Министерство образования и науки Российской Федерации

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования*

«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.И. ПОЛЗУНОВА» (АлтГТУ)

Кафедра *Технология переработки пластических масс и эластомеров*

УДК 674.817-41: 692.23 Допустить к защите в ГАК

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.М. Чемерис

подпись и.о., фамилия

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2012г.

*ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КОРЫ СОСНЫ*

тема работы

**Пояснительная записка   
к дипломной работе**

**ДР 240502.09.000 ПЗ**

обозначение документа

Дипломник группы ТППиЭ-71 П.В. Иванов

и.о., фамилия

Руководитель работы - доцент, к.х.н. Н.П. Мусько

должность, ученая степень и.о., фамилия

Консультанты:

*Экономика, организация*

*и планирование* - доцент, к.т.н. Л.В. Полякова

раздел проекта должность, ученая степень подпись и.о., фамилия

*Охрана труда и охрана*

*окружающей среды* - доцент, к.х.н. А.А. Вихарев

раздел проекта должность, ученая степень подпись и.о., фамилия

БАРНАУЛ 2012

**Реферат**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

2

***ДР 240502.09.000 ПЗ***

Разраб.

Иванов П.В.

Провер.

Мусько Н.П.

Н. Контр.

Мусько Н.П.

Утв

Чемерис М.М.

Теплоизоляционные материалы на основе коры сосны

Лит.

Листов

*АлтГТУ,ФПХП,ТППиЭ-71 ИФФ,*грСАПР -31 31

В данной работе проведено изучение влияния условий модификации коры сосны методом взрывного автогидролиза для последующего изготовления плитных теплоизоляционных материалов на их свойства.

В результате проведенных исследований, при различных условиях были получены плитные материалы, проведено исследование методом ЯМР 13С, исследована теплопроводность каждого образца. На основе полученных данных составлены сводные таблицы зависимости теплопроводности от условий парового взрыва.

В экономической части произведен расчет продолжительности выполнения этапов и затрат на научно-исследовательскую работу. Наибольшую часть в структуре себестоимости занимают затраты на оплату труда, что говорит о трудоемкости НИР.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» рассмотрены вопросы техники безопасности при работе в лаборатории, опасные и вредные производственные факторы и их влияние на человека, пожарная профилактика и расчет искусственного освещения.

Дипломная работа содержит: страниц печатного текста, рисунков, таблиц и литературных ссылок.

**Список используемых сокращений**

ЛЦМ – лигниноцеллюлозный материал;

ВАГ – взрывной автогидролиз;

ЯМР – ядерно-магнитный резонанс;

ФПЕ – фенилпропановая единица;

ГМЦ – гемицеллюлозы;

РВ – редуцирующие вещества;

ДВП – древесноволокнистые плиты;

ДСП – древесностружечные плиты;

ЛГП – легкогидролизуемые полисахариды.

**Содержание**

Введение…………………………………………………………..….…..7

1 Литературный обзор…………………………………………..….…..8

1.1 Применение сосновой коры…………………………………….…..8

1.2 Строение, состав и свойства древесной коры……………….….…..9

1.2.1 Анатомическое строение коры хвойных пород дерева………....9

1.2.2 Химический состав коры………………………………………….11

1.3 Классификация теплоизоляционных материалов………………...19

1.4 Основные характеристики теплоизоляционных материалов…..…21

1.4.1 Плотность…………………………………………………………..22

1.4.2 Пористость………………………………………………………..23

1.4.3 Теплопроводность и теплоемкость……………………………..24

1.4.4 Теплоустойчивость………………………………………………..26

1.4.5 Влажность и водопоглощение…………………………………..27

1.4.6 Паропроницаемость, водонепроницаемость, водоустойчивость.28

1.4.7 Химическая и биологическая стойкость……………………….29

1.4.8 Прочность, сжимаемость, упругость, гибкость и уплотнение….31

1.4.9 Линейная температурная усадка, средний диаметр волокна и содержание органических веществ……………………………………………33

1.4.10 Огнестойкость……………………………………………………33

1.4.11 Экологическая и технологическая безопасность теплоизоляционных материалов и конструкций………………………………34

1.5 Теплоизоляционные материалы на органической основе………35

2 Методическая часть……………………………………………….…41

# 2.1 Установка для получения волокнистой массы паровым взрывом…………………………………………………………………………...41

2.2 Методика проведения взрывного автогидролиза…………………43

## 2.3 Прессование плитных материалов.................………………………44

2.4 Определение коэффициента теплопроводности…………………44

## 2.5 Определение плотности…………………………………………….49

2.6 Определение пористости……………………………………………49

## 2.7 Определение целлюлозы по методу Кюршнера и Хоффера……...50

# 2.8 Определение лигнина с 72%-ной серной кислотой в модификации Комарова…………………………………………………………………………51

# 2.9 Определение массовой доли редуцирующих веществ в гидролизатах по методу Макэна и Шоорля…………………………………..52

### 2.10 Анализ методом ЯМР-спектроскопии……………………………54

3 Обсуждение результатов…………………………………………….55

4 Организационно-экономическая часть……………………………..64

4.1 Перспектива развития лесохимической промышленности в Алтайском крае…………………………………………………………………64

## 4.2 Организация, планирование и контроль НИР…………………..67

4.2.1 Разработка плана работы………………………………………..68

4.2.2 Определение удельного веса каждого этапа в трудоемкости всей темы………………………………………………………………………………70

## 4.2.3 Определение степени нарастания технической готовности по этапам…………………………………………………………………………….71

4.2.4 Расчет продолжительности выполнения этапов……………….71

4.3 Расчет затрат на НИР………………………………………………73

4.3.1 Затраты на сырье и материалы…………………………………73

## 4.3.2 Электроэнергия на технологические цели………………………73

4.3.3 Оплата труда исполнителей НИР………………………………..74

4.3.3.1 Расчет численности исполнителей по теме……………………74

4.3.3.2 Расчет фонда оплаты труда……………………………………76

4.3.3.3 Страховые выплаты……………………………………………78

4.3.4 Расчет стоимости приобретаемого оборудования…………….78

## 4.3.5 Амортизация………………………………………………………78

4.3.6 Общелабораторные расходы…………………………………….79

4.3.7 Накладные расходы………………………………………………79

## 4.3.8 Смета и структура затрат на НИР……………………………….80

4.4 Эффективность НИР………………………………………………..81

5 Охрана труда…………………………………………………………83

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов………83

5.2 Микроклиматические условия…………………………………….84

5.3 Производственное освещение……………………………………..85

5.4 Расчет освещения…………………………………………………..85

5.5 Электробезопасность……………………………………………….90

5.6 Пожарная безопасность…………………………………………….90

5.7 Мероприятия по снижению негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов…………………………………………92

5.8 Охрана окружающей среды………………………………………..93

Заключение………………………………………………………………94

Список литературы……………………………………………………...95

# Приложение А…………………………………………………………...99

**Введение**

Древесина – это один из наиболее важных природных материалов. В результате любой переработки древесины образуются многотоннажные отходы. Поэтому по–прежнему остро стоит вопрос о проблеме утилизации растительных отходов, количество которых увеличивается из года в год. Крупнотоннажные отходы растительного происхождения – щепа, опилки и стружка до сих пор являются неликвидным побочным продуктом. Ограничен круг технологий, позволяющих эффективно и с положительным экономическим эффектом утилизировать древесные отходы.

Одним из направлений использования растительных остатков является производство композиционных материалов – древесноволокнистых и древесностружечных плит (ДВП, ДСП), применяемых в строительстве и мебельной промышленности. Существующие в настоящее время технологии производства строительных материалов базируются на использовании в качестве связующего вещества фенолформальдегидных или мочевиноформальдегидных смол. Последние опасны для человека не только при их производстве, но и в композиционных материалах. Кроме того, синтетические связующие очень дороги – их стоимость составляет большую часть стоимости готового изделия. В связи, с чем активно ведутся исследования по разработке новых технологий изготовления плитных материалов. В работах проводимых на нашей кафедре используется альтернативный метод изготовления плитных материалов. В основе метода лежит глубокая физико–механическая модификация под действием острого пара. Было предложено исследовать теплофизические свойства получаемых материалов. На примере коры сосны были получены теплоизоляционные плитные материалы. В используемом методе все составляющие, необходимые для изготовления плитных материалов, получаются в результате гидротермической обработки коры из ее компонентов.

**1 Литературный обзор**

**1.1 Применение сосновой коры**

В настоящее время сосновая кора применяется мало, в основном это мульчирование почвы, либо просто сжигание как древесных отходов. Рассмотрим применение сосновой коры как мульчи подробнее.

Кора сосновых деревьев, уложенная вокруг основания растений, подходит для кустарников и деревьев. Кроме того, сосновая кора хороша и при засухе и при затяжных дождях, так как не пропускает излишнюю влагу в почву и, вместе с тем, препятствует её интенсивному испарению.

Мульчирование сосновой корой сокращает время, потраченное на содержание сада, и улучшает его вид. С эстетической точки зрения растения на фоне мульчи выглядят привлекательнее и аккуратнее.

Измельчённая кора сосновых деревьев (мульча) давно и успешно применяется в ландшафтном дизайне. Мульчирование сосновой корой – обязательный элемент обустройства посадок хвойников, вересков, рододендронов и азалий.

Небольшой участок, засыпанный измельчённой сосновой корой, долго не зарастёт травой и будет выглядеть весьма привлекательно в декоративном отношении.

Кора может оставаться на земле 2-3 года. Измельченной корой можно посыпать дорожки, что будет препятствовать попаданию дождевой воды в почву. Мульча из древесной коры предохраняет почву от излишнего испарения, устраняет резкие колебания температуры: летом почва меньше нагревается, а влажные и прохладные условия у корней растений более благоприятны для их роста; зимой почва лучше сохраняет тепло, уменьшается её промерзание.

Мульча из коры подавляет рост сорняков, некоторых даже полностью, и препятствует попаданию новых семян в почву. Под мульчирующим слоем не образуется корка. Мульча защищает растения от размыва поверхностным стоком воды и уменьшает разбрызгивание. Укрытие почвы корой сдерживает рост и развитие некоторых вредителей и болезней.

**1.2 Строение, состав и свойства древесной коры**

**1.2.1 Анатомическое строение коры хвойных пород дерева**

На втором месте по значению среди тканей дерева стоит кора. Она составляет примерно 10 ÷ 20 % ствола, в зависимости от породы дерева и условий роста. Так, для сосны это значение составляет 10 ÷ 17 %. Для дерева в целом наиболее высокая доля коры оказывается в ветвях и вершине, 20 ÷ 35 % [15]. Доля коры в комлевой части и корнях больше, чем в стволе.

На границе между собственно древесиной и корой находится камбий. Этот слой живых клеток производит клетки ксилемы и флоэмы соответственно по направлению к внутренней или наружной части ствола. Флоэма, или внутренний слой коры, состоит из проводящих, склеренхимных и паренхимных клеток. Во флоэме деревьев хвойных пород проводящими элементами являются ситовидные клетки — относительно узкие клетки с заостренными концами, расположенные вертикальными рядами. Стенки ситовидных клеток перфорированы. Многочисленные мелкие поры образуют ситовидные поля. Ситовидные клетки — это живые клетки с плазматическим содержимым, но без ядра. Содержимое клеток связано тонкими плазматическими нитями (плазмодесмами), которые проходят через поры ситовидных полей. Ситовидные клетки и трубки проводят продукты ассимиляции из листьев вниз по стволу.

К склеренхимным клеткам относятся лубяные волокна и каменистые клетки. Лубяные волокна представляют собой длинные толстостенные клетки с заостренными, перекрывающими друг друга концами. Они располагаются обычно тангенциальными рядами. Каменистые клетки (склереиды) имеют многогранную форму. Они происходят из паренхимных клеток, у которых утолщены и лигнифицированы стенки. Содержание волокон и каменистых клеток варьирует в широких пределах [15]. Кора деревьев хвойных пород бедна волокнами. Наибольшую долю волокон из деревьев хвойных пород обнаружили у дугласовой пихты (Pseudotsuga ttienziesii) — 5 %. Кора деревьев хвойных пород содержит больше склереид(22 ÷ 26 %) [15].

Третью группу составляют паренхимные клетки, которые образуют основную массу ткани флоэмы. Паренхимные клетки располагаются вертикальными полосами или распределяются среди ситовидных клеток. Флоэма также содержит лучи из паренхимных клеток, подобные по строению лучам ксилемы. Лучи флоэмы продолжают лучи ксилемы и выполняют функцию проведения продуктов метаболизма в радиальном направлении. На некотором расстоянии от камбия радиальное расположение лучей нарушается, они принимают в поперечном сечении волнистый вид. В результате увеличения числа клеток лучи могут расширяться и во внешней части флоэмы принимать аркоподобную форму [12].

Кору хвойных древесных пород, пронизывают смоляные каналы, окруженные эпителиальными клетками. Еще одним типом паренхимных клеток являются клетки сопровождающей паренхимы, тесно связанные с ситовидными клетками и ситовидными трубками.

Во флоэме заметны сезонные изменения размеров клеток, аналогичные образованию ранней и поздней древесины и связанные со старением, подобно образованию ядровой древесины. В наружной части внутреннего слоя коры проводящая функция у ситовидных клеток и трубок ослабевает; ситовидные пластинки закупориваются отложениями каллозы. Наиболее резкие изменения наблюдаются в самой наружной части флоэмы, где начинается образование новой ткани — наружного слоя коры (корки). Корка в основном представляет мертвую ткань, в клетках которой появляются различные отложения. Ее функция — защита ствола от поражения микроорганизмами и потерь воды [15].

Для корки характерно сплющивание ситовидных клеток и трубок и расширение клеток вертикальной паренхимы. Этот процесс называют облитерацией. Облитерированную флоэму прерывают имеющие неправильную форму слои перидермы, которая содержит вновь образовавшиеся камбиальные клетки. Перидерма состоит из трех слоев: пробкового камбия (феллогена), состоящего из клеток начальной меристемы; феллемы — слоя пробковых клеток, образованных феллогеном с внешней стороны; феллодермы — слоя клеток, образованных феллогеном с внутренней стороны.

Пробковые клетки, обычно тонкостенные, содержат несколько слоев суберина, внедренного в клеточные стенки. Их наружные тангенциальные стенки часто утолщены.

В зависимости от породы дерева клетки феллодермы, смежные с феллогеном, могут быть тонкостенными, либо развиваться в склереиды. У видов Pinus клетки феллодермы имеют утолщенные лигнифицированные стенки, а по мере старения, т. е. с увеличением расстояния от феллогена, эти клетки становятся все крупнее, а их стенки — тоньше [14].

**1.2.2 Химический состав коры**

Химический состав коры значительно отличается от состава древесины. В коре больше золы, очень высокое содержание веществ, растворимых в горячей воде, меньше целлюлозы и пентозанов. В коре имеется множество дубильных и красящих веществ и, кроме того, содержится суберин, который практически отсутствует в древесине.

Характерной особенностью коры также является высокое содержание полиуроновх кислот, входящих в состав пектиновых веществ, которых в ней значительно больше, чем в древесине [1].

Результаты анализа элементного состава (табл. 2) показывают, что как корка, так и луб нижней части ствола имеют повышенное содержание неорганических элементов и углерода. Массовая же доля кислорода, азота и фосфора выше в средней части ствола, т.е. в более молодых тканях коры, что можно объяснить тем, что эти ткани имеют относительно высокую долю живых клеток, участвующих в процессах метаболизма и продуцирующих кислород-, азот- и фосфорсодержащие органические соединения. В старых же тканях, особенно наружной части коры, происходит накопление ароматических конденсированных структур, что объясняет повышенное содержание углерода и сравнительно невысокое содержание водорода. При этом конденсации, по-видимому, подвергаются флавоноиды. На это, в частности, указывает более низкое содержание водорастворимых веществ и сильно увеличенное содержание щелочерастворимых веществ, содержащих полифенольные компоненты, в корке нижней части ствола (табл. 3).

Таблица 2 – Элементный состав и содержание золы в образцах коры нижней (1) и средней (2) частях ствола

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Луб | | Корка | |
| 1Л | 2Л | 1К | 2К |
| Зола | 5,2±0,2 | 2,57±0,13 | 2,1±0,4 | 1,09 |
| Углерод | 47,6±0,5 | 46,1 | 52,8±0,3 | 50,5 |
| Водород | 6,15±0,01 | 6,43 | 5,73±0,13 | 6,64 |
| Кислород | 40,5 | 44,2 | 39,0 | 41,2 |
| Азот | 0,45 | 0,76 | 0,34 | 0,58 |
| Фосфор | 0,072 | 0,079 | 0,016 | 0,22 |

Таблица 3 – Групповой химический состав отдельных частей коры нижней (1) и средней (2) частей ствола

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты | Луб | | Корка | |
| 1Л | 2Л | 1К | 2К |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |  |  |
| Эфирорастворимые вещества | 8,3-0,7 | 6,1±0,3 | 4,5±0,5 | 3,53±0,14 |
| Водорастворимые вещества | 28,3±3,5 | 26,6±0,6 | 5,0±0,2 | 8,3±0,9 |
| Таннины | 11,9 | 9,3±0,5 | 1,25±0,05 | 3,56±0,9 |
| РВ до гидролиза | 2,73 | 3,7±0,6 | 1,0±0,4 | 1,0-0,6 |

Продолжение таблицы 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| РВ после гидролиза | - | 9,23 | 3,0±0,8 | 4,1±0,4 |
| Щелочерастворимые вещества | 33,4±2,2 | 36,8±0,1 | 45,7±3,0 | 32,1±0,5 |
| Целлюлоза | 18,8 | 17,6±0,8 | 17,5 | 26,1±0,2 |
| Лигнин | 2,90±0,09 | 3,2±0,6 | 21,6 | 24,4±4,6 |

Обращает на себя внимание, что содержание основного представителя полифенольных соединений в растениях, лигнина, выше в молодой корке. Снижение массовой доли названного полимера в более старых тканях наружной части коры можно объяснить постепенным возрастанием со временем доли отмерших не накапливающих лигнин клеток луба в этой комплексной ткани.

Содержание эфирорастворимых веществ в коре снижается по мере увеличения высоты ствола. Такая же тенденция прослеживается для водорастворимых веществ луба, что связано с относительно большим количеством в молодой флоэме проводящих тканей и отсюда пониженным содержанием запасающих клеток, накапливающих липиды и таннины.

Изучение фракционного состава эфирорастворимых веществ (табл. 4) показало, что наиболее существенные отличия в количественном содержании фракций липидов по высоте ствола проявляются в лубе. В частности, содержание как нейтральных веществ, так и свободных кислот в нижней части ствола примерно на 30% выше, чем их содержание в более молодой коре.

Разделение свободных кислот на группы родственных соединений позволило установить, что основную роль в изменчивости количественного содержания фракций свободных кислот играют высшие жирные кислоты. Отличия в содержании смоляных кислот и фенолов по высоте ствола незначительны.

В лубе содержание жирных кислот в нижней части ствола заметно выше, в основном, благодаря более высокой концентрации непредельных кислот (табл. 5).

Корка, напротив, накапливает больше свободных кислот в средней части ствола. Причем это связано с активным образованием в наружной части коры таких предельных кислот как докозановая и тетракозановая. Поскольку эти кислоты входят в состав восков как в свободном состоянии, так и в виде сложных эфиров пониженная концентрация докозановой и тетракозановой кислот в свободном состоянии в более старых тканях корки (нижняя часть ствола) объясняется включением их в структуру сложных эфиров, что следует из данных по компонентному составу фракции «связанных» кислот (табл. 6).

Результаты анализа кислот, выделенных после омыления фракции нейтральных веществ, показали, что в нижней части ствола в корке преобладают сложные эфиры предельных кислот, тогда как средняя часть ствола имеет невысокое содержание сложных эфиров. относящихся к воскам. Данные по составу фракции неомыляемых веществ, приведенные в таблице 7, показывают, что в состав сложных эфиров корки входят основные структурные элементы восков - высшие жирные спирты.

Таблица 4. Фракционный состав эфирорастворимых веществ отдельных частей коры нижней (1) и средней частей (2) ствола, % от массы абсолютно сухого образца коры

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Фракции | Луб | | Корка | |
| 1Л | 2Л | 1К | 2К |
| Нейтральные вещества, в т.ч.: | 5,7±0,9 | 3,4 | 1,8±0,5 | 1,7 |
| - неомыляемые вещества | 0,60 | 0,54 | 0,64 | 0,69 |
| - «связанные» кислоты | 3,76 | 2,68 | 0,87 | 0,78 |
| Свободные кислоты, в т.ч.: | 2,1 ±0,9 | 1,5 | 1,7±0,6 | 1,8 |
| - жирные кислоты | 0,40 | 0,22 | 0,19 | 0,60 |
| - смоляные кислоты | 0,51 | 0,41 | 0,47 | 0,58 |
| - «полярные» кислоты | 0,17 | 0,22 | 0,32 | 0,40 |
| - фенолы | 0,43 | 0,35 | 0,15 | 0,28 |

Таблица 5. Состав фракции свободных жирных кислот отдельных частей коры нижней (1) и средней (2) частей ствола, мг на 100 г абсолютно сухого образца коры

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Кислота | Луб | | Корка | |
| 1Л | 2Л | 1К | 2К |
| Пальмитиновая | 33,5 | 51,6 | 1,2 | 18.3 |
| Стеариновая | 5,0 | 4,0 | 6,8 | 8,0 |
| Олеиновая | 162 | 74,7 | 6,8 | 10.7 |
| Линолевая | 118 | 7.6 | - | - |
| Арахиновая | 7,5 | 35,1 | 26,6 | 41,0 |
| Докозановая | 22,4 | 6,7 | 85,8 | 145 |
| Тетракозановая | 13,8 | 37,7 | 56,6 | 139 |

Таблица 6. Состав фракции «связанных» жирных кислот отдельных частей коры нижней (1) и средней частей (2) ствола, мг на 100 г абсолютно сухого образца коры

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Кислота | Луб | | Корка | |
| 1Л | 2Л | 1К | 2К |
| Пальмитиновая | 67,8 | 55,4 | 4,4 | 7,2 |
| Стеариновая | - | - | 1,8 | 1,7 |
| Олеиновая | 1040 | 332 | 37,4 | 11,3 |
| Линолевая | 191 | 103 | 16,5 | 2,1 |
| Лнноленовая | 407 | 60,8 | - | - |
| Докозановая | 127 | 53,1 | 381 | 65,2 |
| Тетракозановая | - | - | 154 | 26,8 |

Таблица 7. Состав фракции неомыляемых веществ отдельных частей коры нижней (1) и средней (2) частей ствола, мг на 100 г абсолютно сухого образца коры

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты | Луб | | Корка | |
| 1Л | 2Л | 1К | 2К |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Изоокгадеканол | - | - | 27 | 0,23 |
| Октадеканол | 6,9 | - | 10 | 0,10 |
| Изононалеканол | 10,4 | - | 5,2 | 0.37 |
| Эйкозанол | 3,5 | 2,5 | 5,2 | 0.17 |
| Докозанол | 6,4 | 5,9 | 12,5 | 0,97 |

Продолжение таблицы 7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Тетракозанол | 0,4 | 13,9 | 5,3 | 0.69 |
| Кампестерин | 18,4 | 14,2 | 7,3 | 9,4 |
| р-С'итостернн | 258 | 198 | 65 | 81 |

Массовая доля стеринов, являющихся основными компонентами нейтральных веществ. меняется в разных частях ствола не очень существенно.

Отличия в количественном содержании нейтральных веществ в лубе разных по высоте частей ствола проявляются в более высокой массовой доле связанных кислот з нижней части ствола (таблица 4), что позволяет сделать вывод о меньшем содержании в молодых тканях флоэмы жиров (ацилглицеролов). По-видимому, это связано, как уже отмечалось, с более высокой долей в молодой флоэме проводящих, а не запасающих, тканей.

Таким образом, выше упомянутое свидетельствует о существенной изменчивости химического состава отдельных частей коры по высоте ствола. Кора нижней части ствола имеет более высокое содержание неорганических элементов и углерода. Распределение отдельных групп органических соединений имеет следующие особенности.

Корка и луб нижней части ствола характеризуются повышенным содержанием эфирорастворимых веществ (липидов). что очевидно связано с накоплением в более старых тканях запасающих веществ (ацилглицеролов). Содержание водорастворимых веществ. включающих таннины и углеводы, снижается по высоте ствола в лубе и повышается в корке. Аналогичная картина наблюдается для щелочерастворимых веществ, содержащих гемицеллюлозы и полифлавоноиды. В то же самое время в более молодых тканях коры наблюдается повышенное содержание лигнина, а в корке и целлюлозы.

Содержание экстрактивных веществ в коре различных деревьев также сильно отличается. То, что есть в одной породе, может отсутствовать в другой. Это различные спирты, карбоновые кислоты, амиды, лактоны, альдегиды, кетоны, фенолы, лигнаны, хиноны, антрахиноны, производные α- и γ - пироны. Воски и жиры: терпены, смолянистые кислоты, фитосцеины и кардиотонические гликозиды, красящие вещества, флафонойдные соединения, антроцианиты и лейкоантроцианиты, флаванол, белки, алкалойды, витамины, и др [5].

После удаления экстрактивных веществ остаток коры обычно составляет 60 ÷ 80 % [5]. Этот остаток можно подразделить на три части: комплекс оксикислот (суберин); лигнин и фенольные кислоты; углеводы.

Суберин – составная часть клеточных стенок пробки. Считают, что он находится в стенках пробковых клеток в виде полиэстолита (полимера оксикислот), который можно растворить омылением, например спиртовой щелочью. Вещество пробки, теряя свою эластичность, превращается в бурую массу, причем суберин представляет собой совершенно свободное вещество.

В коре сосны наибольшую часть занимает лигнин. Содержание его может достигать 80 %, в зависимости от места произростания и климатических факторов. По химическим свойствам лигнин древесины и лигнин коры существенно отличаются друг от друга. Лигнин коры не удается перевести полностью в раствор теми же методами, какими переводится лигнин древесины. Выделенный из коры лигнин значительно более гетерогенен по составу, чем лигнин древесины [1].

Лигнин коры устойчив к щелочи. Часть лигнина коры, устойчивого к щелочи, можно перевести в раствор диоксана в соляной кислоте. Курт и Смит нашли, что диоксанлигнин выделается значительно легче из лубяного волокна наружного слоя коры, чем из лубяного волокно внутреннего слоя коры. Это показывает, что при переходе лубяного волокна внутреннего слоя коры в лубяное волокно наружного слоя связи между лигнином углеводными компонентами ослабевают, возможно, под влиянием пробкового камбия или окисления воздухом [14].

Щелочерастворимую часть лигнина можно извлечь едким натром прямо из коры (после освобождения ее от экстрактивных веществ). Эта часть соответствует фенольным кислотам коры, легкая растворимость которых в щелочи обусловлена довольно высоким содержанием карбоксилов. Фенольные кислоты отличаются от лигнина, кроме того, более низким содержанием метоксилов и в противоположность лигнину древесины не дают цветной реакции с солянокислым флороглюцином [14].

Одна из трудностей, с которыми встречаются при выделении и изучении лигнина коры, заключается в том, что при обычном определении содержания лигнина с 72 процентной серной кислотой в остаток лигнина попадает примесь других веществ. Эти вещества представляют собой высокомолекулярные фенольные кислоты, содержание которых в коре довольно значительное. Нерастворимая в 72 процентной серной кислоте часть коры (освобожденной от экстрактивных веществ) обычно составляет довольно больший процент, чем соответствующая часть в древесине. Содержание же метоксилов в нерастворимом в кислоте остатке в случае коры, наоборот значительно ниже: 4 ÷ 9 % для коры хвойных деревьев и 7 ÷ 15 % для коры лиственных [15].

Фенольные кислоты находятся не в живой коре, а в мертвых пробковых и паренхимных клетках. Эти кислоты, по-видимому, защищают ткани коры от бактерий. Содержание функциональных групп в фенольных кислотах значительно изменяется в зависимости от вида коры.

Чанг и Митчел, исследовав продукты гидролиза коры девяти хвойных и пятнадцати лиственных пород установили, что основную часть продуктов гидролиза углеводов (50 ÷ 70 %) составляет глюкоза. Эти результаты соответствуют распределению сахаров в древесине. Однако кора лиственных деревьев отличается от древесины присутствием в продуктах гидролиза значительных количеств арабинозы. У хвойных деревьев гидролизаты коры часто содержат столько же арабинозы, сколько и ксилозы, а иногда и больше [2].

По сравнению с древесиной содержание целлюлозы в коре низкое, обычно 20 ÷ 30 % и не превышает 35 ÷ 40 % [15].

Особенно богаты целлюлозой лубяные волокна коры. Содержание же целлюлозы в клетках пробки, наоборот, очень низкое [15].

**1.3 Классификация теплоизоляционных материалов**

Теплозоляционные материалы в зависимости от назначения подразделяют на изоляционно-строительные, которые применяют для утепления строительных ограждений, и изоляционно-монтажные — для утепления трубопроводов и промышленного оборудования. Деление это условно, так как некоторые материалы используют как для изоляции строительных конструкций, так для изоляции промышленных объектов [7].

Теплоизоляционные материалы классифицируют по следующим признакам [9]:

1) Форме и внешнему виду:

• штучные (плиты, блоки, кирпичи, цилиндры, полуцилиндры, сегменты);

• рулонные и шнуровые (маты, шнуры, жгуты);

• рыхлые и сыпучие (вата, перлитовый песок и др.).

2) Структуре:

• волокнистые (минераловатные, стекловолокнистые и др.);

• зернистые (перлитовые, вермикулитовые);

• ячеистые (изделия из ячеистых бетонов, пеностекло, пенопласты, совелитовые и др.).

3) Виду исходного сырья:

• неорганические;

• органические;

• композиционные.

4) Плотности:

• на группы и марки, указанные в таблице 1; материалы, которые имеют промежуточные значения плотности, не совпадающие с указанными выше, относятся к ближайшей большей марке.

5) Жесткости:

• мягкие (М) — сжимаемость свыше 30 % при удельной нагрузке 0,002 МПа (минеральная и стеклянная вата, вата из каолинового и базальтового волокна, вата из супертонкого стекловолокна, маты и плиты из штапельного стекловолокна);

• полужесткие (П) — сжимаемость от 6 до 30 % при удельной нагрузке 0,002 МПа (плиты минераловатные и из штапельного стекловолокна на синтетическом связующем);

• жесткие (Ж) — сжимаемость до 6 % при удельной нагрузке 0,002 МПа (плиты из минеральной ваты на синтетическом или битумном связующем);

• повышенной жесткости (ПЖ) — сжимаемость до 10 % при удельной нагрузке 0,04 МПа (плиты минераловатные повышенной жесткости на синтетическом связующем);

• твердые (Т) — сжимаемость до 10 % при удельной нагрузке 0,1 МПа.

6) Теплопроводности:

• класс А — низкой теплопроводности — теплопроводность при средней температуре 298 К (25 °С) до 0,06 Вт/(м·К);

• класс Б — средней теплопроводности — теплопроводность при средней температуре 298 К от 0,06 до 0,115 Вт/(м·К);

• класс В — повышенной теплопроводности — теплопроводность от 0,115 до 0,175 Вт/(м·К);

7) Горючести (СНиП 21-01-97):

• негорючие (Н Г);

• слабогорючие (Г1);

• умеренногорючие (Г2);

• нормальногорючие(ГЗ);

• сильногорючие (Г4).

Таблица 1 – Классификация изоляционных материалов по плотности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение группы | Группа | Марка | Материалы |
| ОНП | Особо низкой плотности | 15; 25; 35; 50; 75 | Минеральная вата марки 75 и менее; каолиновое волокно; пенопоропласты; ультра- и супертонкое стекловолокно; базальтовое волокно; вспученный перлит; плиты минера-ловатные, стекловолокнистые и др. |
| НП | Низкой плотности | 100; 125; 150; 175 | Минеральная вата марки более 75; стеклянная вата из непрерывного стекловолокна; плиты минераловатные на синтетическом связующем; прошивные минераловатные маты и др. |
| СП | Средней плотности | 200; 225; 250; 300; 350 | Изделия совелитовые. вулканиговые, известково-кремнеземистые. перлитоцемент-ные; плиты минераловатные на битумном связующем; шнуры минераловатные и др. |
| ПЛ | Плотные | 400; 450; 500; 600 | Изделия пенодиатомитовые, диатомитовые, из ячеистого бетона; битумолерлит монолитный и др. |

**1.4 Основные характеристики теплоизоляционных материалов**

Для того чтобы успешно решить задачу, поставленную при создании и возведении теплоизоляционной конструкции необходимо чтобы выбранные теплоизоляционные материалы отвечали определенным требованиям. Среди наиболее значимых требований — низкая и постоянная в течение всего времени эксплуатации теплопроводность, способность не разрушаться под воздействием атмосферных явлений и температуры изолируемого объекта, не вызывать коррозии и разрушения изолированного объекта, не препятствовать температурным деформациям изолированного объекта. Срок службы изоляции, как правило, не должен быть ниже срока службы изолированного объекта [3].

Суждение по этим и другим свойствам теплоизоляционных материалов можно вынести после рассмотрения совокупности свойств, определенных общепринятыми методами [3].

**1.4.1 Плотность**

Плотность — величина, равная отношению массы вещества к занимаемому им объему (без учета пор и пустот). Плотность определяют (г/см3, кг/м3, т/м3) по формуле:

ρ = m/V,

где m - масса материала, кг (г, т); V— объем, занимаемый этим материалом, м3 (см3).

Средняя плотность — величина, определяемая отношением массы m тела или вещества ко всему занимаемому объему V включая имеющиеся поры и пустоты. Среднюю плотность ρ (г/см3 , кг/м3 ) для штучных изделий, рулонных и шнуровых материалов, изделий и материалов с плоской поверхностью в состоянии естественной влажности вычисляют по формуле (ГОСТ 17177-94):

ρ = m/[V(1+0,01 W)],

где W — массовая влажность изделия или материала, %.

Знание плотностной характеристики теплоизоляционного материала дает массу информации о его теплоизоляционных и прочностных свойствах. Чем меньше средняя плотность материала, тем меньше его теплопроводность. Однако, чем меньше этот показатель, тем хуже его монтажная прочность и часто больше водопоглощение, а следовательно, такая конструкция может быть менее долговечна [3].

Для различных теплоизоляционных материалов в условиях работы в конкретной конструкции имеется свой оптимум по средней плотности.

Для определения средней плотности необходимо знать массу материала в состоянии естественной влажности, его объем и влажность. Массу материала находят взвешиванием, а влажность — высушиванием образца при температуре (105 ± 5)˚С.

Плотность сыпучих зернистых материалов (вспученных перлитов, вермикулита, совелита- порошка и др.) определяют отношением массы материала, засыпанного в мерный сосуд к объему этого сосуда [3].

Плотность материалов для мастичной изоляции (совелита ньювеля асбестодиатомовых порошков и др.) определяют на отформованных и высушенных образцах-балочках [3].

**1.4.2 Пористость**

Пористость — степень заполнения объема материала порами. Истинной, или обшей, пористостью изделия Пи (%) называют отношение объема пор Vпор к полному объему изделия:

Пи = (Vпор/V)·100.

Во всех случаях Пи = Поткр + Пзакр.

Чем меньше средняя плотность материала, тем больше его пористость. Известно, что чем меньше средняя плотность материала, тем лучше его теплоизоляционные свойства при средней температуре (20 ÷ 25°С) [7] слоя. Это определяется высокой пористостью материалов, т. е. наличием большого количества воздуха в порах, у которого очень низкая теплопроводность (0,027 Вт/(м·К) при температуре 20°С в спокойном состоянии) [3].

Теплоизоляционные свойства материалов зависят не только от числового значения пористости, но и от вида материала, структуры пор, их размеров и формы, степени равномерности расположения пор в материале, а также от того, являются ли поры закрытыми или сообщаются одна с другой и с окружающим воздухом (открытая пористость). Наилучшими теплоизоляционными свойствами обладают материалы с равномерно расположенными мелкими порами. От пористости зависят основные свойства материалов: теплопроводность, водопоглошение, морозостойкость, прочность [7].

**1.4.3 Теплопроводность и теплоемкость**

Теплопроводность — способность материала передавать через свою толщу тепловой поток, возникающий вследствие разности температур на противоположных поверхностях. Различные материалы проводят теплоту по-разному: одни быстрее (например, металлы), другие медленнее (теплоизоляционные материалы).

Теплопроводность характеризуется количеством теплоты (Дж), проходящей в течение 1 ч через образец материала толщиной 1 м, площадью 1 м2, при разности температур на противоположных плоскопараллельных поверхностях в 1 К. Теплопроводность обозначают буквой λ (лямбда) и выражают в Вт/(м·К). К теплоизоляционным относят материалы с теплопроводностью не более 0,175 Вт/(м·К) при средней температуре слоя 298 К и влажностью, нормированной ГОСТами или ТУ [8].

Теплопроводность зависит от средней плотности материала (с увеличением средней плотности теплопроводность возрастает), его структуры, пористости, влажности и средней температуры слоя материала Чем выше пористость (меньше средняя плотность) материала, тем ниже теплопроводность. С увеличением влажности материала теплопроводность резко возрастает, при этом понижаются его теплоизоляционные свойства. Поэтому все теплоизоляционные материалы хранят в помещении или под навесом, а в теплоизоляционной конструкции защищают от попадания влаги покровным слоем.

Зависимость теплопроводности λ от средней температуры теплоизоляционного слоя можно выразить в виде линейной функции:

λ = λ0 + b·tср,

где λ0 — теплопроводность при 273 К, Вт/(м·К);

b — постоянная для данного материала величина, показывающая изменение теплопроводности при увеличении температуры на 1 К (принимается по справочным данным);

tср = (tl - t2)/2 — средняя температура теплоизоляционного слоя, К.

tl, t2 — температура соответственно наружной и внутренней поверхностей теплоизоляционного слоя, К [3].

Из формулы видно, что с увеличением средней температуры теплоизоляционного слоя и постоянной b теплопроводность материала возрастает. Чем меньше плотность теплоизоляционного материала, тем больше значение b.

Теплоемкость — способность материала при нагревании поглощать теплоту. Теплоемкость определяется отношением количества теплоты, сообщаемой телу, к соответствующему изменению температуры:

С= Q/T,

где С — теплоемкость тела, Дж/К;

Q — количество теплоты, сообщаемое телу, Дж;

Т — изменение температуры при нагревании тела, К.

Удельной теплоемкостью называется отношение теплоемкости к массе тела:

с = С/m,

где с — удельная теплоемкость тела, Дж/(кг·К);

m — масса тела, кг.

**1.4.4 Теплоустойчивость**

Теплоустойчивость — способность материалов сохранять свои основные свойства при воздействии положительных (температуростойкость, температуроустойчивость, теплостойкость) или отрицательных (хрупкость, морозостойкость) температур.

Температуростойкость (предельная положительная температура применения) — способность материала сохранять свои свойства (структуру, прочность, теплопроводность и т. д.) при повышенной температуре. Температуростойкость различных теплоизоляционных материалов различна. Так, для пенопластов температуростойкость составляет 60 ÷ 150 ˚С, а для диатомитовых изделий — 900 ˚С [3].

Температуроустойчивость гидроизоляционных рулонных материалов (ГОСТ 2678-94) характеризуется максимальной температурой, при которой отсутствует смещение покровного слоя или вздутие. Материалы, применяемые для гидроизоляционных конструкций, должны не терять свои свойства (размягчаться, расслаиваться) при повышенных температурах или не быть хрупкими при отрицательных температурах. Так, температуроустойчивость должна быть не ниже 40 ˚С (для гидроизоляционных конструкций), а для надземных конструкций и кровли — не ниже 60 ÷ 70 ˚С [8].

Теплостойкость — способность теплоизоляционных материалов выдерживать без изменения структуры и разрушения периодические колебания температуры. Теплостойкость измеряется числом теплосмен, т. е. числом резких изменений воздействующей на материал температуры, которая, как правило, бывает ниже температуры применения. Например, предельная температура применения минеральной ваты 700 ˚С, теплостойкость же ее значительно ниже и в зависимости от числа теплосмен может понижаться до 200 ˚С [3].

При резком колебании температур материал разрушается за счет возникающих в нем вследствие быстрого нагревания и охлаждения внутренних напряжений и, следовательно, неравномерного нагревания материала по всей его массе.

Морозостойкость — способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без признаков разрушения. Вода, находящаяся в порах материала, при замерзании увеличивается в объеме, и образующийся лед давит на стенки пор материала. При этом в материале возникают большие внутренние напряжения, которые постепенно разрушают его. По морозостойкости материалы подразделяют на следующие марки: Мрз 10, 15, 25, 35, 50, 100, 150, 200 и более [7].

Гидроизоляционные материалы проверяют также на атмосфсроустойчивость.

Атмосфероустойчивость материалов — способность гидроизоляционных материалов выдерживать колебания температуры окружающей среды от минусовой до плюсовой и наоборот. Эту величину измеряют коэффициентом атмосфсроустойчивости Ка, соответствующим 500 циклам колебаний температуры. Этот коэффициент не должен быть менее 0,9 для надземных и 0,7 ÷ 0,5 для подземных и гидротехнических сооружений.

**1.4.5 Влажность и водопоглощение**

Тепло- и гидроизоляционные материаты не бывают абсолютно сухими, так как впитывают влагу из окружающего воздуха (сорбционная влажность) или при непосредственном соприкосновении с ней (за счет водопоглощения). С увлажнением теплоизоляционных материалов резко возрастает их теплопроводность, а следовательно, ухудшаются теплозащитные свойства этих материалов и конструкций [3].

Водопоглощение — способность материала впитывать и удерживать в своих порах влагу при непосредственном соприкосновении с водой (например, при погружении). Водопоглощение теплоизоляционных материалов характеризуется количеством воды, которое поглощает сухой материал при выдерживании в воде, отнесенным к массе сухого материала [3].

**1.4.6 Паропроницаемость, водонепроницаемость, водоустойчивость**

Паропроницаемость — способность материалов пропускать водяные пары, содержащиеся в воздухе, под действием разности их парциальных давлений на противоположных поверхностях слоя материала [3].

Парциальное давление — часть общего давления составляющих парогазовой смеси. Парциальное давление водяного пара равно давлению, которое он оказывал бы, занимая весь объем смеси и находясь при температуре смеси.

Парциальное давление водяных паров с повышением температуры возрастает. Таким образом, водяные пары стремятся попасть в область меньшего давления, т. е. на сторону слоя материала с меньшей температурой. Этим объясняется увлажнение изоляции, применяемой для поверхностей с отрицательными температурами. Влага, проникая в слой изоляции с теплой стороны, увлажняет изоляцию, а при температуре ниже нуля замерзает. Это вызывает ухудшение свойств изоляции и ее разрушение.

Паропроницаемость характеризуется коэффициентом паропроницаемости, который определяется количеством водяных паров в мг, проходящих через слой материала площадью 1 м2, толщиной 1 м в течение 1 ч при разности давлений водяного пара на противоположных поверхностях слоя 133,3 Па (1 мм рт. ст.). Размерность этого коэффициента — мг/(Па·м·ч) [7].

Как было сказано выше, при устройстве теплоизоляционной конструкции важно защитить теплоизоляционный материал от увлажнения. В этой связи важно знать такие свойства покрытия тепловой изоляции, как водонепроницаемость и водоустойчивость. Ряд теплоизоляционных материалов также обладают этими качествами [3].

Водонепроницаемость — способность покрытий тепловой изоляции либо самого теплоизоляционного материала не пропускать воду под воздействием гидростатическою давления. Водонепроницаемость (ГОСТ 2678-94) характеризуется временем, в течение которого образец не пропускает воду при постоянном гидростатическом давлении, или гидростатическим давлением, выдерживаемым образцом в течение определенного промежутка времени. Гидростатическое давление (в м или мм) указывается в нормативно-техническом документе на испытуемый материал или конструкцию [8].

Водоустойчивость — важнейшее свойство покрытий тепловой изоляции не терять свои свойства в результате поглощения воды. Так, при воздействии воды некоторые мастичные материалы набухают и разрушаются, листовые материалы — отслаиваются либо расслаиваются. Водоустойчивость (набухание), измеряемая в процентах по объему, не должна превышать для гидротехнических сооружений 0,5 %, для кровли — 1,5% [3].

**1.4.7 Химическая и биологическая стойкость**

Теплоизоляционные и покровные материалы могут разрушаться под воздействием химических и биологических факторов.

Химическая стойкость — способность материалов противостоять разрушающему действию щелочей, кислот, растворенных в воде солей и газов, бензинов, масел и др. Многие теплоизоляционные материалы не обладают этим свойством. Например, пенополистирол стоек к воде, большинству кислот, щелочей и спирту, но растворим в бензине, бензоле, минеральных маслах и эфире. Химическую стойкость теплоизоляционных материалов в конструкции можно увеличить, установив защитное покрытие из штукатурки, пленки, различных листовых материалов, труб и т. д.

Покровные материалы должны быть кислотостойки при рН не ниже 2,0 для надземных сооружений и 5,5 ÷ 6,0 — для гидротехнических и кровли, щелочестойки при рН не более 12 в зависимости от назначения материала. Сульфатостойкость и магнезиальная стойкость определяются допускаемым количеством солей (мг), растворенных в литре воды, которое не должно превышать определенных величин, устанавливаемых для материалов в зависимости от вида изолируемого сооружения [3].

Биологическая стойкость — свойство материалов и изделий долговременно сопротивляться разрушающему действию грибков и бактерий.

Органические теплоизоляционные материалы или неорганические на органических связках под действием температурно-влажностных факторов могут разрушаться вследствие развития в них микроорганизмов, вызывающих гниение и разрушение в процессе эксплуатации. Так, в Средней Азии материалы, содержащие битум, разрушаются под действием микроорганизмов, которые для своего развития поглощают органические составляющие битума [7]. Торфяные теплоизоляционные плиты при повышенных температуре и влажности разрушаются под действием грибков, а минераловатные плиты на крахмальной связке в условиях увлажнения покрываются грибковой плесенью.

Чтобы повысить биологическую стойкость материалов, в них вводят специальные химические вещества — антисептики. В процессе транспортирования, хранения, монтажа материалы должны быть защищены от увлажнения [7].

**1.4.8 Прочность, сжимаемость, упругость, гибкость и уплотнение**

К механическим свойствам жестких теплоизоляционных материалов относят прочность (на изгиб, сжатие, растяжение, трещиноустойчивость), а к свойствам мягких и рыхлых волокнистых теплоизоляционных материалов — сжимаемость под воздействием нагрузок, упругость и гибкость [3].

Прочность — способность материалов сопротивляться разрушению при действии внешних сил, вызывающих деформации и внутренние напряжения в материале [3]. Прочность характеризуется пределом прочности, т. е. наибольшим напряжением в материале, при котором происходит его разрушение.

Прочность теплоизоляционных материалов зависит от структуры, прочности его твердой составляющей (остова) и пористости. Жесткий материал с мелкими порами более прочен, чем материал с крупными неравномерными порами.

Для волокнистых мягких (минераловатные и стскловолокнистые изделия) или волокнистых рыхлых (минеральная или стеклянная вата, асбест) материалов прочность не определяют, так как они не способны воспринимать механические нагрузки без уплотнения. Конструкции из таких материалов должны содержать специальные устройства (разгружающие, опорные), предохраняющие их от уплотнения в процессе эксплуатации. Такие материалы вместо прочностных показателей характеризуются сжимаемостью и упругостью [3].

Сжимаемость (остаточная деформация сжатия) — способность материала под действием внешней нагрузки изменять свой объем и после прекращения действия нагрузки восстанавливать его.

Упругость — свойство материала не полностью восстанавливать  
первоначальную толщину.

Гибкость — способность материала сохранять целостность при его изгибании по цилиндрической поверхности.

Уплотнение волокнистых материалов, происходящее при их хранении, транспортировании, монтаже и эксплуатации, вызывает уменьшение их первоначального объема и, следовательно, увеличение их средней плотности, так как одно и то же количество материала после уплотнения содержится в меньшем объеме.

Уплотнение материалов характеризуется коэффициентом уплотнения Ку, который равен отношению объема материала до уплотнения V1 к объему материала после его уплотнения V2 или соответственно отношению средней плотности материала после уплотнения ρm1 к средней плотности до уплотнения ρm2 [3]:

Ку = V1/V2 = ρm1/ρm2

Учитывая, что с увеличением средней плотности повышается теплопроводность материала, а следовательно, ухудшаются его теплозащитные свойства, уплотняющиеся материалы следует хранить и транспортировать в условиях, предохраняющих их от уплотнения.

Материалы уплотняются также при монтаже. Например, если прямоугольные изделия из волокнистых материалов в виде плит или матов укладывают на трубопроводы или криволинейные поверхности, то их объем уменьшается; соответственно, увеличивается средняя плотность за счет изменения геометрической формы материала при укладке в конструкцию (объем полого цилиндра меньше объема параллелепипеда, из которого он получен). Кроме того, волокнистые материалы уплотняют специально для уменьшения их теплопроводности при применении для изоляции объектов с высокой температурой.

Трещиноустойчивость гидроизоляционного покрытия характеризуется допускаемым размером трещин, который не должен превышать для монолитных конструкций в зависимости от вида сооружений 1 ÷ 5 мм (подземные и надземные соответственно).

**1.4.9 Линейная температурная усадка, средний диаметр волокна и содержание органических веществ**

Линейной температурной усадкой называют уменьшение в размерах некоторых теплоизоляционных материалов при нагревании в процессе эксплуатации (например, известково-кремнеземистые, перлитоцементные и другие материалы).

Усадка материала, которая может достигать нескольких процентов, нормируется ГОСТами или ТУ [8].

Для минеральной и стеклянной ваты дополнительно определяют средний диаметр волокон и содержание органических веществ (для изделий на связующих) [3].

**1.4.10 Огнестойкость**

Огнестойкость — способность материалов выдерживать без разрушения воздействие высоких температур (огня) [7]. Теплоизоляционные материалы по горючести (способности вещества или материала к горению) подразделяют на группы (ГОСТ 30244—94):

* негорючие (несгораемые) — материалы, неспособные к горению в воздухе;
* трудногорючие (трудносгораемые) — материалы, способные возгораться на воздухе от источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления;
* горючие (сгораемые) — материалы, способные самовозгораться, а также возгораться от источников зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Горючие материалы могут быть легко- и трудновоспламеняющимися [3].

**1.4.11 Экологическая и технологическая безопасность теплоизоляционных материалов и конструкций**

В зависимости от состава веществ, из которых выполнены теплоизоляционные материалы, они в определенных условиях могут воздействовать на изолируемые поверхности, окружающую среду, организм человека или животного. В большей степени это относится к органическим утеплителям. В ряде случаев учитывают вредность веществ, которые могут выделяться при пожаре либо увлажнении [6].

Теплоизоляционные материалы при увлажнении или высокой температуре могут вызвать коррозию (разрушение) изолируемой металлической поверхности. Коррозия также может возникнуть при применении увлажненной минеральной ваты, полученной из шлаков с высоким содержанием серы, за счет выделения из нее сернистого ангидрида, который при соединении с водой дает слабый раствор серной кислоты. Такую минеральную вату или изделия из нее нельзя применять для конструкций, подвергающихся увлажнению [6].

Теплоизоляционные материалы, содержащие фенол, могут воздействовать на окружающую среду путем выделения запахов при эксплуатации. Материалы, выделяющие запах, не применяют в жилых помещениях, пищевых холодильниках и т. д. При нанесении изоляции, выделяющей вредные вещества, работу выполняют в респираторах или специальных масках.

Минераловатные и стекловолокнистые материалы пылят при изготовлении и монтаже. Для снижения пыления материалов к ним в процессе изготовления добавляют специальные присадки: минеральное масло или эмульсол (при изготовлении минеральной ваты и изделий из нее), парафиновую эмульсию (при изготовлении стеклянного волокна или изделий из него) [3].

Гигиенические характеристики вредных веществ в воздухе рабочей зоны (допускаемая предельная концентрация в воздухе — ПДК) при производстве теплоизоляционных работ приведены в ГОСТ 12.3.038-85.

**1.5 Теплоизоляционные материалы на органической основе**

Большинство органических теплоизоляционных материалов изготовляют в виде плит, обычно крупноразмерных, что упрощает и ускоряет производство работ и способствует удешевлению строительства [13].

Основным сырьем для их изготовления служит древесина, главным образом в виде отходов (опилки, стружка, горбыль, рейка), и другое растительное сырье волокнистого строения (камыш, солома, малоразложившийся верховой торф, костра льна и конопли) [16]. Большое количество теплоизоляционных изделий изготовляют на основе различных полимеров и синтетических смол.

Древесина сама по себе представляет пористый материал (пористость 60 ÷ 70%) [17]. Кроме того, древесная стружка и древесные волокна расположены в некоторых теплоизоляционных изделиях (фибролитовых, древесностружечных плитах и т. п.) так, что тепловой поток в конструкции оказывается направленным не вдоль, а поперек волокон, а это создает дополнительное сопротивление прохождению теплоты. Вместе с тем стружка и волокна древесины или другого растительного сырья создают своеобразный арматурный каркас в теплоизоляционных изделиях. Наконец, использование древесных и других растительных отходов для массового производства теплоизоляционных материалов является экономически выгодным и способствует решению экологической проблемы, т. е. позволяет уменьшить возможное загрязнение окружающей среды.

Древесноволокнистые плиты изготовляют из неделовой древесины, отходов лесопильной и деревообрабатывающей промышленности, бумажной макулатуры [10], а также стеблей соломы, кукурузы, хлопчатника и некоторых других растений [16].

С целью увеличения прочности и долговечности древесноволокнистых изделий при их изготовлении применяют специальные добавки: водные эмульсии синтетических смол, эмульсии из парафина, канифоли, битума, антисептики и антипирены, а также асбест, глинозем, гипс и др [13].

Растительное сырье измельчают в различных агрегатах в присутствии большого количества воды, облегчающей разделение древесины на отдельные волокна, и смешивают со специальными добавками. Далее жидкотекучую волокнистую массу передают на отливочную машину, состоящую из бесконечной металлической сетки и вакуумной установки. Здесь масса обезвоживается, уплотняется и разрезается на отдельные плиты заданного размера, которые затем подпрессовывают и сушат.

Плотность древесноволокнистых изоляционных и изоляционно-отделочных плит 150 ÷ 350 кг/м3, теплопроводность 0,046 ÷ 0,093 Вт/( м·К), прочность при изгибе не менее 0,4 ÷ 2,0 МПа [18].

Достоинством плит являются их большие размеры [(длина до 3 м, ширина до 1,6 м), так как это способствует индустриализации строительно-монтажных работ и уменьшению затрат труда.

Изоляционные плиты используют для тепло- и звукоизоляции стен, потолков, полов, перегородок и междуэтажных перекрытий, утепления кровель, акустической отделки специальных помещений (радиостудий, машинописных бюро, концертных залов и т. п.).

Древесностружечные плиты- получают горячим прессованием массы, содержащей около 90 % органического волокнистого сырья (чаще всего тонкая древесная стружка) и 8 ÷ 12 % синтетических смол (мочевинофор-мальдегидной, фенолформальдегидной и др.). Древесностружечные плиты выпускают одно- и многослойными. Например, у трехслойной плиты пористый средний слой состоит из относительно крупных стружек, а поверхностные слои выполняют из одинаковых по толщине плоских тонких стружек [13].

Для теплоизоляционных целей служат легкие плиты плотностью 250 ÷ 500 кг/м3 и теплопроводностью 0,046 ÷ 0,093 Вт/(м·К) [11]. Полутяжелые и тяжелые плиты плотностью соответственно 500 ÷ 800 и 800 ÷ 1000 кг/м3 и прочностью при изгибе 5 ÷ 35 МПа применяют как отделочный и конструкционный материал. Области применения древесностружечных плит в строительстве примерно те же, что и древесноволокнистых плит.

Фибролит — плитный материал, изготовляемый обычно из специальных древесных стружек (древесной шерсти) и неорганического вяжущего вещества [18]. Древесную шерсть получают на специальных станках в виде тонких и узких лент. В качестве вяжущего чаще используют портландцемент, реже магнезиальное вяжущее.

Древесную шерсть сначала минерализуют раствором хлористого кальция, жидкого стекла или сернокислого глинозема, а затем смешивают с цементом и водой. Плиты формуют под давлением до 0,5 МПа и направляют для твердения в пропарочные камеры. Затвердевшие плиты сушат до влажности не более 20 % [18].

Фибролит не горит открытым пламенем, а тлеет, легко обрабатывается — его можно пилить, сверлить, вбивать в него гвозди. Водопоглощение цементного фибролита не более 35 ÷ 45 %; при влажности выше 35 % он может поражаться домовым грибом, поэтому его необходимо защищать от увлажнения, в частности, путем оштукатуривания. Шероховатая поверхность фибролита способствует хорошему сцеплению со штукатуркой. Теплоизоляционный фибролит применяют для утепления стен и покрытий; конструкционный— для перегородок, каркасных стен и перекрытий в сухих условиях. Стена из фибролитовых плит толщиной 15 см по термическому сопротивлению эквивалентна кирпичной стене в два кирпича.

Фибролит, производимый в СССР, при всех его достоинствах, имел массу недостатков:

* Во-первых, не соблюдалась технология производства, связанная с необходимостью вылежки лесного сырья для удаления сахаров и танинов.
* Во-вторых, производство было мало механизировано. При производстве фибролита вручную переносились огромные тяжести, что требовало огромных трудовых затрат.
* В-третьих, не обеспечивалась стабильность свойств материала. Попадались участки материала с комками цемента и непромесы. Волокна дерева были неравномерные, иногда они напоминали палки. Также не обеспечивалась горизонтальность раскладки волокн дерева в материале.

Арболит представляет собой разновидность легкого бетона, изготовляемого из подобранной смеси цемента, органических заполнителей, химических добавок и воды. Органические заполнители могут быть различного происхождения и с различной формой частиц (дробленые отходы древесных пород, сечка камыша, костра конопли или льна, подсолнечная лузга и т. п.). В качестве вяжущего чаще применяют портландцемент, реже другие неорганические вяжущие вещества. Технология изготовления изделий из арболита во многом приближается к технологии изделий из обычных бетонов [18].

Различают теплоизоляционный арболит (плотностью до 500 кг/м3) и конструкционно-теплоизоляционный (плотностью до 700 кг/м3). Прочность при сжатии колеблется от 0,5 до 3,5 МПа, на растяжение при изгибе — от 0,4 до 1,0 МПа. Теплопроводность арболита составляет 0,1 ÷ 0,126 Вт/(м·К). Арболит относится к категории труднопоражаемых грибами и трудносгораемых, материалов. Изделия из арболита применяют для возведения навесных и самонесущих стен и перегородок, а также в качестве теплоизоляционного материала в стенах, перегородках и покрытиях зданий различного назначения.

Камышит (камышитовые плиты) изготовляют из тростника камыша осенне-зимней рубки [17]. Производство камышита обычно организуют на передвижных установках, оборудованных прессами высокой производительности, на которых осуществляются прессование, прошивка проволокой и торцовка плит.

Плотность камышита в зависимости от степени прессования составляет 175 ÷ 250 кг/м3, теплопроводность — 0,046 ÷ 0,093 Вт/(м·К), предел прочности при изгибе — 0,5 ÷ 1,0МПа [17]. Камышит загнивает при увлажнении, не держит гвозди, способен возгораться, подвержен порче грызунами. Эти недостатки можно уменьшить путем пропитки плит антисептиками, оштукатуриванием плит.

Камышит применяют для заполнения стен каркасных зданий, устройства перегородок, утепления перекрытий и покрытий в малоэтажном строительстве. Для сельского строительства разработаны типовые проекты домов, в которых стены, перегородки и перекрытия выполняют из камышитовых панелей. Дома из таких панелей в 2 раза дешевле каменных [17].

Торфяные теплоизоляционные изделия изготовляют в виде плит, скорлуп и сегментов. Сырьем для их производства является малоразложившийся торф из верхних слоев болот, имеющий волокнистое рыхлое строение. Изделия изготовляют путем прессования в металлических формах торфяной массы, в которую для улучшения свойств вводят добавки — антисептики, антипирены, гидрофобизаторы. Отформованные изделия подвергают тепловой обработке. Специальных вяжущих веществ здесь не требуется. При тепловой обработке из торфа выделяются смолистые вещества, склеивающие волокна [17].

Торфоплиты выпускают плотностью 170 и 220 кг/м3, теплопроводностью 0,058 ÷ 0,064 Вт/(м·К) и пределом прочности при изгибе не менее 0,3 МПа. Торфяные теплоизоляционные изделия отличаются большой гигроскопичностью и водопоглощением.

Применяют торфяные изделия для утепления стен и перекрытий зданий, холодильников и трубопроводов при температуре от -60 до +100 ˚С [18].

Войлок строительный изготовляют из низших сортов шерсти животных с добавкой растительных волокон и крахмального клейстера [18]. После валки войлок имеет вид пластин — полотнищ длиной и шириной до 200 см. Плотность войлока 150 кг/м3, теплопроводность около 0,06 Вт/(м·К). Чтобы предотвратить появление моли, войлок необходимо пропитывать 3 %-ным раствором фтористого натрия и перед применением высушивать. Используют войлок для тепловой и звуковой изоляции стен и потолков под штукатурку, утепления наружных углов в рубленых домах, оконных и дверных коробок [18].

**2 Методическая часть**

# 2.1 Установка для получения волокнистой массы паровым взрывом

Установка, использованная для получения волокнистой массы методом взрывного автогидролиза, показана на рисунке 2.1. Установка состоит из сосуда - парогенератора 1, заполненного паром 2 и дистиллированной водой 3, и внутреннего сосуда - реактора 4. Оба сосуда соединены между собой стальной трубкой - паропроводом 7, снабженной вентилем 8. Генерирование пара осуществляется электронагревателем, работающим от сети переменного тока напряжением 220 В. Принцип работы нагревателя основан на прохождении тока через воду между контактом 5 и корпусом, заземленным посредством соединения 6. Загрузка древесной щепы 13 в реактор осуществляется через горловину 12, герметично закрывающуюся крышкой 11, подвижно прикрепленной к стальной штанге 10. Герметичность узла достигается прижимом штанги винтовым зажимом 15.

Контроль над давлением пара внутри парогенератора и сосуда с лигноцеллюлозным материалом осуществляется посредством манометров 9. Равномерность подачи пара для пропитывания сырья внутри реактора обеспечивается трубчатой насадкой 14, помещенной внутрь реактора и снабженной множеством отверстий.

Подготовка к процессу баротермической обработки начинается с нагревания парогенератора до рабочего давления. После чего в реактор загружается растительное сырье. Реактор герметично закрывается. Поворотом рукоятки вентиля 8 в него подается пар. С данного момента начинается отсчет времени реакции гидролиза. Подача пара перекрывается. В случае необходимости (при длительной реакции) нужное давление поддерживается дополнительной подачей пара.



Рисунок 2.1 – Экспериментальная установка взрывного автогидролиза.

Разгрузочная система, расположенная в нижней части установки, позволяет в нужное время освободить внутренний сосуд от гидролизованных продуктов, причем конструкция устройства позволяет осуществлять выгрузку мгновенно. Конический запорный клапан из нержавеющей стали 16 плотно прижат к притертой алюминиевой прокладке 26, чем обеспечивается герметичность реактора при давлении до 2,5 МПа. Прижим обеспечивается посредством стального стержня 21, жестко скрепленного с опорой 23, имеющей в нижней части четыре специальных выступа, опирающихся на аналогичные выступы опоры 28, лежащей ниже. Плотность прилегания клапана к прокладке достигается дополнительным прижимом нижней опоры 28 посредством винта 24.

Декомпрессия реактора происходит при одновременном повороте винта 24 (разблокирование системы) и рукоятки 22. В результате происходит поворот опоры 25 вокруг вертикальной оси и «проваливание» выступов верхней опоры в пазы нижней. Возвращение клапана в первоначальное положение осуществляется вручную, путем вертикального перемещения рукоятки 27 и горизонтального рукоятки 22. Вся система вновь фиксируется поворотом винта 24, установка снова подготовлена к работе.

Благодаря разности давлений между реактором и атмосферой происходит перемещение содержимого реактора через отводной канал 17 в приемный циклон 18. Циклон снабжен разгрузочным люком 19, привинчивающимся к корпусу посредством шести винтов 20.

# 2.2 Методика проведения взрывного автогидролиза

Обработка паром проводилась при различных температурах и времени выдерживания в реакторе.

Проникновение пара внутрь сырья осуществляется по порам. Глубина проникновения зависит от длительности реакции и температуры, что обусловлено скоростью диффузии молекул воды и их подвижностью.

При декомпрессии системы пар, находящийся внутри сырья, из–за разницы давлений разрывает его изнутри, вызывая разделение на волокна и отдельные мелкие фрагменты.

## 2.3 Прессование плитных материалов

После высушивания до влажности не более 5% волокнистая масса взрывного гидролиза подвергается горячему прессованию при заданных температуре и давлении. Время выдерживания при прессовании устанавливалось из расчета 1 минута на 1мм толщины плиты. При прессовании не применялось каких–либо дополнительных связующих веществ, кроме образующихся в древесине при баротермической обработке. После прессования при заданных условиях осуществлялось охлаждение пресс–формы до комнатной температуры с постепенным снятием давления до нуля.

**2.4 Определение коэффициента теплопроводности**

Общий вид экспериментальной установки приведен на рисунке 1. Основу установки составляет плоский бикалориметр ПБ-63, предназначенный для измерения термического сопротивления *R*т и коэффициента теплопроводности λ твердых материалов с плотностью до 1000 кг/м3 и сыпучих материалов не зависимо от плотности в интервале температур от 30 до 60 ˚С с погрешностью измерений не более ±10%.



1 – ультратермостат водяной; 2 – трубки резиновые; 3 – ЛАТР; 4 – электропровода; 5 – охлаждающий блок; 6 – образец; 7 – ядро латунное; 8 – термопара; 9 – блок холодных спаев; 10 – цифровой милливольтметр.

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Конструктивно бикалориметр состоит из массивного латунного ядра 7, внутри которого установлены электронагреватель и медь - константановая термопара. Снаружи ядра с обоих его сторон располагаются плоские образцы 6, к которым специальными гайками (на схеме не показаны) прижимаются латунные охлаждающие блоки 5. На поверхности одного из них установлена другая такая же термопара 8. Блоки эти имеют внутренние полости, по которым с помощью термостата 1 и по трубкам 2 прокачивается охлаждающая вода.

Термопарные провода подводятся к блоку холодных спаев 9 и включаются дифференциально. В результате цифровой милливольтметр 10 будет показывать величину термоэдс, пропорциональную разнице температур в точках измерения, т.е. практически разницу температур на поверхностях исследуемого образца.

Заметим при этом, что температура на наружной поверхности образца во время эксперимента будет оставаться практически постоянной и равной температуре охлаждающей воды, а температура внутренней поверхности образца будет равна температуре ядра 7, одинаковой по всему объему ядра из-за его высокой теплопроводности. Таким образом на обоих поверхностях образца мы имеем граничные условия первого рода.

Электронагреватель ядра питается по проводам 4 от сети переменного тока через лабораторный автотрансформатор 3.

Проведение эксперимента проводится по следующим этапам:

1. Включить электропитание и с помощью ЛАТРА подать на электронагреватель 4 напряжение питания порядка 100 – 120 В.
2. По мере прогрева ядра по показаниям милливольтметра следить за изменением температуры ядра. Когда милливольтметр будет показывать Δ*Е*т=1,2 мВ, выключить электронагрев ядра.
3. Записать термограмму остывания образцов, для чего через каждые 2 мин фиксировать и записывать в таблицу исходных опытных данных значения термоэдс Δ*Е*т, измеряемых милливольтметром. Опыт можно прекратить, когда таких записей будет не менее десяти, а величина Δ*Е*т уменьшится примерно вдвое.
4. Без разборки калориметра повторить нагрев ядра и запись термограммы (пункты 1, 2 и 3).

По результатам эксперимента строится две графические зависимости Ln(100×Δ*Е*т)=*f*(τ).

Точками *А*1 и *В*1 (аналогично *А*2 и *В*2) на графиках выделяются прямолинейные участки, соответствующие режиму регулярного охлаждения, и по координатам выделенных точек определяется величина темпа охлаждения для каждого опыта

, ,

где τА1 и τВ1 (τА2 и τВ2) – моменты начала и конца регулярного режима. Значения *m*1 и *m*2 не должны различаться более чем на 3%.

Находится средние значения толщины δо, диаметра *D*о и темпа охлаждения

.

Коэффициент теплопроводности λ образца рассчитывают по формуле

, (1)

где δ - средняя толщина образцов, м; *R* – термическое сопротивление образца, м2К/Вт; *R*к – контактное термическое сопротивление между соприкасающимися поверхностями образца, ядра и прижимного блока, м2К/Вт. Величина *R*к является одной из констант прибора и определяется калибровкой бикалориметра по образцовым материалам (так называют материалы со стабильными по времени и точно измеренными величинами коэффициента λ). По паспорту прибора БП-63 *R*к=0,0045 м2⋅К/Дж.

Параметр *R* для плоского бикалориметра зависит от темпа охлаждения *m* и от размеров и масс деталей бикалориметра, которые учитываются рядом постоянных прибора, определяемых экспериментально или расчетом для каждого конкретного прибора. Итак

 (2)

где А – постоянная прибора, определяющая потери тепла ядром через боковую поверхность. Определена экспериментально калибровкой по материалу с известной теплопроводностью λ, А=0,89⋅104, 1/с. Безразмерный параметр Б зависит от объемной теплоемкости исследуемого материала и находится по формуле

, (3)

где Г – параметр формы, Г=2*S*/3*С*; Н – величина, определяемая свойствами образца: Н=δ⋅*сx*⋅ρ*x* (*сx* – удельная теплоемкость исследуемого материала, Дж/(кг⋅К), ρ*x* – плотность исследуемого материала, кг/м3). Постоянная прибора Ф определяется по формуле

,

где *С* – полная теплоемкость ядра, Дж/К; *S* – боковая поверхность ядра, соприкасающаяся с образцом, м2. Для бикалориметра ПБ-63 *С*=321 Дж/К; *S*=0,0113 м2 и Ф=14100 Дж/(м2⋅К). Фактор рассеяния теплового потока через кольцевые прокладки *f* определяется по эмпирической формуле

, (4)

где *D*=0,12 м *-* диаметр ядра.

С учетом приведенных значений констант прибора формулы (3) и (2) принимают вид

, (5)

. (6)

Теперь понятна методика обработки результатов эксперимента: сначала по массе образца *m*o и его размерам δ и *D*о находится плотность исследуемого материала

,

Затем калориметрированием или любым другим способом должно быть определено значение удельной теплоемкости *сx* для материала образца. Если сделать это затруднительно, то, учитывая, что даже существенная погрешность в определении величины *сx* мало отражается на точности определения λ, можно принимать ориентировочные значения *сx*=1700 Дж/(кг⋅К) для материалов органического происхождения и *сx*=850 Дж/(кг⋅К) для неорганических материалов.

Далее рассчитывается Н=δ⋅*сx*⋅ρ*x*, а затем по формулам (4) и (5) - значения параметров *f* и Б, после чего по формуле (6) находится величина *R*, и только тогда по формуле (1) – значение λ.

## 2.5 Определение плотности

Нахождение плотности плитного материала методом гидростатического взвешивания, проводили согласно методике [69]. Методика основана на нахождении разности в весе плитки в воздухе и в жидкой среде. Эксперимент проведен при комнатной температуре. Плитный материал для измерений имел геометрические размеры ~ 10×10×3 мм.

Расчетная формула была несколько изменена. Так как часть исследуемых плитных материалов имеет плотность, меньше плотности воды, при измерениях был использован дополнительный груз массой ~1 г. Допущено пренебрежение влиянием воздуха на вес, ввиду его чрезвычайной незначительности. При известном весе плитного материала в воздухе и в жидкости расчет плотности осуществляли по формуле:



где ρ – плотность плитного материала;

М – масса плитного материала в воздухе, г;

Мж – масса плитного материала в жидкости, г;

МГ – масса дополнительного груза, г;

ρж – плотность жидкости, кг/м3.

**2.6 Определение пористости**

Пористость – совокупная характеристика размеров и количества пор в твердом теле. Количественно пористость выражается отношением объема всех пор к общему объему, занимаемому телом (в долях единицы или процентах).

Пористость плитных материалов определяли по формуле:

, где:

ρср – средняя плотность;

ρи – истинная плотность.

Истинную плотность плитных материалов определяли в соответствии с ГОСТ 7025-91. Исследуемый материал высушивали до постоянной массы. Навеску исследуемого материала помещали в высушенный и взвешенный пикнометр. Взвешивали пикнометр с исследуемым образцом. В пикнометр с исследуемым образцом наливали воду и выдерживали 15 минут при нагревании. Заполняли пикнометр водой до метки и взвешивали. Аналогично получали массу пикнометра с жидкостью.

Среднюю плотность определяли в соответствии с ГОСТ 7025-91. Среднюю плотность плитных материалов вычисляли по формуле:

, где:

m – масса образца,

V – объем образца.

Объем образцов определяли по их геометрическим размерам. Для определения геометрических размеров образцов использовали пикнометр. Для определения линейных размеров образец измеряли в трех местах – по ребрам и грани. За результат принимали среднее арифметическое значение 3 – 4 измерений.

## 2.7 Определение целлюлозы по методу Кюршнера и Хоффера

Для определения применяли методику, описанную в [65].

Навеску воздушно – сухой коры массой 1 г помещали в коническую колбу емкостью 200-250 мл, добавляли 25 мл смеси, состоящей из 1 объема концентрированной азотной кислоты (уд. вес 1,4) и 4 объемов этилового спирта, и кипятили в течение 1 часа в колбе с обратным холодильником на водяной бане. После кипячения давали коре осесть и осторожно сливали жидкость через стеклянный фильтр, предварительно высушенный и взвешенный. Попавшие на фильтр опилки смывали в колбу 25 мл свежей смеси спирта с азотной кислотой и снова нагревали на водяной бане с обратным холодильником в течение 1 часа. Такую обработку проводили 6 раз. После последней обработки целлюлозу отфильтровывали на стеклянном фильтре, промывали 10 мл свежей азотно-спиртовой смеси, затем горячей водой до нейтральной реакции, высушивали при 100-105 0С до постоянного веса и взвешивали.

Массовую долю целлюлозы, % к абсолютно сухой древесины, рассчитывали по формуле:

С=[(m1-m)/g] ×100, (4)

# где m1 - масса фильтра с целлюлозой, г;

m - масса пустого фильтра, г;

g – масса абсолютно сухой навески древесины, г.

# 2.8 Определение лигнина с 72%-ной серной кислотой в модификации Комарова

Навеску воздушно-сухого обессмоленного органическим растворителем сырья массой 1 г помещают в коническую колбу (50мл) с притертой пробкой. К навеске добавляют 15 мл 72 %-ной серной кислоты (плотностью 1,64 г/мл) и выдерживают в термостате при температуре 24 0С - 25 0С в течение 2,5 часов при периодическом осторожном помешивании во избежание образования комков. Затем смесь лигнина с серной кислотой разбавляют 200 мл дистиллированной воды и кипятят с обратным холодильником на электрической плитке в течение 1 часа. Частицам лигнина перед фильтрованием дают укрупнится и осесть. Для чего фильтрование рекомендуется проводить на следующий день. Отфильтровывают на стеклянном пористом фильтре, высушенном до постоянной массы. Начинать фильтрование рекомендуется без отсоса. Сначала на фильтр сливают отстоявшуюся жидкость, а затем начинают переносить осадок. Окончательно переносят осадок лигнина из колбы на фильтр с помощью горячей воды, добавляя ее малыми порциями при промывке. При замедлении фильтрования подключают водоструйный насос, но при этом не следует отсасывать осадок на фильтре досуха. Необходимо оставлять слой воды перед добавлением каждой новой порции фильтруемой жидкости. После промывки от кислоты (по индикатору метиловому-оранжевому) отсасывают жидкость полностью. Для установления конца промывки каплю жидкости, стекающей с фильтра, наносят на фильтровальную бумагу и добавляют каплю индикатора. Если последний не меняет цвета промывку считают законченной.

Фильтр с лигнином сушат в сушильном шкафу при температуре 100…1050С до постоянной массы, охлаждают и взвешивают.

Массовую долю лигнина, % к абсолютно-сухому исходному сырью, рассчитывают по формуле 2.2:

L= (m1-m)/g\*Кэ\*100, (2.2)

где m1 - масса фильтра с лигнином, г;

m-масса пустого фильтра, г;

g- масса абсолютно сухой навески обессмоленного сырья, г;

Кэ – коэффициент экстрагирования органическим растворителем.

# 

# 2.9 Определение массовой доли редуцирующих веществ в гидролизатах по методу Макэна и Шоорля

Для анализа используют реактив Фелинга. Для его получения готовят два раствора; А-69,3 г CuSO4  в 1 литре водного раствора; Б- 346 г сегнетовой соли и 100 г NaOH в 1 литре водного раствора.

В коническую колбу вместимостью 250 мл вливают пипеткой 10 мл раствора А, затем 10 мл раствора Б и 10 мл гидролизата легкогидролизуемых полисахаридов. Смесь разбавляют дистиллированной водой до общего объема 50 мл и хорошо перемешивают. Ставят колбу на горячую включенную электроплитку, нагревают смесь до кипения и кипятят точно 2 минуты (по секундомеру), считая с момента появления первого пузырька на поверхности раствора. Под колбу рекомендуется подложить асбестовую пластинку. Кипение должно быть умеренным, чтобы объем жидкости в колбе оставался примерно постоянным. Для уменьшения испарения в горло колбы вставляют стеклянную воронку. При недостатке реактива Фелинга, о чем свидетельствует исчезновение синей окраски раствора после кипячения, объем пробы гидролизата уменьшают, добавив при разбавлении соответствующий объем воды.

По окончании кипячения колбу быстро охлаждают холодной водой до температуры 25 0С, добавляют раствор KI (3 г KI 10 мл воды) и 10 мл 25 %-ой H2SO4 и сразу же при непрерывном перемешивании титруют выделившийся йод раствором тиосульфата натрия концентрацией (Na2S2O3) 0,1 моль/л до перехода коричневой окраски в светло-желтую. Затем добавляют 10 мл 0,1 %-ого раствора крахмала и медленно дотитровывают до полного исчезновения синей окраски. Раствор остается окрашенным в кремовый цвет вследствие образования йодита меди (I). В аналогичных условиях, но без добавления раствора сахара, проводят контрольный опыт. По разности расходов раствора тиосульфата натрия (Na2S2O3) в контрольном и рабочем опытах, а, мл, с помощью эмпирической таблицы находят количество сахара в пробе гидролизата, взятой на анализ, b, мг.

При анализе трудногидролизуемых полисахаридов расчет ведут на глюкозу, а при анализе гидролизата легкогидролизуемых полисахаридов на ксилозу и маннозу.

Затем рассчитывают концентрацию редуцирующих веществ в гидролизате Сл. или Ст. по формуле 2.3:

С= (b\*100)/(v\*1000), (2.3)

где, b- количество сахара в пробе гидролизата объемом v, мл (10 мл), найденное по таблице в [38], мг.

### 2.10 Анализ методом ЯМР-спектроскопии

Снятие ЯМР-спектров проводили на приборе BRUKER AVANCE III 300WB. Спектры 13С высокого разрешения в твердом теле регистрировались на частоте 75 мГц с использованием стандартной методики кросс поляризации с подавлением протонов и вращением под магическим углом (CPMAS), время контакта 2000 мксек, время накопления FID 40 мсек, задержка между сканами 5 с, образец помещался в циркониевый ротор внешним диаметром 7 ммс крышкой из Kel-F и вращался с частотой 5 кГц. Производилось накопление 1024 сканов при комнатной температуре. Химический сдвиг отсчитывался относительно тетраметилсилана. Интерпретация спектров проводилась при помощи литературных данных [75].

**3 Обсуждение результатов**

На основе растительного сырья и его отходов широко изготавливают плитные теплоизоляционные материалы. В основном, изготовление связано с введением связующих веществ в пресс-массы (например, феноло- и мочевиноформальдегидных смол). Также существует метод изготовления плитных материалов, основанный на глубокой физико-химической модификации растительного сырья методом парового взрыва, с последующим прессованием реакционной массы.

Для того чтобы изготовить плитные материалы без введения связующих веществ извне, в исходном сырье должны произойти определенные химические изменения.

При баротермической обработке в исходном материале происходят различные химические и физико–механические изменения. Назрушается морфологическая структура, что способствует разделению компонентов лигноуглеводного комплекса. К основным химическим превращениям авторы [15, 19, 38] относят процессы гидролитической деструкции основных компонентов.

Из-за сложности химического строения лигнина, процессы, протекающие в нем при модификации описать общей схемой невозможно. Наряду с гидролитической деструкцией, может протекать также и обратный процесс – конденсация отдельных фенил-пропановых единиц. Макромолекулы лигнина под действием воды, высокой температуры и давления распадаются на фрагменты фенольного типа, обладающие реакционноспособными группами (ароматические гидроксильные, первичные и вторичные алифатические гидроксильные, метоксильные, кетонные, альдегидные группы).

Воздействие молекул воды при повышенных температуре и давлении вызывает также гидролиз гемицеллюлоз с разложением большей их части на низкомолекулярные водорастворимые продукты. Пентозы и гексозы, образовавшиеся из легкогидролизуемых полисахаридов, имеют реакционноспособные альдегидные группы, характеризующиеся восстанавливающими свойствами. Далее, вещества, содержащие альдегидные группы будем обозначать как редуцирующие вещества (РВ). Образование РВ идет по схеме 1.

,где R1=H, CH2OH, COOH; R2=R3 = OH

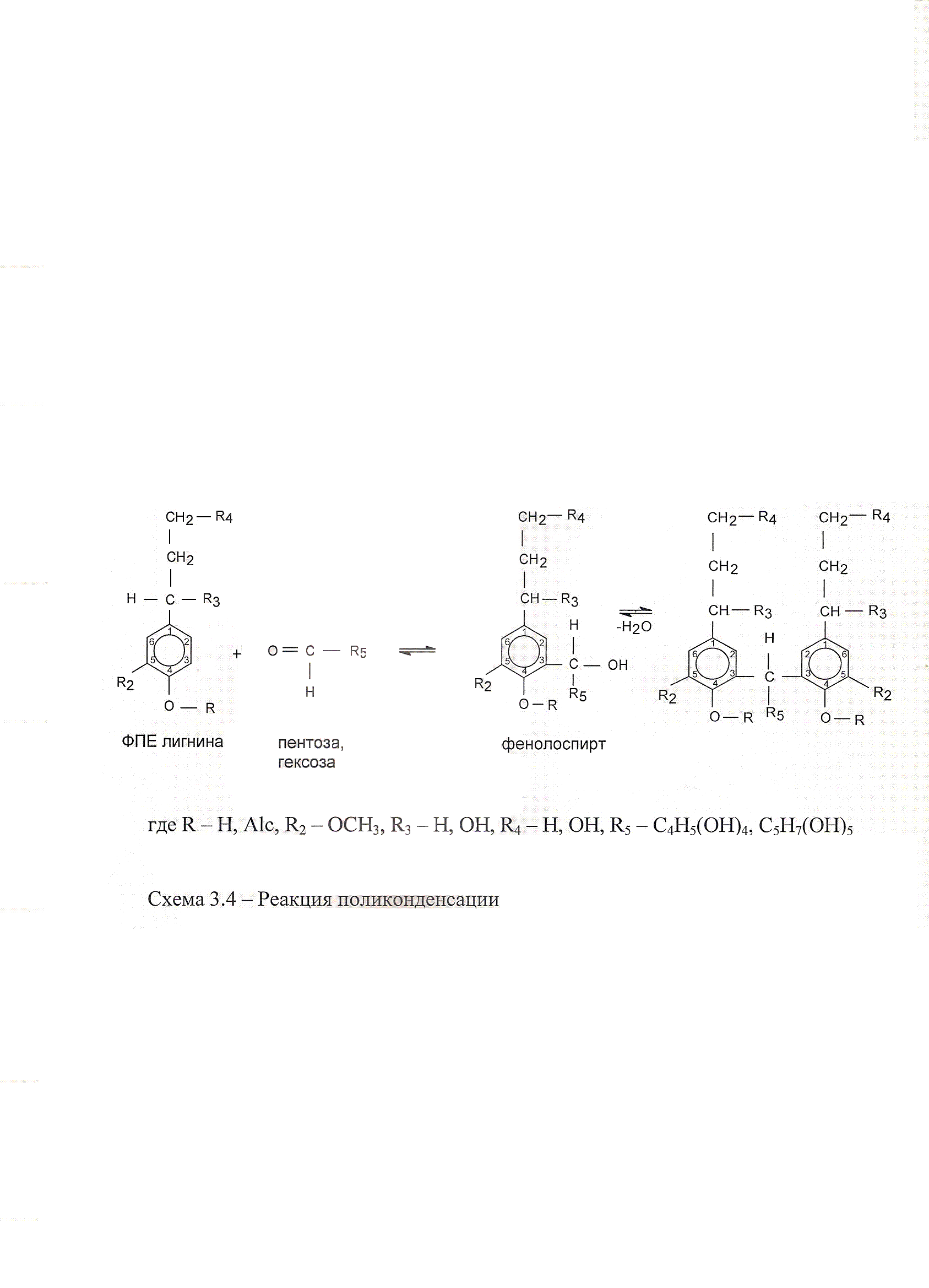
Схема 1 – Гидролиз гемицеллюлоз

Образовавшиеся в процессе ВАГ редуцирующие вещества могут реагировать с фрагментами лигнина, с образованием продуктов, близких по природе к фенолоформальдегидным смолам (схема 2).

 R = H, Alk

Схема 2 – Реакция образования фенолоальдегидных смол

То есть, лигноуглеводная масса, полученная после взрывного автогидролиза растительного сырья содержит компоненты, способные образовывать связующие вещества в процессе горячего прессования.

Схема 3 – Реакция поликонденсации

Кора сосны имеет в своем составе целлюлозу, гемицеллюлозы и лигнин, следовательно, может быть модифицирована методом ВАГ и использована для изготовления плитных материалов.

Химические превращения основных компонентов коры в процессе ВАГ были изучены методом ЯМР 13С. Методом ЯМР-спектроскопии 13С были изучены образцы: не модифицированной коры сосны, коры сосны, модифицированной методом ВАГ, плитных материалов на основе модифицированной коры сосны и водорастворимой части модифицированной коры сосны (рисунки 1 ÷ 4).

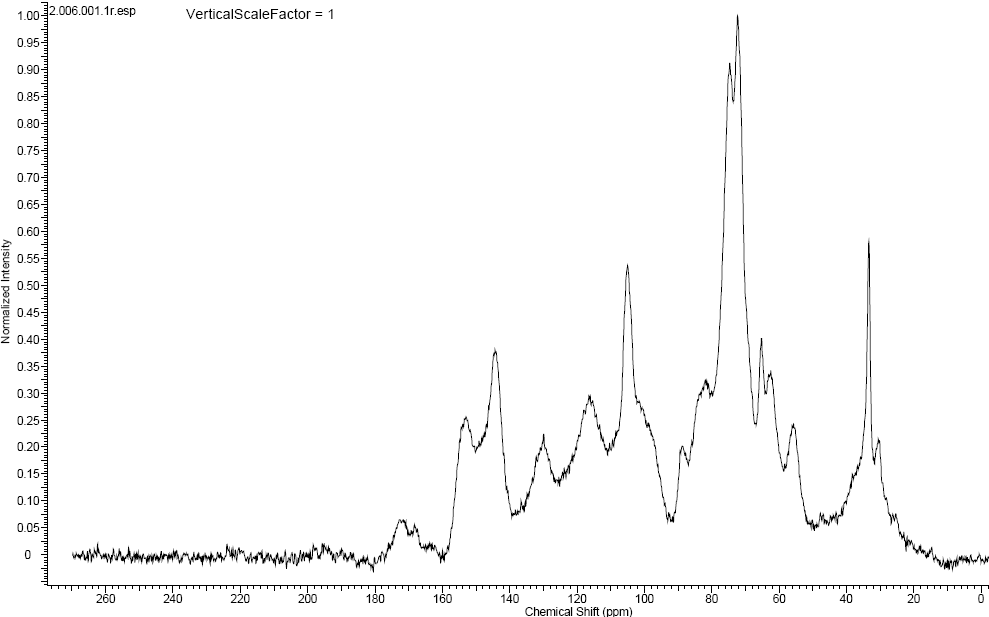


Рисунок 1 – ЯМР спектр немодифицированной коры сосны

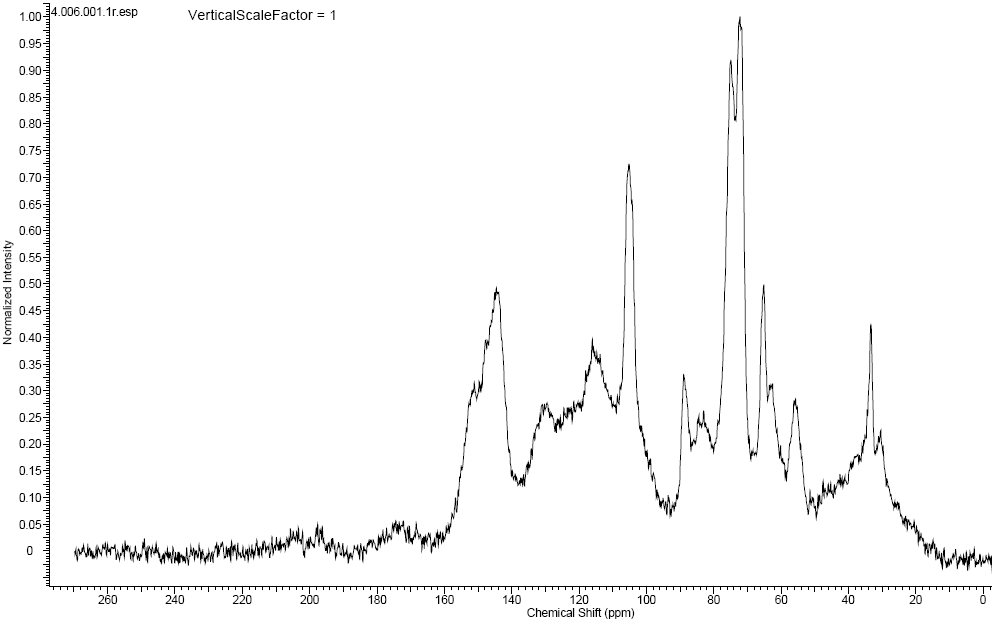


Рисунок 2 – ЯМР спектр коры сосны, модифицированной методом взрывного автогидролиза

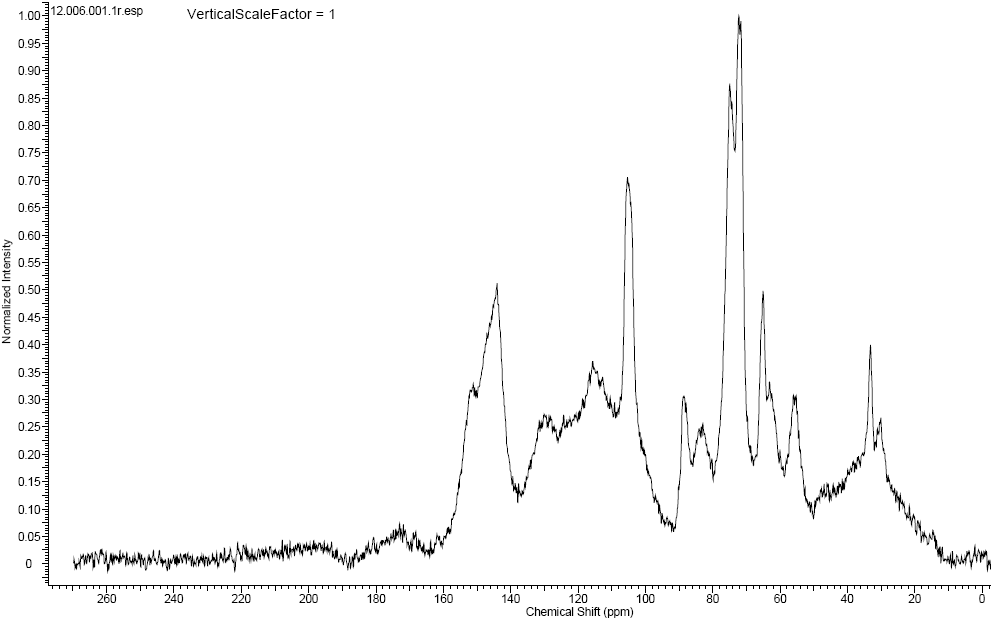


Рисунок 3 – ЯМР спектр плитных материалов на основе модифицированной коры сосны

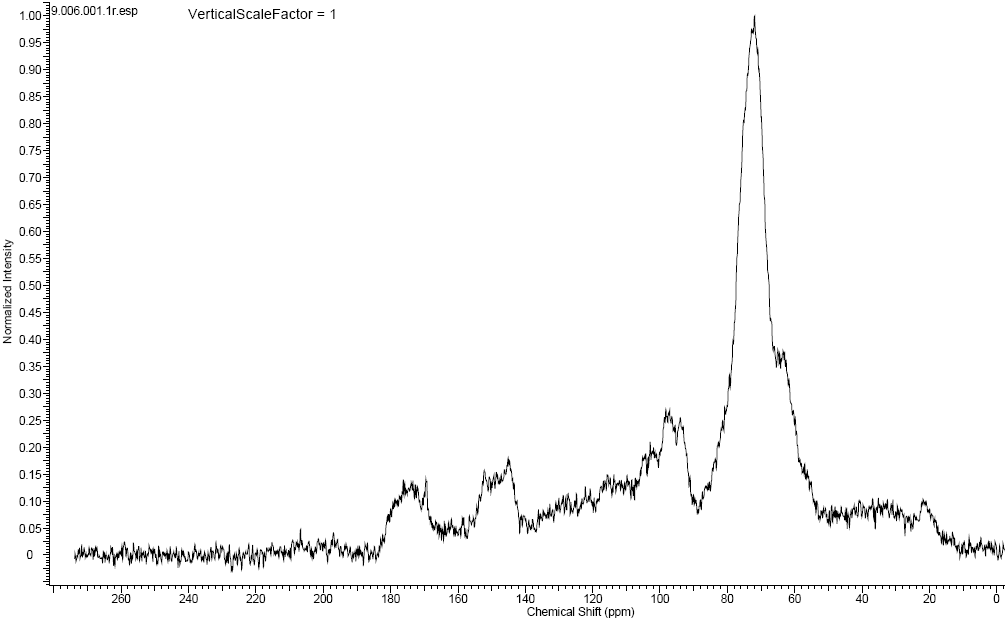


Рисунок 4 – ЯМР спектр водорастворимой части модифицированной коры сосны

Пик в области 172 м.д., свидетельствующий о наличии карбоксильных или сложноэфирных групп на спектрах исходной коры и экстракта го ворит о том, что происходит деацилирование и образовавшиеся алифатические кислоты переходят в водный раствор.

Изменение интенсивности пиков в области 120 ÷ 155 м.д. свидетельствует о химических процессах в лигнине. Пики 147 и 153 м.д. показывают, соответственно, наличие гваяцильных и сирингильных структур. Увеличение интенсивности пиков на спектре спрессованного образца подтверждает протекание конденсационных процессов. Наличие данных пиков на спектре водного экстракта подтверждает предположения о разрыве сетки лигнина.

Подтверждением того, что целлюлоза после взрывного автогидролиза сохраняет полимерную цепь является наличие пика в области 105 м.д., отвечающего С1 β-гликозидным связям на каждом из спектров, кроме спектра экстракта.

Протекание гидролитических процессов в ГЦ подтверждается наличием пиков на спектре экстракта в области 102 м.д., характерных для гексоз и пентоз. Гемицеллюлозы проявляются на спектрах в области 80 ÷ 90 м.д., пики 82 и 89 м.д. характерны для 1,4-соединения. Наличие этих пиков на спектрах ЛЦМ после взрывного автогидролиза и после прессования говорит о том что не все гемицеллюлозы подвергаются деструкции.

Область 80 ÷ 70 м.д. показывает резонанс атомов внутри циклов лигнина и целлюлозы.

Пики 20 ÷ 40 м.д. показывают наличие алифатических структур в лигнине.

Выше изложенное подтверждает предполагаемые процессы, происходящие при взрывном автогидролизе и при прессовании ЛЦМ.

Плитные материалы изготавливались в соответствии со схемой 4.

Исходное сырье

Подготовка сырья

Модификация сырья методом взрывного автогидролиза

Сушка пресс-массы

Прессование

Схема 4 – Изготовление плитных материалов

Обработка паром производилась при различных температурах и продолжительности воздействия на кору сосны в реакторе. Плитные материалы изготавливались при изменяющихся давлении, температуре и времени прессования.

Особенностью изготовления плитных материалов из пресс-массы, полученной в результате взрывного автогидролиза растительного сырья является протекание реакции в гетерогенных условиях. Химические превращения в таких системах затруднены и для глубокого протекания реакции необходима большая площадь контакта между участниками реакции.

Основной характеристикой теплоизолирующих плитных материалов является повышенная пористость плит. В таких материалах снижена поверхность соприкосновения между компонентами и, соответственно, возможность взаимодействия между компонентами пресс-массы.

Снижение давления прессования уменьшает площадь соприкосновения и, следовательно, количество редуцирующих веществ, участвующих в реакции (таблица 1), поэтому уменьшается количество сшивок и прочность получаемого материала []. Однако, существенно снижает плотность материала и повышает его пористость, которые, как отмечалось выше, для теплоизоляционных материалов являются главными показателями.

Таблица 1 – Влияние давления прессования на свойства плит и содержание редуцирующих веществ, участвующих в образовании связующих веществ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Давление прессова-ния, т | Толщи-на образца, мм | Плотность образца, кг/м3 | Порис-тость, % | Количество редуцирующих веществ, участвующих в реакции, % | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м2·К) |
| 1,0 | 5,88 | 1,16 | 7,35 | 57,4 | 0,144 |
| 0,5 | 12,93 | 0,61 | 49,26 | 49,9 | 0,106 |
| 0,2 | 19,86 | 0,32 | 75,82 | 45,2 | 0,083 |
| 0,1 | 30,37 | 0,22 | - | 20,7 | 0,062 |

*(условия модификации: температура – 180 ˚С, время – 10 минут;*

*условия прессования: температура – 140 ˚С, время – 15 минут)*

Снижение давления прессования влечет за собой увеличение пористости, следовательно, уменьшается коэффициент теплопроводности.

При увеличении времени и температуры взрывного автогидролиза пористость изменяется незначительно, но увеличивается количество редуцирующих веществ, влияющих на количество образующихся при прессовании связей.

Таблица 2 – Влияние температуры взрывного автогидролиза на свойства плит

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура взрывного автогидролиза, ˚С | Толщина образца, мм | Плотность образца, кг/м3 | Количество редуцирующих веществ, участвующих в реакции, % | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м2·К) |
| 160 | - | - | 13,6 | 0,085 |
| 180 | 19,86 | 0,32 | 45,2 | 0,111 |
| 200 | 19,91 | 0,34 | 54,6 | 0,115 |

*(условия модификации: время – 5 минут;*

*условия прессования: температура – 140 ˚С, время – 15 минут, давление – 0,2 т)*

Влияние температуры в большей степени оказывает влияние скорее на механический разрыв волокон и на скорость протекания гидролитических процессов. Предполагается увеличение коэффициента теплопроводности за счет образования мелких волокон, с более плотной упаковкой.

Таблица 3 – Влияние продолжительности взрывного автогидролиза на свойства плит

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Время взрывного автогидролиза, мин | Толщина образца, мм | Плотность образца, кг/м3 | Количество редуцирующих веществ, участвующих в реакции, % | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м2·К) |
| 10 | 19,86 | 0,32 | 45,2 | 0,070 |
| 20 | 19,93 | 0,33 | 49,0 | 0,086 |
| 30 | 20,10 | 0,33 | 50,3 | 0,098 |

*(условия модификации: температура – 180 ˚С;*

*условия прессования: температура – 140 ˚С, давление – 0,2 т)*

Так же как и в случае с увеличением температуры, с возрастанием времени выдержки реакционной массы в реакторе, коэффициент теплопроводности возрастает. Это можно объяснить тем, что гидролитическая деструкция при увеличении времени протекает наиболее полно.

Выводы:

1. Показано, что кора сосны, активированная методом взрывного автогидролиза, может использоваться для изготовления плитных материалов.

2. Изучено влияние давления прессования на свойства плитных материалов, изготовленных из коры сосны. Показано, что при уменьшении давления до 0,2 т теплоизолирующая способность увеличивается, дальнейшее уменьшение нецелесообразно. Оптимальным давлением для прессования теплоизоляционных плит выбрано давление – 0,2 т.

3. Изучено влияние параметров взрывного автогидролиза на свойства плитных материалов. Показано, что при уменьшении температуры взрывного автогидролиза и времени выдержки реакционной массы в реакторе плитные материалы получаются с более низким коэффициентом теплопроводности, но при более жестких условиях наблюдается улучшение каркасности плит.

4. Коэффициент теплопроводности, как критерий теплофизических свойств, изготовленных плитных материалов ниже, чем у плитных материалов, изготовленных на основе фенолоформальдегидных смол.

**4 Организационно-экономическая часть**

**4.1 Перспектива развития лесохимической промышленности в Алтайском крае**

Лесная промышленность всегда являлась одной из важнейших отраслей экономики и определяла развитие социально – экономической составляющей регионов, увеличивая валютные резервы государства благодаря экспорту древесины.

Роль России в мировом лесном секторе крайне важна, но не соответствует ее огромному сырьевому потенциалу. Обладая четвертой частью всех запасов древесины на Земле, наша страна в общемировом лесопромышленном производстве занимает всего 2,3%, а по удельному весу в лесной торговле только 2,8%. Всего 20% заготовленной древесины идет на производство продукции глубокой переработки. В странах с развитой лесной промышленностью эта цифра достигает 80%.

Новые отрасли промышленности – газовая и нефтяная – в связи с устойчивым ростом цен на экспортируемые углеводородные энергоносители быстро оттеснили лесную промышленность на третье место в валютных поступлениях государства.

Единственным сегментом лесного комплекса, где в 2001 году сохранилась тенденция к росту производства, являлась целлюлозно – бумажная промышленность. Лесозаготовительные предприятия, а также компании, занятые в деревообработке, вынуждены были сократить выпуск продукции.

Сокращение производства в сегменте деревообработки связано, главным образом, со снижением выпуска пиломатериалов.

Прогноз роста объемов лесозаготовок в значительной мере объясняется наличием богатых запасов лесных ресурсов, пригодных к эксплуатации.

Основным фактором перспективного увеличения объемов лесозаготовок является рост спроса на древесностружечные и древесноволокнистые плиты, целлюлозу, бумагу и картон. Наиболее высокими темпами в ближайшей перспективе будут развиваться производства по глубокой химической и химико–механической переработке древесины, что позволяет вовлечь в сферу использования значительные объемы низкокачественной древесины и древесных отходов.

Развитие производств по глубокой переработке древесины и ее отходов, повышение конкурентоспособности лесобумажной продукции предполагает масштабную модернизацию и техническое перевооружение всех подотраслей лесопромышленного комплекса, внедрение прогрессивных технологий, современного оборудования и технических средств.

Развитие глубокой переработки древесины и ее отходов должно рассматриваться в одном контексте со стратегией и программой развития лесного сектора в целом.

Одной из причин отставания России от промышленно – развитых стран в области развития производства по глубокой переработке древесины является неудовлетворительное состояние производственных фондов и их недостаточность, что вызвано низкой инвестиционной активностью.

Анализ инвестиционных процессов в деревообрабатывающей отрасли в региональном разрезе показывает, что наиболее значительные объемы инвестиций наблюдаются на предприятиях Северо–Западного федерального округа.

Наименьший объем инвестиций в развитие деревообрабатывающих производств наблюдается в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах, доля этого показателя в общеотраслевом составляет соответственно 2,7 и 1,0%.

Анализ тенденций инвестиционного процесса в деревообрабатывающей отрасли в территориальном разрезе показывает, что по мере повышения ценности пород древостоев в лесфонде и сокращения расстояний перевозки лесопродукции до границ основных ее потребителей объемы инвестиций в деревообрабатывающую отрасль снижаются.

Из–за нехватки высокотехнологичных мощностей, а также их нерационального размещения на двух третях практически полностью покрытой лесами территории России (Сибирь и Дальний Восток) производится всего 37,7% всей заготовленной в стране древесины и 36,7% пиломатериалов. Тем не менее, емкость внутреннего и в особенности быстро растущего Азиатско–Тихоокеанского внешнего рынка делают развитие глубокой переработки древесины в этих регионах перспективным и эффективным. В то же время за годы экономических преобразований в лесоизбыточных районах не было построено ни одного крупного лесопромышленного предприятия.

В стране нет эффективного механизма работы с потенциальными инвесторами по размещению строительства новых лесопромышленных предприятий. В результате зачастую новые предприятия создаются без серьезной экономической и технико–технологической оценки. Это приводит к негативным последствиям.

Значительное влияние на развитие лесопромышленного комплекса в этих регионах оказывает высокий уровень производственных издержек. В структуре материальных затрат на производство товарной продукции значительную долю занимают стоимость топливо–энергетических ресурсов, сырья и материалов.

Негативно влияет на величину издержек производства и политика естественных монополий. Темпы роста стоимости топлива, энергии, железнодорожных тарифов значительно опережают темпы роста цен на продукцию лесопромышленного производства. Так, за последние 10 лет величина опережения цен по топливно–смазочным материалам составила 3,5 раза, электроэнергии 2 раза, тарифов на перевозку лесных грузов 1,9 раза. Проводимая в последние годы МПС России тарифная политика привела к нерентабельности поставок лесных товаров, в том числе и на экспорт, особенно из районов Сибири и Урала. Так, удельный вес железнодорожного тарифа в цене реализации 1 м3 круглых лесоматериалов, производимых предприятиями, находящимися на расстоянии более 1000 км от границы, составляет более 60%. Во многом по этой причине сдерживается развитие лесопромышленного производства в удаленных районах, прежде всего Сибири.

Однако наличие больших запасов леса как хвойных, так и лиственных пород, а так же произрастание ценных пород древостоев в Сибири, в частности в Алтайском крае, должно послужить развитию производства по глубокой переработке древесины и ее отходов.

Данная проблема становится все более актуальной, так как продажа продукции глубокой переработки древесины может явиться значительной статьей дохода Сибири и России в целом, в том числе и Алтайского края. С этой точки зрения настоящая работа является актуальной.

## Организация, планирование и контроль НИР

Научно–исследовательская работа – единый комплекс разнообразных процессов труда, направленных на решение определенных технических проблем.

Для эффективного проведения научно–исследовательской работы необходима ее правильная организация. Поэтому важно оценить точное количество этапов, составляющих работу, а также продолжительность этих этапов.

**4.2.1 Разработка плана работы**

Таблица 1 – План-график выполнения НИР

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование этапов работы | Время выполнения этапа, ч |
| 1 Постановка задачи и разработка плана выполнения научной работы | 12 |
| 2 Поиск информационных источников и изучение литературы | 72 |
| 3 Выбор направлений исследования для решения поставленной задачи | 12 |
| 4 Разработка и освоение методик анализа | 12 |
| 5 Разработка и освоение методик эксперимента | 12 |
| 6 Подготовка исходных веществ (коры) для эксперимента | 30 |
| 7 ВАГ коры | 62 |
| 8 Сушка ЛЦМ | 54 |
| 9 Прессование ЛЦМ | 76 |
| 10 Исследование теплофизических свойств прессованного ЛЦМ | 36 |
| 11 Математическая обработка результатов | 24 |
| 12 Обсуждение результатов эксперимента | 12 |
| 13 Составление схемы материальных и энергетических потоков | 18 |
| 14 Характеристика предполагаемой технологической схемы | 38 |
| 15 Разработка и написание организационно экономической части | 30 |
| 16 Разработка и написание раздела БЖД | 18 |
| 17 Написание и оформление пояснительной записки | 36 |
| 18 Оформление графической части | 20 |
| 19 Подготовка к защите | 24 |
| Итого: | 598 |

Каждый этап разработки научно–исследовательской темы требует определенных затрат на его выполнение. Эти затраты времени составляют трудоемкость, измеряемую в человеко–часах. Сумма затрат по этапам составит общую трудоемкость всех этапов.

Трудоемкость рассчитывается по формуле 1:

Тож. = Тэi = (2Тмак. + 3Тмин. ) / 5 , ч (чел.-ч) (1)

где Тэi – трудоемкость i–го этапа, равная ожидаемому времени (Тож), необходимому на выполнение i–го этапа, чел.–ч;

Тмак. – максимальное время на выполнение i–го этапа, чел.–ч;

Тмин. – минимальное время на выполнение этапа, чел.–ч;

Все результаты вычислений трудоемкостей по определенным этапам сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Трудоемкости на определенных этапах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование этапов работы | Тмин., чел.-ч | Тмак., чел.-ч | Тож., чел.-ч |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Постановка задачи и разработка плана выполнения научной работы | 6 | 12 | 8 |
| 2 Поиск информационных источников и изучение литературы | 66 | 72 | 68 |
| 3 Выбор направлений исследования для решения поставленной задачи | 6 | 12 | 8 |
| 4 Разработка и освоение методик анализа | 13 | 20 | 16 |
| 5 Разработка и освоение методик эксперимента | 14 | 28 | 20 |
| 6 Подготовка исходных веществ (коры) для эксперимента | 24 | 42 | 31 |
| 7 ВАГ коры | 54 | 86 | 67 |
| 8 Сушка ЛЦМ | 39 | 76 | 54 |
| 9 Прессование ЛЦМ | 66 | 112 | 84 |
| 10 Исследование теплофизических свойств прессованного ЛЦМ | 24 | 51 | 35 |
| 11 Математическая обработка результатов | 13 | 26 | 18 |
| 12 Обсуждение результатов эксперимента | 6 | 12 | 8 |
| 13 Составление схемы материальных и энергетических потоков | 12 | 24 | 17 |
| 14 Характеристика предполагаемой технологической схемы | 30 | 52 | 39 |
| 15 Разработка и написание организационно экономической части | 21 | 40 | 29 |
| 16 Разработка и написание раздела БЖД | 13 | 26 | 18 |

Продолжение таблицы 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 17 Написание и оформление пояснительной записки | 26 | 45 | 34 |
| 18 Оформление графической части | 17 | 30 | 22 |
| 19 Подготовка к защите | 17 | 34 | 24 |
| Итого трудоемкость темы: | 467 | 800 | 600 |

**4.2.2 Определение удельного веса каждого этапа в трудоемкости всей темы**

С= Тожi/Ттемы\*100%, (2)

где Тожi – ожидаемая трудоемкость отдельного этапа, чел.-ч (таблица 2)

Ттемы – трудоемкость всей темы (таблица 2), чел.-ч.

Таблица 3 – Удельный вес этапа в трудоемкости темы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Этапы | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| С,% | 2 | 1,40 | 11,40 | 1,40 | 2,63 | 3,27 | 5,20 | 11,13 |

Продолжение таблицы 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | 8,97 | 14,07 | 5,77 | 3,03 | 1,40 | 2,80 | 6,47 | 4,77 | 3,03 |

Продолжение таблицы 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 17 | 18 | 19 | Итого: |
| 2 | 5,60 | 3,70 | 3,97 | 100 |

## 

## 4.2.3 Определение степени нарастания технической готовности по этапам

Планирование технической готовности работы заключается в установлении процента нарастания технической готовности, которая показывает, насколько процентов выполнена данная работа за счет выполнения какого-либо определенного этапа:

Нт.г. = Σ Гi  ⋅ Ci , (3)

где Нт.г. – степень нарастания технической готовности n–го этапа, %.

Результаты вычислений сводим в таблицу 4.

Таблицы 4 – Степень нарастания технической готовности по этапам

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Этапы | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Нnг,% | 2 | 1,40 | 12,80 | 14,20 | 16,83 | 20,10 | 25,30 | 36,43 |

Продолжение таблицы 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | 45,40 | 59,47 | 65,24 | 68,27 | 69,67 | 72,47 | 78,94 | 83,70 | 86,74 |

Продолжение таблицы 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 17 | 18 | 19 |
| 2 | 92,34 | 96,04 | 100 |

**4.2.4 Расчет продолжительности выполнения этапов**

Продолжительность выполнения каждого этапа определяется по формуле 4:

Тпр. = Тэ / (Тs⋅Ф), (4)

где Тэ – продолжительность отдельного этапа, чел–ч;

Тs – средняя продолжительность смены, Тs = 6 часов;

Ф – фронт работы, чел.;

Продолжительность выполнения отдельного этапа в календарных днях определяется по формуле 5:

Тп.к. = Тпр. ⋅ Ккал., (5)

где Ккал. – коэффициент календарности.

Ккал. = Ткал. / (Ткал. – ( Тпразд. + Твых. )), (6)

где Ткал. – число календарных дней в году;

Твых. – число выходных дней в году;

Твых. = 52 дней; Тпразд. = 12 дней.

Ккал. = 365 / (365 – (52 + 12)) = 1,21

Полученные результаты сводим в таблицу 5. Календарную дату определяем по рабочим дням.

Таблица 5 – Продолжительность выполнения этапов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Этапы | Тэ, чел – ч | Тпр, раб. дни | Т п.к., кал. дни | Календ. дата |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 8 | 1,40 | 2 | 14.02 |
| 2 | 68 | 11,40 | 14 | 28.02 |
| 3 | 8 | 1,40 | 2 | 01.03 |
| 4 | 16 | 2,63 | 3 | 04.03 |
| 5 | 20 | 3,27 | 4 | 08.03 |
| 6 | 31 | 5,20 | 6 | 14.03 |
| 7 | 67 | 11,13 | 13 | 27.03 |
| 8 | 54 | 8,97 | 11 | 07.04 |
| 9 | 84 | 14,07 | 17 | 24.04 |
| 10 | 35 | 5,77 | 7 | 01.05 |
| 11 | 18 | 3,03 | 4 | 05.05 |
| 12 | 8 | 1,40 | 2 | 7.05 |
| 13 | 17 | 2,80 | 3 | 11.05 |

Продолжение таблицы 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14 | 39 | 6,47 | 8 | 19.05 |
| 15 | 29 | 4,77 | 6 | 25.05 |
| 16 | 18 | 3,03 | 4 | 29.05 |
| 17 | 34 | 5,60 | 7 | 05.06 |
| 18 | 22 | 3,70 | 4 | 09.06 |
| 19 | 24 | 3,97 | 5 | 14.06 |
| Итого: | 600 | 100 | 121 | - |

**4.3 Расчет затрат на НИР**

**4.3.1 Затраты на сырье и материалы**

Таблица 6 – Затраты на сырье и материалы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование сырья | Ед.  Изм. | Цена за ед.измерения, руб. | Количество | Сумма, руб. |
| Древесина осины | кг | 20,00 | 1 | 20,00 |
| Кора сосны | кг | 15,00 | 4 | 60,00 |
| Стакан фарфоровый |  | 90,00 | 1 | 90,00 |
| Вода хозяйственно-питьевая | м3 | 22,54 | 0,025 | 0,564 |
| Итого: |  |  |  | 170,564 |

## 4.3.2 Электроэнергия на технологические цели

Затраты на электроэнергию определяются исходя из мощности потребляемой установки и времени ее работы:

Э = W⋅Т⋅С⋅Q , руб. , (7)

где W – электрическая мощность установки, кВт;

Т – время работы установки, ч;

С – стоимость электроэнергии, коп–кВт∙ч.;

Q – коэффициент использования установки.

Все затраты на электроэнергию сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчет затрат на электроэнергию

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Электро - приборы | W, кВт | Т, ч. | С, руб – кВт∙ч. | Q | Э, руб. |
| Установка для прессо-  вания | 2,2 | 90 | 3,808 | 0,95 | 716,28 |
| Весы аналитические | 0,004 | 5 | 3,808 | 0,95 | 0,07 |
| Установка ВАГ | 20 | 76 | 3,808 | 0,95 | 5498,75 |
| Сушиль-  ный шкаф | 0,3 | 54 | 3,808 | 0,95 | 58,61 |
| Спектрофо-тометр | 1,5 | 3 | 3,808 | 0,95 | 16,28 |
| Компьютер | 0,4 | 108 | 3,808 | 0,95 | 156,28 |
| Дистиллятор | 2,6 | 2 | 3,808 | 0,95 | 18,81 |
| Итого: |  |  |  |  | 6465,09 |

**4.3.3 Оплата труда исполнителей НИР**

**4.3.3.1 Расчет численности исполнителей по теме**

Численность работающих по теме устанавливается из планируемого объема работ. Для этого составляется:

1. Баланс рабочего времени одного работающего (таблица 8)

Таблица 8 – Баланс рабочего времени одного работающего

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Затраты времени (дни) | |
| Исполнитель | Руководитель |
| 1 Календарный фонд времени: | 365 | 365 |
| 2 Количество нерабочих дней:  а) выходных  б) праздничных | 52  12 | 52  12 |
| 3 Номинальный фонд рабочего времени | 301 | 301 |
| 4 Потери рабочего времени  а) очередной отпуск  б) прочие невыходы | 24  - | 48  - |
| 5 Эффективный фонд рабочего времени | 277 | 253 |

2) Определение эффективного фонда времени данной темы

Тэф.т. =(Тк.т. ⋅ Тэфф. ) / Ткал., раб.дн (8)

где Тк.т. – продолжительность выполнения темы в календарных днях (из таблицы 5);

Тэфф. – эффективный фонд рабочего времени в год одного работающего;

Ткал. – календарный фонд времени, кал. дн..

Тэф.т. = (100 ⋅ 277 ) / 365 = 75,9 (раб.дн.)

3) Число работников

Нраб. = Σ Тпр. / Тэф. т., (9)

где Σ Тпр. – суммарная трудоемкость темы, раб.дн., из таблицы 5

Нраб. = 100/ 75,9= 1,32

Принимаем число научно – исследовательских работников равным 1 человеку.

**4.3.3.2 Расчет фонда оплаты труда**

Согласно бестарифной системе оплаты труда, принятой в Алтайском государственном университете им. И.И. Ползунова, базовые ставки (оклад) в соответствии с квалификационным уровнем составляют: руководитель - 6806 руб., исполнитель НИР – 4912 руб.

Для руководителя: ЗПосн = 6806 руб.

Для исполнителя: ЗПосн = 4912 руб.

Руководителю к основной заработанной плате устанавливаются надбавки:

- За ученую степень – 3000 руб.

- За занимаемую должность – 40 % базового оклада:

ЗПдолж = ЗПосн \* 0,4 = 2722,4 руб.

Оклад в месяц составит:

Для руководителя: Окл. = ЗПосн + ЗП уч.степ. + ЗПдолж ;

Окл. = 6806 + 3000 + 2722,4 = 12528,4 руб.

Для исполнителя: Окл. = ЗПосн = 4912 руб.

Стимулирующие выплаты в проекте НИР приняты в размере 30% в ФОТ:

Св = (Окл / 0,7) \* 0,3

Для руководителя: Св = (12528,4 / 0,7) \* 0,3 = 5369,31 руб.

Для исполнителя: Св = (4912 / 0,7) \* 0,3 = 2105,14 руб.

Таким образом заработная плата с учетом стимулирующих выплат составила:

Зп= Окл+ Св

Для руководителя: Зп = 12528,4 + 5369,31 = 17897,71 руб.

Для исполнителя: Зп = 4912 + 2105,14 = 7017,14 руб.

Часовую заработную плату находили по формуле:

ЗПч.= Окл\*Пр\*Ктер/Тэф\*Тs,

где Окл – месячный оклад, руб;

Пр – число рабочих месяцев в году;

Ктер – территориальный коэффициент (для Алтайского края = 1,15)

Для руководителя: ЗПч = 17897,71 \* 10 \* 1,15 / 253 \* 6 = 135,59 руб/ч.

Для исполнителя: ЗПч = 7017,14 \* 11 \* 1,15 / 277 \* 6 = 53,41 руб/ч.

Основной ФОТ планировался, исходя из часовой заработанной платы и числа отработанных часов на выполнение НИР.

ФОТосн= ЗПч\*∑Тож,

Для руководителя: ФОТосн = 135,59 \* 600 = 81354,00 руб.

Для исполнителя ФОТосн = 53,41 \* 600 = 32046,00 руб.

Дополнительная заработная плата для исполнителей темы находится по формуле:

ЗПдоп. = (ФОТосн \* Тот ) / Тп.р.,

где Тот – длительность отпуска (раб. дн.), приходящихся на данный период.

Для руководителя: Тот = (48 \* Тп.к.) / 365

Тот = (48 \* 121) / 365 = 16 дн.

ЗПдоп.= (81354,00 \* 16) / 100 = 13016,64 руб.

Для исполнителя: Тот = (24\* Тп.к.) / 365

Тот = (24 \* 121) / 365 = 8 дн.

ЗПдоп.= (32046,00 \* 8) / 100 = 2563,68 руб.

Планируемый ФОТ руководителя:

ФОТрук.= ФОТосн+ ЗПдоп

ФОТрук.= 81354,00 + 13016,64 = 94370,64 руб.

Планируемый ФОТ исполнителя:

ФОТисп.= ФОТосн+ ЗПдоп

ФОТисп..= 32046,00 + 2563,68 = 34609,68 руб.

Общий плановый ФОТ на НИР составил:

ФОТ = ФОТрук. + ФОТисп

ФОТ = 94370,64 + 34609,68 = 128980,32 руб.

**4.3.3.3 Страховые выплаты**

Страховые выплаты составляют 30,2 % от общего ФОТ:

Страховые выплаты = 128980,32 \* 0,302 = 38952,06 руб.

**4.3.4 Расчет стоимости приобретаемого оборудования**

В связи с тем, что оборудование изношено, проведен расчет финансовых ресурсов на приобретение нового лабораторного оборудования взамен изношенного.

Таблица 9 – Смета затрат на приобретение оборудования

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Цена за ед., руб. | Количество | Сумма, руб. | Затраты на доставку, монтаж и пр. | Итого баланс. стоимость, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Установка ВАГ | 51200 | 1 | 51200 | 12800 | 64000 |
| Итого: |  | 1 |  |  | 64000 |

## 

## 4.3.5 Амортизация

Амортизация – постепенное снашивание основных фондов и плановое перенесение стоимости основных фондов на себестоимость готовой продукции.

Амортизационные отчисления представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Амортизационные отчисления

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование оборудования | Коли  чество единиц | Балансо-  вая стои  мость | Амортизация | | Доля амортизации по выполняемой теме | |
| Норма, % | Сумма, руб. | Число рабочих часов | Амортизация,  руб. |
| Установка для прессования | 1 | 5400 | 10,0 | 0 | 90 | 0 |
| Весы аналитиче  ские | 1 | 36000 | 26,0 | 9360 | 5 | 21 |
| Установка ВАГ | 1 | 64000 | 14,3 | 9152 | 76 | 317 |
| Спектрофо-тометр | 1 | 324000 | 15,0 | 48600 | 3 | 66 |
| Сушильный шкаф | 1 | 42000 | 18,0 | 7560 | 54 | 186 |
| Компьютер | 1 | 31000 | 22,5 | 6975 | 108 | 343 |
| Дистиллятор | 1 | 22000 | 20 | 4400 | 2 | 4 |
| Итого: | 6 | 524400 |  | 86047 |  | 937 |

**4.3.6 Общелабораторные расходы**

Данные расходы составляют 75% от основного фонда оплаты труда:

Р = 0,75\*128980,32= 96735,24 руб.

**4.3.7 Накладные расходы**

Накладные расходы принимают в размере 20 % от стоимости НИР по смете затрат.

Накладные расходы составляют: 420300,34 \* 0,2 = 84060,07 руб.

## 4.3.8 Смета и структура затрат на НИР

Смета затрат на проведение научной работы приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Смета затрат на проведение научной работы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование затрат | Стоимость, руб. | Доля затрат, % |
| 1. Расходы на сырье и материалы | 170,56 | 0,04 |
| 2. Электроэнергия на технологические цели | 6465,09 | 1,54 |
| 3. ФОТ | 128980,32 | 30,69 |
| 4. Страховые выплаты | 38952,06 | 9,27 |
| 5. Амортизация | 937,00 | 0,22 |
| 6. Общелабораторные расходы | 96735,24 | 23,02 |
| 7. Стоимость оборудования | 64000,00 | 15,23 |
| Итого основные расходы | 336240,27 | 80,00 |
| 8. Накладные расходы | 84060,07 | 20,00 |
| Всего затраты на НИР | 420300,34 | 100,00 |

Для реализации данной работы необходимы единовременные затраты в размере 64000 рублей.

Текущие затраты на НИР составят:

Ттек = 420300,34 – 64000 = 356300,34 руб.

Текущие затраты в год составят:

Ттек(год) = (Ттек / Тп.к) \* 365;

Ттек(год) = (356300,34 / 121) \* 365 = 1074790,28 руб.

Всего затраты на НИР в пересчете на год:

Зг = 1074790,28 + 64000 = 1138790,28 руб.

Приведенные затраты на НИР в год составят:

Зприв = Ттек + Ен \* К**;**

Зприв = 356300,34 + 0,15 \* 64000 = 365900,34 руб.

**4.4 Эффективность НИР**

Производство теплоизоляционных плитных материалов из лигноцеллюлозного сырья имеет преимущества перед традиционными способами, которые связаны с отказом от необходимости введения синтетических связующих при прессовании композита, что в свою очередь, влечет за собой:

1) экологическую чистоту материала, обусловленную отсутствием выделения в атмосферу фенолов, являющихся компонентами синтетических клеев в традиционных композитах;

2) уменьшение отходов растительного происхождения, не находящих применения в объемах, достаточных для их полной полезной утилизации (сырьем для производства плитных материалов является: древесная щепа, стружка, опилки, ветви и другие материалы, в нашем случае – кора сосны).

Следовательно, снижается себестоимость ДСП И ДВП, так как в обычных производствах фенолоформальдегидные и мочевиноформальдегидные смолы составляют 30 – 40% от стоимости плит.

Дополнительно снижаются производственные затраты, так как используется дешевое сырье (любой лигноцеллюлозный продукт), уменьшается длина технологической цепочки производства за счет отсутствия в цикле оборудования по приготовлению смеси и фракционированию.

Кроме того, актуальность и перспектива данного проекта доказываются высокими качественными показателями полученных теплоизоляционных материалов, возможностью использования малоценных древесных пород и их отходов, поэтому предложенный способ может найти широкое применение в промышленном масштабе.

**5 Охрана труда**

**5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

В лаборатории при проведении взрывного автогидролиза коры сосны присутствовали вредные и опасные факторы, которые указаны в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика вредных и опасных факторов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название вредных и опасных факторов | Источ-ник образо-вания | Характер воздействия вредных веществ и опасных факторов, вид травмы и профессиональные заболевания | Профилактические мероприятия и первая медицинская помощь |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| При работе со стеклянной посудой | Вытяж-ной шкаф, рабо-чий стол | Порез кожи, попадание осколков стекла в глаза | При незначительном порезе удалить остатки стекла и обработать обеззараживающим веществом, при более серьезной ране необходимо обработать область вблизи поражения йодом и наложить стерильную повязку. |
| Электричес-кий ток | Аппа-рат ВАГ, уста-новка для иссле-дова-ния тепло-про-вод-ности | Электрические ожоги по глубине поражения подразделяются на четыре степени:  покраснение и обугливание кожи, поражение мышц, сухожилий и костей. | Защитное заземление. При электрических ожогах первой степени после ликвидации воздействия необходимо на пораженные участки тела положить кубики льда, при небольших ожогах наложить стерильные повязки из бинта, при тяжелых ожогах- укрыть потеплее,  Дать 1-2 таблетки анальгина и ждать прибытия врача |

Продолжение таблицы 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Нагревание | Аппарат ВАГ,  уста-новка для иссле-дова-ния тепло-провод-ности | Термический ожог. | При работе с электронагревательными приборами не следует прикасаться к нагреваемой поверхности любыми частями тела. |

**5.2 Микроклиматические условия**

Для исключения вредного влияния микроклиматических факторов на организм человека и создания нормальных условий труда в рабочей зоне производственных помещений параметры воздушной среды должны соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны». Этот ГОСТ устанавливает оптимальные и допустимые микроклиматические условия для теплого, холодного и переходного периодов года в зависимости от тяжести выполняемых работ (легкая, средней тяжести, тяжелая) с учетом избытков явного тепла. Работы в лаборатории взрывного автогидролиза (ауд. 405а) относятся к средней тяжести, т.е. связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие переноски тяжести (категория IIa).

В таблице 2 приведены нормативные и действительные значения микроклиматических условий.

Таблица 2 - Оптимальные (числитель) и допустимые (знаменатель) нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категория работ | Температура воздуха, 0С | | Относительная влажность, % | | Скорость движения воздуха, м/с, не более | |
| По ГОСТ 12.1.005-88 | В помеще-нии | По ГОСТ 12.1.005-88 | В помещении | По ГОСТ 12.1.005-88 | В помещении |
| Средней тяжести -  II a | 18-20/ 17-23 | 20 | 60-40/75 | 60 | 0,2/0,3 | 0,2 |

**5.3 Производственное освещение**

Освещение производственных помещений является основным фактором для создания благоприятных условий труда. Недостаточное освещение может вызвать притупление внимания, снижение производительности, утомление работающего и оказаться причиной несчастного случая.

Освещение бывает естественным за счет проникновения через оконные проемы солнечного света и искусственным создаваемого люминесцентными лампами и лампами накаливания. Применение того и другого освещения называется совмещенным освещением. Такое освещение используется в химических лабораториях.

**5.4 Расчет освещения**

Естественное освещение характеризуется значением коэффициента естественного освещения (КЕО), в данном случае при боковом освещении расчетное КЕО:

еσр = ( εσn \* βа + εзд \* bф \* γа \* kзд ) \* r0 \* τ0 / kз ,

где εσn – значение КЕО в расчетных точках при боковом освещении, создаваемое прямым светом участка неба, видимым через световые проемы (с учетом распределения яркости по облачному небу МКО);

βа – коэффициент ориентации световых проемов, учитывающий ресурсы естественного света по кругу горизонта;

εзд – геометрический КЕО участка фасада противостоящего здания, видимого из расчетной точки через световой проем;

bф – средняя относительная яркость фасадов противостоящих зданий;

γа – коэффициент ориентации фасада здания, учитывающий зависимость его яркости от ориентации по сторонам горизонта;

kзд – коэффициент, учитывающий изменение внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий;

r0 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя при открытом горизонте (отсутствии противостоящих зданий);

τ0 – общий коэффициент светопропускания;

kз – коэффициент запаса заполнения светового проема.

εσn рассчитывается по формуле:

εσn =0,01 \* ( n1 \* n2 ) ,

где n1, n2 – количество лучей, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку соответственно на поперечном разрезе помещения и на плане помещения. Выбираются по таблицам в СНиПе 23 – 05 – 95 .

εσn = 3.3

Коэффициент βа также находится по таблице и он равен 0,86.

## Напротив химической лаборатории нет высоких зданий, заграждающих и преломляющих солнечный свет, поэтому значение выражения

## (εзд\* bф\* γа\* kзд) в формуле равно 0.

## Коэффициент r0 находится в пределах ( 1÷3 ), принимаем его равным 1.5.

Общий коэффициент светопропускания τ0 рассчитываем по формуле:

τ0 = τ1 \* τ2 \* τ3 \* τ4 \* τ5

где τ1 – коэффициент светопропускания материала;

τ2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема;

τ3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях;

τ4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных установках;

τ5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями.

Все коэффициенты берутся из СНиП 11–4–79, тогда:

τ0 = 0.276

Коэффициент запаса kз для естественного бокового освещения равен 1,2.

Подставим все значения в общую формулу, получаем:

еσр = ( 3.3 \* 0.86 ) \* 1.5 \* 0.276 / 1.2 = 1.0%

Работы, выполняемые в лаборатории относятся к работам средней точности, для которых К.Е.О. равно 0,9, так как 1,0 > 0,9, то естественного освещения будет достаточно для работы в дневное время. Но работы в лаборатории проводятся и в вечернее время надо предусмотреть искусственное освещение.

Расчет искусственного освещения помещения рекомендуется производить методом коэффициента использования светового потока (метод светового потока). Этот метод применяют для нахождения равномерного освещения.

Основная формула:

Fл=(E min \*S\*Z\*K )/(N\*ŋ)

где E min – нормированное значение освещенности;

S- площадь освещаемой поверхности, м;

Z- коэффициент минимальной освещенности, принимаем его 1,1;

К- коэффициент запаса принимаем равным 1,15;

N- число светильников над освещаемой поверхностью;

ŋ- коэффициент использования светового потока.

Для определения коэффициент использования светового потока определяем индекс помещения ( i ) :

i= a\*b/hр\*(a+b)

где hр- расчетная высота;

a , b-длина и ширина помещения, м.

Определяем hр по формуле:

hр=h-hc - hр.п.

где h- высота помещения, м (для данного помещения h=3,2 м);

hc-расстояние от перекрытия до светильника “свес”, для подвесных светильников h c=0,4 м.

hр.п.- высота расчетной поверхности над полом ( расстояние от пола до рабочей поверхности, в данном случае h р.п=0,8 м).

Рассчитываем hр:

hр=3,2-0,2-0,8=2,2 м

Полученное значение подставляем в формулу для расчета индекса помещения:

i =2\*6/2,2\*(6+2)=0,68

Для каждого типа светильника оптимальное расстояние между светильниками λ, для светильников с люминесцентными лампами λ=1,4.

Расстояние между светильниками L рассчитывается по формуле 4.7:

L=λ\*hр

L= 1,4\* 2,2=3,08 м

Число светильников в ряду и число рядов светильников Na , Nb определяют по следующим формулам:

Na=а/ L

Nb=b/L

Na =2/3,08=0,65 (так как число рядов не может быть меньше 1, то принимаем Na =1),

Nb =6/3,08=1,95 (примерно берем Nb =2 )

Общее количество светильников определяется по формуле:

N=Na \* Nb

N=1\*2=2 шт.

Нормированное значение освещенности (E) устанавливают в зависимости от характера зрительной работы, размеров объекта различия, фона и контраста объекта с ним, типа источника света. Принимаем его равным 300 лк.

Коэффициент использования светового потока (ŋ) определяется при определенном типе светильника, индексе помещения и коэффициентов отражения элементов потолка, стен, рабочей поверхности (ρп, ρс, ρр.п.). По таблице находим ρп=70, ρс=50, ρр.п=10. По таблице находим коэффициент использования светового потока светильников с люминесцентными лампами ОД

ŋ=38 %.

Все полученные значения подставляем в формулу:

Fл = 300\*12\*1,1\*1,15/(2\*0,38)=5792 лм

Пользуясь таблицей в СНиП 11–4–79, определяем необходимую мощность лампы (80 Вт), ее световой поток (Fл =5220), что несколько меньше потребного, Определим фактическую освещенность:

Е Ф=300\*(5220/5792)=275 лк

Общая мощность всей электрической установки:

Робщ = Р\*N=80\*2=160 Вт

**5.5 Электробезопасность**

По электробезопасности согласно ПУЭ (7 изд.) лаборатория относится к помещениям с повышенной опасностью, так как имеет токопроводящий железобетонный пол.

Источник – электрооборудование (аппарат ВАГ, установка для определения теплопроводности).

Вид травмы – электрический удар 1 и 2 степени.

Первая помощь – отключить электроустановку, осмотреть пострадавшего. Внешние повреждения обработать и закрыть повязкой. Если повреждение легкое и симптомы не тяжелы для организма (боли, помутнение, кратковременная потеря сознания, головокружение) помощь заключается в транспортировке пострадавшего в медпункт и создании благоприятных условий сопутствующих спокойному состоянию пострадавшего.

Профилактические мероприятия – Основная изоляция токоведущих частей, защитное заземление. Для обеспечения защитного заземления по периметру лаборатории закреплен проводник к которому подсоединены электроустановки.

**5.6 Пожарная безопасность**

Все производственные помещения в соответствии с НТБ 105-95 подразделяются на категории, определенные расчетными методами на основе критериев их взрывопожарной опасности путем последовательной проверки принадлежности помещения от высшей категории (А) к низшей (Д).

При неправильном использовании нагревательных приборов и электропроводок возможно возникновение пожаров.

Под нагревательными приборами должен находиться толстый лист асбеста или какой-либо другой негорючий материал. Рядом с каждым рабочим местом должно находится асбестовое одеяло размером 1 м2 на одно рабочее место, емкость с песком в количестве, достаточном для тушения большого очага возгорания.

Наиболее распространенным средством тушения пожара является огнетушитель, обращение с которым должны знать все работающие в лаборатории.

Пожароопасность технологических процессов в значительной степени определяется физико-химическими свойствами сырья, промежуточных и конечных продуктов. Требования пожаро- и взрывоопасности промышленных объектов сформулированы в ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.010-91. Категория помещения по взрывоопасности определяется согласно ОНТП 24-86.

В лаборатории № 405а производились работы, в ходе которых не образуются взрывоопасные смеси, при воспламенении не создается избыточное давление для взрыва. Поэтому помещение можно отнести к пожароопасному категории Д. Степень огнестойкости здания – II по СНиП 2.01.02-85.

Лаборатория снабжена средствами тушения загорания, которые представлены огнетушителем углекислотным ОУ-3, песком и асбестовым одеялом. Выбор огнетушителя данного типа определяется из-за универсальности свойств и способности применения его в разного рода пожарах. В отличие от пенного или порошкового, ОУ-3 способен тушить вещества, которые могли бы образовывать с пеной устойчивые горючие соединения и дополнительно понижать температуру горения, сбивая пламя и изолируя его от доступа кислорода.

На первом этаже химического корпуса расположен пожарный кран.

Для оповещения о возникновении пожара предусмотрена противопожарная сигнализация. Первичная сигнализация сообщена с вахтой корпуса. В случае появления очага возгорания датчики типа ДИП-54Т-ХХ (извещатель пожарный дымовой) , установленные на своде потолка, подают звуковой и световой сигнал на вахту. Дежурный на вахте дает оповещение основной сигнализацией по корпусу, которая размещена на каждом этаже и представляет собой оповестительные ламповые устройства красного цвета, периодически мерцающие, и звуковые тарелки, либо гудки, а также делает звонок в пожарную часть.

При оповещении основной сигнализацией все находящиеся в здании в экстренном порядке должны покинуть корпус.

**5.7 Мероприятия по снижению негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов**

Безопасность эксперимента зависит от выполняемого вида работ, но существует ряд общих требований, которые должны соблюдать все работающие в лаборатории:

- в лаборатории работать только в спецодежде (халат), при необходимости в средствах защиты рук и глаз (перчатки и очки);

- работать при наличии средств пожаротушения и медицинской аптечки;

- при работе с вредными веществами использовать исправную вытяжную вентиляцию;

- проверить герметизацию оборудования, а также целостность стеклянной посуды;

- обеспечить механизацию технологических процессов;

- осуществлять периодические проверки состояния приборов и оборудования;

- отходы химических реактивов органического происхождения сливать в специальные емкости;

- запрещается оставлять без присмотра работающие установки, электронагревательные приборы: перед уходом из лаборатории необходимо убедится в том, что отключена вода, электроэнергия, вытяжка;

- в определенных местах необходимо наличие вывесок, надписей, предупреждающих об опасности вредных и опасных факторов;

- ни при каких обстоятельствах нельзя мыть включенное в сеть электрооборудование;

- следить за чистотой на рабочем месте и не загромождать рабочий стол ненужными приборами и посудой.

**5.8 Охрана окружающей среды**

Древесина как уникальный природный источник требует к себе пристального внимания со стороны исследователей для решения вопросов ее комплексной безотходной переработки для получения продуктов медицинского и народнохозяйственного значения. В рамках такой переработки представляется актуальной проблема утилизации коры сосны с получением пористых теплоизоляционных материалов.

В последнее время многообещающим способом обработки лигнифицированного растительного материала явился так называемый взрывной автогидролиз. Основное преимущество данного метода заключаются в том, что при его достаточной экспрессности, экономичности и практически абсолютной экологической безвредности он позволяет успешно разложить лигноцеллюлозный материал на его составные компоненты - лигнин, гемицеллюлозы и целлюлозу. К тому же данным методом возможна переработка низкосортной древесины и отходов.

В настоящее время переработка коры сосны не получила большого распространения. Применяют ее как удобрение, для мульчирования почвы, а так же в незначительных объемах как топливо.

**Заключение**

В данной работе получены плитные материалы на основе коры сосны по методу ВАГ. Изучены вопросы о влиянии давления прессования, параметров взрывного автогидролиза на теплофизические свойства плитных материалов. Полученные плитные материалы по теплофизическим свойствам не уступают плитным материалам на основе фенолоформальдегидных смол.

**Список литературы**

1. Graff G.M. High-grade lignin chemes edge closer to reality // Chem. Engng. – 1982. – Vol. 89, № 26. – P. 25 – 27.
2. Marchessault R.H., Coulombe S., Morikawa H., Robert D. Characterization of aspen exploded wood lignin // Canad. J. Chem. – 1982. – Vol. 60, № 18. – P. 2372 – 2382.
3. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов. СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628с.
4. Алиев Р.Г., Павлова Е.А., Терентьева Э.П., Удовенко Н.К. Химия древесины и синтетических полимеров: учебно-методическое пособие. Часть 2. Строение и химия древесины и ее компонентов. СПб.: СПбГТУРП, 2011. – 37 с.
5. А.А. Балакирев Лесной сектор в экономике России // Лесная промышленность. – 2005. - № 1. – С. 11 – 12.
6. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции: Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. – M.: ИНФРА-М, 2003. – 268 с.
7. Бутылкина А.И., Левданский В.А., Кузнецов Б.Н. Изучение состава экстрактивных веществ, выделенных из коры сосны различными методами. // Химия растительного сырья. – 2011. – № 2. – с. 77 – 82.
8. Васечкин В.С. Технология экстрактивных веществ дерева. – М.: Гослесбумиздат, 1953. – 427с.
9. И.В. Воскобойников Переработка и воспроизводство лесных ресурсов // Лесная промышленность. – 2005. - № 1. – С. 2 – 3.
10. Гемицеллюлозы/Под ред. М.С.Дудкина, В.С.Громова. Рига: Зинатне, 1991. – 488с.
11. Горемыкин A.B. Технология экологически безопасного производства теплоизоляционных материалов //Строит, материалы. -1997. -№4. С.7-9.
12. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий: Учебник для ВУЗов по специальности « Производство строительных изделий и конструкций» М: Высшая школа 1989. – 384 С.
13. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко Л.А. Технология теплоизоляционных материалов // М.: Стройиздат. 1980. - 400 с.
14. ГОСТ 16381 – 77 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные»
15. Гравитис Я.А. Теоретические и прикладные аспекты метода взрывного автогидролиза растительной биомассы // Химия древесины. – 1987. – № 5. – С. 3 – 21.
16. Ермолина А.В., Миронов П.В. Теплоизоляционный материал на основе древесно-волокнистых продуктов. // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – с. 197 – 200.
17. Захаров П.Н. Техника безопасности в химических лабораториях. – Л: Химия, 1991–336 с.
18. Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарев Д.Ф. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. – М.: Химия, 2000. – 408 с.: ил.
19. Каллавус У.Л., Гравитис Я.А. О воздействии парового взрыва на ультраструктуру древесины // Химия древесины. – 1990. – № 6. – С. 66 – 73, 125, 126.
20. Курдюмова В.М. Материалы и конструкции из отходов растительного сырья/В.М. Курдюмова.- Фрунзе. Кыргызстан, 1990. 110 с.
21. Научные труды Лесотехнической академии, выпуск 91, 1960 – 275с.
22. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы. – М–Л.: АН СССР, 1962. – 711с.
23. Отлев, И.А. Интенсификация производства древесностружечных плит. [текст] / И.А Отлев // М.: Лесная промышленность, 1989. - 192 с.
24. Охрана труда в химической промышленности. Под ред. Г. В. Макрова. – М.: Химия, 1989 – 489с.
25. Пантелеева Н.Л., Ким Л.М. Дипломное проектирование. – Барнаул:АлтГТУ, 2011.-59 с.
26. Полякова Л.В. Методические указания по выполнению экономической части научно-исследовательских работ. – Барнаул: АлтГТУ, 1995.-16 с.
27. Роговин З.А., Шорыгина Н.Н. Химия целлюлозы и ее спутников. – М., 1953. – 347с.
28. Руководство по эксплуатации измерителя теплопроводности, Челябинск – 2005. – 32 с.
29. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение – М: Высшая школа, 2003. – 702 с.
30. Рязанова, Т.В. Химия древесины: Учебное пособие для студентов. [Текст] / Т.В. Рязанова, Н.А. Чупрова, Е.В. Исаева // Красноярск: КГТА. 1996. – 358 с.
31. Селезнев А. З. Развитие и финансирование науки в России // Изв. С. – Петербург. ун – та экон. и финансов. – 2002. - № 4. – С. 127
32. СНиП 11 – 4 – 79.
33. СНиП 23 – 05 – 95.
34. Фенгел, Д. Древесина (химия, ультраструктура, реакции) [Текст] / Д. Фенгел, Г. Вегенер // Пер. с англ. Предисл. А.А. Леоновича. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 512с.
35. Челышева, И. Н. Использование отходов переработки древесины при производстве древесно-волокнистных плит / И. Н. Челышева // ЭКиП: Экология и промышленность России. - 2006. - N 12. - С. . 22-25.
36. Шарков В.И., Сапотницкий С.А., Дмитриева О.А., Туманов И.Ф. Технология гидролизных производств – М.:Лесн.промышленность, 1973. – 408с.
37. Щербаков, А.С. Технология композиционных древесных материалов [Текст] / И.А. Гамова, Л.В. Мельникова // М.: Экология, 1992. – 190 с.
38. Эриньш П.П., Кулькевица И.Ф. Влияние гидротермической обработки на свойства древесинного вещества. 2. Сосновая древесина // Химия древесины. – 1990. – № 6. – С. 61 – 65.
39. <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-33/132.htm>
40. <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-33/130.htm>
41. <http://www.allshtukatur.ru/materials-teplo-2.html>

# Приложение А

Министерство образования и науки Российской Федерации

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования*

«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.И.ПОЛЗУНОВА» (АлтГТУ)

Кафедра *Технология переработки пластических масс и эластомеров*

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.М. Чемерис

подпись и.о.,фамилия

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2012г.

**ЗАДАНИЕ № 09**

**на дипломную работу**

По специальности Технология переработки пластических масс и эластомеров

студенту группы ТППиЭ-71 Иванову Павлу Валерьевичу

Тема: Теплоизоляционные материалы на основе коры сосны

Утверждено приказом ректора от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_№ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Срок исполнения работы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению Иванов Павел Валерьевич

подпись фамилия, имя, отчество

БАРНАУЛ 2012

1 Исходные данные

Задание, открытая литература, патентная проработка, консультации руководителя.

2 Содержание разделов работы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование и содержание разделов работы | Трудоемкость, % от всего объема работы | Срок выполнения | Консультант (Ф.И.О., подпись) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Расчетно-пояснительная записка | 90 |  |  |
| 1.1 Литературный обзор | 50 |  | Н.П. Мусько |
| 1.2 Экспериментальная часть | 10 |  | Н.П. Мусько |
| 1.3 Обсуждение результатов | 5 |  | Н.П. Мусько |
| 1.4 Организационно-экономическая часть | 10 |  | Л.В. Полякова |
| 1.5 Безопасность жизнедеятельности | 10 |  | А.А. Вихарев |
| 2 Графическая часть | 15 |  |  |
| 2.1 Иллюстрационные листы | 5 |  | Н.П. Мусько |
| 2.2 ЯМР-спектры | 4 |  | Н.П. Мусько |
| 2.3 Смета затрат на проведение НИР | 2 |  | Л.В. Полякова |

3 Научно-библиографический поиск

3.1 По научно-технической литературе просмотреть- научно-технические журналы по теме дипломной работы и РЖ «Химия» за последние года.

3.2 По нормативной литературе просмотреть- указатели государственных и отраслевых стандартов за последний год.

3.3 Патентный поиск провести за 10 лет по странам Германии, США, Франции, Японии и др.

Руководитель работы Мусько Н.П. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись