

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Кафедра Материаловедение в машиностроении

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Развитие методики контроля алюминиевых сплавов с использованием волн Лэмба
УДК 669.716:629.7.0585.004.624:620.179.16

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б21	Пичугов Владимир Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бурков М.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко О.Б.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Материаловедение в машиностроении	Панин В.Е.	д. ф.-м.н., акад. РАН		

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (бакалавриат)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Кафедра Материаловедение в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Панин В. Е.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Б21	Пичугов Владимир Викторович

Тема работы:

Развитие методики контроля алюминиевых сплавов с использованием волн Лэмба

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ № _____ от _____

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.).

Заготовки алюминиевого сплава В96Ц3Т12, ультразвуковые преобразователи, комплект оборудования для генерации и регистрации ультразвуковых сигналов, расходные материалы для подготовки образцов, машины для испытаний на статическое и циклическое растяжение, оптическая система корреляции цифровых изображений, персональный компьютер.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(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).

Провести аналитический обзор литературы по механическим испытаниям конструкционных материалов, неразрушающему и встроенному контролю. Подготовить образцы с наклеенными ультразвуковыми преобразователями и провести циклические и статические испытания, в процессе которых проводить оценку состояния с помощью волн Лэмба генерируемых и регистрируемых с помощью специального оборудования. Записать процесс деформирования образцов с помощью метода корреляции цифровых изображений для получения дополнительной информации о процессах деформации и разрушения. Исследовать особенности изменения (затухания) ультразвуковых сигналов, проходящих через рабочее сечение нагружаемого образца, чувствительных к напряженно-деформированному состоянию и процессам зарождения и

	<i>распространения усталостных трещин. Сопоставить основные стадии деформирования и зарождения усталостных трещин согласно методу корреляции цифровых изображений и данным, полученным с помощью ультразвукового метода с использованием волн Лэмба.</i>
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Диаграмма растяжения; Результаты статических испытаний; Результаты циклических испытаний; Поля распределений деформации.</i>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент</i>	<i>Е.А. Грахова, ассистент, ТПУ кафедра МЕН</i>
<i>Социальная ответственность</i>	<i>О.Б. Назаренко, профессор, ТПУ кафедра ЭБЖ</i>
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат, abstract.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	8.02.2016
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бурков М.В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б21	Пичугов Владимир Викторович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 78 страниц, 20 рисунков, 24 таблицы, 26 источников, 0 приложений.

Ключевые слова: встроенный контроль, алюминиевый сплав, авиация, статическое и циклическое нагружение, корреляция цифровых изображений

Объектом исследования является алюминиевый сплав В96Ц3Т12

Цель работы – исследовать методику с использованием волн Лэмба для оценки состояния образцов алюминиевого сплава В96Ц3Т12.

В процессе исследования проводились циклические и статические испытания образцов алюминиевого сплава В96Ц3Т12 с наклеенными ультразвуковыми преобразователями для генерации и регистрации волн Лэмба.

В результате исследования при статических и циклических испытаниях изучили особенности изменения (затухания) ультразвуковых сигналов, проходящих через рабочее сечение нагружаемого образца, чувствительных к напряженно-деформированному состоянию и процессам зарождения и распространения усталостных трещин.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: датчики (пьезокерамические) AW1E12G-190EFL1Z, рабочая частота генерации ультразвуковых волн Лэмба – 40-400 кГц, четырехканальная регистрация сигналов осциллографом с частотой дискретизации 5 МГц.

Степень внедрения: методика находится на стадии лабораторного тестирования как аппаратного, так и программного обеспечения, на стандартных образцах для механических испытаний.

Область применения: авиакосмическая, нефтехимическая промышленность

Экономическая эффективность/значимость работы: применение систем встроенного контроля в авиакосмической промышленности с целью расширения интервала планового контроля конструкций.

В будущем планируется переход исследований данной методики на конструктивно подобные образцы типа панелей, обшивок, лонжеронов и т.д.

Abstract

Final qualifying work 78 pages, 22 figures, 24 tables, 26 sources, 0 application.

Keywords: structure health monitoring, aluminium alloy, aviation, static loading, cyclic loading, digital image correlation.

The object of this research is aluminum alloy AA7068.

Purpose of work - explore the technique of using the Lamb waves to assess the status of aluminum alloy specimens AA7068.

During research conducted cyclic and static tests of aluminum alloy specimens AA7068 with adhered ultrasonic transducers for generating and registering Lamb waves.

A result of research under static and cyclic tests have studied features of change (attenuation) of ultrasonic signals through the working of the loaded cross-section of the sample that are sensitive to the stress-strain state and the processes of nucleation and propagation of fatigue cracks.

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: sensors (piezoceramic) AW1E12G-190EFL1Z, the operating frequency of the generation of ultrasonic Lamb waves – 40-400 kHz, four-channel oscilloscope signal registration with digitization frequency 5 MHz.

Degree of implementation: method is at a stage laboratory testing of both hardware and software, on standard specimens for mechanical testing.

Application area: aerospace, petrochemical industry.

Economic efficiency / significance of the work: application of structure health monitoring in the aerospace industry to expand the interval of planned constructions control.

In the future it is planned transition of this method to study constructively such samples to the such as panels, skins, spars, etc.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Конструкционная прочность – набор прочностных свойств, находящихся в наибольшей корреляции со служебными свойствами данной конструкции, обеспечивающих надежную и длительную работу материала в условиях эксплуатации.

Надежность – свойство изделий выполнять заданные функции сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени или сопротивление материала хрупкому разрушению.

Пластической называют деформацию, остающуюся после снятия нагрузки.

Условный предел текучести — это условное напряжение, при котором остаточная деформация достигает определенной величины (обычно 0,2% от рабочей длины образца; тогда условный предел текучести обозначают как $\sigma_{0,2}$).

Неразрушающий контроль — контроль надежности основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов/узлов, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа.

Корреляция цифровых изображений — оптический метод, используемый для идентификации и отслеживания изменений цифровых изображений в двух (плоскость) и трех (трехмерный) координатах.

НК – неразрушающий контроль.

SHM - Structural Health Monitoring.

ПО – программное обеспечение.

УЗК - ультразвуковой метод контроля.

ПЭП – пьезоэлектропреобразователь.

DIC – digital image correlation.

НТИ – научно-техническое исследование.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	10
1 Литературный обзор	12
1.1 Проблема прочности конструкционных материалов. Механические характеристики материалов	12
1.2 Алюминиевый сплав В96Ц3Т12	13
1.3 Испытания материалов на прочность	14
1.4 Неразрушающий и встроенный ультразвуковой контроль	19
2 Экспериментальные методики	23
2.1 Подготовка образцов	23
2.2 Испытание образцов на статическое растяжение	23
2.3 Испытание образцов на циклическое растяжение	25
2.4 Оптический метод измерения деформации (корреляция цифровых изображений)	26
2.5 Ультразвуковой метод	27
3 Результаты и их обсуждение	29
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	35
4.1 Оценка коммерческого потенциала исследования	35
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	35
4.1.2 SWOT-анализ	36
4.2 Планирование научно-технического исследования	37
4.2.1 Структура работ	37
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	38
4.2.3 Разработка графика выполнения научно-технического исследования	41
4.3 Смета затрат на проведение НТИ	43
4.4 Определение ресурсной и финансовой эффективности научно-технического исследования	48
4.4.1 Анализ и оценка научно-технического уровня НТИ	48

4.4.2 Оценка рисков при разработке НТИ	50
5 Социальная ответственность	57
5.1 Производственная безопасность	57
5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов	58
5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	64
5.2 Экологическая безопасность	68
5.3 Защита в чрезвычайных ситуациях	70
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
Заключение	73
Список публикаций студента	74
Список использованной литературы	75

Введение

Неразрушающий контроль (НК) на всем протяжении времени остается одной из наиболее важных проблем в процессе эксплуатации машиностроительных изделий. На данный момент разработано множество методов НК, благодаря которым имеется возможность находить дефекты в деталях из металлов и сплавов в процессе производства и ремонта. Одним из основных недостатков НК является остановка эксплуатации изделия, что экономически не выгодно. Результаты контроля показывают, что обнаружение дефектов происходит в небольшом количестве деталей, в остальных же случаях дефекты в конструкции еще не образовались. Однако интервал контроля изделий расширить невозможно, так как конструкции, в которых зародились дефекты, в процессе эксплуатации могут разрушиться, что непозволительно во многих опасных отраслях промышленности: авиакосмической, нефтехимической и др.

Одним из актуальных направлений исследований в сфере НК, привлекающих множество инженеров и исследователей, является концепция Structural Health Monitoring (SHM) [1]. Она подразумевает внедрение в конструкцию комплекса чувствительных элементов, регистрацию информации на протяжении всей эксплуатации с последующим анализом с помощью программных средств для своевременного обнаружения повреждений и ремонта. Несомненным плюсом такого подхода является возможность расширить интервалы планового контроля, если система не регистрирует изменений, превышающих некоторое пороговое значение. Одним из подходов к реализации SHM является сеть ультразвуковых (УЗ) датчиков, интегрированных в конструкцию, и использующихся для прямого активного обнаружения дискретных дефектов (расслоений углепластиков, трещин в металлах и др.).

Общим для всех реализаций SHM систем является необходимость разработки сложного ПО для обработки сигналов и принятия решения о

возможности продолжения эксплуатации. Основой данного ПО является анализ механики деформационного поведения различных материалов.

В данной работе была поставлена задача исследовать методику с использованием волн Лэмба для оценки состояния образцов алюминиевого сплава В96ЦЗТ12. Необходимо было при статических и циклических испытаниях изучить особенности изменения (затухания) ультразвуковых сигналов, проходящих через рабочее сечение нагружаемого образца.

1 Литературный обзор

1.1 Проблема прочности конструкционных материалов. Механические характеристики материалов

Проблема прочности конструкционных материалов и сплавов в настоящий момент является актуальной, несмотря на многие заявления о вступлении человечества в нейлоновый, атомный, кремниевый века, век информации и т.д. На самом деле люди находятся все еще в железном веке, так как основу нынешних технологий все еще составляют металлы и сплавы, к примеру, сплавы на основе железа. Способность сплавов и металлов вследствие разных обработок принимать любую форму, упрочняться, быть сплавляемыми и свариваемыми и самое главное – находиться в пластическом состоянии, т.е. в состоянии, когда в результате деформации материал не разрушается, выражает совокупность уникальных свойств, которыми никакие другие материалы не обладают. Какие бы человечество не ставило перед собой задачи, возможность их исполнения всегда будет обуславливаться прочностью конструкционных материалов.

В результате испытаний получают следующие характеристики:

- Силовые (предел прочности, предел пропорциональности, предел текучести, предел выносливости, предел упругости);
- Энергетические (ударная вязкость);
- Деформационные (относительное сужение, относительное удлинение) [2].

Все эти характеристики определяют независимо от назначения, конструкции и условий эксплуатации материала его прочность. Высокое качество изделия достигается при учете всех особенностей, имеющих место в процессе его работы и которые определяют его конструкционную прочность.

Конструкционная прочность – комплекс прочностных свойств, которые находятся в наибольшей корреляции со служебными свойствами данного изделия, обеспечивают длительную и надежную работу материала в условиях эксплуатации. [3]

На конструкционную прочность влияют следующие факторы:

- Механизмы разрушения детали;
- Конструкционные особенности изделия (размеры и форма);
- Процессы, приводящие к отказам при работе детали, происходящие в поверхностном слое;
- Состояние материала в поверхностном слое детали [3].

Необходимым условием создания качественных конструкций при экономном применении материала является учет дополнительных критериев, влияющих на конструкционную прочность. Этими критериями являются долговечность и надежность [3].

Надежность – свойство изделий, выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени или сопротивление материала хрупкому разрушению [4].

Развитие хрупкого разрушения происходит при низких температурах, при наличии трещин, при повышенных остаточных напряжениях, а также при развитии усталостных процессов и коррозии [5].

1.2 Алюминиевый сплав В96Ц3Т12

Алюминиевые сплавы остаются основным конструкционным материалом авиакосмической техники. Объем их применения в настоящее время составляет около 70% от всего количества конструкционных материалов в планере самолетов. Эти сплавы также широко применяются во многих типах ракет, морских и речных судов, автомобилей, вагонов скоростных поездов. Для получения хорошей весовой эффективности в сочетании с длительным ресурсом работы и надежностью в эксплуатации, алюминиевые сплавы должны обладать комплексом необходимых характеристик: высокой прочностью, хорошей коррозионной стойкостью, высоким сопротивлением повторным нагрузкам и малой скоростью развития трещины усталости. [6]

Таблица 1 – Химический состав сплава В96Ц3Т12 [7]

Al	Zn	Mg	Fe	Si
8.0	2.0	0.12	0.2	0.1

Сплав В96Ц3Т12 применяется: для производства полуфабрикатов - длинномерных катаных плит, листов и прессованных профилей, панелей, применяемых для верхних обшивок крыла, стоек, балок и других элементов в преимущественно сжатых зонах планера перспективных самолетных конструкций [8]. Из сплава освоено литье крупногабаритных круглых и плоских слитков. Сплав обладает хорошей технологической пластичностью при изготовлении полуфабрикатов в металлургическом производстве. Главным достоинством этого сплава является высокая прочность, а недостатком – плохая трещиностойкость (усталостная трещина растет быстро).

Таблица 2 – Механические характеристики В96Ц3Т12 – Д16Т [6,9]

Наименование сплава	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
В96Ц3Т12	650	630	9
Д16Т	420	295	10

1.3 Испытания материалов на прочность

Механические методы испытаний используются для исследования прочности, пластичности, деформируемости, характера разрушения изделия и вязкости. К этой группе исследований также относится определение свойств поверхности, например, сопротивления износу и твердости.

Различают механические испытания, использующие статическое нагружение. В этом случае для определения характеристик прочности и пластичности образец исследуемого материала подвергается действию постоянной или медленно и плавно повышающейся нагрузки. При этом различают следующие виды нагружения: изгиб, растяжение, срез и кручение.

Циклические испытания характеризуются многократными изменениями нагрузки по величине и по направлению. Примером испытаний являются испытания на усталость, они длительны и по их результату определяют число циклов до разрушения при разных значениях напряжения. В конечном итоге находят предельные напряжения, который образец выдерживает без разрушения в течение определенного числа циклов нагружения [10].

Испытание на растяжение. При испытании на растяжение, согласно ГОСТ 1497, определяют сопротивление металла малым пластическим деформациям, характеризующееся пределом упругости σ_y , пределом текучести $\sigma_{0,2}$ и пределом пропорциональности $\sigma_{пц}$, а также сопротивление значительным пластическим деформациям, которое выражают временным сопротивлением σ_B (предел прочности) [11].

Также при проведении испытаний на растяжение определяют пластичность материала, то есть величину пластической деформации до момента разрушения, которая оценивается относительным удлинением образца δ и его относительным сужением ψ (после разрыва образца).

Для испытания на растяжение используют стандартные образцы. Машина для испытаний снабжена устройством, записывающим диаграмму растяжения. Диаграмма растяжения показывает зависимость между растягивающей нагрузкой, действующей на образец, и его деформацией. На диаграмме по оси ординат записывают нагрузку P , а по оси абсцисс - абсолютное удлинение образца Δl ($\Delta l = l_x - l_0$, где l_x и l_0 - текущая (в данный момент времени) и начальная длины образца) — рисунок 1 [11].

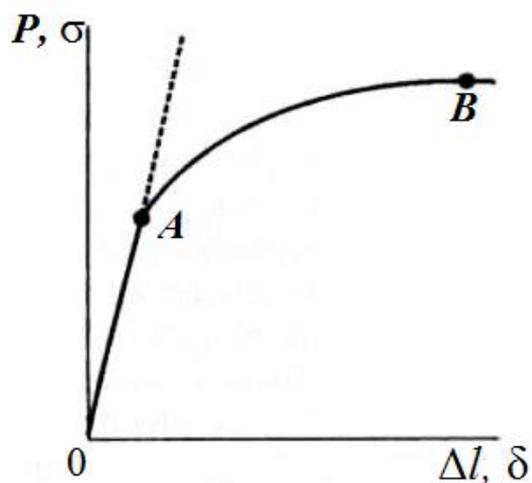


Рисунок 1 – Диаграмма растяжения (зависимость абсолютного удлинения образца от нагрузки) [11]

Кривая, показывающая изменение абсолютного удлинения (Δl), в зависимости от прилагаемой нагрузки (P) при растяжении, состоит из прямолинейного участка OA и криволинейного AB , отвечающего переходу в область пластических (остаточных) деформаций и характеризуемой постепенным уменьшением тангенса угла наклона кривой к оси абсцисс (рисунок 1).

Пластической называют деформацию, остающуюся после снятия нагрузки (кроме того, наблюдается обратимая пластическая деформация, которая, как и упругая, исчезает после снятия нагрузки) [11]. Величина остаточной деформации в момент разрушения (сужение, удлинение) служит характеристикой пластичности материала. Если величина пластической деформации до разрушения мала, то такой материал называют хрупким.

Для возможности сравнения результатов испытаний различных по размерам образцов целесообразно установить связь между удельными и относительными величинами, то есть между условным напряжением σ , равным P/F_0 , где P - растягивающая нагрузка, F_0 — площадь поперечного сечения образца до испытания, и относительным удлинением δ , равным $\Delta l/l_0$, где Δl — абсолютное удлинение образца; l_0 - длина образца до испытания. Так как значения P и Δl делятся на постоянные для данных условий испытания величины, то вид диаграммы, приведенной на рисунке 1, не меняется

(отличается только масштабом) при переходе от координат $P - \Delta l$ к координатам $\sigma - \delta$ [11].

Напряжения ниже точки А практически не вызывают измеримой остаточной деформации и относительно этой точки могут быть установлены предел упругости σ_y , а также предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}$. Здесь и далее напряжения получаются делением соответствующей нагрузки на F_0 — площадь поперечного сечения образца до испытания.

Предел упругости σ_y — условное напряжение, соответствующее появлению остаточных деформаций определенной заданной величины. Предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}$ — условное напряжение, соответствующее отклонениям от линейного хода кривой деформации (от закона Гука), задаваемым определенным допуском (например, увеличением тангенса угла наклона кривой деформации к оси напряжения на 25 или 50% при переходе от прямолинейного участка к криволинейному).

Следует учесть, что для реальных поликристаллических материалов определить предел упругости (σ_y) и предел пропорциональности ($\sigma_{\text{пц}}$) достаточно сложно, так как это предусматривает измерение очень малых деформаций. Поэтому на практике чаще всего используют такую характеристику, как условный предел текучести $\sigma_{0,2}$.

Условный предел текучести — это условное напряжение, при котором остаточная деформация достигает определенной величины (обычно 0,2% от рабочей длины образца; тогда условный предел текучести обозначают как $\sigma_{0,2}$). Величину $\sigma_{0,2}$ определяют, как правило, для материалов, у которых на диаграмме отсутствует площадка или зуб текучести [11].

В тех случаях, когда диаграмма растяжения имеет площадку текучести (рисунок 2 а), измеряют физический предел текучести σ_T , условное напряжение, соответствующее наименьшей нагрузке площадки текучести, когда деформация образца происходит увеличения нагрузки. Иногда распространение деформации по длине образцов из пластичных материалов при напряжениях, отвечающих площадке текучести, носит волнообразный характер: в начале

образуется местное утонение сечения, затем это утонение переходит на соседний объем материала и этот процесс продолжается до тех пор, пока в результате распространения такой волны не возникает общее равномерное удлинение, отвечающее площадке текучести. Когда имеется зуб текучести (рисунок 2, б), вводят понятия о верхнем $\sigma_{вТ}$ и нижнем $\sigma_{нТ}$ пределах текучести.

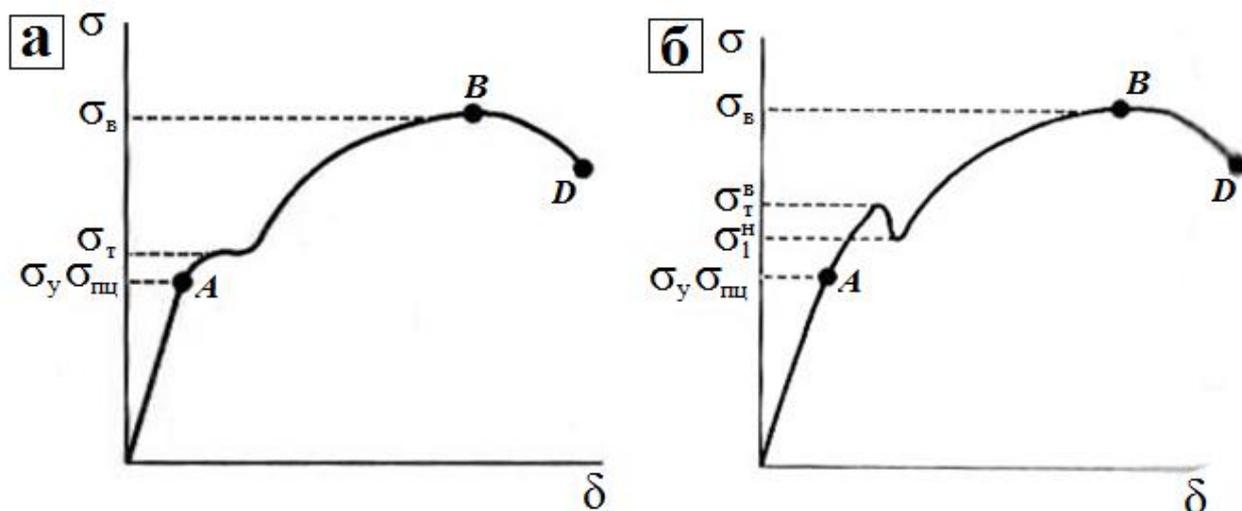


Рисунок 2 – Схемы диаграмм растяжения металлов, дающих площадку (а); зуб текучести (б) [11]

Если при испытании образцов на растяжение не возникает локализованной деформации (не образуется шейки - местного сужения поперечного сечения), то образец из хрупких металлов разрушается при какой-то максимальной нагрузке, отвечающей точке В на рисунке 1. Деление этой нагрузки на площадь начального поперечного сечения дает разрушающее напряжение, называемое временным сопротивлением $\sigma_{в}$ (это условное напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, выдерживаемой образцом). В тех случаях, когда окончание растяжения сопровождается местным утонением образца (образованием шейки), диаграмма растяжения имеет вид, изображенный на рисунке 2, т. е. нагрузка в момент разрыва пластичного металла и напряжение, отнесенное к исходному сечению (в точке D), могут быть меньше, чем напряжение в какой-то предыдущий момент растяжения. Но и в этом случае временное сопротивление определяется применительно к точке В, т. е. относительно максимальной нагрузки, момент

достижения которой практически совпадает с началом образования шейки в образце из пластичного материала. Появление шейки определяет переход от равномерной деформации всей рабочей части образца к сосредоточенной деформации в определенном сечении [11].

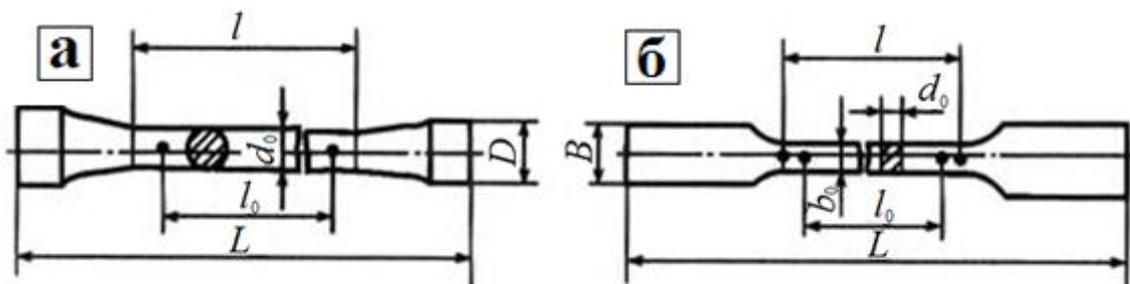


Рисунок 3 – Общий вид стандартных образцов для испытания на растяжение:
а – цилиндрический образец; б — плоский [11]

1.4 Неразрушающий и встроенный ультразвуковой контроль

Неразрушающий контроль. Неразрушающий контроль (НК) — контроль надежности основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов/узлов, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа [12].

Одним из основных методов неразрушающего контроля является ультразвуковой метод контроля (УЗК). Суть ультразвукового метода заключается в излучении в изделие и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний с помощью специального оборудования — ультразвукового дефектоскопа и пьезоэлектротрансформатора(-ей) и дальнейшем анализе полученных данных с целью определения наличия дефектов, а также их эквивалентного размера, формы (объемный/плоскостной), вида (точечный/протяженный), глубины залегания и пр.

Параметры выявленных дефектов определяются с помощью ультразвуковых дефектоскопов. Так, например, по времени распространения ультразвука в изделии (если известна скорость ультразвука (скорость распространения ультразвуковых волн в различных материалах) в данном

металле) определяют расстояние до дефекта, а по амплитуде отраженного импульса – его относительный размер.

К главным преимуществам ультразвукового контроля качества металлов и сварных соединений относятся:

- высокая точность и скорость исследования, а также его низкая стоимость;
- безопасность для человека (в отличие, к примеру, от рентгеновской дефектоскопии);
- высокая мобильность вследствие применения портативных ультразвуковых дефектоскопов;
- возможность проведения ультразвукового контроля (в отдельных случаях) на действующем объекте, т.е. на время проведения УЗК не требуется выведения контролируемой детали/объекта из эксплуатации.
- при проведении УЗК исследуемый объект не повреждается [13].

К основным недостаткам УЗК относятся:

- при ультразвуковой дефектоскопии невозможно дать ответ на вопрос о реальных размерах дефекта, так как размер дефекта определяется его отражательной способностью и поэтому по результатам контроля дается эквивалентный размер дефекта (например: имеющиеся в изделии два реальные дефекта одного размера и формы, расположенные на одной глубине, но один из которых заполнен воздухом, а другой шлаком будут давать отраженные импульсы различной амплитуды и, соответственно, оценены как дефекты, имеющие различные размеры). Следует отметить, что, некоторые дефекты в силу их характера, формы или расположения в объекте контроля практически невозможно выявить ультразвуковым методом. Кроме того, затруднителен контроль деталей небольшой размера и толщины, а также деталей, имеющих сложную форму с криволинейными и сферическими поверхностями малого радиуса. Кроме того, при проведении ультразвукового контроля в отличие от радиографического, как правило, невозможно однозначно охарактеризовать дефект (шлаковое включение, пора, вольфрамовое включение и др.);

- трудности при ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой, из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука;
- подготовка поверхности контроля к контролю, для ввода ультразвуковых волн в металл, а именно: очистка поверхности контроля от загрязнений, отслаивающейся окалины, ржавчины, брызг расплавленного металла и др. и создание необходимой шероховатости поверхности не хуже Rz 40 и волнистости не более 0,015, т.к. даже небольшой воздушный зазор между пьезоэлектропреобразователем (ПЭП) пьезоэлектропреобразователи для проведения ультразвукового контроля) и изделием может стать непреодолимой преградой для распространения ультразвуковых волн;
- необходимость нанесения на контролируемый участок изделия после его зачистки непосредственно перед выполнением контроля контактных жидкостей (специальные гели, глицерин, машинное масло, и др.) для обеспечения стабильного акустического контакта [13].

Встроенный контроль. Одним из наиболее эффективных и перспективных путей перехода на качественно новый уровень надежности и безопасности авиационной техники является разработка и применение систем встроенного неразрушающего контроля. Именно встроенный контроль позволит перейти от эксплуатации авиационной техники по ресурсу к эксплуатации по состоянию.

Под встроенным неразрушающим контролем следует понимать метод неразрушающего контроля, который позволяет регистрировать величину приложенных нагрузок, момент возникновения и последующее развитие дефекта в конструкциях в процессе эксплуатации авиационной техники. В общем случае система, обеспечивающая встроенный неразрушающий контроль, включает в себя датчики (сенсорные элементы) и систему сбора и обработки информации с датчиков (программное обеспечение) [14].

В последнее время внимание сообщества ученых и инженеров, работающих в сфере НК, переключается на решение проблем, связанных с созданием систем встроенного контроля (Structural Health Monitoring – SHM).

Данная концепция основана на внедрении в конструкцию комплекса чувствительных элементов, регистрации информации на протяжении всей эксплуатации и ее анализа с помощью программных средств для своевременного обнаружения повреждений и ремонта. Несомненным плюсом такого подхода является возможность расширить интервалы планового контроля, если система не регистрирует изменений, превышающих некоторое пороговое значение.

2 Экспериментальные методики

2.1 Подготовка образцов

Подготовка образцов состоит из следующих этапов:

- вырезка образцов на электроэрозионном станке;
- наклейка датчиков AW1E12G-190EFL1Z с помощью эпоксидного клея 3m scotch weld dp 105;
- покраска образцов аэрозольной краской для создания «спекла» для метода корреляции цифровых изображений.



Рисунок 4 – Эпоксидный двухкомпонентный клей 3m scotch weld dp 105 [15]

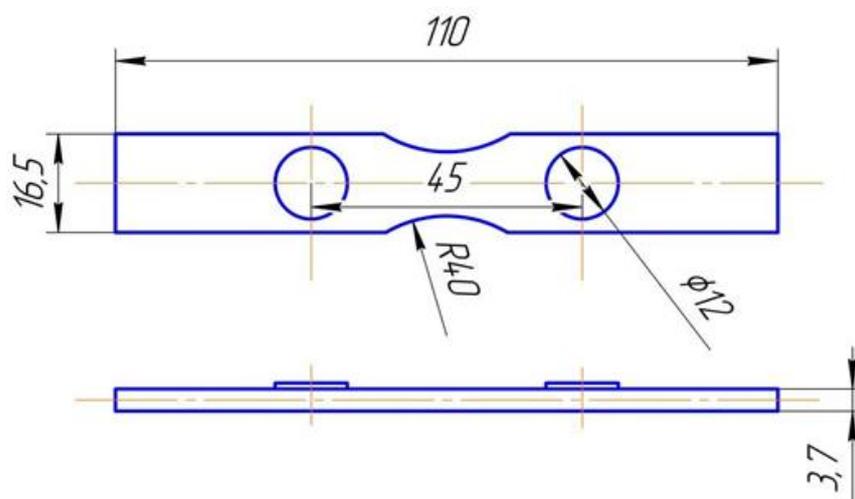


Рисунок 5 – Эскиз образца для испытаний

2.2 Испытание образцов на статическое растяжение

Для проведения экспериментов с приложением статических нагрузок использовали испытание на одноосное растяжение. В качестве оборудования выступает электромеханическая испытательная машина Instron 5582 с клиновыми захватами [16]. В результате проведения эксперимента были получены следующие данные: предел прочности, предел текучести и предел упругости образца.

Параметры эксперимента:

- Скорость перемещения подвижного захвата – 0,6 мм/мин;
- Регистрация нагрузки и перемещения захвата – 2 Гц, для построения диаграммы σ - ϵ ;
- Для записи УЗ сигналов нагружение останавливали. Запись сигналов производили с шагом по нагрузке 1 кН;
- При достижении нагрузки, приводящей к появлению пластической деформации, шаг регистрации УЗ сигналов меняли на 0,2% по удлинению.

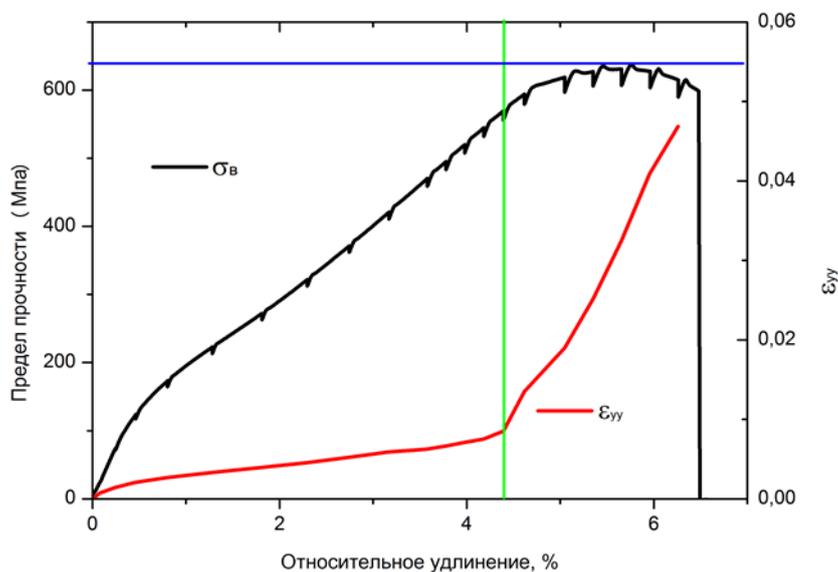


Рисунок 6 – Диаграмма нагружения

На рисунке 5 видно, что согласно диаграмме σ - ϵ предел прочности сплава В96Ц3Т12 составил 631,2 МПа. На участке от 0 до 4,3% находится зона упругой деформации, а после – зона пластической деформации.



Рисунок 7 – Электромеханическая испытательная машина Instron 5582

2.3 Испытание образцов на циклическое растяжение

Для проведения экспериментов с приложением циклических нагрузок использовали испытание на одноосное циклическое растяжение. Испытания проводились на сервогидравлической машине Universal Testing Machine 150 [17].

На основании статических испытаний определили предел прочности, исходя из которого рассчитали параметры циклического нагружения:

$$P_{\max} = 0.5 P_{\text{разр}};$$

$$P_{\text{разр}} = \sigma_b * F;$$

$$P_{\min} = 0.1 P_{\max}, \text{ отсюда } R=0,1,$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка; P_{\min} – минимальная нагрузка; F – площадь поперечного сечения; R – асимметрия цикла.



Рисунок 8 – Сервогидравлическая машина UTM-150

2.4 Оптический метод измерения деформации (корреляция цифровых изображений)

Корреляция цифровых изображений — оптический метод, используемый в техниках отслеживания и идентификации изображения для точных плоских и объемных измерений изменений на изображении. Метод применяется для измерения полей деформации [18].

Техника корреляции цифровых изображений (DIC) приобрела популярность, в частности, благодаря применимости к использованию в испытаниях на нано- и микро-уровнях и относительной простоты реализации и использования. Достижения в компьютерных технологиях и цифровых камерах дали возможность для развития этого метода, и, покуда преобладала оптика в белом свете, DIC распространился почти во все технологии, связанные с изображениями [18].

Метод DIC показал себя как очень эффективное средство для исследования макроскопических механических деформаций поверхности, где применяется отражающие свет маркеры (например, краска, порошок тонера)

или обработка поверхности, обеспечивающая необходимый контраст для хорошей корреляции изображений. Однако, методы для нанесения контраста на поверхность не позволяют использовать DIC для автономных тонких пленок по некоторым причинам [18].

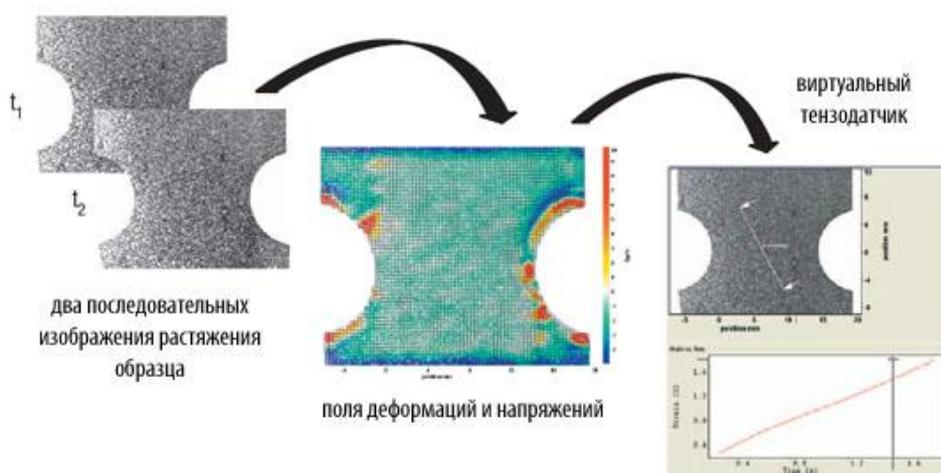


Рисунок 9 – Корреляция цифровых изображений



Рисунок 10 – VIC-3D [19]

2.5 Ультразвуковой метод

Ультразвуковые сигналы генерировали прибором AWG-4105 [20] и регистрировали цифровым осциллографом Handyscope HS-4 [21]. В качестве тестового сигнала выступала 5-цикловая синусоида, модулированная окном Хэннинга. Генерацию сигналов проводила на двух частотах: 60 кГц и 350 кГц. Для снижения шума проводили осреднение по 100 сигналам.

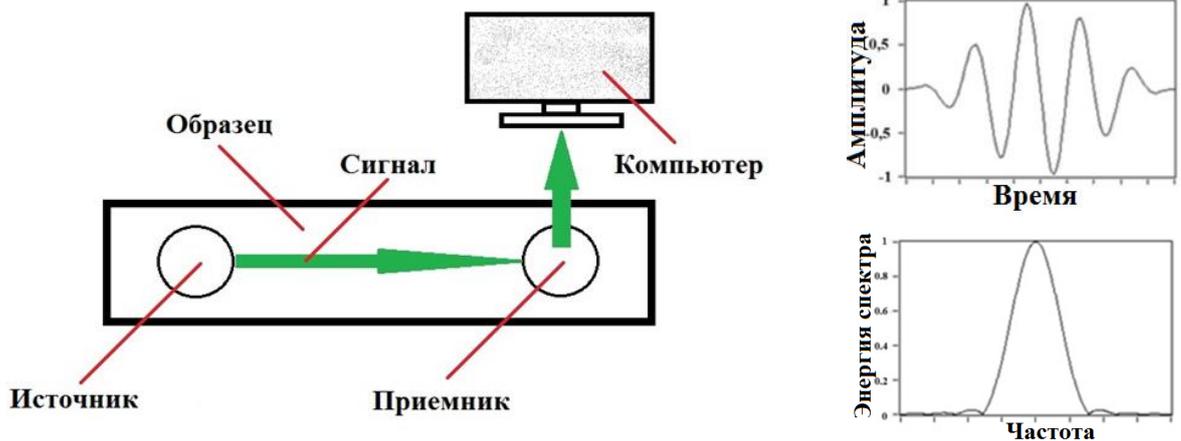


Рисунок 11 – Принцип работы ультразвукового контроля при использовании волн Лэмба

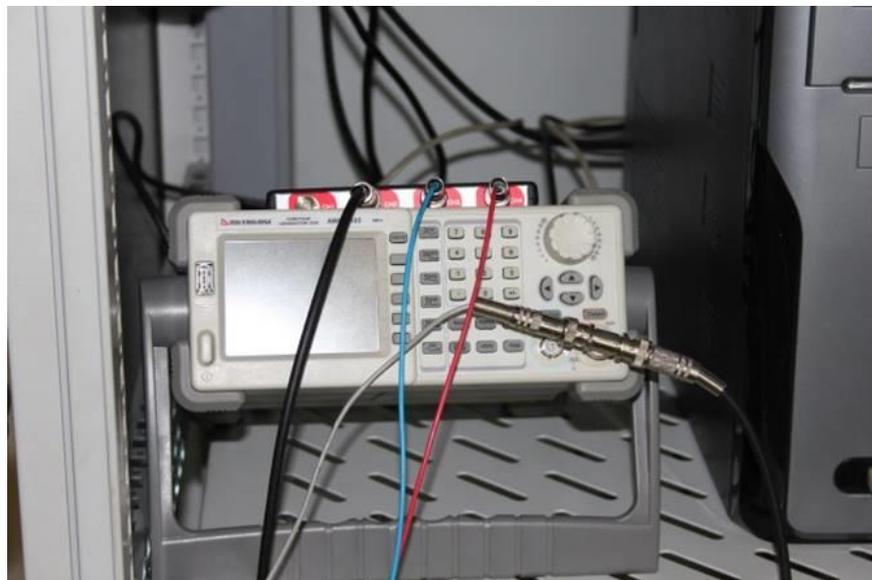


Рисунок 12 – Генератор AWG-4105 и осциллограф HS-4

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Б21	Пичугов Владимир Викторович

Институт	ИФВТ	Кафедра	ММС
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>	<i>Научно-техническое исследование проводится в лаборатории механики полимерных композиционных материалов ИФПМ СО РАН, в работе над проектом задействованы 2 человека: руководитель и студент-дипломник</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Потенциальные потребители результатов исследования; - SWOT-анализ проекта
2. <i>Разработка устава научно-технического исследования</i>	Не требуется
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, и организация закупок</i>	- Планирование научно-исследовательского исследования (цели и результат исследования, перечень работ, определение трудоемкости работ, построение графика работ) - Смета затрат на исследование
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта</i>	- Анализ и оценка научно-технического уровня проекта; - Оценка рисков

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. График проведения и смета затрат
3. Диаграмма Ганта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективностей работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. МЕН	Е.А. Грахова			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б21	Пичугов Владимир Викторович		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Усталостные трещины очень опасны в авиакосмической отрасли, так как могут привести к катастрофам. Наличие этого фактора приводит к созданию систем встроенного контроля. Методика заключается в сети ультразвуковых датчиков, интегрированных в конструкцию, использующихся для обнаружения дефектов. Лаборатория механики полимерных композиционных материалов ИФПМ СО РАН занимается разработкой данного метода.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского исследования.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- оценка коммерческого и инновационного потенциала исследования;
- составление календарного плана и графика работ;
- оценка стоимости материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов исследования;
- оценка ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности.

4.1 Оценка коммерческого потенциала исследования

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями данного исследования являются предприятия машиностроительной отрасли, расположенные на территории Российской Федерации и зарубежных стран, включающие в себя судостроительные, автомобильные, авиакосмические, нефтехимические, оборонно-промышленные комплексы и т.д.

Данное исследования произведено для авиационного предприятия ПАО «Компания «Сухой». Метод предназначен для расширения интервала планового контроля узлов самолета, если система не регистрирует изменений, превышающих некоторое пороговое значение. Если метод будет востребован, то его могут применять такие авиационные предприятия, как Boeing, Airbus, ОКБ С.В. Ильюшина и т.д.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) - представляет собой комплексный анализ исследования внешней и внутренней среды научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT – анализ НТИ позволяет оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению метода на рынок. [22] Для анализа метода составлена таблица 3.

Сначала описываются сильные и слабые стороны НТИ, для выявления возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 3 – SWOT–анализ НТИ

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1.Методика встроенного контроля конструкций, исследованная в данной работе, является новой; С2.Данная методика является экономически выгодной, ресурсоэффективной; С3.Возможность применения методики для большинства твердых материалов С4.Методика является перспективной; С5.Наличие квалифицированного руководителя.	В1.Возможность использования на мировом уровне; В2.Использование во многих отраслях; В3.Адаптация метода под иностранные языки.
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1.Увеличение запаса прочности в конструкции; Сл2.Возможность появления нового метода встроенного контроля; Сл3.Отсутствие квалифицированных работников для применения концепции в различных отраслях.	У1.Возможность создания более доступного метода встроенного контроля У2.Отсутствие спроса на новую методику; У3.Закрытие машиностроительных предприятий на территории РФ.

По полученным данным можно сделать следующие выводы, что возможности, совместно с сильными сторонами, благоприятствуют развитию спроса на исследованный метод. Возможные угрозы: возможность создания более доступного метода встроенного контроля.

4.2 Планирование научно-технического исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научно-исследовательского исследования;
- определение участников каждого этапа работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

4.2.1 Структура работ

Трудоемкость выполнения НТИ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим исследование на этапы, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Бурков М.В. – руководитель; Пичугов В.В. – студент-дипломник.
Проведение ВКР			
Выбор направления исследования	2	Изучение методики ультразвукового контроля и поиск материалов по теме	Пичугов В.В.
	3	Выбор материала для проведения эксперимента	Бурков М.В., Пичугов В.В.
	4	Календарное планирование работ	Бурков М.В., Пичугов В.В.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование проведения эксперимента по испытанию алюминиевого сплава В96Ц3Т12	Бурков М.В., Пичугов В.В.
	6	Поиск необходимого оборудования	Бурков М.В., Пичугов В.В.
	7	Испытание алюминиевого сплава В96Ц3Т12	Бурков М.В., Пичугов В.В.
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов	Бурков М.В., Пичугов В.В.
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Бурков М.В., Пичугов В.В.
Оформление отчета (комплекта документации)	10	Сдача отчета по НТИ	Пичугов В.В.

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \times t_{min\ i} + 2 \times t_{max\ i}}{5},$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k,$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}},$$

где $T_{кг}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 104 - 16} = 1,49$$

Тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел [23]. Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Временные показатели проведения НИТ

№ работы	Исполнители	Продолжительность работ				
		t_{min} , чел.-дн.	t_{max} , чел.-дн.	$t_{\text{ож}}$, чел.-дн.	T_p , раб.дн.	T_k , кал.дн.
1	Бурков М.В., Пичугов В.В.	1	3	2	1	2
2	Пичугов В.В.	16	36	24	24	30
3	Бурков М.В., Пичугов В.В.	6	14	10	5	7
4	Бурков М.В., Пичугов В.В.	4	14	8	4	6
5	Бурков М.В., Пичугов В.В.	10	25	16	9	14
6	Бурков М.В., Пичугов В.В.	4	16	9	4	7
7	Бурков М.В., Пичугов В.В.	4	14	8	4	6
8	Бурков М.В., Пичугов В.В.	1	10	5	2	4
9	Бурков М.В., Пичугов В.В.	2	14	7	3	5
10	Пичугов В.В.	2	5	4	3	5
ИТОГО						86

По данным таблицы 3 видно, что в исследовании для данной работы задействовано два человека (руководитель и студент-дипломник), а на выполнение НИР требуется 86 календарных дней.

4.2.3 Разработка графика выполнения научно-технического исследования

В качестве графика можно использовать диаграмму Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [24].

График строится в рамках таблицы 4 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени всех работ. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за тот или иной этап работы.

Таблица 6 – Диаграмма Ганта

Этапы	Вид работы	Исполнители	T_k	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	Бурков М.В., Пичугов В.В.	2					
2	Изучение методики ультразвукового контроля и поиск материалов по теме	Пичугов В.В.	30					
3	Выбор материала для проведения эксперимента	Бурков М.В., Пичугов В.В.	7					
4	Календарное планирование работ	Бурков М.В., Пичугов В.В.	6					
5	Планирование проведения эксперимента по испытанию алюминиевого сплава В96Ц3Т12	Бурков М.В., Пичугов В.В.	14					
6	Поиск необходимого оборудования.	Бурков М.В., Пичугов В.В.	7					
7	Испытание алюминиевого сплава В96Ц3Т12	Бурков М.В., Пичугов В.В.	6					
8	Анализ полученных результатов	Бурков М.В., Пичугов В.В.	4					
9	Оценка эффективности и полученных результатов	Бурков М.В., Пичугов В.В.	5					
10	Сдача отчета по НТИ	Пичугов В.В.	5					

 - руководитель,  - студент-дипломник.

4.3 Смета затрат на проведение НТИ

Затраты представляют собой все производственные формы потребления денег и измеримых в денежном измерении материальных ценностей, которые служат непосредственной производственной целью.

Рассчитываем смету расходов, включая затраты на приобретение необходимого оборудования для проведения НТИ и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{ам.техн}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{соц.отч}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}}$$

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции. [24]

В данной работе использовались 10 образцов сплава В96Ц3Т12. Стоимость 1кг материала 12000 руб. Вес одного образца 0,1 кг.

Стоимость 1 м² наждачной бумаги составляет 150 руб. Затраты на наждачную бумагу, при условии, что на исследование требуется 1 м², составили 150 руб.

Таблица 7 – Затраты на получение образцов

Стоимость 1кг материала, руб.	12000
Вес образца, кг	0,1
Стоимость материала образцов, руб.	2000
Стоимость наждачной бумаги, руб.	120
Стоимость изготовления образца, руб.	1000
Общие затраты на получение образца, руб.	15120

Для проведения научно-технического проекта требуются следующие виды оборудования: электромеханическая испытательная машина Instron-5582, сервогидравлическая машина Universal Testing Machine 150, генератор ультразвуковых сигналов AWG-4105, цифровой осциллограф Handyscope HS-4, оптическая система VIC-3D, компьютер.

Срок полезного использования каждого вида оборудования:

1) Установка Instron-5582, Universal Testing Machine 150, генератор ультразвуковых сигналов AWG-4105, цифровой осциллограф Handyscope HS-4 и оптическая система VIC-3D – по пятой группе (оборудование испытательное): 10 лет.

2) Компьютер – по третьей группе (техника электронно-вычислительная): 5 лет. [25]

Рассчитываем материальные затраты ($I_{\text{мат}}$). Результаты расчета сведем в таблицу 5.

$$I_{\text{мат}} = I_{\text{исп.уст}} + I_{\text{исп.уст}} + I_{\text{ген}} + I_{\text{осц}} + I_{\text{опт.сис}} + I_{\text{комп}} + I_{\text{обр}}$$

$$I_{\text{мат}} = 15000000 + 12000000 + 35000 + 25000 + 300000 + 50000 + 15000 \\ = 27425000 \text{ руб.}$$

Таблица 8 – Материальные затраты

Материалы и оборудование	Ед. изм	Срок службы, год	Кол-во материала, ед	Цена за ед, руб	Затраты, руб
Испытательная установка Instron-5582	шт	10	1	15000000	15000000
Испытательная установка Universal Testing Machine 150	шт	10	1	12000000	12000000
Генератор ультразвуковых сигналов AWG-4105	шт	10	1	35000	35000
Цифровой осциллограф Handyscope HS-4	шт	10	1	25000	25000
Оптическая система VIC-3D	шт	10	1	300000	300000
Компьютер	шт	5	1	50000	50000
Образец В96ЦЗТ12	шт	-	10	1500	15000
Итого:					27425000

Амортизация основных фондов – сумма амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, вычисленная исходя из их балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации. Корректно при расчете затрат учитывать в году приобретения и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году. [24]

Рассчитаем амортизацию оборудования $I_{\text{ам.обор}}$, по следующей формуле:

$$I_{\text{ам.обор}} = \left(\frac{T_{\text{исп.обор}}}{365} \right) \times K_{\text{обор}} \times H_a$$

где $T_{\text{исп.обор}}$ – время использования оборудования;

365 дней – количество дней в году;

$K_{\text{обор}}$ – стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации.

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{с.с.обор}}}$$

где $T_{\text{с.с.обор}}$ – срок службы оборудования

$$\begin{aligned} I_{\text{ам.исп.маш}} &= \left(\frac{T_{\text{ам.исп.маш}}}{365} \right) \times K_{\text{исп.маш}} \times H_a = \left(\frac{1}{365} \right) \times 15000000 \times \left(\frac{1}{10} \right) \\ &= 4109,5 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{ам.исп.маш}} &= \left(\frac{T_{\text{ам.исп.маш}}}{365} \right) \times K_{\text{исп.маш}} \times H_a = \left(\frac{1}{365} \right) \times 12000000 \times \left(\frac{1}{10} \right) \\ &= 3287,5 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$I_{\text{ам.ген.}} = \left(\frac{T_{\text{ген.}}}{365} \right) \times K_{\text{ген.}} \times H_a = \left(\frac{1}{365} \right) \times 35000 \times \left(\frac{1}{10} \right) = 9,5 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.осц.}} = \left(\frac{T_{\text{ам.осц.}}}{365} \right) \times K_{\text{осц.}} \times H_a = \left(\frac{1}{365} \right) \times 25000 \times \left(\frac{1}{10} \right) = 7,0 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.опт.сист.}} = \left(\frac{T_{\text{опт.сист.}}}{365} \right) \times K_{\text{опт.сист.}} \times H_a = \left(\frac{1}{365} \right) \times 300000 \times \left(\frac{1}{10} \right) = 82,0 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.комп.}} = \left(\frac{T_{\text{ам.комп.}}}{365} \right) \times K_{\text{комп.}} \times H_a = \left(\frac{110}{365} \right) \times 50000 \times \left(\frac{1}{10} \right) = 1506,5 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} \sum I_{\text{ам.обор.}} &= I_{\text{ам.исп.маш}} + I_{\text{ам.исп.маш}} + I_{\text{ам.ген.}} + I_{\text{ам.осц.}} + I_{\text{ам.опт.сист.}} \\ &+ I_{\text{ам.комп.}} = 4109,5 + 3287,5 + 9,5 + 7,0 + 82,0 + 1506,5 \\ &= 9002,0 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Результаты расчета сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Затраты на амортизацию оборудования

Наименование оборудования	К _{обор} , руб.	Т _{исп. обор} , дней	И _{ам.обор} , руб.
Испытательная установка Instron-5582	15000000	1	4109,5
Испытательная установка Universal Testing Machine 150	12000000	1	3287,5
Генератор ультразвуковых сигналов AWG-4105	35000	1	9,5
Цифровой осциллограф Handyscope HS-4	25000	1	7,0
Оптическая система VIC-3D	300000	1	82,0
Компьютер	50000	110	1506,5
Итого:			9002,0

Расчет заработной платы – заработная плата рассчитывается в соответствии с занятостью исполнителей, с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей.

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;
- выплаты по районным коэффициентам;
- компенсации за неиспользованный отпуск;
- другие виды выплат. [26]

Примем, что полный фонд заработной платы ($\Phi_{зп}$):

$$\Phi_{зп} = 40000 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды выражаются в виде единого социального налога, который включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Единый социальный налог – 30%.

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($I_{\text{соц.отч.}}$):

$$I_{\text{соц.отч.}} = \text{ЕСН} = 0,3 \times \Phi_{\text{зп}} = 0,3 \times 40000 = 10400 \text{ руб.}$$

Накладные расходы используют на следующее:

- затраты на текущий ремонт;
- амортизацию основных производственных фондов;
- затраты на охрану труда и пожарную безопасность.

Для проектных отделов накладные затраты составляют 200% от полного фонда заработной платы, тогда:

$$I_{\text{накл.расх.}} = 2 \times \Phi_{\text{зп}} = 2 \times 40000 = 80000 \text{ руб}$$

Прочие затраты – затраты, к которым относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, вознаграждения за изобретение и рационализаторские предложения, за подготовку кадров, оплата услуг связи и т.д. Эти затраты составляют 2% от всех издержек и вычисляются по формуле:

$$I_{\text{прочие}} = 0,02 \times (I_{\text{мат.}} + \Phi_{\text{зп.}} + I_{\text{ам.обор.}} + \text{ЕСН}),$$

$$I_{\text{прочие}} = 0,02 \times (27425000 + 40000 + 9002 + 10400) = 549690 \text{ руб}$$

Рассчитываем себестоимость проекта ($K_{\text{проекта}}$):

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + \Phi_{\text{зп}} + I_{\text{ам.обор}} + I_{\text{соц.отч}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}},$$

$$\begin{aligned} K_{\text{проекта}} &= 27425000 + 40000 + 9002 + 10400 + 80000 + 549690 \\ &= 28114092 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Рассчитываем плановые накопления (ПР). Стоимость проекта включает в себя 30% прибыли, таким образом:

$$\text{ПР} = 0,3 \times K_{\text{проекта}} = 0,3 \times 28114092 = 8434228 \text{ руб.}$$

Рассчитываем стоимость проекта (Ц):

$$\text{Ц} = K_{\text{проекта}} + \text{ПР} = 28114092 + 8434228 = 36548320 \text{ руб.}$$

В таблице 10 представлена смета затрат на НИИ.

Таблица 10 - Смета затрат на научно-техническое исследование

Виды затрат	Обозначение	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты	И _{мат}	27425000
Амортизация оборудования	И _{ам,обор}	9002
Затраты на оплату труда	ЗП	40000
Отчисления на социальные нужды	И _{соц.отч}	10400
Накладные расходы	И _{накл.расх}	80000
Прочие затраты	И _{прочие}	549690
Себестоимость проекта	К _{проекта}	28114092
Плановые накопления (прибыль)	ПР	8434228
Стоимость проекта (цена)	Ц	36548320

4.4 Определение ресурсной и финансовой эффективности научно-технического исследования

4.4.1 Анализ и оценка научно-технического уровня НТИ

Для определения научно - технического уровня проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности необходимо, рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ).

Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок. Суть метода состоит в присвоении каждому из признаков НТУ определенного числа баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик.

Формула для определения общей оценки:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i * П_i,$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака; $П_i$ – количественная оценка i – го признака.

Таблица 11 - Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,5
Теоретический уровень	0,2
Возможность реализации	0,3

Таблица 12 - Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 13 - Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 14 - Возможность реализации по времени и масштабам

<u>Время реализации</u>	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	7
Свыше 10 лет	4
<u>Масштабы реализации</u>	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	6
Народное хозяйство	10

Расчет НТУ:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i * П_i$$

где $k_1 = 0,5$; $k_2 = 0,2$; $k_3 = 0,3$; $k_4 = 0,3$;

$П_1 = 9$; $П_2 = 8$; $П_3 = 10$; $П_4 = 7$.

$$НТУ = 0,5*9+0,2*8+0,3*10+0,3*7 = 11,2.$$

По полученным значениям коэффициент научно-технического уровня (НТУ) можно сказать о достаточно высоком научно - техническом уровне проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности.

4.4.2 Оценка рисков при разработке НТИ

Проведение оценки рисков производится квалифицированными экспертами на основе их мнения о текущем положении в стране и региона, а также с учетом сведений о поставщиках и подрядчиках оборудования и условий их работы.

Описание групп рисков. Риски проекта по своему составу можно объединить в указанные ниже группы в зависимости от их характера (социальные, экономические, экологические, технические, и политические).

К социальным рискам относятся:

- Потеря и хищения имущества на стадии производства продукции;

- Несоблюдение техники безопасности;
- Отсутствие командной работы.

К экономическим рискам можно отнести:

- Рост цен;
- Недобросовестные поставщики и исполнители;
- Изменение налогообложения;
- Непредвиденные расходы;

Технологические риски включают в себя:

- Низкое качество изготовления комплектующих;
- Неисправность оборудования;
- Опасность повреждения оборудования при транспортировке;
- Опасность повреждения комплектующих при монтаже.

Возможные экологические риски:

- Загрязнение окружающей территории;
- Применение и транспортировка токсичных материалов;
- Высокий уровень травматизма.

Политические риски:

- Критика в СМИ;
- Нарушение действующих нормативных законодательных норм;
- Возможное изменение политического курса партии и правительства.

Оценка важности группы рисков При оценке важности рисков, оценивается вероятность их наступления. По шкале от 0 до 100 процентов:

- 100 – наступит точно;
- 75 – скорее всего, наступит;
- 50 – ситуация неопределенности;
- 25 – риск, скорее всего не наступит;
- 0 – риск не наступит.

Таблица 15 - Проведение экспертизы социальных рисков

№ п/п	Риски	Вероятность (p _i)	Важность (b _i)	Вес риска (w _i)	Итоговая оценка (P _i *w _i)
1	Потеря и хищения имущества на стадии производства продукции	30	9	0,31	9,3
2	Несоблюдение техники безопасности	10	7	0,24	2,4
3	Недовольство потребителей дороговизной продукта	50	10	0,34	17
4	Отсутствие командной работы	15	3	0,11	1,65
Итого			29	1	30,35

Таблица 16 - Проведение экспертизы экономических рисков

№ п/п	Риски	Вероятность (p _i)	Важность (b _i)	Вес риска (w _i)	Итоговая оценка (P _i *w _i)
1	Инфляция	100	4	0,22	22
2	Недобросовестные поставщики и исполнители	60	6	0,33	19,8
3	Изменение налогообложения	20	3	0,16	3,2
4	Непредвиденные расходы	70	5	0,29	20,3
Итого			18	1	65,3

Таблица 17 - Проведение экспертизы технологических рисков

№ п/п	Риски	Вероятность (p _i)	Важность (b _i)	Вес риска (w _i)	Итоговая оценка (P _i *w _i)
1	Низкое качество изготовления комплектующих	50	10	0,31	15,5
2	Неисправность оборудования	30	10	0,31	9,3
3	Опасность повреждения оборудования при транспортировке	30	6	0,19	5,7
4	Опасность повреждения комплектующих при монтаже	40	6	0,19	7,6
Итого			32	1	38,1

Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по десятибалльной шкале b_i . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице.

Таблица 18 - Проведение экспертизы экологических рисков

№ п/п	Риски	Вероятность (p_i)	Важность (b_i)	Вес риска (w_i)	Итоговая оценка ($P_i * w_i$)
1	Загрязнение окружающей территории	30	6	0,42	12,6
2	Применение и транспортировка токсичных материалов	10	4	0,29	2,9
3	Высокий уровень травматизма	10	4	0,29	2,9
Итого			14	1	18,4

Таблица 19 - Проведение экспертизы политических рисков

№ п/п	Риски	Вероятность (p_i)	Важность (b_i)	Вес риска (w_i)	Итоговая оценка ($P_i * w_i$)
1	Критика в СМИ	4	4	0,2	0,8
2	Нарушение действующих нормативных законодательных норм	0	7	0,35	0
3	Возможное изменение политического курса партии и правительства	0	9	0,45	0
Итого			20	1	0,8

Таблица 20 - Определение общих рисков проекта

№ п/п	Риски	Ранг (P_i)	Вес (W_i)	Вероятность (v_i)	Общая оценка проекта ($w_i * v_i$)
1	Социальные	8	0,2	30,35	6,07
2	Экономические	10	0,3	65,3	19,59
3	Технологические	10	0,3	38,1	11,43
4	Экологические	5	0,1	18,4	1,84
5	Политические	5	0,1	0,8	0,08
Итого		38			39,01

Итоговая оценка риска проекта составляет 39,01%. Эта цифра говорит о том, что риск проекта считается допустимым, и он может быть осуществлен.

Исходя из раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» можно сделать следующие выводы по проекту:

1. Согласно оценке коммерческого и инновационного потенциала проекта возможности, совместно с сильными сторонами, благоприятствуют развитию спроса на проект. Возможные угрозы: возможность создания более доступного метода встроенного контроля;
2. При составлении календарного плана проекта было рассчитано количество требуемых календарных дней работ – 86 дней, а для выполнения работ над проектом задействовано 2 человека, а так же была использована диаграмма Ганта, позволяющая скоординировать план работ;
3. Бюджет научно-технического проекта составил 28114092 рублей;
4. Итоговая оценка риска проекта составляет 39,01%. Эта цифра говорит о том, что риск проекта считается допустимым, и он может быть осуществлен.

Список публикаций студента

1. Пичугов, В.В. Количественная оценка процессов деформации и разрушения образцов сплава В96Ц3 с помощью волн Лэмба. / В.В. Пичугов, R.T. Shah, М.В. Бурков // Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении. Сборник трудов международной конференции. – 2016. – С. 24-31.

Список используемой литературы

1. P.J. Schubel, R.J. Crossley, E.K.G. Boateng, J.R. Hutchinson // *Renewable Energy* – 2013 – V.51 – P.113-123.
2. Богатов, А.А. Механические свойства и модели разрушения металлов / А.А. Богатов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. – 327с.
3. Балабин, И.В. Конструкционная прочность / И.В. Балабин, В.В. Богданов. – М.: ИНЭК, 2008. – 150с.
4. Кишкин, Б.П. Конструкционная прочность материалов / Б.П. Кишкин. – М.: Московский университет, 1976. – 184с.
5. Фридман, Я.Б. Механические свойства металлов / Я.Б. Фридман. – М.: Машиностроение, 1974. – 368с.
6. Фридляндер, И.Н. Алюминиевые сплавы в летательных аппаратах в периоды 1970-2000 и 2001-2015 гг. / И.Н. Фридляндер // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 2001. – №1. – С. 5-9.
7. Романова, Р.Р. Структура, механические и коррозионные свойства сплава Al-Zn-Mg-Cu после ступенчатого старения. / Р.Р. Романова, В.А. Лимарь, А.Н. Уксусников // *Физика металлов и металловедение*. – 1996. – №2. – С. 121-128.
8. Первый машиностроительный портал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.1bm.ru/techdocs/alloys/materials/60/info/2671/>, свободный. (Дата обращения 16.03.2016).
9. Анурьев, В.И.. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2000. – 918с. – 1т.
10. Лопатина, Е.С. Механические свойства металлов / Е.С. Лопатина, А.А. Ковалева, В.И. Аникина. – Красноярск: СФУ, 2008. – 192с.
11. Костин, П.П. Физико-механические испытания металлов и неметаллических материалов / П.П. Костин. – М.: Машиностроение, 1990. – 256с.
12. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль: в 8-ми т. / В.В. Клюев. – М.: Машиностроение, 2008. – 237с. – 1т.

13. Маслов, Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б.Г. Маслов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 272с.
14. Г.Ф. Железина, Д.В. Сиваков, И.Н. Гуляев. Встроенный контроль: от датчиков до информкомпозитов. «Авиационная промышленность», №3, 2008 г.
15. Клеевые и монтажные технологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glues.ru/production/glues160.html>, свободный. (Дата обращения 18.05.2016).
16. Instron: машины для испытания материалов на растяжение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.instron.ru/ru/ru/products/testing-systems/universal-testing-systems/electromechanical>, свободный. (Дата обращения 18.05.2016).
17. Tinius Olsen Testing Machine Company. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tiniusolsen.com/list-of-products/model-150-st>, свободный. (Дата обращения 18.05.2016).
18. Корреляция цифровых изображений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Корреляция_цифровых_изображений, свободный. (Дата обращения 18.05.2016).
19. Correlated solutions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://correlatedsolutions.com/vic-3d/>, свободный. (Дата обращения 18.05.2016).
20. Актаком: - Измерительные приборы, паяльное оборудование, промышленная мебель. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aktakom.ru/kio/index.php?ELEMENT_ID=42426, свободный. (Дата обращения 20.05.2016).
21. TiePie engineering. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tiepie.com/en/products/Oscilloscopes/Handyscope_HS4/Key_specifications, свободный. (Дата обращения 20.05.2016).
22. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г.

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/>, свободный. (Дата обращения 18.05.2016).

23. Попова, С.Н. Управление проектами: Часть I: учебное пособие / С.Н. Попова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 121 с.

24. Балашов, А.И. Управление проектами: учебник для бакалавров. / А.И. Балашов, Е.М. Рогова. – М.: «Юрайт», 2013. – 383 с.

25. Филина, Ф.Н. Всё об индивидуальном предпринимателе. / Ф.Н. Филина, И.А. Толмачёв. – М.: «Российский Бухгалтер», 2009. - 504 с.

26. Шорникова, Н.Ю. Аудит расчетов по оплате труда: учебное пособие. / Н.Ю. Шорникова, Н.Г. Алпатова. – М.: «Юнити-Дана», 2012. – 87 с.