Технология клееных материалов / Дружинин А.В., Шадрина Е.В.// Методические указания – Екатеринбург: Изд–во УГЛТУ, 2008. – 14 с.
20. Мельникова Л.В. Технология композиционных материалов из древесины: Учебник для студентов спец. "Технология деревообработки". 2-е издание, испр. и доп.-М.:МГУЛ,2004.-234с.:ил.
21. ГОСТ 1216-87 Порошки магнезитовые каустические. Технические условия (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс] / Электронный

- фонд «docs.cntd.ru» – Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/1200014092> (дата обращения 5.11.19)
- 22.Измеритель теплопроводности ИТП–МГ 4. Руководство по эксплуатации Э12.102.010 РЭ
- 23.Технология производства арболитовых блоков [Электронный ресурс] /Информационный портал «Бетон и не только». – Режим доступа: <https://betonov.com/vidy-betona/arbolit/arbolitovye-bloki-proizvodstvo.html/> (дата обращения 15.04.2020).
- 24.Производство арболита: технология, оборудование [Электронный ресурс] /Информационный портал «Бетон и не только». – Режим доступа: <https://betonov.com/vidy-betona/arbolit/proizvodstvo-arbolita.html/> (дата обращения 15.04.2020).
- 25.Оборудование для производства арболитных блоков [Электронный ресурс] / Бизнес портал «biznesprost.com». – Режим доступа: <https://biznesprost.com/otkryt-biznes/proizvodstvo-arbolitovyh-blokov.html/> (дата обращения 16.04.2020).
- 26.Виды и размеры арболитных блоков [Электронный ресурс] / Интернет журнал «KBЛОК» <https://kblok.ru/blog/razmery-arbolita/> (дата обращения 17.04.2020).
- 27.Оптимальная толщина стен [Электронный ресурс] / Информационный портал «Бетон и не только». – Режим доступа: <https://betonov.com/vidy-betona/gazosilikat/tolshchina-sten-iz-gazosilikatnyh-blokov.html/> (дата обращения 17.04.2020).
- 28.Стандартная высота потолков в частном доме [Электронный ресурс] / Информационный портал о стройке и ремонте «СТРОЙ подсказка». – Режим доступа: <https://stroy-podskazka.ru/dom/vysota-potolkov/> (дата обращения 18.04.2020).

29. Производство арболита [Электронный ресурс] / Сайт производителя «WoodStone». – Режим доступа: <https://arbolit44.ru/proizvodstvo-arbolita-v-kostrome/> (дата обращения 19.04.2020).
30. Расчет цеха по производству арболита [Электронный ресурс] / Информационный портал о стройке и ремонте «BAYGLOBAL». – Режим доступа: <https://bayglobal.ru/kreditovanie/raschet-ceha-po-proizvodstvu-arbolita-kuda-privedet-biznes-plan-po.html> / (дата обращения 20.04.2020).
31. Бизнес-план по производству арболитовых блоков [Электронный ресурс] / Официальный сайт производителя «ОКБ СФЕРА». – Режим доступа: <https://okbsfera.ru/articles/biznes-plan-arbolit/> (дата обращения 20.04.2020).
32. Панель из древесного волокна на магнезитовом связующем 1200x600x25 мм [Электронный ресурс] / Товары и услуги в Костроме – портал «Kostroma.tiu.ru». – Режим доступа: <https://kostroma.tiu.ru/p261428463-paneli-drevesnogo-volokna.html/> (дата обращения 25.04.2020).
33. Панель из древесного волокна на магнезитовом связующем 1200x600x15 мм [Электронный ресурс] / Товары и услуги в Костроме – портал «Kostroma.tiu.ru». – Режим доступа: <https://kostroma.tiu.ru/p261428461-paneli-drevesnogo-volokna.html/> (дата обращения 25.04.2020).
34. Панель из древесного волокна на магнезитовом связующем 1200x600x15 мм [Электронный ресурс] / Товары и услуги в Костроме – портал «Kostroma.tiu.ru». – Режим доступа: <https://kostroma.tiu.ru/p261428466-paneli-drevesnogo-volokna.html/> (дата обращения 25.04.2020).







**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ
В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ростовской области

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

№ 61.РЦ.10.150.П.000750.02.08 от 19.02.2008 г.

Настоящим санитарно-эпидемиологическим заключением удостоверяется, что продукция:

Строительные материалы: противопожарная плита

изготовленная в соответствии
Контракт № НКЕ0701029 от 26.11.2007г.

СООТВЕТСТВУЕТ (НЕ СООТВЕТСТВУЕТ) санитарным правилам
(исключено зачеркнуть, указать полное наименование государственного санитарно-эпидемиологического правила и норматива):

СП 2.6.1.758 - 99 "Нормы радиационной безопасности" (НРБ -99)

Организация-изготовитель
МАХТОР HOLDING LIMITED (Китайская Народная Республика)

Получатель санитарно-эпидемиологического заключения
ООО "ТехОдделСтрой", 344002, Ростовская область, г.Ростов-на-Дону, ул.Серафимовича, 58, офис 318
ИНН 6164270180, ОГРН 1076164013155 (Российская Федерация)

Основанием для признания продукции, соответствующей (не-соответствующей) санитарным правилам, являются (перечислить рассмотренные протоколы исследований, заключения учреждения, проводившего исследования, другие рассмотренные документы):

Свидетельство радиационного качества № 26-07/08 от 12.02.2008г., протокол исследования проб строительных материалов № 36 Г-08 от 12.02.2008г., лаборатории радиационного контроля ФГУП "РГСК "Радон"

№1906690

© 2007 Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ
(обязательная сертификация)

№ С-СН.ПБ29.А.00007 ТР 0628552
(номер сертификата соответствия) (учетный номер блока)

ЗАЯВИТЕЛЬ ООО "ТехОтделСтрой", Адрес: Россия, 344082, г.Ростов-на-Дону, ул. Обороны, д. 24, офис 503. ОГРН: 1076164013155. Телефон 8(8632) 27-02-10, факс 8(8632) 27-02-10.
(полное наименование и адрес заявителя)

ИЗГОТОВИТЕЛЬ "Хуэхуа Дуифан ЛТД" - Китай. Адрес: Гуанчуньюйский индустриальный район. Телефон 0317 5908818, факс 0317 5908818.
(полное наименование и адрес изготовителя продукции)

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ОС "Волгоград" ООО "Волганоктест", Россия, 400131, г.Волгоград, пр. Ленина 22А-33, тел/факс (8442) 41-99-73. ОГРН: 1053444034500. Аттестат рег. № ССПБ.РУ. ПБ29 выдан 23.04.2009г. МЧС России. Центральным органом Системы сертификации в области пожарной безопасности в Российской Федерации.
(полное наименование и адрес органа по сертификации)

ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО ПРОДУКЦИЯ Противопожарная плита (плита магнетитовая). Партия: 12127,776 кв.м. Контракт № НХЕ0701029 от 26.11.2007г.
(информация об объекте сертификации, наименование и кодификация объекта)

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА (ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ) ГОСТ 30244-94 "Материалы строительные. Метод испытания на горючесть" (Раздел 5, п.5.2)
(полное наименование технического регламента (технического регламента), на соответствие требованиям которого (каждого) производится сертификация)

ПРОВЕДЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ИСПЫТАНИЯ) И ИЗМЕРЕНИЯ Схема сертификации бс. Протокол сертификационных испытаний № 02-С/09 от 22.09.2009г. ИЛ ГУ "СЭУ ФПС ИПЛ по Ростовской области". Аттестат рег. № ССПБ.РУ. ИИ120 выдан 23.04.2009г.
(полное наименование и адрес органа по сертификации)

ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ ДОКУМЕНТЫ Плиты магнетитовые. Технические условия ТУ 5766-001-80403410-2009
(полное наименование документов, представленных заявителем в орган по сертификации в качестве доказательства соответствия продукции требованиям технического регламента (технического регламента))

СРОК ДЕЙСТВИЯ СЕРТИФИКАТА СООТВЕТСТВИЯ с 24.09.2009 по -



Руководитель (заместитель руководителя) органа по сертификации
П.В. Мусохрапов
(подпись, инициалы, фамилия)

Эксперт (эксперты)
Е.А. Стажко
(подпись, инициалы, фамилия)