

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование физико-механических свойств древесины (березы, сосны), пропитанной водорастворимыми полимерами

УДК 674.048:678.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Янушкевич Ирина Олеговна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ ИШНПТ	Буякова С.П.	Д.т.н., профессор		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер НПЛ ЧВ	Смердов О.В.	К.т.н		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП ТПУ	Жиронкин С.А.	Д.э.н., профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	Буякова С.П.	Д.т.н., профессор		

Томск – 2021 г.

## Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
<b>УК(У)-2</b>	Способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
<b>УК(У)-3</b>	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
<b>УК(У)-4</b>	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
<b>УК(У)-5</b>	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
<b>УК(У)-6</b>	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен решать производственные и/или исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.
<b>ПК(У)-2</b>	Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и

	экологических последствий применения
<b>ПК(У)-3</b>	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности
<b>ПК(У)-4</b>	Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
<b>ПК(У)-5</b>	Способен выполнять перевод технической литературы на иностранном языке, связанной с профессиональной деятельностью в области материаловедения
<b>ПК(У)-6</b>	Способен решать задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий
<b>ПК(У)-7</b>	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики
<b>ПК(У)-8</b>	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ С.П. Бужкова  
 (Подпись)      (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ91	Янушкевич Ирина Олеговна

Тема работы:

Исследование физико-механических свойств древесины (березы, сосны), пропитанной водорастворимыми полимерами	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № <u>90-37/с</u> от <u>31.03.2021</u>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2021
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>В работе были проведены исследования модифицированной древесины, пропитанной водорастворимыми полимерами. Исходными данными к работе являются литературные данные по существующим методам модифицирования древесины.</i></p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>- Литературный обзор (процесс пропитки древесины);</p> <p>-Объект и методы исследования;</p> <p>- Результаты экспериментов на физико-механические свойства, пропитанных образцов из березы и сосны;</p> <p>- Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность»;</p> <p>- Заключение и выводы по работе.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация ВКР в PowerPoint</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i></p>	<p><i>С.А. Жиронкин, д.э.н., профессор ОСГН ШБИП ТПУ</i></p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p><i>Л.А. Скачкова, старший преподаватель ШБИП ООД ТПУ</i></p>
<p><i>Иностранный язык</i></p>	<p><i>А.М. Евсеева, старший преподаватель ШБИП ОИЯ ТПУ</i></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p><i>Введение, обзор литературы, заключение.</i></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>03.03.2021</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ ИШНПТ	Буякова С.П.	Д.т.н., профессор		

**Консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер НПЛ ЧВ	Смердов О.В.	К.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Янушкевич Ирина Олеговна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 130 с., 24 рисунка, 28 таблиц, 36 источника.

Ключевые слова: Модифицирование древесины, пропитка древесины, водорастворимые полимеры, физико-механические свойства.

Объектом исследования является древесина березы и сосны, импегрированная водорастворимыми полимерами.

Цель работы – исследование влияние процесса модифицирования древесины на физико-механические свойства: предел прочности при сжатии вдоль волокон, модуль упругости при статическом изгибе.

Основные задачи исследования:

Изучение физико-механических характеристик древесины березы и сосны, пропитанной водорастворимыми полимерами: поливиниловым спиртом, полиакрилатом натрия, глиоксалем.

Оценка и анализ полученных результатов.

Научная новизна:

Экспериментальные данные о древесине березы и сосны, импегрированной способом вакуумной пропитки водорастворимыми полимерами.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Модифицирование древесины – процесс направленного изменения физико-механических, триботехнических, биохимических свойств древесины применительно к условиям эксплуатации изделий из неё.

Модифицированная древесина - древесина с улучшенными физико-механическими, теплофизическими, триботехническими или биохимическими свойствами, приобретенными в процессе ее модифицирования. [ГОСТ 23944 80].

Пропитка древесины – введение в древесину различных составов веществ, обеспечивающих повышение её био- и огнестойкости, прочности, твёрдости, снижение электрической проводимости, изменение цвета. Жидкости проникают в древесину под действием капиллярных сил или избыточного давления.

Импregnация - насыщение материалов разными химическими веществами с целью консервации, придания водоотталкивающих свойств, а также защиты от огня, бактерий, гниения и т.п.

Водопоглощение - способность материала впитывать и удерживать в порах и капиллярах воду.

Гидрофобность – физическое свойство молекулы, «стремление» избежать контакта с водой.

Гидрофильность – характеристика интенсивности молекулярного взаимодействия вещества с водой, способность хорошо впитывать воду, а также высокая смачиваемость поверхностей водой.

## **СОКРАЩЕНИЯ**

ПВС – поливиниловый спирт



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	17
1 Аналитический обзор литературы .....	21
1.1 Строение древесины .....	21
1.2 Методы модификации древесины .....	23
1.3 Описание процесса вакуумной пропитки древесины. ....	28
1.4 Основные направления исследований модифицируемой древесины .....	31
2 Объект и методы исследования.....	35
2.1 Древесина березы и сосны.....	35
2.2 Применяемые пропитывающие составы.....	36
2.2.1 Поливиниловый спирт .....	36
2.2.2 Полиакрилат натрия .....	38
2.2.3 Глиоксаль .....	39
2.3 Метод пропитки .....	40
2.4 Методика исследований.....	43
2.4.1 Подготовка образцов .....	43
2.4.2 Метод определения модуля упругости при статическом изгибе .....	45
2.4.3 Метод определения предела прочности при сжатии вдоль волокон.....	46
2.4.4 Установка для проведения физико-механических испытаний образцов.....	47
3 Результаты исследования .....	49

4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	56
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	57
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	57
4.2	Анализ конкурентных решений.....	59
4.3	SWOT-анализ.....	60
4.3.1	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	69
4.3.2	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	71
4.4	Инициация проекта .....	71
4.5.	Планирование управления научно-техническим проектом.....	75
4.5.1	Иерархическая структура работ проекта .....	75
4.5.2	План проекта.....	76
4.6	Бюджет научного исследования .....	78
4.6.1	Основная заработная плата .....	78
4.6.2	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала .....	81
4.6.3	Отчисления во внебюджетные фонды .....	81
4.6.4	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	82

4.6.5	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	83
5	Социальная ответственность .....	86
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	87
5.2	Производственная безопасность .....	88
5.2.1	Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований .....	88
5.3	Экологическая безопасность .....	98
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	100
5.5	Вывод .....	103
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	104
	Список публикаций студента .....	106
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	107
	Приложение А .....	111

## ВВЕДЕНИЕ

Древесина представляет собой капиллярно-пористое коллоидное тело со сложным строением. Модифицирование древесины – это процесс направленного внесения изменений в её свойства. Одним из основных путей получения модифицированной древесины является пропитка. На сегодняшний день применяется ряд эффективных веществ, обеспечивающих защиту от разрушающих воздействий грибков и микроорганизмов, а также огнезащиту, понижающих водопоглощение, обеспечивающих стабильные физико-механические характеристики получаемых изделий.

Древесина легкий и в тоже время прочный материал, хорошо сопротивляющийся статическим и динамическим нагрузкам. Благодаря пористой структуре древесина плохо проводит тепло. Она поддается механической обработке, хорошо склеивается. К своеобразным качествам древесины относится ее способность удерживать металлические крепления – гвозди, шурупы, скобы.

В тоже время как строительный материал древесина имеет некоторые недостатки: неоднородность строения (анизотропность), гигроскопичность, подвержена поражению грибками, легкая воспламеняемость, большая изменчивость показателей прочности даже в пределах одной и той же породы в зависимости от условий роста и наличия тех или иных пороков. Кроме того, при использовании древесины следует учитывать большую роль лесов в формировании климатических, водных, ландшафтных и экологических характеристик местности и то, что площадь их в последнее время сокращается.

Качество древесины характеризуется строением (количеством годичных слоёв), наличием пороков, физико-механическими свойствами.

Для оценки качества древесины без учета влияния местных пороков (сучки, гниль) используют образцы, вырезанные из участков древесины,

лишенных пороков. Размеры и количество образцов для различных испытаний древесины регламентированы стандартом (ГОСТ 16483.0–83).

Основные испытания древесины: определение числа годичных слоев и процента поздней древесины (являются основными характеристиками микроструктуры), определение влажности и плотности, прочности при различных нагрузках. Для определения указанных свойств древесины испытывают не менее трех образцов, и результаты испытаний древесины рассчитывают как среднее арифметическое значение результатов испытаний отдельных образцов.

Так как свойства древесины зависят от влажности, для получения сравнимых данных о её физико-механических показателях результаты испытаний (численные значения свойств) приводят к стандартной влажности, значение которой установлено равным 12 % как в международных стандартах ISO, так и в ГОСТах РФ.

Способность древесины впитывать капильно-жидкую влагу (обычно для характеристики этого используют термин водопоглощение [1]) обусловлена пористой гетерокапиллярной структурой древесинного материала и гидрофильностью его полисахаридных компонентов, в частности наличием большого числа гидроксильных групп в макромолекулах целлюлозы и гемицеллюлоз [2].

Далеко не все лиственные и хвойные древесные породы одинаково используются в строительстве. Преимущество хвойных пород – в большей их распространенности, прямизне стволов и лучшем качестве древесины. В настоящее время использование лиственных пород осины, березы, ольхи, липы и тополя увеличивается при постройке временных подсобных помещений, при изготовлении столярных изделий. Древесину названных лиственных пород разрешается применять для рубленых стен (за исключением нижних венцов), для опалубки (при бетонных работах) и подмостей. Широкие возможности использования древесины открываются

при ее модификации полимерными составами, обработке антисептиками и антипиренами.

Самым эффективным способом, позволяющим сохранять любые деревянные конструкции, является обработка его специальной пропиткой. Пропитка дерева бывает глубокой и поверхностной. Применяют такие составы для внутренних работ, где важно обеспечить поверхностям эстетичный внешний вид и сохранить природную структуру материала.

Глубокая пропитка обладает большей эффективностью. Подобная пропитка для дерева обуславливает максимальное проникновение в массив дерева защитных составов и позволяет равномерно распределять состав по толще.

Глубокую пропитку дерева производят в промышленных условиях. Для этого требуются особые автоклавы и ванны, в которых растворы под высоким давлением внедряется в структуру древесины и полностью заполняют объем.

Одним из направлений в решении задачи рационального использования древесины малоценных пород является повышение ее качества, улучшение свойств пропиткой соответствующими растворами. Качество объёмной пропитки древесины определяется равномерностью распределения пропитывающего состава по объёму заготовки.

Целью данной работы является исследование физико-механических свойств березы и сосны, пропитанной водорастворимыми полимерами.

Задачи исследования:

- Подготовлены образцы из березы и сосны.
- Пропитка образцов растворами полиакрилата натрия, поливинилового спирта и глиоксаля.
- Экспериментальные исследования по определению физико-механических характеристик древесины березы и сосны:

определение модуля упругости при статическом изгибе,  
определение предела прочности при сжатии вдоль волокон.

Научная и практическая новизна работы заключается:

- В экспериментальных исследованиях физико-механических свойств образцов из древесины березы и сосны, пропитанных водорастворимыми полимерами: ПВС, глиоксаль, полиакрилат натрия.
- В создании возможности использования альтернативного вида материала для строительства, что не только подразумевает под собой снижение стоимости строительных работ, но и «разгрузку» лесного сектора хвойных пород, за счет вырубки быстрорастущей березы.

Положения, выносимые на защиту:

Результаты физико-механических испытаний древесины, пропитанной водорастворимыми полимерами: глиоксалем и полиакрилатом натрия с концентрацией – 5 г/л, ПВС с концентрациями – 5 г/л и 15 г/л.

## **1 Аналитический обзор литературы**

### **1.1 Строение древесины**

Древесина представляет собой капиллярно-пористое коллоидное тело. Она представляет собой материал биологического происхождения, который состоит из клеток. Древесина имеет волокнистую структуру, образуемую вытянутыми клетками волокон, ориентированными главным образом вдоль ствола.

Лигнин, целлюлоза и гемицеллюлозы являются основными органическими веществами, входящими в состав клеток древесины.

Лигнин – это ароматический полимер, участвующий в процессе одревеснения клеток. Целлюлоза представляет собой полимер с длинной цепной структурой молекулы. Макромолекулы целлюлозы, образующие пучки, называются фибриллами. Фибриллы ориентированы главным образом в направлении продольной оси клетки образуют каркас клеточной стенки.

Рост древесины обусловлен делением клеток камбия, который представляет собой слой активных живых клеток. Камбий лежит между лубом – слоем внутренней поверхности коры и внешним слоем собственно древесины. При делении камбиальной клетки происходит образование перегородки, разделяющей ядро и протоплазму. При этом одна из образовавшихся клеток становится клеткой древесины, а другая остаётся камбиальной и сохраняет активность. Процесс одревеснения клетки сопровождается лигнификацией и отмиранием клетки.

В процессе роста древесины в радиальном направлении клетки образуют годичные слои или так называемые годичные кольца. Каждое годичное кольцо состоит из двух частей – весенней и более плотной и тёмной осенней древесины. Центральная часть ствола, содержащая значительную часть годичных слоёв, образует ядро. Слой древесины между ядром и камбием называется заболонью.



Все клетки, входящие в состав древесины, подразделяются на две большие группы – прозенхимные и паренхимные клетки.

Паренхимные клетки, как правило, имеют в разных направлениях приблизительно одинаковую длину, их размеры обычно не превышают 0,1 мм. Исключение составляют веретеновидные паренхимные клетки, которые характеризуются формой, удлинённой в одном из направлений. Паренхимные клетки обладают тонкими стенками. Эти клетки характеризуются значительной продолжительностью жизни, некоторые из них сохраняют протопласты и остаются живыми в течение десятков лет и отмирают только с переходом годичного слоя из заболони в спелую древесину или ядро.

У лиственных и хвойных пород паренхимные клетки находятся в сердцевинных лучах, образуя лучевую (радиальную) паренхиму. В хвойных породах они также могут окружать также клетки смоляных ходов.

Паренхимные клетки в сердцевинных лучах могут ориентированы различным образом: быть слегка вытянуты вдоль луча или вдоль ствола. Паренхимные клетки растущего дерева выполняют главным образом запасающую функцию – в них откладываются питательные вещества. Однако, в них могут и синтезироваться определённые вещества, например, живица .

Паренхимные клетки сообщаются с прочими окружающими клетками посредством пор.

Прозенхимные клетки сильно вытянуты в одном направлении и образуют волокна. Прозенхимные клетки хвойных пород представлены исключительно трахеидами, которые составляют основной объём древесины, при этом трахеиды хвойной породы как правило вытянуты сильнее, чем у лиственных.

Лиственные породы помимо трахеид содержат сосуды и волокна либриформа. Сосуды представляют собой цепочки длиной до нескольких

метров, которые состоят из отдельных клеток-члеников и образуют в древесине разветвлённые каналы. Основное назначение этих каналов – обеспечение проведения жидкости с растворёнными веществами от корней вверх по стволу к кроне. Диаметр сосудов может варьироваться и составлять от десятков микрометров до десятых долей миллиметра.

В сосудах могут образовываться тиллы – выросты паренхимных клеток, которые врастают через поры в его стенках и закупоривают сосуд, препятствуя проведению жидкости. Тиллы в большом количестве содержатся в «ложном ядре» лиственных пород и в срубленном дереве сильно затрудняют пропитку древесины.

Волокна либриформа представляют собой очень вытянутые клетки. Они имеют более толстые стенки и узкие полости внутри. Выполняют механические функции.

В некоторых хвойных породах эпителиальные клетки тонкостенные клетки образуют трубки – смоляные ходы. Снаружи трубка эпителиальных клеток окружена паренхимными клетками, которые отделяют смоляной ход от трахеид. Эпителиальные клетки выделяют смолу в межклеточное пространство, по которому она поступает к поврежденным местам и защищая дерево от развития разрушающих грибов и от высыхания.[3]

## **1.2 Методы модификации древесины**

Древесина требует обязательной защиты для сохранения первоначального вида и свойств. Производители деревянных конструкций, мебели, пиломатериалов и прочего используют различные технологии, призванные надежно уберечь материал от воздействия различного рода внешних факторов. Обработка древесного сырья и особенности строения используемой для изготовления изделий древесины влияют на те физико-механические характеристики, которые приобретает в итоге готовый

материал. Свойства древесины анизотропны (от греч. анизос – неравный и тропос – направление). Физико-механические параметры древесины зависят от породы, места произрастания дерева, зоны поперечного сечения ствола (заболонь, ядро, сердцевина), направления волокон, наличия пороков и их расположения, влажности и т.д. Все эти параметры надо учитывать в процессе переработки древесины, иначе невозможно гарантировать получение материала с высокой степенью защиты.

Биостойкость и формостабильность, низкое водопоглощение и разбухание – эти свойства древесина приобретает после специальной обработки. В какой степени – зависит от количества удаленной из нее воды.

Различают две формы воды, содержащейся в древесине: связанную (гигроскопическую), которая содержится в клеточных стенках древесины, и свободную (макрокапиллярную), находящуюся в полостях клеток и в межклеточных пространствах. Повышение содержания связанной воды в древесине при её выдерживании во влажном воздухе или воде сопровождается увеличением линейных размеров и объема древесного сырья, то есть разбуханием. Это вызвано тем, что связанная вода, размещаясь в клеточных стенках, раздвигает микрофибриллы.

Степень разбухания зависит от содержания входящих в клеточные стенки компонентов и их гигроскопичности. Наибольшая гигроскопичность у гемицеллюлоз, а наименьшая – у лигнина. Уменьшают гигроскопичность и разбухание древесины с помощью модифицирования.

Водопоглощение – способность древесины вследствие пористости при непосредственном контакте с водой увеличивать влажность. Максимальная влажность, которой достигает погруженная в воду древесина, складывается из предельного количества связанной воды (предела насыщения клеточных стенок) и наибольшего количества свободной воды. Количество свободной воды зависит от объема пустот в древесине. Поэтому чем больше плотность

древесины, тем меньше её влажность, характеризующая максимальное поглощение (заболонь поглощает воды больше, чем ядро).

При повышении температуры предел прочности и модуль упругости древесины снижаются и повышается её хрупкость. Влажность древесины более 20%, температура окружающей среды выше 20°C, наличие питательных веществ (например, клеток древесины) – это благоприятные условия для развития грибов.

Придание древесине биостойкости необходимо для обеспечения её долговечности в любых условиях эксплуатации изделия. Сушка древесного сырья позволяет уничтожить питательную среду для микроорганизмов.

Технологии модификации способны изменить химический состав обрабатываемых материалов. В результате они приобретают новые свойства, что позволяет использовать их в помещениях с переменной влажностью и температурой.

Следует особо подчеркнуть, что в процессе модифицирования надо избегать применения ядовитых веществ. Большим спросом пользуется модифицированная древесина, которая не выделяет в течение срока службы и в конце жизненного цикла вредные вещества, угрожающие здоровью человека.

Один из видов технологий модификации – термическая обработка древесины (термообработка). За рубежом разработкой технологий производства термически модифицированной древесины (она же термодревесина или ТМД) занимаются уже давно. В нашей стране о них много говорят, пишут и стремятся широко внедрять в производство. Термически обработанная древесина разных пород с успехом применяется для самых разных нужд. В термодревесине заинтересованы производители садовой и домашней мебели, половых досок, бань, саун, окон, погонажных изделий. Её используют для мощения приусадебных дорожек, облицовки бассейнов и террас, даже для изготовления раковин и ванн. Термически

модифицированная осина (*Populus Tremula*) стала очень популярной для оформления интерьера в финских саунах, также изделия изготавливаются из модифицированного ясеня, бука или березы.

Снижение гигроскопичности, повышение формостабильности и биостойкости ТМД зависят от степени деструкции (разложения) гемицеллюлоз в древесных клетках. Этот показатель уменьшается в результате разложения основы клеточных стенок при потере гемицеллюлоз. В строительстве такой материал не применяется в нагруженных конструкциях по причине низких прочностных свойств. С этим, пожалуй, единственным недостатком материала пытаются бороться технологи во всем мире, совершенствуя имеющиеся процессы термообработки.

Там, где термодревесина не способна обеспечить необходимые требования к прочности конструкций, её с успехом заменяет ацелированная древесина или древесина, которая прошла обработку фурфурольным спиртом. Такой материал уже относится к другому виду модифицированного древесного сырья – химически модифицированной древесине (ХМД), как называют высушенную древесину, прошедшую обработку химическими составами, которые придают ей высокие прочностные свойства и повышенную влагостойкость. В качестве конструкционного материала её задействуют, например, в строительстве мостов. Свойства этого материала привлекают к нему повышенное внимание все большего числа потребителей.

Изменение свойств древесины с помощью модификации открывает для изделий из нее новые области применения – такие, в которых ранее архитекторы или дизайнеры использовали только сталь, синтетические материалы или бетон. Вместо этих материалов теперь все смелее используется химически модифицированная древесина.

В настоящее время химической модификацией наиболее широко занимаются за рубежом. В промышленном масштабе получают

ацелированную древесину (АцД). На рынке известны такие марки, как TitanWood, Ассоуа и др.

Фурфулирование – это пропитка древесины в вакууме фурфурольным спиртом с последующими консервацией и сушкой, в результате чего внутри структуры древесины образуется фурановый полимер. Перед консервацией раствор фурфурольного спирта удаляется.

Этим способом можно обрабатывать древесину различных пород. К примеру, в Норвегии компания Kebony занимается производством фурфулированной древесины, используя южную желтую сосну, бук, клен и ясень. Вначале в автоклаве, длина которого – 13 м, а диаметр – 3,25 м, осуществляется пропитка. Давление варьируется от 0,1 до 13 бар. Угол наклона автоклава 5° обеспечивает естественное стекание обрабатываемой жидкости с сырья. После пропитки древесина консервируется: происходит реакция полимеризации фурфурольного спирта с образованием фуранового полимера (при полимеризации образуются высокомолекулярные вещества последовательным присоединением молекул низкомолекулярного вещества (мономера) к активному центру на конце растущей цепи). В вакуумных сушильных камерах поэтапно проходят операции сушки и консервации. Конденсат, который образуется при этом, собирается и повторно используется при обработке следующей партии сырья как разбавитель смеси пропитываемой жидкости. «Готовый продукт получается прочным, биостойким, формостабильным, с ровным покрытием битумного цвета», – так пишет компания Kebony в своих документах.

Ученые и производственники сходятся во мнении, что у технологий термической и химической обработки древесины хорошее будущее, им есть куда развиваться и впереди ещё немало открытий в этой области. Вот что говорит Кари Кьюхмонен из Университета г. Миккели: «Продолжается совершенствование технологий и, соответственно, поиск путей получения продуктов с новыми свойствами. Уверен, что скоро мировому сообществу

будут представлены многообещающие технологические решения, с помощью которых будут получены специальные виды изделий из древесины». Согласен с ним и Тимо Тетри (компания Jartek, Финляндия). По его мнению, химически модифицированная древесина не только удержит, но и расширит свою нишу на рынке, ведь разработки новых экологически чистых составов для обработки ведутся интенсивно [4].

### **1.3 Описание процесса вакуумной пропитки древесины.**

В рамках данной диссертации в качестве способа пропитки заготовок была выбрана вакуумная пропитка. Способ пропитки, посредством автоклавов или герметичной вакуумной камеры, не рассчитанных на высокое давление. Вначале древесину вакуумируют внутри автоклава, затем вакуум сбрасывается и автоклав заполняют жидкостью, которая под давлением впитывается в пористую древесину. Пропитка происходит под действием атмосферного давления, избыточного по отношению к давлению в древесине [5]. Технология пропитки древесины в автоклаве по схеме «вакуум-давление-вакуум» является в настоящее время самой эффективной и качественной в области защиты древесины. Данная технология представляет собой глубокую, автоклавную пропитку древесины водорастворимыми полимерами. Процесс пропитки производится в соответствии с «ГОСТ 20022.6 – 93. Защита древесины. Способы пропитки» по способу полного поглощения «вакуум-давление-вакуум».

Показателями качества пропитки, определяющими биостойкость древесины, являются глубина проникновения и поглощения пропиточной жидкости. Достижение определенных показателей стойкости древесины обеспечивается необходимой величиной поглощения (в пересчете на сухое вещество или концентрат) и глубиной пропитки.

Пропиточная камера - это герметичный сосуд, в котором под давлением жидкости 10-12 кгс/см<sup>2</sup> происходит процесс пропитки.

Способность древесины к пропитке, т.е. ее проницаемость для жидкостей, в значительной степени зависит от породы и особенно от положения в стволе. Периферийная часть ствола – заболонь хорошо проницаема. Центральная часть – ядро (сосна, лиственница, кедр) или спелая древесина (ель пихта, осина) слабопроницаемы. Исключение составляет пихта, у которой заболонь, как и спелая древесина одинаково непроницаемы. В связи с этим в соответствии с «ГОСТ 20022.0-93 Защита древесины. Способы пропитки» в лесоматериалах выделяют легкопропитываемую зону (ЛПЗ) и труднопропитываемую зону (ТПЗ). Требования к качеству пропитки ЛПЗ и ТПЗ по данному ГОСТу предъявляют разные. Так, например заболонь должна пропитываться на 85%. При пропитке ядра и спелой древесины считается достаточной глубина проникновения для сосны, кедра - 5 мм, для лиственницы, ели, пихты – 2 мм. Большая глубина практически не достижима. Пропитка может производиться любых пород древесины различных геометрических сечений (пиленые и круглые). Ограничивается только древесина с пороками, снижающими проницаемость. Это засмолок и кара у хвойных пород, побурение и ложное ядро у лиственных. В пиломатериалах не допустимо наличие обзола с корой. Круглые сортименты должны быть окорены со снятием луба.

Влажность древесины перед пропиткой должна быть не более 30%. Большая влажность затрудняет достижение требуемого качества пропитки, т.е. удлиняет процесс. Влажность древесины более 30 % не допустима.

Рабочий процесс пропитки древесины состоит из следующих этапов:

1. Древесина загружается в автоклав и создается первоначальный вакуум. Из клеток древесины удаляется воздух.
2. Заполнение автоклава защитным составом.



3. Прилагаемое гидравлическое давление загоняет консервант глубоко в клетки древесины. Давление поддерживается некоторое время, которое зависит от породы обрабатываемой древесины и предполагаемого ее использования (в нашем случае это образцы из березы и сосны, древесина выдерживается в диапазоне от 2 до 2.5 часов).

4. Пропиточный раствор откачивается в обменную емкость. Вакуумный насос создает вакуум. Выдержка древесины в вакууме.

5. Сброс вакуума. Выдержка древесины в растворе для фиксации. Затем пропитанная древесина складывается для дальнейшего просушивания.

Основное преимущество глубокой пропитки перед другими способами обработки, это глубина проникновения защитных составов, она составляет от 2 до 50 мм в зависимости от породы древесины.

Температура, раствора и пропитываемой древесины должна быть не ниже +5°C и не более +30°C.

После пропитки изделия выдерживают не менее 48 часов в условиях, исключающих его вымывание (под навесом) для завершения процесса фиксации антисептика в древесине.

Глубокая пропитка признана наиболее надежным способом огнезащиты древесины и изделий из нее, она позволяет обеспечить I группу огнезащиты. По мнению Орлова Дениса Александровича, (Юго-Западный государственный университет, город Курск) не смотря на высокую эффективность данного метода, у него есть ряд значительных недостатков, один из которых был нами исследован более детально в ходе экспериментального исследования. Было выявлено, что при глубокой пропитке прочность древесины существенно снижается и повышается ее гигроскопичность, причем глубина проникновения неоднородна по всей поверхности исследуемых образцов из древесины сосны, а зависит от расположения волокон древесины и от возраста древесины в том или ином участке образца, что вызывает неравномерное ослабление материала по

сечению элемента. Этот эффект не учтен в нормах на проектирование конструкций из древесины, поэтому следует очень осторожно подходить к глубокой пропитке несущих деревянных конструкций [6].

На данный момент, импрегнирование древесины является наиболее перспективным направлением в сфере деревообработки. Пропитанная древесина используется практически во всех сферах отрасли, начиная от строительства деревянных конструкций, заканчивая гнукотклеенной древесиной и утеплителями на основе дерева.

#### **1.4 Основные направления исследований модифицируемой древесины**

Начало нынешнего столетия характеризуется оживлением спроса на изделия из модифицированной древесины. Если до 2000 г. производство модифицированной древесины не превышало 1 тыс. м<sup>3</sup> в год (200 м<sup>3</sup> – Россия, 200 м<sup>3</sup> – Словакия, 300 м<sup>3</sup> – Западная Европа, 250 м<sup>3</sup> – США и Япония), то в настоящее время эта цифра приближается к 3 тыс. м<sup>3</sup>. По производству модифицированной древесины Россия вышла на уровень 1500 м<sup>3</sup>, став самым крупным производителем.

В настоящее время объемы производства модифицированной древесины в России малы по сравнению с объемами переработки древесины твердых лиственных (8,5 млн. м<sup>3</sup>) и импортных (300 тыс. м<sup>3</sup>) пород. Это обстоятельство вызвано рядом нерешенных проблем как в технологии модифицирования, так и в свойствах получаемой модифицированной древесины [7].

Основными направлениями исследований и объектами модифицирования, являются:

- Пропитки, технология создания, улучшение свойств имеющихся жидкостей.

- Улучшения физико-механических свойств, а так же био- и пиростойкости древесины, исследование влияния пропитки на качество пропитанной древесины.

- Разработка машин и механизмов, обеспечивающих высокий класс импрегнации, разработка и внедрение новых аппаратов для пропитки и сушки древесных материалов.

- Структурирование и пропитка низкосортных пород древесины, улучшение их свойств.

В России, исследованием модифицированной древесины занимаются ряд ВУЗов, направление и подготовка которых различна. Ведущими являются Московский Государственный Университет Леса, Высшая Школа Технологии и Энергетики СПбГУПТД, Санкт-Петербургский Государственный Лесотехнический Университет, Северный арктический федеральный университет имени М. В. Ломоносова (САФУ), Уральский государственный лесотехнический университет (УГЛТУ), Сибирский государственный технологический университет (СибГТУ). Так же стоит отметить такие высшие учебные заведения, как: Поволжский государственный технологический университет (ПГТУ), Брянская государственная инженерно-технологическая академия (БГИТА). Все эти учебные заведения входят в НМС по лесному хозяйству, задают уровень качества образования в России и странах СНГ, а так же занимаются исследованием модифицированной древесины, ее производных, рациональным и вторичным использованием продуктов на основе дерева, и т.д. Так, Санкт-Петербургская Лесотехническая Академия занимается многопрофильными исследованиями леса и древесины, в том числе, для нужд строительства [8], [9],[10].

За рубежом лидирующее место по исследованию модифицированной древесины, и древесины, в общем, занимают такие страны, как Канада, США, Скандинавские страны, Германия. Лидирующие позиции в мире занимают

такие школы, как: Full Circle School of Woodworking (Кентуки, США), New England School of Architectural Woodworking (Массачусетс, США), Dakota County Technical College (Миннесота, США), Errington School of Woodwork and Design (Эмингтон, Канада), International School of Fine Woodworking and Furniture Making (Германия). Так же, изучением и внедрением материалов из древесины занимаются учебные учреждения, находящиеся в странах СНГ, такие как Белорусский Государственный Технологический Университет, Гомельский Государственный Университет им. Ф. Скорины и т.д.

Область применения модифицированной древесины – конструкции, для которых необходимы повышенные антисептические свойства, гидрофобность: элементы оросителей и обшивка градирен, детали технологической аппаратуры и полы в гидрметаллургическом производстве, несущие элементы складов химикатов и удобрений, настилы и ограждения в сельскохозяйственных сооружениях, конструкции в каркасном домостроении. Из такой древесины изготавливаются полы железнодорожных вагонов и контейнеров, щитовой и штучный паркет.

Вместе с тем отсутствие теоретических представлений о кинетике старения модифицированной древесины в эксплуатационных средах, влиянии на ее стойкость механических нагрузок существенно ограничивает масштабы и перспективы использования этого эффективного материала в народном хозяйстве.

Модифицированная древесина является композиционным материалом с комплексом заданных свойств, обеспечиваемых составом и свойствами полимеров-модификаторов, технологией пропитки. При управлении структурой и свойствами модифицированной древесины необходимо использовать теоретические представления об основополагающих принципах ее структурообразования и кинетике старения в эксплуатационных средах, а также технологические возможности повышения ее стойкости в строительных изделиях с точным прогнозированием долговечности.

Таким образом, проблема повышения эксплуатационной стойкости модифицированной древесины путем управления ее структурообразованием является весьма актуальной. Решение данной проблемы имеет важное народнохозяйственное значение, так как позволяет решить следующие задачи: рационально использовать древесное сырье в производстве строительных изделий, расширить сырьевую базу за счет широкого применения малоценной лиственной древесины березы, осины, тополя; разработать новые эффективные модификаторы древесины с учетом принципов пластификации, структурирования и комбинирования полимеров; применять новые оптимальные технологии модифицирования и склеивания древесины, способствующие формированию более совершенной структуры композита, устойчивой к эксплуатационному старению.

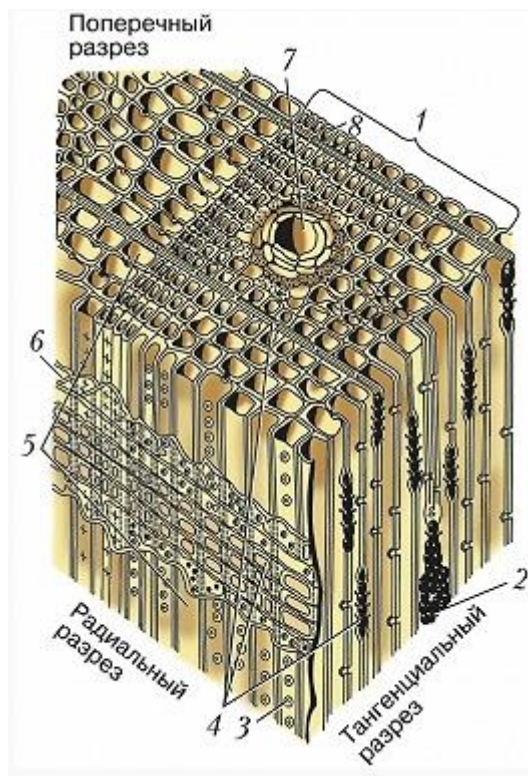
Наиболее перспективным способом повышения свойств древесины, в том числе долговечности, прочности, огнестойкости, и т.д., является ее пропитка различными веществами. Для практической проверки действия модификаторов на древесину, целесообразно рассмотреть поведение модифицированной древесины в условиях различных эксплуатационных условий. [11]

Необходимо отметить, что задача защиты строительных объектов достаточно сложна, так как поражение древесины и других строительных материалов носит комплексный характер. Более того, любое поражение неметаллических материалов создает благоприятные условия для возникновения других видов повреждений.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Древесина березы и сосны

Древесина хвойных пород в основном состоит из удлинённых прозенхимных клеток – трахеид (рисунок 1). Расположенные в ранней зоне годичного слоя крупнополостные трахеиды выполняют главным образом проводящую функцию, поздние толстостенные трахеиды – механическую, а паренхимные клетки, образующие лучи и участвующие в структуре вертикальных смоляных ходов, – запасную. Горизонтальные ходы в некоторых лучах пересекаются с вертикальными, составляя единую смолоносную систему.

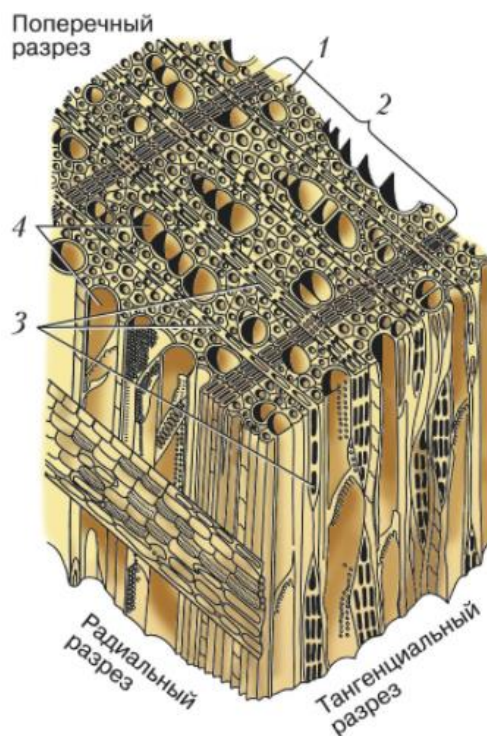


1 – годичный слой; 2 – многорядный луч с горизонтальным смоляным ходом; 3 – окаймленная пора; 4 – лучи; 5 – ранние трахеиды; 6- лучевая трахеида; 7 – вертикальный лучевой ход; 8 – поздняя трахеида

Рисунок 1 – Схема микроскопического строения древесины сосны

В Древесине лиственных пород (рисунок 2) проводящую функцию выполняют сосуды, сосудистые и волокнистые трахеиды; механическую –

волокна либриформа и/или волокнистые трахеиды; запасную – паренхимные клетки в виде горизонтальных однорядных и многорядных лучей, а также вертикальной осевой паренхимы [4].



1 – волокнистые трахеиды; 2 – годичный слой; 3 – лучи; 4 – сосуды.  
Рисунок 2 - Схема микроскопического строения древесины берёзы

## 2.2 Применяемые пропитывающие составы

### 2.2.1 Поливиниловый спирт

Поливиниловый спирт (ПВС) – искусственный водорастворимый синтетический термопластичный полимер  $(C_2H_4O)_n$ . ПВС представляет собой белый порошок, растворимый в воде, причем в зависимости от марки полимера растворяется в холодной или горячей воде, хуже растворяется в гликолях, диметилформамиде (ДМФА). Синтез ПВС осуществляется реакцией щелочного/-кислотного гидролиза или алкоголизасложных поливиниловых эфиров. Основным сырьем для получения ПВС служит поливинилацетат (ПВА). В отличие от большинства полимеров на основе

виниловых мономеров, ПВС не может быть получен непосредственно из соответствующего мономера -винилового спирта (ВС). Некоторые реакции, от которых можно было бы ожидать получения мономерного ВС, например присоединение воды к ацетилену, гидролиз монохлорэтилена, реакция этиленмонохлоргидрина с NaOH, приводят к образованию не винилового спирта, а ацетальдегида. Ацетальдегид и ВС представляют собой кето- и енольную таутомерные формы одного и того же соединения, из которых кето- форма (ацетальдегид) является намного более устойчивой, поэтому синтез ПВС из мономера – невозможен:



Поливиниловый спирт является эмульгирующим, адгезионным и пленкообразующим полимером. Он обладает высокой прочностью на разрыв и гибкостью. Эти свойства зависят от влажности воздуха, так как полимер адсорбирует влагу. Вода действует на полимер как пластификатор. При большой влажности у ПВС уменьшается прочность на разрыв, но увеличивается эластичность. Температура плавления находится в области 230°C (в среде азота), а температура стеклования 85 °С для полностью гидролизованной формы. На воздухе при 220 °С ПВС необратимо разлагается с выделением CO, CO<sub>2</sub>, уксусной кислоты и изменением цвета полимера с белого на темно-коричневый. Температура стеклования и температура плавления зависят от молекулярной массы полимера и его тактичности. Так для, синдиотактического ПВС температура плавления лежит в области 280°C, а температура стеклования для сополимера ПВС-ПВА с содержанием звеньев ПВА 50-моль% находится ниже 20 °С. Аморфизованный ПВС не имеет характерной эндотермической области



отвечающей за плавление кристаллической фазы, однако его термическое разложение идентично ПВС полученному классическим способом.

Известно, что ПВС обладает стойкостью к действию органических растворителей, в том числе к маслам, бензину и керосину. Использование водного раствора ПВС без добавок целесообразно для повышения влагостойкости, так как данное соединение обладает пленкообразующими свойствами и в воздушной влажной агрессивной среде обеспечивает длительную защиту древесины. Известно также использование ПВС в составе композиций с антипиренными свойствами, а экологичность соединения позволяет использовать его для защиты древесины и конструкций внутренних помещений жилых зданий.

Образцы были предварительно высушены до влажности 7-8 %. Водная основа пропитки дает возможность получить необходимую вязкость и быстрое высыхание. Для распределения раствора по всему объёму образцов использовали автоклав. Пропитка осуществлялась путем импульсной подачи давления в вакуумную камеру по определенному режиму. Затем образцы пропитанной березы были высушены до влажности 7–8 % [13],[14].

### **2.2.2 Полиакрилат натрия**

Полиакрилат натрия представляет собой анионный полиэлектролит с отрицательно заряженными карбоксильными группами в основной цепи. Полиакрилат натрия – это химический полимер, состоящий из цепочек акрилатных соединений, формула  $[-CH_2-CH(COONa)-]$ . Он содержит натрий, который дает ему способность поглощать большое количество воды. Полиакрилат натрия также классифицируется как анионный полиэлектролит.

Полиакрилат натрия используется в качестве пропитывающего состава для древесины мягких пород с целью уменьшения водопоглощения.

Благодаря эффективной абсорбционной и набухающей способности он может поглощать воду и предотвращать разрушение древесины [15], [16].

### 2.2.3 Глиоксаль

Одним из материалов для сохранения древесины стал материал - полиэтиленгликоль (ПЭГ), разработанный в Швеции Rolf Morén и Bertil Centerwall, Mo & Domsjö AB (шведский патент № 157.302, 1952). ПЭГ – это синтетический полимер, химическая формула  $\text{H}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$ . Основываясь на опыте в части использования ПЭГ 4000 (полиэтиленгликоля). ПЭГ представляет собой синтетический водорастворимый воск. Эксперименты показали, что раствор ПЭГ может распространяться в древесине и заменять молекулы воды, и, таким образом, будут предотвращены растрескивание или усадка древесины.

Для консервации и реставрации деревянных конструкций, необходимо не только применять уже существующие наработки в этой области, но и использовать новые способы с использованием материалов полученных путем окисления производных веществ, в частности этиленгликоля, кислородом воздуха в смеси с инертным газом на катализаторе, содержащим медь и кристаллическое серебро (способ непрерывного получения глиоксаля).

В результате получается вещество «Глиоксаль» -  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$ . Данное химическое вещество очень схоже с ПЭГ по химическому составу и имеет один и тот же класс химической опасности- 3 (третий) (паспорта материалов), производится в России компанией «Новохим» (г.Томск). Благодаря гидрофобизирующим свойствам будет использован в качестве пропитки для древесины.[17],[18]

### 2.3 Метод пропитки

Для обработки заготовок образцов водными растворами для испытаний применён метод пропитки древесины под давлением. В герметичной камере с помещённым в неё материалом создаётся вакуум, после чего пропиточный раствор подаётся в камеру и создаётся избыточное давление. Пропитка осуществляется в импульсном режиме, сущность которого заключается в создании импульсов давления с заданной скважностью [19]. Эффективность и качество пропитки при этом определяются скоростью снижения давления в камере.

Режим пропитки, применённый в исследовании характеризуется следующими параметрами (рисунок 3). После помещения материала в камеру в ней создаётся разрежение до 1,5 кПа. Древесина выдерживается в вакууме 5-10 минут для освобождения пор, сосудов, клеточных полостей от воздуха. Затем подаётся раствор, и при помощи жидкостного насоса высокого давления создаётся избыточное давление жидкости 1,1 МПа. По достижении заданного давления насос отключается. По мере впитывания жидкости в древесину давление в камере падает и по достижении давления 0,6 МПа насос включается снова. Скважность циклов включения-отключения насоса в процессе пропитки возрастает, поскольку по мере того, как древесина насыщается жидкостью, скорость впитывания падает. Пропитка прекращается, когда скважность составит 40-45 минут. В таком режиме процесс пропитки занимает до четырёх часов.

В состав установки для пропитки входят следующие основные элементы:

- пропиточная камера;
- пульт управления;
- вакуумный насос;
- датчики давления;

- насос высокого давления
- система нагрева;
- термодатчики температуры.

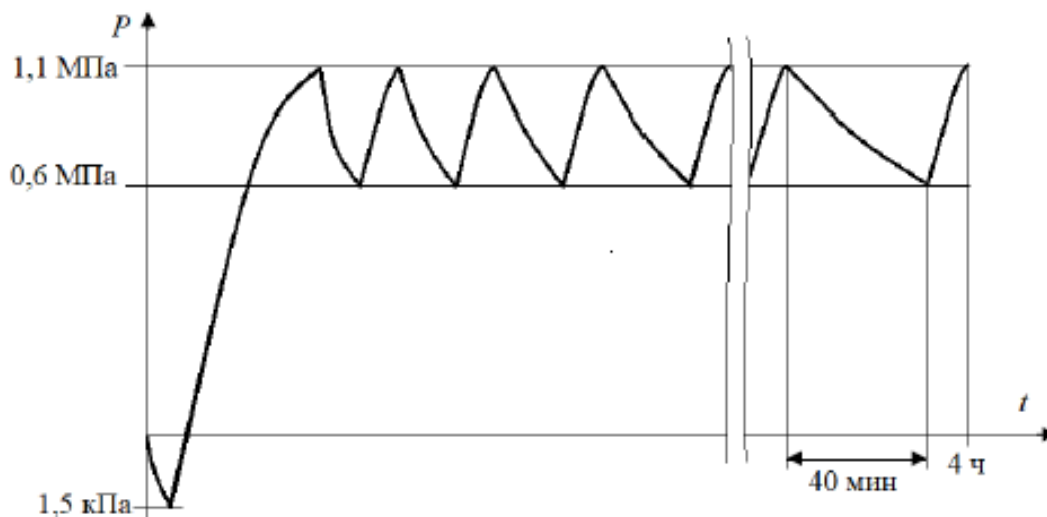


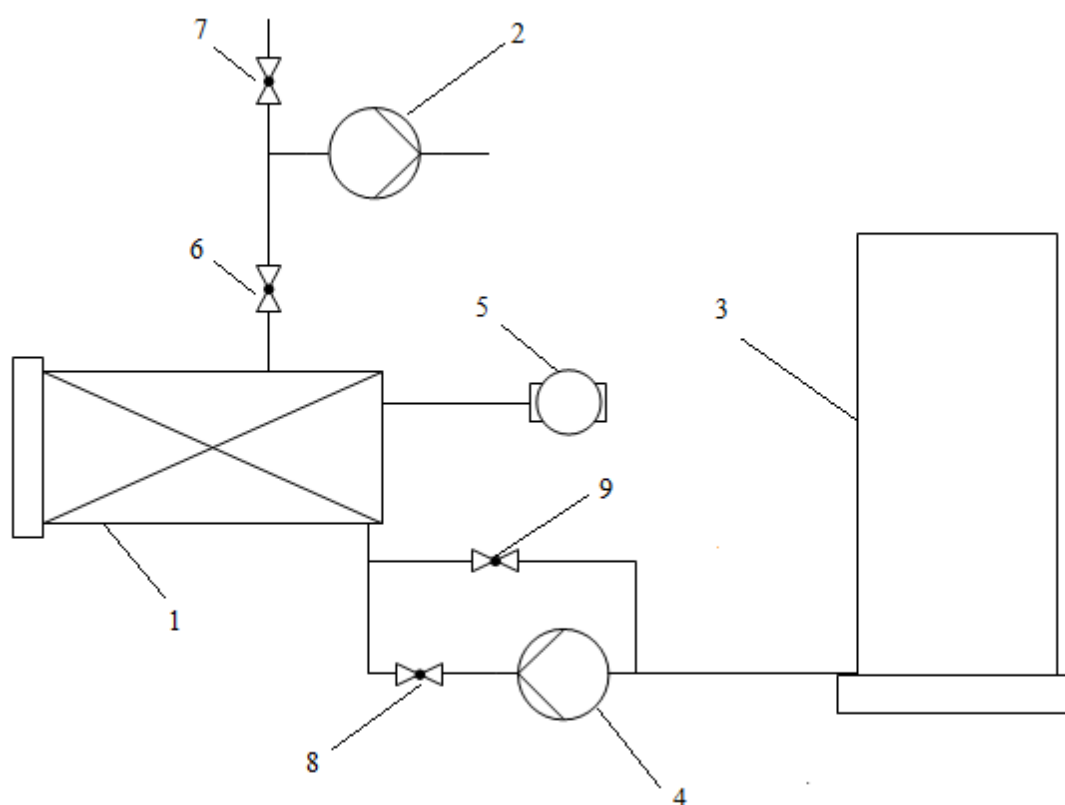
Рисунок 3 - Режим пропитки древесины

В таблице 1 приведены основные технические характеристики установки.

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 3.

Таблица 1 – Технические характеристики установки

Электропитание	Однофазное, 220 В
Энергопотребление, Вт	До 1000
Давление, кПа	От 10 до 600
Габаритные размеры, мм <sup>3</sup>	500*700*1100
Вес, кг	20



1 – рабочая камера; 2 – вакуумный насос; 3 – бак для раствора; 4 – жидкостный насос высокого давления; 5 – датчик давления; 6-9 – вентили

Рисунок 4 – Принципиальная схема установки объемной пропитки древесины

Установка для пропитки (рисунок 4) состоит из рабочей камеры - 1, куда помещаются модифицируемые образцы, вакуумного насоса - 2, бака для пропиточного раствора - 3, жидкостного насоса высокого давления - 4, Датчика давления - 5, вентилях - 6-9. [20]

Последовательность действий при пропитке древесины водными растворами:

1. Наполнить бак 3 пропиточным составом.
2. Поместить пропитываемые образцы в камеру 1 и герметично закрыть камеру.
3. Закрыть все вентили.

4. Включить щит управления.
5. Открыть вентиль 6 и включить вакуумный насос. По достижении разрежения (давление контролируется датчиком) выключить насос и закрыть вентиль.
6. Открыть вентиль 9. Под действием разности давлений состав будет подаваться в камеру. Открывая вентиль 6, достичь полного заполнения камеры. Закрыть вентили 6 и 9.
7. Открыть вентиль 8. Включить жидкостный насос. Насос управляется контроллером в автоматическом режиме, подавая жидкость импульсами с заданной скважностью и создавая в камере избыточное давление.
8. Когда пропитка будет окончена, выключить насос, закрыть вентиль 8.
9. Открыть вентили 9, 7 и 6. Дождаться перетекания раствора из камеры в бак.
10. Открыть камеру и извлечь пропитанные образцы. После пропитки образцы высушиваются для проведения дальнейших исследований.

## **2.4 Методика исследований**

### **2.4.1 Подготовка образцов**

Испытываются образцы из сосны и березы, пропитанные водными растворами поливинилового спирта, полиакрилата натрия и глиоксаля, а также эталонные образцы - не подвергнутые обработке, пример образцов представлен на рисунке 5.

В ходе эксперимента проводятся испытания на определение модуля упругости при статическом изгибе и определение предела прочности при сжатии вдоль волокон.

Концентрация водных растворов составляет: поливиниловый спирт – 5 г/л и 15 г/л, полиакрилат натрия - 5 г/л, глиоксаль - 5 г/л.



а – древесина сосна, б - древесина береза

Рисунок 5 – Распиленные образцы для проведения физико-механических испытаний

Количество и характеристики образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики и количество образцов

Наименование состава	Вид испытания	
	Модуль упругости при статическом изгибе	Предел прочности при сжатии вдоль волокон
Береза исходная	3 шт	2 шт
Береза / ПВС 5г/л	3 шт	2 шт
Береза / ПВС 15 г/л	3 шт	2 шт
Береза / Полиакрилат натрия 5г/л	3 шт	2 шт
Береза / Глиоксаль 5г/л	3 шт	2 шт
Сосна исходная	3 шт	2 шт

Сосна / ПВС 5г/л	3 шт	2 шт
Сосна / ПВС 15 г/л	3 шт	2 шт
Сосна / Полиакрилат натрия 5г/л	3 шт	2 шт
Сосна / Глиоксаль 5г/л	3 шт	2 шт

#### 2.4.2 Метод определения модуля упругости при статическом изгибе

Приспособление, схема которого изображена на рисунке 6, или подобное ему, для создания симметричной относительно длины образца зоны чистого изгиба, состоящее из двух опор и расположенных между ними двух нагружающих ножей.

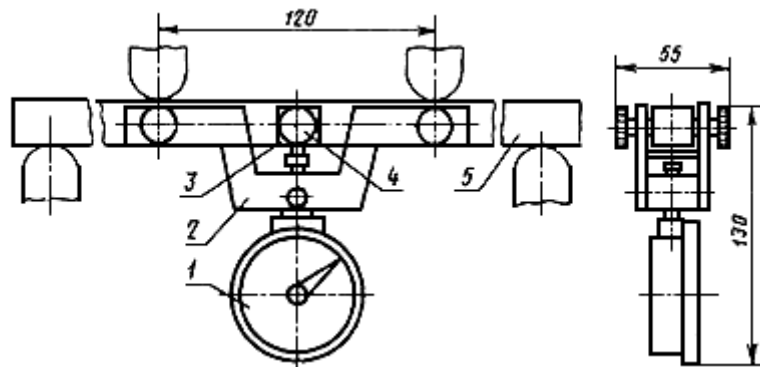


Рисунок 6 – Установка для проведения испытаний

Испытание образца выполняют с постоянной скоростью нагружения или постоянной скоростью перемещения нагружающей головки испытательной машины для обеспечения нагружения образца до 800 Н за 30 с. Когда нагрузка достигнет 800 Н, образец плавно разгружают до 200 Н, после чего вновь нагружают до 800 Н и разгружают до 200 Н. При последующих четырех нагружениях в момент достижения нагрузки 300 и 800 Н измеряют в течение не более 10 с прогиб с погрешностью не более 0,001 мм.



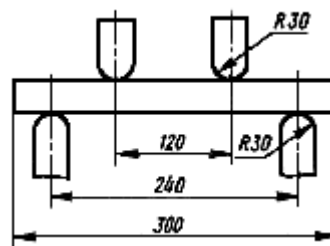


Рисунок 7 – Схема нагружения образца

Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон проводятся по методике ГОСТ 16483.10-73 [21]. Образцы представляют собой короткие бруски сечением 20x20 мм и длиной 30 мм. Испытательная машина нагружает образец равномерно до разрушения.

### 2.4.3 Метод определения предела прочности при сжатии

#### ВДОЛЬ ВОЛОКОН

Образцы изготавливают в форме прямоугольной призмы основанием 20x20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм.

Размеры и поперечного сечения образца измеряют на середине длины с погрешностью не более 0,1 мм.

Образец помещают в приспособление для испытания на сжатие. Нагрузку на образец передают через пуансон 2. Образец нагружают равномерно с постоянной скоростью нагружения или постоянной скоростью перемещения нагружающей головки машины. Скорость должна быть такой, чтобы образец разрушился через  $(1,0 \pm 0,5)$  мин после начала нагружения. При использовании машины с электромеханическим приводом допускается проводить нагружение образца равномерно со скоростью  $(25000 \pm 5000)$  Н/мин или проводить испытание при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины 4 мм/мин при условии достижения предела прочности при сжатии вдоль волокон в указанный интервал времени. Максимальную нагрузку  $P$  измеряют с погрешностью не более 1%.

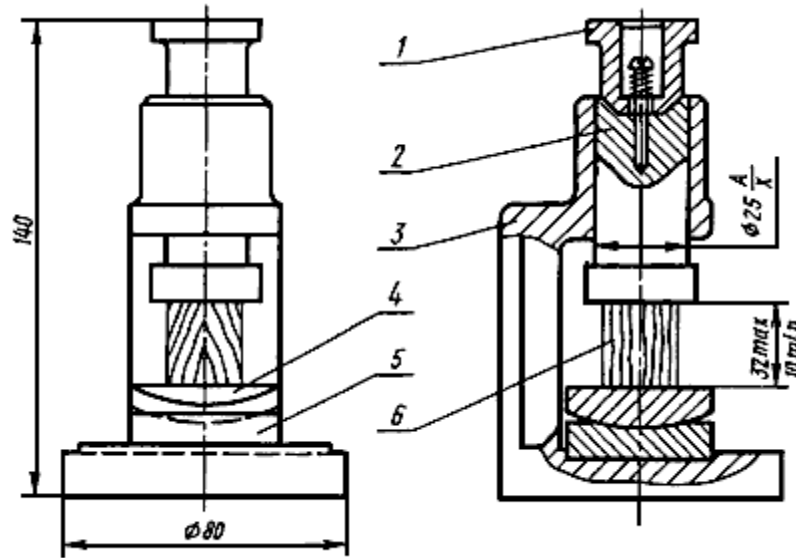


Рисунок 8 – Схема установки

Предел прочности древесины при кондиционировании образцов ( $\sigma_w$ ) в МПа вычисляют по формуле

$$\sigma_w = \frac{P_{\max}}{a \cdot b},$$

где  $P_{\max}$  - максимальная нагрузка, Н;

а и b - размеры поперечного сечения образца, мм.

Вычисление производят с округлением до 0,5 МПа. [22]

#### 2.4.4 Установка для проведения физико-механических испытаний образцов

Установка (рисунок 9) позволяет проводить механические испытания различных материалов на растяжение и сжатие. Система оснащена климатической камерой (300...523 К) и усовершенствованным видеоэкстензометром, который разработан для точного измерения

деформации без необходимости контакта с образцом (максимальное поле зрения – 500 мм).



Рисунок 9 – Универсальная испытательная машина Instron 3369

Метод состоит в кратковременном испытании образцов из композиционного материала на растяжение или сжатие с постоянной скоростью деформирования.

Образцы вырезают из однородных по толщине плит или других полуфабрикатов.

Образцы должны иметь гладкую наружную поверхность без вздутий, сколов и других дефектов, заметных невооруженным взглядом.

#### **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

**Тема ВКР:** Исследование физико-механических свойств древесины (березы и сосны), пропитанной водорастворимыми полимерами.

##### **Краткое описание**

Темой выпускной квалификационной работы является исследование физико-механических свойств и характеристик модифицированной древесины. Древесина широко применяется в строительстве в качестве несущих конструкций, напольных покрытий, в качестве дизайна интерьера, для изготовления электротехнических изделий (опор ЛЭП, крепёжных конструкций электротехнического оборудования, концевой изоляции обмоток трансформаторов, пазовых клиньев электрических машин). Для придания ей необходимых физико-механических свойств проводится её модифицирование. Модифицирование неизбежно влияет на физико-механические параметры материала. В силу применения модифицированной древесины при производстве строительных и электротехнических конструкций, важно исследовать, как её физико-механические свойства зависят от вносимого пропиточного состава. Для производства опор древесина имеет ряд преимуществ. Деревянные опоры легче стальных или железобетонных опор, что снижает затраты на транспортировку и установку. Также благодаря меньшей массе повреждённая деревянная опора с большой вероятностью сможет удержаться на проводах, не обрушая остальные опоры. Главным преимуществом являются высокие диэлектрические свойства. В задачи данного раздела входит организация и планирование работ по проведению научного исследования, формирование бюджета, оценка перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

## **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Целевой рынок – целевой группой потребителей готовой продукции являются технологические компании, работа которых связана с обработкой, пропиткой древесины. К тому же, как дополнительные клиенты могут быть рассмотрены крупные реставрационные фирмы, мебельные заводы и цеха и т.д.

Сегментирование. Так как покупателями являются, в основном, узкоспециализированные предприятия, и работа не связана напрямую с численностью населения, не рассматриваются поведенческие характеристики покупателей исследования, их возраст, покупателями не являются физические лица, основными критериями, для того, что бы сегментировать рынок, являются вид деятельности и географический признак.

Под видом деятельности подразумевается узкая специализация предприятий. В таблице ниже представлены фирмы-покупатели разработки, из Томской и Новосибирской областей. Все они являются крупными производителями пиломатериалов и обработанной древесины.

Таблица 3 - Карта сегментирования рынка крупных деревообрабатывающих предприятий по Томской и Новосибирской областям

Название компании	Сегментация рынка по признаку	
	Расположение	Специализация

«ВКФ»,ООО	Россия, Томская область, Томск г., ул. Лебедева, д. 57/1	Промышленные, производственные и перерабатывающие предприятия, Деревообрабатывающие предприятия
ИНТ «Станкомплекс»	630005, Россия, Новосибирская область, Новосибирск г., Ломоносова улица, 57	Промышленные, производственные и перерабатывающие предприятия, Деревообрабатывающие предприятия в Новосибирске (1)
ГК, «Тогучинский пенькозавод»	633452, Россия, Новосибирская область, Тогучинский район, Тогучин, Пенькозаводская улица, 1	Промышленные, производственные и перерабатывающие предприятия, Деревообрабатывающие предприятия

Так как работа является инновационной, по сути, у нее нет прямых конкурентов. Однако, мы можем рассмотреть, в качестве конкурентов, старые разработки, связанные с пропиткой хвойных пород древесины, которые, в настоящее время, применяются в строительстве.

Так же, как вариант для сбыта, могут быть рассмотрены компании, занимающиеся реставрацией, мебельные предприятия. Проблемой является то, что данные предприятия, в основном. Закупают только готовую продукцию, и, в большинстве случаев, не нуждаются в разработке. Но, существует немало фирм, которые планируют производить полный цикл продукции, от создания «сырья», до окончательного продукта, который доходит до потребителя. Для таких компаний и будет полезна наша разработка, на них мы так же будем нацелены, в поиске клиентов.

## 4.2 Анализ конкурентных решений

Таблица 4 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>1</sub>
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Возможность использования нестандартных материалов	0.2	5	2	1	0.4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.1	4	4	0.8	0.8
3. Стоимость разработки	0.05	4	4	0.2	0.2
4. Эффективность конечной продукции	0.1	5	5	0.5	0.5
5. Вариативность применения	0.1	5	2	0.5	0.2
6. Доступность для потребителя	0.05	5	5	0.25	0.25
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0.1	5	5	0.5	0.5
2. Уровень проникновения на рынок	0.1	1	5	0.1	0.5
3. Цена	0.05	5	4	0.25	0.2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.05	5	5	0.25	0.25
5. Финансирование научной разработки	0.05	5	1	0.25	0.05
6. Срок выхода на рынок	0.05	5	5	0.25	0.25
7. Наличие сертификации разработки	0.1	5	5	0.5	0.5
Итого	1.1	59	52	5.35	4.6

Фактически единственным конкурентом на рынке является, еще с советских времен, разработка по пропитки древесины хвойных пород. Для использования древесины лиственных пород, для строительства несущих

конструкций, не проводилось ни одного значимого исследования, вот уже как около 20 лет.

Данная работа позволяет понять, возможно ли использование древесины мягких пород для строительства ответственных сооружений. Таким образом, при положительных результатах, у строителей и технологов появится, фактически, «новый инструмент», для использования в профессиональной деятельности.

### **4.3 SWOT-анализ**

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Матрица составляется на основе анализа рынка и конкурентных технических решений, и показывает сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы для разработки.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

#### **1) Сильные стороны.**

- Аналогов исследования в мире нет.
- Дает альтернативу строителям, позволяет использовать древесину мягких пород при возведении ответственных конструкций.
- Исследование является комплексным охватывает сразу несколько тематик.
- Доступность всех необходимых материалов и оборудования

#### **2) Слабые стороны.**

- Недостаточное финансирование.



- Вся аппаратура изготавливалась самостоятельно, в том числе сложные установки, что тормозило процесс исследования.
- Достаточно мало современной специализированной литературы, в том числе и зарубежной.

### 3) Возможности.

- Возможность использования разработки в последующих исследованиях, причем связанных как со свойствами сырья, так и с технологической стороной разработки.
- Возможность разгрузить «быстро вырубаемые» районы Томской и Новосибирской областей, начав использовать быстро растущую древесину лиственных мягких пород. Экологический аспект.
- Возможность использования более дешевого сырья, что позволит снизить затраты на строительство, принеся прибыль как компаниям-застройщикам, так и конечным потребителям, что особо актуально в условия кризиса.
- Возможность применения данных за рубежом, в других регионах РФ.

### 4) Угрозы

- Возможное несоответствие качества подготовленного сырья требованиям методик проведения исследований.
- Исследования, производимые в рамках магистерской диссертации, являются, своего рода, инновацией. Поэтому, на данную продукцию пока не существует гос. стандарта, следовательно, степень доверия у покупателей сырья, готовой продукции, предприятий, будет ниже, чем у старых разработок.
- Руководство проекта не располагает должными материальными ресурсами, так как работа не рассчитывалась на монетизацию,

как таковую. В дальнейшем исследования могут потребовать новое оборудование, а значит и вложения.

- Так как конкурентом нашего исследования являются давно выверенные (еще при СССР) стандарты и материал используется порядка 40 лет, продукции будет труднее зайти на рынок, без должных вложений, а именно, грамотно поставленной цене, маркетинговых исследований, рекламных акций от производителя и т.д.

Матрица SWOT представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT.

		<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
		С1. Аналогов исследования в мире нет.	СЛ1. Недостаточное финансирование.
		С2. Дает альтернативу строителям, позволяет использовать древесину мягких пород при возведении ответственных конструкций.	СЛ2. Вся аппаратура изготавливалась самостоятельно, что тормозило процесс исследования.
		С3. Исследование является комплексным охватывает сразу несколько тематик.	СЛ3. Достаточно мало современной специализированной литературы, в том числе и зарубежной.
		С4. Доступность всех необходимых материалов и оборудования	
<b>Возможности</b>			
<b>В1</b>	Возможность использования разработки в последующих исследованиях, причем связанных как со свойствами сырья, так и с технологической стороной разработки.		

<p>В2</p> <p>Возможность разгрузить «быстрорубаемые» районы Томской и Новосибирской областей, начав использовать быстро растущую древесину лиственных мягких пород.</p>		
<p>В3</p> <p>Возможность использования более дешевого сырья, что позволит снизить затраты на строительство, принесет прибыль как компаниям-застройщикам, так и конечным потребителям, что особо актуально в</p>		
<p>В4</p> <p>Возможность применения данных за рубежом, в других регионах РФ.</p>		
<b>Угрозы</b>		
<p>У1</p> <p>Возможное несоответствие качества подготовленного сырья требованиям методик проведения исследований.</p>		
<p>У2</p> <p>Исследования, производимые в рамках магистерской диссертации, являются, своего рода, инновацией. Поэтому, на</p>		

	данную продукцию пока не существует гос. стандарта, следовательно, степень доверия у покупателей сырья, готовой продукции, предприятий, будет ниже, чем у старых разработок.	
У3	Руководство проекта не располагает должными материальными ресурсами, так как работа не рассчитывалась на монетизацию, как таковую. То минус, в дальнейшем исследования могут потребовать новое оборудование, а значит и вложения.	
У4	Так как конкурентом нашего исследования являются давно выверенные (еще при СССР) стандарты и материал используется порядка 40 лет, продукции будет труднее зайти на рынок, без должных вложений, а именно, грамотно поставленной цене, маркетинговых исследований, рекламных акций от производителя и т.д.	

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Соотношения параметров представлены в таблице 6, 7, 8, 9.

Таблица 6 - Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта			
		C1	C2	C3	C4
Возможности проекта	V1	+	0	+	+
	V2	0	+	+	+
	V3	0	+	+	+
	V4	+	+	+	+

При анализе таблицы были выявлены следующие коррелирующие стороны проекта: V1C3C4, V2V3C2C3C4, V4C1C2C3C4.

Таблица 7 - Интерактивная матрица проекта

		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	V1	+	0	-
	V2	0	+	0
	V3	0	0	0
	V4	-	+	0

При анализе таблицы были выявлены следующие коррелирующие стороны проекта: V1Сл1, V2V4Сл2.

Таблица 8 - Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта			
		C1	C2	C3	C4
Угрозы проекта	У1	+	0	0	-
	У2	+	-	+	0
	У3	0	0	0	+

	У4	0	0	0	+
--	----	---	---	---	---

При анализе таблицы были выявлены следующие коррелирующие стороны проекта: У1У2С1, У2С3, У3У4С4.

Таблица 9 - Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	0
	У3	+	+	0
	У4	0	0	0

При анализе таблицы были выявлены следующие коррелирующие стороны проекта: У1У3Сл1, У3Сл2.

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 10.

Таблица 10 –SWOT-анализ.

	<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
	С1. Аналогов исследования в мире нет.	СЛ1. Недостаточное финансирование.
	С2. Дает альтернативу строителям, позволяет использовать древесину мягких пород при возведении ответственных конструкций.	СЛ2. Вся аппаратура изготавливалась самостоятельно, что тормозило процесс исследования.
	С3. Исследование является комплексным охватывает сразу несколько тематик.	СЛ3. Достаточно мало современной специализированной литературы, в том числе и зарубежной.
	С4. Доступность всех необходимых материалов и оборудования	
<b>Возможности</b>	Судя по таблице, безусловными	Отсутствие специальной

В1	Возможность использования разработки в последующих исследованиях, причем связанных как со свойствами сырья, так и с технологической стороной разработки.	сильными сторонами, соответствующими возможностям, являются новизна проекта, актуальность его как альтернативы в строительстве, для этого существуют все возможности.	аппаратуры и должно финансирования сильно тормозило процесс исследования, и может быть проблемой в будущем. Единственная причина, по которой работа была завершена – опыт исследовательского персонала.
В2	Возможность разгрузить «быстро вырубаемые» районы Томской и Новосибирской областей, начав использовать быстро растущую древесину лиственных мягких пород.		
В3	Возможность использования более дешевого сырья, что позволит снизить затраты на строительство, принесет прибыль как компаниям-застройщикам, так и конечным потребителям, что особо актуально в условиях кризиса.		
В4	Возможность применения данных за рубежом, в других регионах РФ.		
<b>Угрозы</b>			
У1	Возможное несоответствие качества подготовленного сырья требованиям	Ввиду того, что все необходимые материалы и пропиточные составы доступны в лаборатории, нет никаких трудностей в подготовке образцов, соответствующих	Ввиду того, что подготовка к исследованиям требует значительных временных затрат и соблюдения точности, необходимо сразу

<p>методик проведения исследований.</p>	<p>требованиям методик испытаний, даже в условиях недостаточного финансирования. Возможные неисправности оборудования могут быть легко устранены благодаря опыту научного руководителя и простоте и ремонтпригодности самого оборудования.</p>	<p>позаботиться о качестве подготовленных материалов. Отсутствие у студента опыта эксплуатации вакуумного оборудования может создать проблемы при возможных неисправностях, однако это нивелируется простотой оборудования в эксплуатации и ремонте.</p>
<p>У2 Исследования, производимые в рамках магистерской диссертации, являются, своего рода, инновацией. Поэтому, на данную продукцию пока не существует гос.стандарта, следовательно, степень доверия у покупателей сырья, готовой продукции, предприятий, будет ниже, чем у старых разработок.</p>		
<p>У3 Руководство проекта не располагает должными материальными ресурсами, так как работа не рассчитывалась на монетизацию, как таковую. То минус, в дальнейшем исследования могут потребовать новое оборудование, а значит и вложения.</p>		
<p>У4 Так как конкурентом нашего исследования</p>		



<p>являются давно выверенные (еще при СССР) стандарты и материал используется порядка 40 лет, продукции будет труднее зайти на рынок, без должных вложений, а именно, грамотно поставленной цене, маркетинговых исследований, рекламных акций от производителя и т.д.</p>	
---	--

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

#### 4.3.1 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4

2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	4
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	50	40

Итоговые значения проработанности научного проекта и знания у разработчика лежат в диапазоне от 40 до 50, что говорит о средней перспективности проекта. Многие аспекты вывода продукта на рынок не были учтены, а также проявляется недостаток знаний. Следовательно, требуется дополнительные затраты на наём или консультации у соответствующих специалистов.

### **4.3.2 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Перспективность данного научного исследования выше среднего, поэтому не все аспекты рассмотрены и изучены. Таким образом, для организации предприятия этого недостаточно (пункт 4 – 8 не подходят). Но так как основной научно-технический задел определен, этого достаточно для коммерциализации для следующих методов (пункты 1 - 3): Торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг. Степени проработанности научного проекта и уровень знаний разработчика достаточно для реализации пунктов, которые были выбраны.

### **4.4 Инициация проекта**

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта магистерской работы должен иметь следующую структуру:

- 1) Цели и результат проекта.

Таблица 12 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
1. Янушкевич Ирина Олеговна, магистрант группы 4БМ91	Успешное завершение исследования, защита магистерской диссертации
2. ООО «Вакта»	Получение данных возможность использовать информацию исследования

В таблице 13 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта включают цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 13 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доказать возможность применения древесины березы в опорных конструкциях зданий и сооружений.</li> <li>2. Сохранить массив хвойных лесов за счет вырубки более дешевого и быстрорастущего сырья.</li> </ol>
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование древесины березы в строительстве (для строительного сектора в целом)</li> <li>2. Замедление процесса уничтожения лесного массива Сибири (улучшение экологической ситуации в лесных регионах)</li> <li>3. Получение прибыли, опираясь на разработку (для заказчика)</li> <li>4. Расширение ассортимента (для заказчика)</li> </ol>
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	1. Результаты испытаний
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	1. Соответствие государственным стандартам.
	2. Точность выполнения экспериментов
	3. Однозначный результат
	4. Результат проекта должен иметь актуальное теоретическое и практическое значение

5. Наглядные иллюстрации (графики и диаграммы)
6. Выполнения проекта в срок

2) Организационная структура проекта. На данном этапе работы решаются следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Информация предоставлена в табличной форме (таблица 14).

Таблица 14 – Рабочая группа проекта

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО, основное место работы, должность</b>	<b>Роль в проекте</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудо-затраты, час.</b>
1	Янушкевич И.О.	Исполнитель	Проведение экспериментов	2000
2	Смердов О.В.	Ответственный, руководитель проекта	Ответственный за работу	100
3	Смердов О.В.	Заказчик проекта	Формирует цели проекта, оплачивает расходы	100
<b>ИТОГО:</b>				

В ходе реализации научного проекта, помимо магистранта, задействован:

Руководитель проекта – отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта. В большинстве случаев эту роль выполняет руководитель магистерской диссертации.

Заказчик проекта – участник проекта, формирующий цели проекта, ограничения проекта по срокам и затратам (бюджету). Он осуществляет укрупненный анализ проектов по показателям сроков, освоению затрат и

финансированию. В магистерских научных проектах присутствует Заказчик проекта в случае, если работа выполняется в рамках хоз. договора, по заказу предприятия, по гранту.

Исполнитель по проекту – специалист, выполняющий отдельные работы по проекту. В случае, если магистерская работа является законченным научным исследованием – исполнителем проекта является магистрант. В случае, если магистерская работа является частью научного проекта, исполнителей может быть несколько.

### 3) Ограничения и допущения проекта

Таблица 15 – Ограничения проекта

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/допущения</b>
3.1. Бюджет проекта	20000 рублей
3.1.1. Источник финансирования	ООО «ВАКТА»
3.2. Сроки проекта:	С 21.02.21 по 23.06.21
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	21.02.21
3.2.2. Дата завершения проекта	23.06.21
3.3. Прочие ограничения и допущения*	Отсутствие необходимой аппаратуры и установок, для проведения эксперимента (необходимая аппаратура была предоставлена ООО «ВАКТА», в последствии

## **4.5. Планирование управления научно-техническим проектом**

### **4.5.1 Иерархическая структура работ проекта**

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ представлена на рисунке 21.

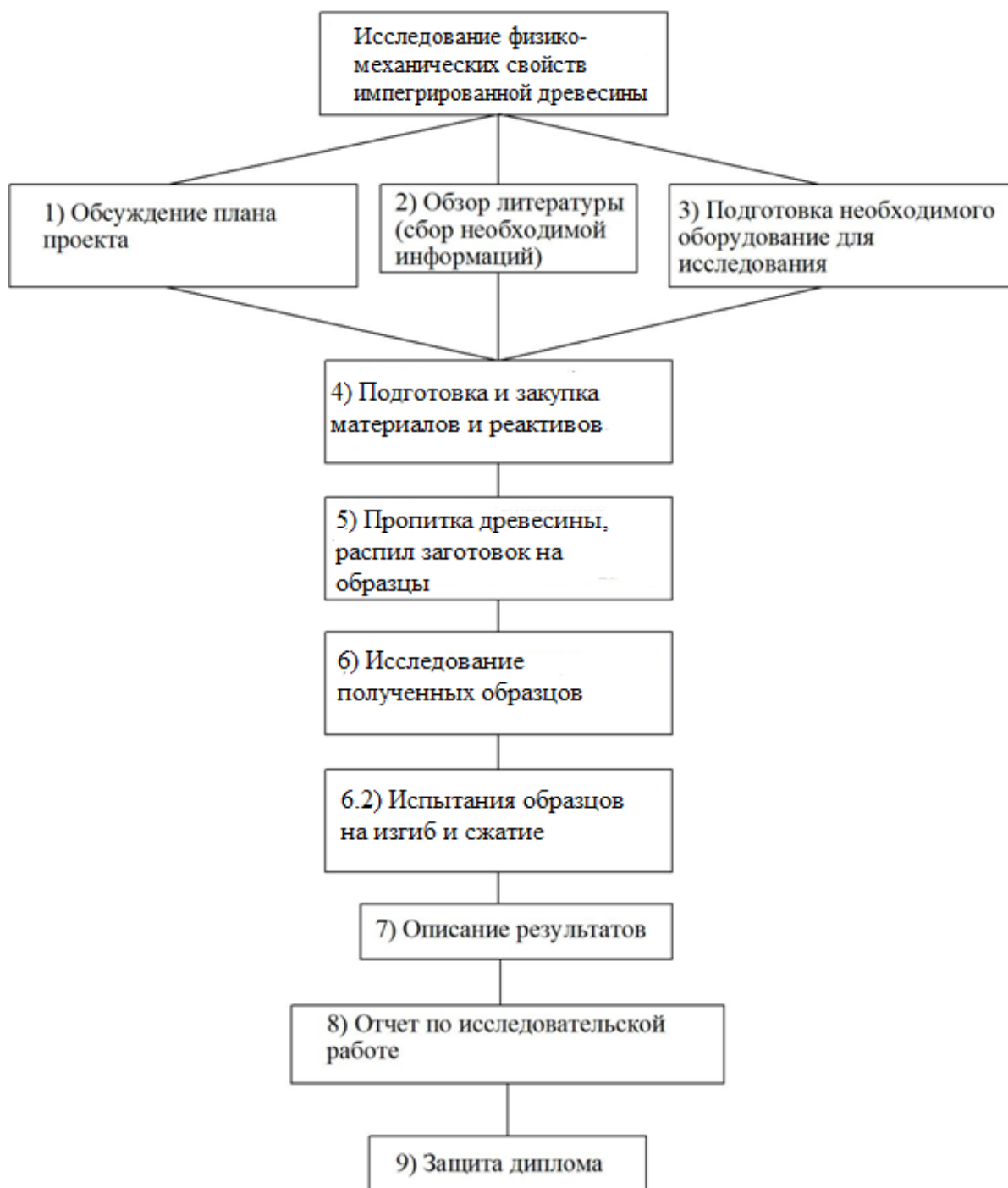


Рисунок 21 – Иерархическая структура проекта

#### 4.5.2 План проекта

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени



отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы 16 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 16 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , ч.	Продолжительность выполнения работ														
				Февр.			Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Выбор направления исследования	Р, С	5	■	■													
2	Обсуждение плана проект	Р	10	■	■													
3	Патентный поиск	С	10		■	■												
4	Составление технического задания	Р	15	■	■	■												
5	Обзор литературы (сбор необходимой информации)	С	30		■	■	■	■	■									
6	Закупка реагентов, изготовление пропиточных растворов, подготовка заготовок образцов	С	40				■	■	■	■	■	■						
7	Пропитка заготовок древесины составами	С	30							■	■	■						
8	Сушка образцов	С	20							■	■	■	■	■	■			
9	Испытания на изгиб и сжатие	С	50										■	■	■	■	■	■
10	Описание результатов	С	50													■	■	■



опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводится в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1		Руководитель		17000	17000
2		Магистр		2650	2650
Итого:				19650	

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где  $T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн. (таблица 14);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Значит, для руководителя:

$$Z_{осн} = 17000 \cdot 1,3 = 22100 \text{ рублей}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = (Z_m \cdot M) / F_d$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб (в качестве месячного оклада магистра выступает стипендия, которая составляет 2650 руб);

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 45раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6 - дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях) (табл.14). Тогда,

Для руководителя:

$$Z_{дн} = \frac{22100 * 10,4}{254} = 904,8 \text{ рублей}$$

Для дипломника:

$$Z_{дн} = \frac{2650 * 10,4}{217} = 127 \text{ рублей}$$

Баланс рабочего времени представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	82
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	45	52
- невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	217

Таблица 13 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	17000	1.3	22100	904,8	48	22100
Магистр	2650		2650	127	76	2650
Итого по статье $Z_{осн}$ :						24750

#### 4.6.2 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты ( $k_{\text{доп}} = 0,1$ );

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 22100 * 0,1 = 2210 \text{ рублей}$$

В таблице 20 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 20 – Заработная плата исполнителей ВКР, руб

Заработная плата	Руководитель	Магистр
Основная зарплата	22100	2650
Дополнительная зарплата	2210	–
Зарплата исполнителя	24310	2650
Итого	26960	

#### 4.6.3 Отчисления во внебюджетные фонды

##### Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * (22100 + 2210) = 7293 \text{ руб.}$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

### **Накладные расходы**

В эту статью относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{накл} = K_{накл} * (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (4)$$

где  $k_{накл}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{накл} = 0,3 * (22100 + 2210) = 7293 \text{ руб.}$$

### **4.6.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 21 – Калькуляция плановой себестоимости

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные	30056

изделия и полуфабрикаты	
Основная заработная плата	24750
Дополнительная заработная плата	26960
Накладные расходы	7293
Отчисления на социальные нужды	7293
Итого	96352

Бюджет затрат НТИ составил 96 352руб [23].

#### **4.6.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{275000}{350000} = 0,78$$

Где  $\Phi_{\text{pi}}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т. ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

Где  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_{ia}$ ,  $b_{ip}$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $n$  – число параметров сравнения.

Таблица 22 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 (данный проект)	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	3
3. Экономичность	0,15	4	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4	5
<b>Итого:</b>	1	4.3	3.5	3.6

$$I_{p-ucn1} = 0,1 * 5 + 0,15 * 4 * 3 + 0,2 * 4 + 0,25 * 4 = 4,1$$

$$I_{p-ucn2} = 0,1 * 4 + 0,15 * 3 * 2 + 0,15 * 4 + 0,2 * 3 + 0,25 * 4 = 3,5$$



$$I_{p-исп3} = 0,1 * 4 + 0,15 * 3 + 0,15 * 3 + 0,2 * 3 + 0,25 * 4 + 0,15 * 5$$

$$= 3,65$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.n} = \frac{I_{p-исп.n}}{I_{фин.i}}$$

Таким образом  $I_{исп.1} = 5,06$ ,  $I_{исп.2} = 4,32$ ,  $I_{исп.3} = 3,65$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 23.

Таблица 23 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,78	0,85	0,91
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	3,5	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	5,06	4,32	3,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,17	1,18

## Список публикаций студента

1. Янушкевич И.О., Смердов О.В. «Исследование физико-механических свойств древесины (березы, сосны), пропитанной водорастворимыми полимерами». Тезисы приняты к публикации в сборнике материалов Международной научно-технической молодежной конференции «Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения»-2022.