

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Исследование слоистых базальтопластиков с дополнительным армированием углеродными нанотрубками</b>

УДК 678.6.046.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б81	Ху Синь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Бурков М.В.	К.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	К.т.н доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Ваулина О.Ю.	К.т.н., доцент		

## Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях
<b>ОПК(У)-3</b>	Готов применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач

<b>ОПК(У)-5</b>	Способен применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды
	<b>Профессиональные компетенции</b>
<b>ПК(У)-1</b>	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов
<b>ПК(У)-2</b>	Способен осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау
<b>ПК(У)-3</b>	Готов использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов
<b>ПК(У)-4</b>	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
<b>ПК(У)-5</b>	Готов выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
<b>ПК(У)-6</b>	Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
<b>ПК(У)-7</b>	Способен выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
<b>ПК(У)-8</b>	Готов исполнять основные требования делопроизводства применительно к записям и протоколам; оформлять проектную и рабочую техническую документацию в соответствии с нормативными документами
<b>ПК(У)-9</b>	Готов участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами
	<b>Профессиональные компетенции университета</b>
<b>ДПК (У)-1</b>	Способен применять знания об основных типах современных

	неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов
<b>ДПК (У)-2</b>	Готов реализовывать технологии производства объемных наноматериалов и изделий на их основе, включая технологии получения и предварительной подготовки сырья

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  
 \_\_\_\_\_ О.Ю.Ваулина  
 (Подпись)     (Дата)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Б81	Ху Синь

Тема работы:

Исследование слоистых базальтопластиков с дополнительным армированием углеродными нанотрубками

Утверждена приказом директора ИШНПТ

Приказ №33-31/с от 02.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

##### Исходные данные к работе

*(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.).*

Базальтопластики с исходным составом и с наноармированием.

<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>Изготовить базальтопластики на основе эпоксидного связующего без и с наномодификацией. Изготовить образцы для испытаний механических характеристик. Провести испытания на растяжение, на растяжение с укладкой <math>\pm 45</math> и на трехточечный изгиб. Обработать первичные данные и рассчитать пределы прочности и модули упругости для соответствующих испытаний. Провести сравнение свойств базальтопластиков без и с наноармированием.</p>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Эскизы образцов. Кривые нагружения для всех видов испытаний. Методики расчета модуля упругости, модуля сдвига и <math>\tau_{0,2}</math>. Поля деформаций для испытаний на растяжение и растяжение укладки <math>\pm 45</math>.</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...</i></p>	<p>Кашук Ирина Вадимовн, доцент ОСГН ШБИП</p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна, старший преподаватель ООД ШБИП</p>

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Бурков М.В.	К.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б81	Ху Синь		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 65 с., 20 рис., 23 табл., 13 источников.

Ключевые слова: волокнистые композиционные материалы, базальтопластики, углеродные нанотрубки, механические характеристики.

Объектом исследования являются образцы базальтопластиков исходного состава и с наноармированием.

Цель работы – провести сравнительное исследование механических характеристик базальтопластиков исходного состава и с наноармированием углеродными нанотрубками.

В процессе исследования проводилось изготовление базальтопластиков методом прессования, вырезка образцов и испытание их на растяжение и изгиб, расчет механических характеристик и статистический анализ, и сравнение результатов, полученных для исходных базальтопластиков и дополнительно армированных углеродными нанотрубками.

В результате исследования изучили характеристики исходных базальтопластиков и с добавлением 0,2 вес% одностенных углеродных нанотрубок.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: повышение пределов прочности на 2-4% при сохранении исходного значения модуля упругости.

Степень внедрения: способ производства находится в степени лабораторного тестирования.

Область применения: автомобилестроение, судостроение.

Экономическая эффективность/значимость работы: повышение механических свойств базальтопластиков.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

КМ – композиционный материал

УНТ – углеродные нанотрубки

БСТВ – базальтовые супертонкие волокна

ASTM D3039 – метод испытаний на растяжение композиционных материалов с полимерной матрицей с укладкой  $0^\circ/90^\circ$

ASTM D7264 – метод испытаний на изгиб композиционных материалов с полимерной матрицей

ASTM D3518 – метод испытаний на растяжение композиционных материалов с полимерной матрицей с укладкой  $\pm 45^\circ$

$[0_F]_{12S}$  – 24-слойная симметричная укладка базальтовой плетеной ткани под углом 0 градусов

$[45_F]_{8S}$  – 16-слойная симметричная укладка базальтовой плетеной ткани под углом 45 градусов

$\sigma_{\max}$  – предел прочности

E – модуль упругости при растяжении

$\tau_{\max}$  – предел прочности на сдвиг

G – сдвиговой модуль

$\tau_{0,2}$  – условный предел сдвига

$\sigma_{\text{изг}}$  – изгибный предел прочности

$E_{\text{изг}}$  – изгибный модуль

ПДК – предельно допустимая концентрация

ПДУ – предельно допустимый уровень



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Литературный обзор</b> .....	<b>12</b>
1.1 Композиционные материалы на основе высокопрочных волокон	12
1.2 Базальтовые волокна и композиты на их основе .....	13
1.3 Испытание волокнистых композитов .....	15
<b>2 Материалы и методика</b> .....	<b>16</b>
2.1 Изготовление базальтопластиков. Вырезка образцов для испытаний .....	16
2.2 Испытание на растяжение по ASTM D3039.....	18
2.3 Испытание на растяжение укладки $\pm 45^\circ$ по ASTM D3518 .....	21
2.4 Испытание на трехточечный изгиб по ASTM D7264.....	23
<b>3 Результаты испытаний исходных базальтопластиков и с наноармированием</b> .....	<b>26</b>
3.1 Результаты испытаний на растяжение по ASTM D3039.....	26
3.2 Результаты испытаний на растяжение по ASTM D3518.....	27
3.3 Испытание на трехточечный изгиб по ASTM D7264.....	29
3.4 Сравнение характеристик базальтопластиков с наноармированием и без наноармирования.....	30
<b>4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b> .....	<b>33</b>
4.1 Введение.....	33
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	34
4.2.1 Анализ конкурентных технических решений .....	34
4.2.2 SWOT-анализ .....	35
4.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	38
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	38
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	39

4.4	Бюджет научно-технического исследования .....	43
4.4.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	43
4.4.2	Расчет амортизации специального оборудования .....	43
4.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	44
4.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	46
4.4.5	Накладные расходы.....	47
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	48
4.6	Выводы по разделу .....	50
<b>5</b>	<b>Социальная ответственность .....</b>	<b>54</b>
5.1	Введение.....	54
5.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	55
5.2.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства для рабочей зоны исследователя.....	55
5.2.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя .....	55
5.3	Производственная безопасность .....	58
5.4	Экологическая безопасность.....	59
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	60
5.6	Вывод.....	61
	<b>Заключение.....</b>	<b>63</b>
	<b>Список использованных источников .....</b>	<b>65</b>

## Введение

Композиционный материал (КМ), композит – многокомпонентный материал, изготовленный (человеком или природой) из двух или более компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами, которые, в сочетании, приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик отдельных компонентов и не являющимися простой их суперпозицией. В составе композита варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче [1]. Базальтопластик это конструкция композиционного порядка, состоящая из базальтового волокна, а также из полимерного синтетического связующего [2].

В данной работе изучаются механические свойства базальтопластиков с исходным эпоксидным связующим и со связующим, модифицированным наноматериалами. Были выбраны одностенные углеродные нанотрубки (УНТ) потому что они имеют высокую прочность и тепло - и электропроводность, оптические, магнитные, сорбционные и иные характеристики. Были изготовлены образцы базальтопластиков и изучена их прочность на растяжение и изгиб. Детально изучены особенности деформации при растяжении. Сравнение исходных базальтопластиков и с УНТ позволяет сделать вывод об эффективности такого метода наномодификации.

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Композиционные материалы на основе высокопрочных волокон

С развитием науки и техники внедряются все новые и новые высокопрочные конструкционные композиционные материалы. Они состоят из высокопрочных волокон, таких как стеклянные, углеродные, базальтовые, которые получили наибольшее распространение. В качестве связующих используются синтетические полимерные смолы [3].

Стеклопластиковые высокопрочные композиты (рисунок 1) состоят из стеклянных волокон и матрицы. В высокопрочных композитах, состоящих из стеклянных волокон, стеклянные волокна получают путем нагревания с образованием неорганического стекла. Матрица представляет собой фенольную смолу, эпоксидную смолу или термопластичный полимер [4]. Цена стекловолокна составляет менее 1/10 стоимости углеродного волокна, которое относительно экономично и широко используется. Они характеризуются низкой теплопроводностью, прозрачностью к радиоволнам, прочностью и электроизоляцией и широко используются в приборостроении, судостроении, строительстве и спортивных товарах.

В высокопрочных композитах (рисунок 2) в качестве наполнителей часто используются армирующие волокна, такие как углеродные волокна, которые «извлекаются» из натуральных или искусственных волокон, а матрица представляет собой терморезистивный или термопластичный полимер [4]. Из-за их высокой электропроводности, низкой плотности, высокого модуля упругости, легкого веса и прочности они часто используются в авиации, ракетостроении и спортивных товарах.



Рисунок 1 – Образцы стеклопластиков

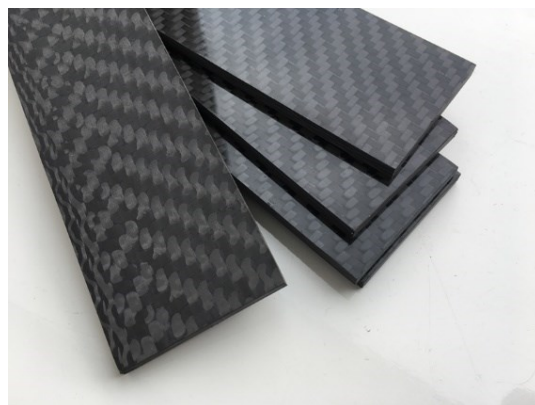


Рисунок 2 – Образцы углепластиков



Рисунок 3 – Образцы базальтопластиков

## 1.2 Базальтовые волокна и композиты на их основе

Базальтовое волокно получают из базальта в одностадийном процессе с низкими затратами. Базальтовые волокна обладают уникальными свойствами: высоким уровнем физико-механических и химических свойств, повышенной стойкостью к агрессивным средам и вибрациям, долговечностью (не менее 100 лет), долговременной стабильностью работоспособности в различных условиях, стойкостью к различным воздействиям. Хорошая адгезия этих клеев [1, 2].

Базальтовые волокна делятся на две большие группы: непрерывные волокна и дискретные волокна (вата), называемые еще базальтовыми супертонкими волокнами (БСТВ). Непрерывные волокна используются как армирующий наполнитель при производстве композитов (базальтопластиков),

дискретные волокна (вата) как наполнитель объемно армированных базальтовых композиционных материалов [2, 3].

Базальтопластик (рисунок 3) – современный композитный материал на основе базальтовых волокон и органического связующего. Сегодня базальтопластик успешно конкурирует с изделиями из металла, превосходя их по коррозионно-, щелоче- и кислотостойкости и ряду других характеристик.

Базальтопластики являются высококачественными конструкционными материалами с высокими механическими свойствами, термо- и огнестойкостью и особенно химостойкостью. Поскольку базальтовые волокна более стойки к действию влаги, чем стекловолоконистые материалы, и мало изменяют свои диэлектрические характеристики при увлажнении, они используются также как высокотемпературные конструкционные диэлектрики [3, 4]. Они используются в изделиях конструкционного назначения для машиностроения, судостроения, автомобильной, авиационной и химической промышленности. Следующие изделия из базальта нашли традиционное применение:

- базальтовые трубы (рисунок 4) для нефтегазовой и химической промышленности;
- базальтовая арматура (рисунок 5);
- цистерны для хранения химически-активных продуктов;
- баллонов высокого давления и других профилей.



Рисунок 4 – Базальтовые трубы



Рисунок 5 – Базальтовая арматура

### 1.3 Испытание волокнистых композитов

Композиционные материалы испытывают с помощью различных методов: растяжение, изгиб, сжатие, сдвиг и др. При испытании на растяжение (ASTM D3039 [5]) образец зажимается в захватах испытательной машины и нагружается вдоль оси до разрушения. В процессе нагружения записывается нагрузка и перемещение. После разрушения образца рассчитываются механические характеристики. Максимальная нагрузка, которую выдержал образец, дает возможность рассчитать предел прочности на растяжение. На начальном участке кривой «напряжения-деформация» определяют модуль упругости (модуль Юнга).

При испытании на изгиб (ASTM D7264 [6]) образец устанавливается в приспособление испытательной машины и нагружается перпендикулярно поверхности. В процессе нагружения записывается нагрузка и перемещение. После разрушения образца рассчитываются механические характеристики. Максимальная нагрузка, которую выдержал образец, дает возможность рассчитать предел прочности на изгиб. На начальном участке прямой «напряжения-деформация» определяют изгибный модуль.

При испытании на растяжение композита с укладкой  $\pm 45$  (ASTM D3518 [7]) образец зажимается в захватах испытательной машины и нагружается вдоль оси до разрушения. В процессе нагружения записывается нагрузка и перемещение. После разрушения образца рассчитываются механические характеристики. Максимальная нагрузка, которую выдержал образец, дает возможность рассчитать предел прочности на растяжение. На начальном участке кривой «напряжения-деформация» определяют модуль сдвига.

## 2 Материалы и методика

### 2.1 Изготовление базальтопластиков. Вырезка образцов для испытаний

В качестве экспериментального материала выбрана базальтовая ткань ТБК-200, 200 г/м<sup>2</sup>, с плетением plain. Затем мы нарезаем его с размерами 215\*150 мм. Далее смешиваем связующее: эпоксидная смола R&G Epoxy L и отвердитель GL2 по соотношению 100:30 по массе. Изготовлено два состава базальтопластика: без наполнения и с углеродными нанотрубками OcSiAl Tuball. Углеродные нанотрубки добавляли в соотношении 0,2 вес% относительно массы связующего.

Методом ручной выкладки укладываем 24 слоя базальтовой ткани [0<sub>F</sub>]<sub>12S</sub>, пропитывая каждый слой связующим. Далее заготовка устанавливается в пресс-форму и в термопресс Gotech 7014 (рисунок 6а). Формование происходит при температуре 100 градусов и давлении 0,7 МПа. Выдержка в термопрессе – 30 минут. Далее образцы постотверждаются в течение 24 часов при 80 градусах в термошкафу (рисунок 6б). Изготовлено по 3 плиты-заготовки для базальтопластиков исходного состава и состава с углеродными нанотрубками. Также изготовлено по одной плите-заготовке для каждого состава с укладкой [45<sub>F</sub>]<sub>8S</sub>. Образцы вырезали на станке с ЧПУ Purelogic RM0813 (рисунок 6в), получая по 5 образцов на каждый тип испытаний для каждого из составов.

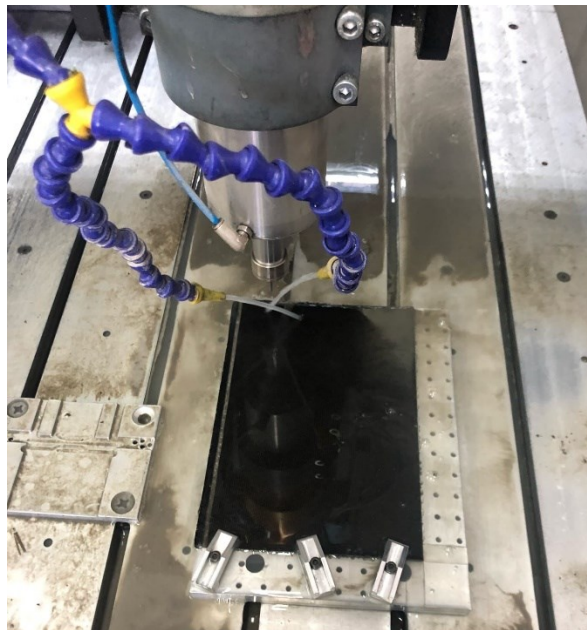




а



б



в

Рисунок 6 – Изготовление образцов: а) прессование; б) выдержка в термощкафу; в) вырезка на фрезерном станке.

Затем мы испытали образцы на растяжение (ASTM D3039 и ASTM D3518) и изгиб (ASTM D7264). Испытания на растяжение проводятся на универсальной испытательной машине. Образцы на растяжение показаны на рисунке 7а,б; образец на изгиб показан на рисунке 7в.

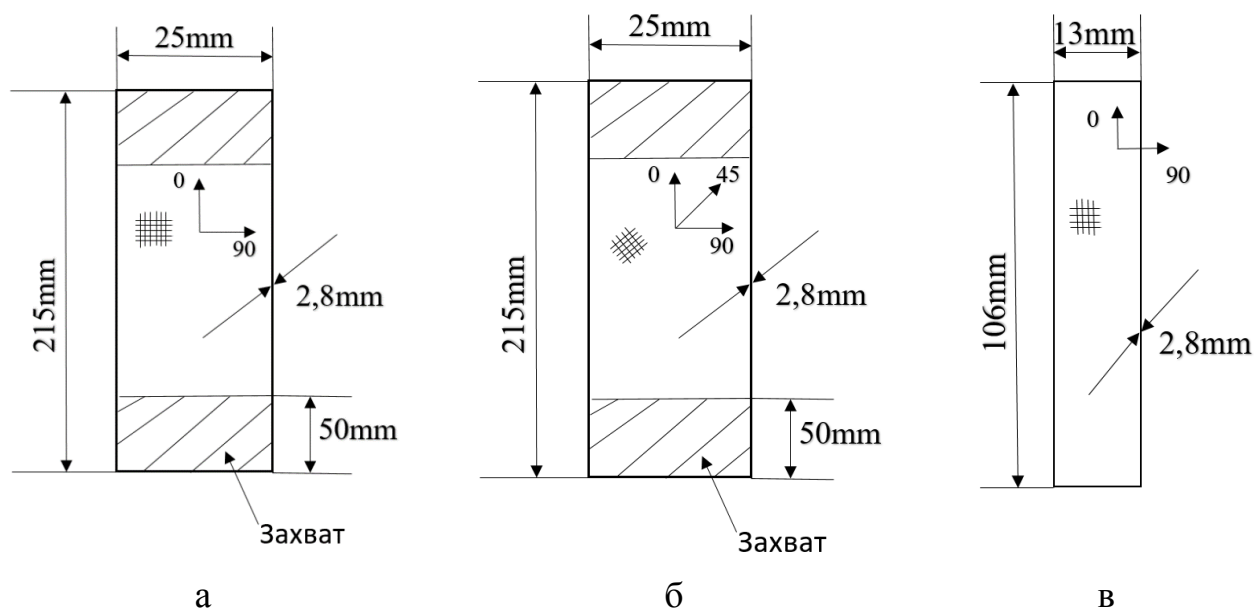


Рисунок 7 – Эскизы образцов: а) образец для испытания по ASTM D3039; б) образец для испытания по ASTM D3518; в) образец для испытания по ASTM D7264.

## 2.2 Испытание на растяжение по ASTM D3039

Сначала в захваты механической испытательной машины (рисунок 8) устанавливают тонкий плоский образец материала с постоянным прямоугольным сечением (образцы  $[OF]_{12S}$ ) (рисунок 9а). Далее машина монотонно нагружает образец с регистрацией усилия. Предел прочности материала можно определить по максимальной силе, приложенной до разрушения. Контролируя деформацию образца с помощью тензодатчика или датчика смещения, можно определить реакцию материала на растяжение-деформацию. Можно получить предельную деформацию растяжения и переходную деформацию. Примеры испытанного образца и полей деформаций приведены на рисунках 9б и 9в, соответственно.



Рисунок 8 – Фотография испытательной машины.

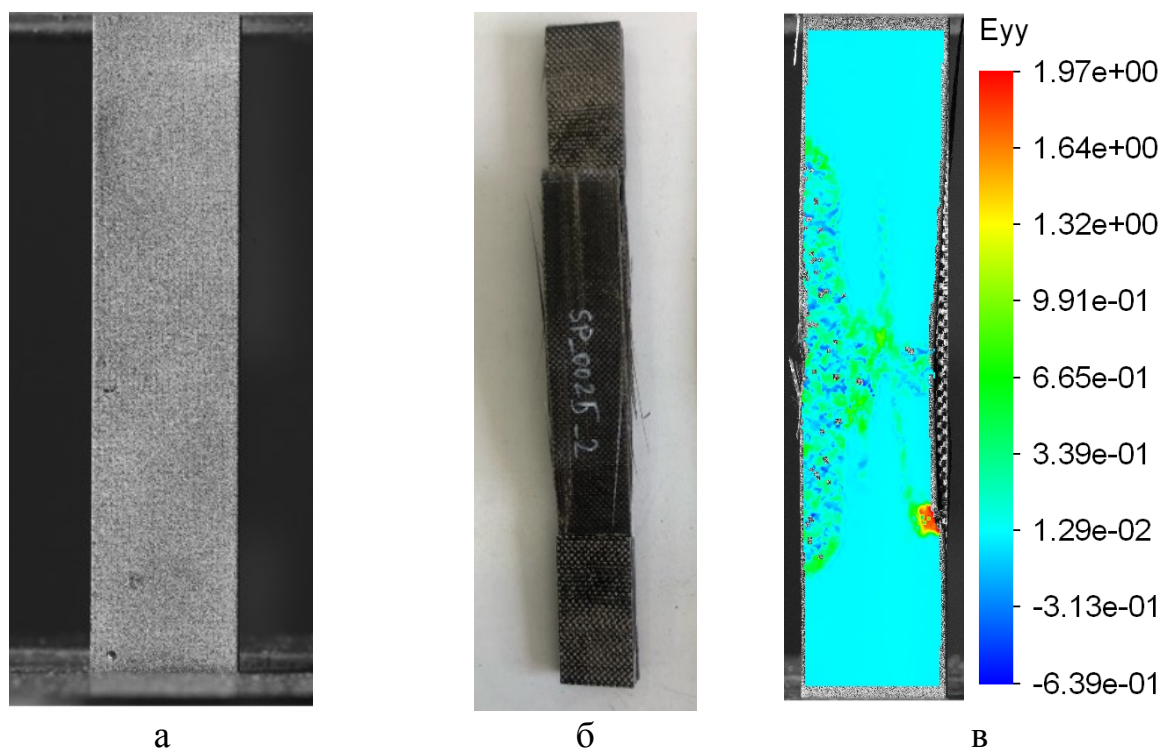


Рисунок 9 – Испытание на растяжение по ASTM D3518: а) фото образца в захватах; б) испытанный образец; в) поле деформации  $\epsilon_{yy}$ , рассчитанное с помощью метода корреляции цифровых изображений.

После обработки данных можно получить предел прочности и модуль Юнга (рисунок 10).

Напряжение при растяжении/предел прочности при растяжении рассчитываются следующим образом:

$$F^{tu} = P^{max} / A \quad (1)$$

$$\sigma_i = P_i / A \quad (2)$$

где  $F^{tu}$  – предел прочности при растяжении, МПа;

$P^{max}$  – максимальное усилие до разрушения, Н;

$\sigma_i$  – растягивающее напряжение в  $i$ -й точке данных, МПа;

$P_i$  – сила в  $i$ -й точке данных, Н;

$A$  – средняя площадь поперечного сечения, мм<sup>2</sup>.

Модуль упругости при растяжении рассчитывается:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (3)$$

где  $E$  – модуль упругости хорды при растяжении, ГПа;

$\Delta\sigma$  – разница в приложенном растягивающем напряжении между двумя точки деформации, МПа;

$\Delta\varepsilon$  – разница между двумя точками деформации.

Из значений максимальной разрушающей силы и средней площади поперечного сечения, полученных экспериментально, можно рассчитать предел прочности путем деления значения максимальной разрушающей силы на среднее значение площади поперечного сечения по формуле (1). Расчет хордового модуля упругости проводится в диапазоне  $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = 0,003 - 0,001 = 0,002$  по формуле (3) (рисунок 10).

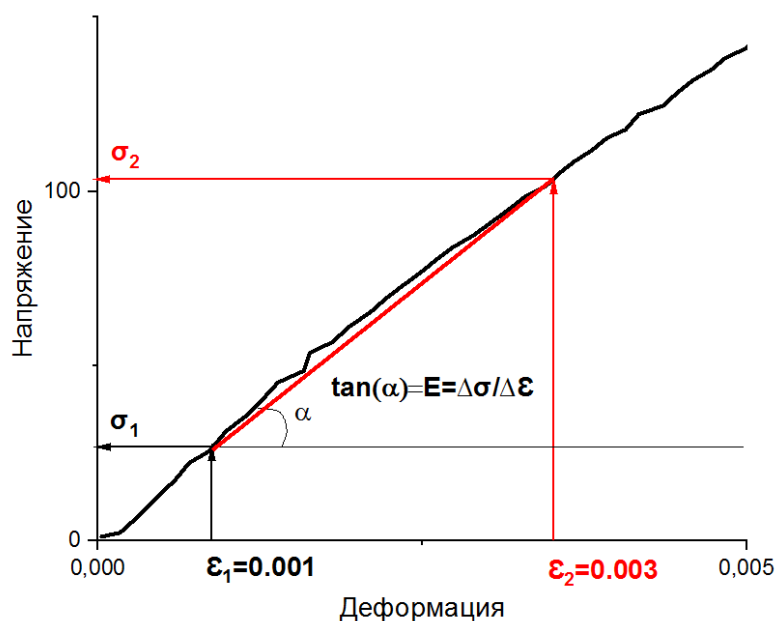


Рисунок 10 – Метод расчёта модуля Юнга

### 2.3 Испытание на растяжение укладки $\pm 45^\circ$ по ASTM D3518

Сначала в захваты механической испытательной машины устанавливают образец материала с постоянным прямоугольным сечением (образцы  $[45F]_{85}$ ) (рисунок 11а). Машина монотонно нагружает образец (рисунок 11б) с регистрацией усилия, предел прочности материала можно определить по максимальной силе, приложенной до разрушения. Контролируя деформацию образца с помощью тензодатчика или датчика смещения, можно определить реакцию материала на растяжение-деформацию. Можно получить предельную деформацию растяжения при растяжении, переходную деформацию. После обработки данных можно получить модуль сдвига ( $G$ ) по формуле (6),  $\tau_{\max}$  и  $\tau_{0,2}$  (рисунок 12).

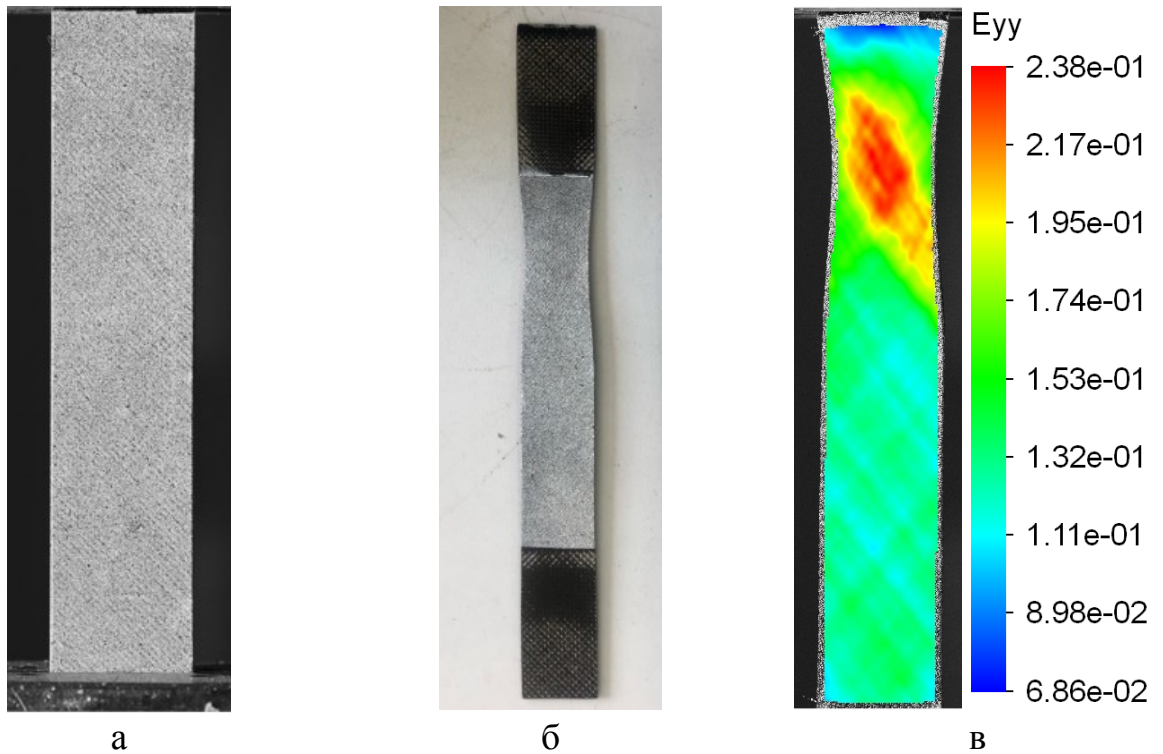


Рисунок 11 – Испытание по ASTM D3518: а) фото образца в захватах; б) испытанный образец; в) поле деформации  $e_{yy}$ , рассчитанное с помощью метода корреляции цифровых изображений.

Максимальное напряжение сдвига:

$$\tau_{12}^m = \frac{P^m}{2A} \quad (4)$$

$$\tau_{12i} = \frac{P_i}{2A} \quad (5)$$

где  $\tau_{12}^m$  – максимальное касательное напряжение в плоскости, МПа;

$P^m$  – максимальное усилие при инженерном сдвиге 5 % или ниже деформация, Н;

$\tau_{12i}$  – напряжение сдвига в  $i$ -й точке данных, МПа;

$P_i$  – сила в  $i$ -й точке данных, Н;

$A$  – площадь поперечного сечения,  $\text{мм}^2$ .

Модуль сдвига:

$$G_{12}^{chord} = \frac{\Delta\tau_{12}}{\Delta\gamma_{12}} \quad (6)$$

где  $G_{12}^{chord}$  – модуль упругости хорды сдвига, ГПа;

$\Delta\tau_{12}$  – разница в приложенном инженерном напряжении сдвига между двумя точками деформации сдвига, МПа;

$\Delta\gamma_{12}$  – разница между двумя техническими деформациями сдвига балла (номинально 0,004).

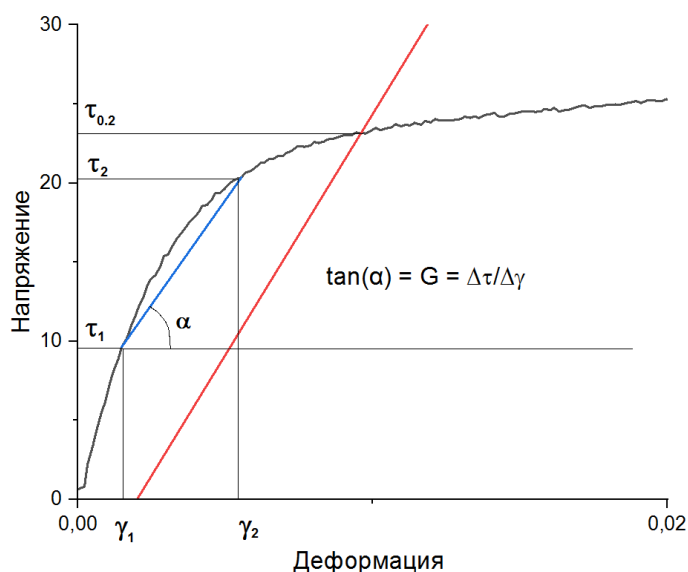


Рисунок 12 – Метод расчёта модуля сдвига

Значения максимального усилия при сдвиге и площади поперечного сечения на основе экспериментов тогда, разделив значение максимальное усиление при сдвиге на значение площади поперечного сечения, получим максимальное напряжение сдвига по формуле (4). Модуль упругости сдвига рассчитывается между двумя деформациями  $\tau_2 - \tau_1$  по формуле (6).

По модулю сдвига проводим его параллельную линию, от величины деформации, равной 0,2. Точка пересечения параллельной линии и кривой нагружения есть величина условного предела сдвига  $\tau_{0,2}$  (рисунок 12).

## 2.4 Испытание на трехточечный изгиб по ASTM D7264

Максимальное напряжение на изгиб.

$$\sigma = \frac{3PL}{4bh^2} \quad (7)$$

где  $\sigma$  – напряжение на наружной поверхности в области силового пролета, МПа;

$P$  – приложенная сила, Н,

$L$  – пролет опоры, мм,

$b$  – ширина балки, мм,

$h$  – толщина балки, мм.

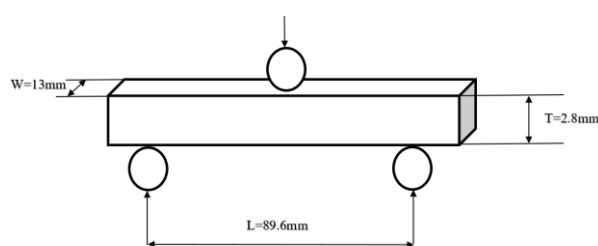
Модуль упругости хорды при изгибе:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (8)$$

где  $E$  – модуль упругости хорды при изгибе, МПа,

$\Delta\sigma$  – разница в изгибном напряжении между двумя выбранными точками деформации, МПа,

$\Delta\varepsilon$  – разница между двумя выбранными точками деформации (номинально 0,002)



а



б

Рисунок 13 – Испытание на изгиб: а) схема; б) приспособление с образцом в испытательной машине.

Методика испытаний следующая: измерить толщину и ширину образца, затем ввести эти значения в компьютер; установить образец в приспособление на электромеханической двухколонной испытательной машине (Instron 5582) (рисунок 13а); далее происходит испытание на изгиб (рисунок 13б), после этого



получаем данные испытания и проводим обработку для расчета предела прочности по формуле (7) и модуля упругости по формуле (8).

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ  
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа 4Б81	ФИО Ху Синь
----------------	----------------

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение Школы	Материаловедение в машиностроении
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки персонала определены штатным расписанием НИ ТПУ и ИФПМ СО РАН
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

**Перечень графического материала**

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б81	Ху Синь		

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

### **4.1 Введение**

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – исследовать механические свойства базальтопластиков.

## 4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 4.2.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о покрытиях различного состава:

- 1) Композиционные материалы на основе углеродных волокон, структура и свойства;
- 2) Композиционные материалы на основе базальта, структура и свойства. Детальный анализ необходим, т.к. каждый тип покрытия имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 4.1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Энергоэкономичность	0,09	5	4	3	0,6	0,38	0,42
3. Точность измерительного прибора	0,13	4	5	3	0,82	0,54	0,54
4. Надежность	0,08	3	4	3	0,63	0,46	0,42
5. Проста эксплуатации	0,08	5	5	4	0,15	0,25	0,36
6. Эффективность работы	0,12	5	4	5	0,25	0,3	0,25
7. Безопасность	0,1	4	4	4	0,32	0,32	0,32
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена на расходы	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	4	0,34	0,2	0,48
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>4,49</b>	<b>3,67</b>	<b>3,87</b>

Расчет конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i = 4.49$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что предложенная нами разработка является наиболее актуальной и перспективной, имеет конкурентоспособность.

#### 4.2.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Низкая цена исходного сырья.	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
С2. По сравнению с методом приготовления результаты исследований очень точны.	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл3. Дополнительная информация о поиске каналов.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Появление дополнительного спроса на полученные результаты исследования в учебной сфере.	У1. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки в дальнейшие технологии материаловедения.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.	
В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>					
<b>Возможности проекта</b>		C1	C2	C3	C4
	B1	-	-	-	-
	B2	-	+	+	-
	B3	-	+	-	+
	B4	+	+	-	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

<b>Слабые стороны проекта</b>					
<b>Возможности проекта</b>		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	+	+
	B2	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>					
<b>Угрозы проекта</b>		C1	C2	C3	C4
	У1	-	+	-	-
	У2	-	+	-	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

<b>Слабые стороны проекта</b>					
<b>Угрозы проекта</b>		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	+
	У2	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b>  С1. Низкая цена исходного сырья.  С2. По сравнению с методом приготовления результаты исследований очень точны.  С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.  С4. Экологичность технологии</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b>  Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения эксперимента  Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.  Сл3. Дополнительная информация о поиске каналов  Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.</p>
<p><b>Возможности</b>  В1. Появление дополнительного спроса на полученные результаты исследования в учебной сфере.  В2. Появление потенциального спроса на новые разработки в дальнейшие технологии материаловедения.  В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.  В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p><b>Направления развития</b>  В2С2С3. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки.  В3С2С4. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии и перспективный способ изучения соответствуют потенциальному спросу в дальнейшие технологии материаловедения. и внедрению технологии в аэрокосмической области.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b>  В1Сл3Сл4. Внедрение технологии в аэрокосмической области требует долгого времени к подготовке.</p>
<p><b>Угрозы</b>  У1. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях.</p>	<p><b>Угрозы развития</b>  У1С2. Более точные результаты исследования по сравнению с другими технологиями и более свежие результаты по сравнению с зарубежными аналогами</p>	<p><b>Уязвимости:</b>  У1Сл4. Из-за сложности подготовки и больших ошибок, которые могут быть вызваны различными операциями, эксперимент имеет большие ошибки и неточности.</p>

В результате SWOT-анализа позволил определить факторы отрицательно влияющие на продвижение разработки на рынок. К таким факторам относятся:

- 1) отсутствие необходимого оборудования для проведения эксперимента;
- 2) долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования;
- 3) эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.

Предложенный проект позволяет устранить отрицательное влияние выявленных факторов. В связи с чем, результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

### **4.3 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.



Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темя диссертации, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения работ	Инженер, научный руководитель
Теоретические исследования	3	Найдем литературу по базальтопластику	Инженер
	4	Владение установки горячего прессования, пресси гидравлического, шкафа сушильного, фрезерного станка, испытательной машины и другим программным обеспечением для анализа полученных данных.	Инженер
Экспериментальные исследования	5	Подготовка композита из базальтового волокна и воспользуемся фрезерный станок для получения образцов.	Инженер, научный руководитель
	6	Используем испытательной машиной для испытаний на растяжение и изгиб.	Инженер
	7	Используем программное обеспечение Grapher для построения графика влияния испытаний на растяжение, и изгиб, изменения материала базальтопластиков.	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

#### 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для оценки трудоемкости проводимых работ представим расчет показателей: трудоемкость, продолжительность одной работы, календарный коэффициент

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человекодни;  $t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;  $t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дни;  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{кi инж} = T_{pi} \times k_{кал}$$

где  $T_{кi инж}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вык} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

где  $T_{кал}$  – общее количество календарных дней в году;  $T_{вык}$  – общее количество выходных дней в году;  $T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожид}$ , чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение темы диссертации, утверждение плана-графика	1	-	2	-	1,4	-	1,4	2
2. Календарное планирование выполнения работ	1	2	2	3	1,4	2	1,7	3
3. Найдем литературу по базальтопластику, стабилизированной энтропией	-	20	-	30	-	24	24	35
4. Владение установкой горячего прессования, пресса гидравлического, шкафа сушильного, фрезерного станка, испытательной машины и программным обеспечением для анализа полученных данных.	-	25	-	35	-	29	29	43
5. Подготовка композита из базальтового волокна и воспользуемся фрезерный станок для получения образцов.	-	5	-	8	-	6,2	6,2	9
6. Используем испытательной машиной для испытаний на растяжение и изгиб.	30	60	40	80	34	68	51	75
7. Используем программное обеспечение Grapher для построения графика влияния испытаний на растяжение, и изгиб, изменения материала базальтопластиков.	-	5	-	8	-	6,2	6,2	9
8. Обработка полученных данных	-	40	-	50	-	44	44	65
9. Оценка правильности полученных результатов	3	8	5	10	3,8	8,8	6,3	9
10. Составление пояснительной записки		20		40	-	28	28	41
<b>Итого:</b>	35	195	44	254	41	217	198	291

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Виды работ	Исп	$T_{ki}$ , кал. дн	Продолжительность работ											
				Июль - сентябрь			Октябрь - декабрь			январь - март			апрель		
				7	8	9	10	11	12	1	2	3	4		
1	Составление и утверждение тема диссертации, утверждение плана-графика	Исп1	2	■											
2	Календарное планирование выполнения работ	Исп1 Исп2	3	■											
3	Найдем литературу по базальтопластику, стабилизированной энтропией	Исп2	35	■	■										
4	Владение установки горячего прессования, пресса гидравлического, шкафа сушильного, фрезерного станка, испытательной машины и другим программным обеспечением для анализа полученных данных.	Исп2	43		■	■									
5	Подготовка композита из базальтового волокна и воспользуемся фрезерный станок для получения образцов.	Исп2	9			■	■								
6	Используем испытательной машиной для испытаний на растяжение и изгиб.	Исп1 Исп2	75				■	■	■						
7	Используем программное обеспечение Grapher для построения графика влияния испытаний на растяжение, и изгиб, изменения материала базальтопластиков.	Исп2	9							■					
8	Обработка полученных данных	Исп2	65								■	■	■	■	■
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	9											■	■
10	Составление пояснительной записки	Исп2	41											■	■

Примечание:

■ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

#### 4.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

##### 4.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении образца, базальтопластиков. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на получение образца, базальтопластиков

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Базальтовая ткань	г/м <sup>2</sup>	1	219	219
Эпоксидная смола R&G Ероху L	кг	1	3299	3299
Отвердитель GL2	кг	0,75	2999	2249,25
Перчатки	пар	1	12	12
<b>Итого:</b>				<b>5779,25</b>

##### 4.4.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot t,$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $t$  – время использования, мес.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	$H_A$ , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Пресс лабораторный GT-7014-H10C	1	16	0,2	6	5000000	5208
2	Термошкаф	1	20	0,1	5	33620	14
3	Широкоформатный фрезерный станок с ЧПУ RM0813	1	20	0,2	5	32000000	26666
4	Машина для испытаний на растяжение универсальная испытательная машина	1	15	0,1	7	35000000	19444
<b>Итого:</b>						51332 руб.	

#### 4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) одного работника рассчитывали по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

- Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{54600 \times 10,3}{246} = 2286 \text{ руб}$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня –  $M=11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней –  $M=10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

- Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн2}} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{37050 \times 11,2}{213} = 1948 \text{ руб}$$

Должностной оклад работника за месяц:

- для руководителя:

$$Z_{m1} = Z_{mc1} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \times k_p = 28000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 54600 \text{ руб}$$

- для инженера:

$$Z_{m2} = Z_{mc2} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \times k_p = 19000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 37050 \text{ руб}$$

где  $Z_{mc}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 30% (для г. Томска).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_o$	$k_p$	$Z_m, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	28000	0,3	0,2	1,3	54600	2286	41	93726
Инженер	19000	0,3	0,2	1,3	37050	1948	217	422716
Итого:								516442

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп1} = k_{доп} \times Z_{осн} = 0,15 \times 93726 = 14058,9 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$Z_{доп2} = k_{доп} \times Z_{осн} = 0,15 \times 422716 = 63407,4 \text{ руб},$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

#### 4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб1} = k_{внеб} \times (Z_{осн1} + Z_{доп1}) = 0,3 \times (93726 + 14058,9) = 32335,47 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$Z_{внеб2} = k_{внеб} \times (Z_{осн1} + Z_{доп1}) = 0,3 \times (422716 + 63407,4) = 145837,02 \text{ руб}$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).



#### 4.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
51332	5779,25	516442	77466,3	178172,49	829192.04

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \times k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) 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.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 4.16.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	5779,25	9438,45	4900	Пункт 3.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	51332	56902	66853	Пункт 3.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	516442	516442	516442	Пункт 3.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	77466,3	77466,3	77466,3	Пункт 3.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	178172,49	178172,49	178172,49	Пункт 3.2.3.4
6	Накладные расходы	165838,41	165838,41	165838,41	Пункт 3.2.3.5
Бюджет затрат НИР		995030,5	1004259,6	1009672,2	Сумма ст. 1-6

#### 4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 995030,5 \text{ руб.}, \Phi_{\text{исп.1}} = 1004259,6 \text{ руб.}, \Phi_{\text{исп.2}} = 1009672,2 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{\Phi_{\text{текущ.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{995030,5}{1009672,2} = 0,985$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1004259,6}{1009672,2} = 0,994$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1009672,2}{1009672,2} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР ( $I_{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,80;$$

$$I_{p3} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 4,05.$$

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

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр}}}$$

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{4,65}{0,90} = 5,18, \quad I_{\text{исп.}2} = \frac{3,8}{0,91} = 4,18, \quad I_{\text{исп.}3} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,18	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

#### 4.6 Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 291 день; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 217 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 41 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 995030,5 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,98, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,18, по сравнению с 4,18 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.