

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

Школа Базовой инженерной подготовки
Направление подготовки Приборостроение
Отделение школы Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Измерение диаметра медной проволоки

УДК 681.2:531.71:621.317.727.2:621.778

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ли Кэянь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОСГН	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е.В.	К.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б	К.т.н.		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты освоения

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Р1	<p>Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8) CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
Р2	<p>Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10) CDIO Syllabus (1.1., 2.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
Р3	<p>Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17) CDIO Syllabus (3.2) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
		19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6) CDIO Syllabus (2.4) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8) CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18) CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus (4.6.) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
		40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Краткий обзор измерительных преобразований, пригодных для решения поставленной задачи. Достоинства и недостатки этих преобразований. 2. Физические основы используемого измерительного преобразования, его достоинства, недостатки. Примеры практического применения для решения подобных задач с указанием основных технических характеристик средств измерения. 3. Разновидности конструкций первичных измерительных преобразователей. Выбор наиболее подходящей конструкции первичного измерительного преобразования. 4. Теоретическое и экспериментальное определение функций прямого и обратного преобразования. Аппроксимация экспериментальной функции преобразования математическим выражением. Определение погрешности аппроксимации. 5. Структурная схема измерительного прибора и описание его работы по структурной схеме. 6. Анализ основных источников погрешности измерений.
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	-
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ларионова Е.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В.С.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

-

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.10.2017
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ли Кэянь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 86 с., 37 рис., 20 табл.

Ключевые слова: медная проволока, диаметр, электропотенциальный метод, электропроводность, дефект проволоки.

Объектом исследования является медная проволока различного диаметра.

Цель работы – обосновать выбор электропотенциального метода для контроля емкости медной проволоки, применимой для изготовления кабельных изделий, показать возможность указанного метода для обнаружения дефектов (локальное уменьшение диаметра) проволоки.

В процессе исследования проводился эксперимент по определению диаметра медной проволоки электропотенциального метода при разных значениях подаваемого электрического тока и при измерении электрического потенциала на различном расстоянии с целью выявления наиболее подходящих параметров эксперимента для наиболее достоверного определения диаметра проволоки.

В результате исследования выявлено, что допустимое отклонение емкость обеспечивается при отклонении диаметра жилы в пределах $\pm 5\%$ от номинального значения, при отклонении диаметра жилы в диапазоне от -17%...12% от номинального значения, при наличии эксцентricности не более чем значение диаметра жилы. Так же допускается наличие небольших дефектов (воздушные полости, инородные включения) размером не более 25 % от номинального диаметра жилы.

Степень внедрения: Результаты исследования могут быть использованы в качестве рекомендаций для предприятий, выпускающих и использующих медную проволоку, в том числе и для кабельной промышленности.

Область применения: входной и выходной контроль диаметра медной проволоки и медной жилы одножильных проводов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1. ОБЪЕКТ ИСЛЕДВАНИЯ. МЕДНАЯ ПРОВОЛОКА.....	14
1.1 Свойства меди.....	15
2. ПРОИЗВОДСТВО МЕДНОЙ ПРОВОЛОКИ	17
2.1 Сырье для изготовления проволоки	17
2.2 Требования, предъявляемые к медной катанке.....	18
2.3 Волочение медной проволоки	19
2.4 Контроль параметров медной проволоки.....	23
2.5 Виды брака при волочении.....	24
2.6 Стадии контроля качества медной проволоки.....	25
3. МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДИАМЕТРА	27
3.1 Индуктивный метод.....	27
3.2 Вихретоковый метод	29
3.3 Электропотенциальный метод.....	32
4. ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТЕНЦИАЛЬНОГО МЕТОДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИАМЕТРА ПРОВОЛОКИ.....	36
4.1 Описание эксперимента.....	36
4.2 Расчет погрешностей	39
4.3 Контроль диаметра провода без снятия изоляции.....	42
4.4 Обнаружение дефектов.....	45
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	52
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
5.1.2 Технология QuaD	52
5.1.3 SWOT-анализ.....	54
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	56
5.3 Планирование научно-исследовательских работ	57
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	57
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	59
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	60
5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	62

5.3.4.1	Расчет материальных затрат НТИ	62
5.3.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	63
5.3.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы	63
5.3.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	65
5.3.4.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	66
5.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	67
5.5	Заключение	69
6.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	72
6.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования	72
6.1.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований	72
6.1.3	Частицы взвешенные или растворенные в воздухе	74
6.1.4	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	74
6.1.5	Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны	75
6.1.6	Повышенный уровень электромагнитных излучений	76
6.1.7	Повышенный уровень шума на рабочем месте	78
6.1.8	Недостаточная освещенность рабочей зоны	78
6.1	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	79
6.2	Экологическая безопасность	80
6.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	80
6.3.2	Анализ «жизненного цикла» объекта исследования	80
6.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	81
6.4.1	Защита атмосферы	82
6.4.2	Защита литосферы	82
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
6.5.1	Пожарная безопасность	82
6.5.2	Организационные мероприятия обеспечения безопасности	84

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	87

ВВЕДЕНИЕ

Медная проволока широко используется во многих отраслях промышленности, как готовое изделие, так и сырье для дальнейшего производства. Качество проволоки является основой качества изделия, для которого она является сырьем.

Качество изделия подтверждается при проведении контроля: входного, выходного или технологического. К основным параметрам медной проволоки можно отнести: электрические параметры – удельное электрическое сопротивление); механические – временное сопротивление проволоки; геометрические - диаметр и овальность. Номинальный диаметр проволоки – это один из самых главных параметров, который определяет как электрические параметры, так и механические. Следовательно, контроль диаметра при производстве и эксплуатации медной проволоки необходим.

Объект исследования в данной работе является медная проволока, применяемая на кабельном производстве для изготовления токопроводящих жил различных кабельных изделий.

Предмет исследования – контроль диаметра проволоки.

Цель работы показать применимость электропотенциального метода для выходного контроля диаметра медной проволоки, а также для выборочного контроля диаметра уже изолированных жил без снятия изоляции.

Результаты работы позволят подобрать параметры электропотенциального метода, которые позволят повысить точность определения диаметра с помощью этого метода.

Решение поставленной цели реализовано с помощью проведения экспериментальных исследований. В качестве контролируемых образцов используются отрезки медной проволоки разного диаметра, а так же очищенные от изоляции образцы изолированных провода. Кроме того рассмотрены возможности электропотенциального метода для

дефектоскопии, для этого используются отрезки медной проволоки с искусственно созданными дефектами типа локальное уменьшение диаметра.

Результаты работы могут быть использованы в кабельной промышленности для входного контроля медной катанки и промежуточного контроля одножильных изолированных проводов.

1. ОБЪЕКТ ИСЛЕДВАНИЯ. МЕДНАЯ ПРОВОЛОКА

Проволока – это металлическое изделие в виде нити или тонкого гибкого длинного прута [1]. Проволока представляет собой сплошное тонкое изделие неограниченной длины с постоянной по длине формой поперечного сечения, однородными механическими и физическими свойствами. Внешний вид проволоки представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Медная проволока

Проволока нашла применение во многих областях электротехники, машиностроения и строительства:

- в строительстве в основном применяют стальную проволоку для устройства заграждений, изготовления сеток, армирования конструкций;
- в машиностроении проволоку применяют для производства тросов, гвоздей, пружин, сварочных электродов, метизов, армирования конструкций;
- в электротехнике – для создания нагревательных элементов, реостатов, токоведущих кабелей.

Из проволок изготавливают неизолированные провода, которые могут состоять из одной или нескольких скрученных между собой металлических

проволок. Такие провода применяются в для воздушных линий электропередач

Изолированные провода применяются для распространения электрической энергии в силовых и осветительных линиях, монтажа приборов, передачи информации в линиях связи и для изготовления электроприборов и машин. Изолированные провода представляют собой конструкцию из токопроводящей жилы и слоя изоляции, наложенной поверх нее. Токопроводящая жила представляет собой металлическую проволоку [2].

К материалам жил кабельных изделий предъявляются следующие требования: высокая электрическая проводимость, механические характеристики, повышенная стойкость к коррозии, а также технологичность, экономичность и не дефицитность.

Ввиду того что кабельная промышленность является одним из основных потребителей цветных металлов, экономичность и недефицитность проводниковых материалов также имеют важное значение [3].

1.1 Свойства меди

Так как медь – отличный проводник электричества и тепла, то в промышленности ее чаще всего используют в качестве проводника электрического тока. Высокая пластичность меди позволяет изготавливать достаточно тонкую, но прочную проволоку. Также медь относительно недорогая и очень технологичная. Медь легко гнется и подвергается резанью, поддается любому виду сварки и пайки, медная проволока доступна волочению и прокату.

Медь способна сохранять свои свойства при температуре от -200 до +250°C. Атмосферная и почвенная влага практически не оказывают влияние на медь. Медная проволока практически безвредна и имеет длительный срок службы. И благодаря этим позитивным качествам используют ее очень широко [4].

Медь обладает следующими характеристиками, позволяющие ее применять для изготовления проволоки:

- высокая электропроводность позволяет использовать медь в качестве проводника тока;
- благодаря сочетанию пластичности и прочности медь легко обрабатывается и при этом эксплуатируется в течение длительного времени;
- сравнительно небольшой коэффициент температурного сопротивления меди позволяют сохранять свои свойства при изменении температуры среды;
- при условии одинакового энергопотребления сечение медной проволоки выбирают меньше, чем алюминиевой, что подтверждает ее экономичность [3].

При производстве медной электротехнической проволоки важно иметь возможность получения постоянного диаметра с отсутствием каверн и других возможных дефектов. Медь обладает высокими пластическими свойствами и без проблем поддается холодной деформации.

Основными сплавами меди, применяемые для изготовления проволоки, являются М1, М2, М3. Химический состав меди определяет ГОСТом 859-2001 «Медь. Марки»[5].

2. ПРОИЗВОДСТВО МЕДНОЙ ПРОВОЛОКИ

2.1 Сырье для изготовления проволоки

Основным сырьем для изготовления медной проволоки и проводов в кабельной промышленности является медная катанка, получаемая горячей прокаткой на проволочно-прокатном стане. Катанка – это самый широко используемый продукт медного металлопроката. Внешний вид катанки показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Катанка

Согласно ГОСТа Р 53803-2010 «Катанка медная для электротехнических целей. Технические условия» [6] катанка – это заготовка с поперечным круглым сечением, постоянным по всей длине, свернутая в бухту, изготавливаемая методом непрерывного литья и прокатки. Сырьем для производства медной катанки служит медь, соответствующая ГОСТу 193-79 «Слитки медные. Технические условия» [7].

Производство медной катанки осуществляется по технологии волочения через специальные валы прокатного стана, которые за счет своей особой конструкции качественно формируют медное сырье и обжимают

проволоку со всех сторон. На станах для изготовления катанки также имеется моталка – механизм, предназначенный для комплектации проволоки в кольца, а затем и ее охлаждения. На рисунке 3 показан процесс производства медной катанки.

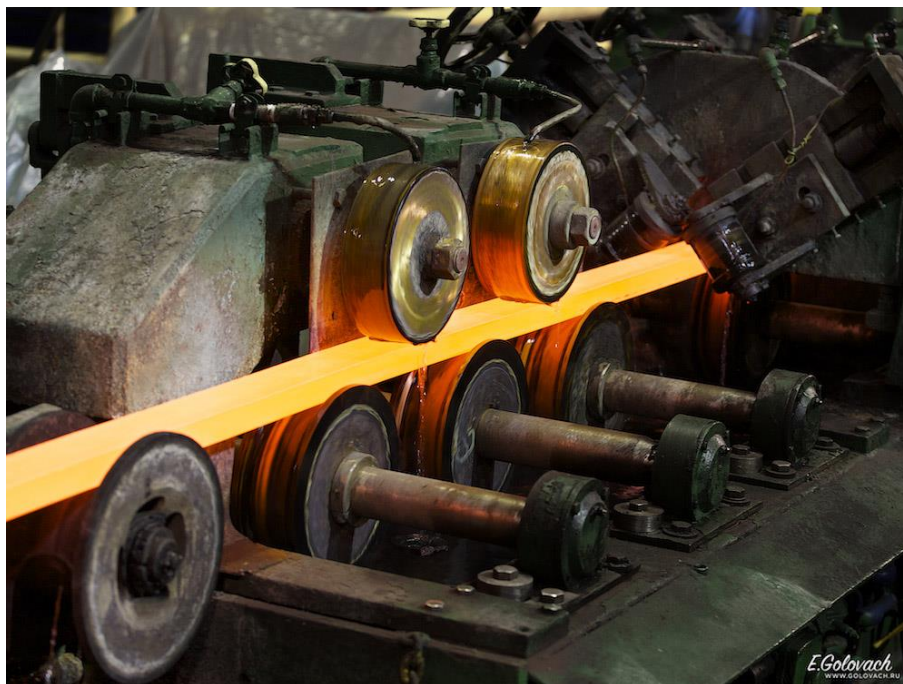


Рисунок 3 – Производство медной катанки

2.2 Требования, предъявляемые к медной катанке

На сегодняшний день медная катанка выпускается в соответствии с требованиями Государственном стандарте Р 53803–2010 «Катанка медная для электротехнических целей. Технические условия» [6]. В ГОСТе указаны технические параметры, химический состав, способы испытания и геометрические размеры.

Номинальный диаметр медной катанки может иметь значение от 8 до 23 мм. Причем для катанки диаметром 8–14 мм допускается отклонение от величины номинального диаметра на $\pm 0,4$ мм, а для изделий 16–23 мм – на $\pm 0,6$ мм.

Согласно ГОСТа Р 53803–2010 катанка должна иметь чистую и гладкую поверхность по всей длине. допускается наличие на поверхности

катанки дефектов глубиной до 0,2 мм в виде раковин, рисок, вмятин, забоин и другие поверхностных дефектов, которые не препятствуют дальнейшей переработке катанки.

Для изготовления медной проволоки на кабельном заводе АО «Сибкабель» (г. Томск) используется медная катанка номинального диаметра 8 мм.

Медная катанка обязательно проверяется на соответствие:

- на овальность
- заявленному диаметру
- качества поверхности изделия
- на химический состав
- на электрическое удельное сопротивление
- на удлинение и сопротивление

В данной работе особое внимание уделяется геометрическим размерам катанки: диаметру и овальности.

В соответствии с требованиями ГОСТа Р 53803-2010 предельное отклонение диаметра номинального диаметра заявленной катанки должно не превышать $\pm 0,4$ мм. Овальность катанки не должна превышать предельное отклонение от диаметра.

Под овальность понимается разность наибольшего и наименьшего значений диаметров, которые измеряется во взаимно перпендикулярных осях одного сечения [8]

ГОСТ Р 53803-2010 требует измерять диаметр катанки микрометром или штангенциркулем, при этом определяют наибольший и наименьший размеры в каждом сечении.

2.3 Волочение медной проволоки

Кабельные заводы, как правило, медную проволоку для своих изделий изготавливают самостоятельно из приобретенной на металлургическом

предприятию катанки. Это позволяет обеспечить требуемое сечение проволоки для каждого кабельного изделия.

Волочение является самым распространенным способом производства проволоки. Волочение – это не сложный высокопроизводительный процесс, безотходное производство, вне зависимости от диаметра получаемого изделия.

Волочение имеет ряд преимуществ перед другими способами обработки металлов. По сравнению с обработкой металлов резанием волочение значительно экономичнее, так как отсутствуют потери металла в стружку. Волочение обеспечивает высокое качество поверхности и высокую точность размеров протягиваемых изделий [9].

Технология этого процесса заключается в протягивании металлической заготовки через сужающееся отверстие – фильеру. Инструмент, в котором такое отверстие выполнено, называется волокой, его устанавливают на специальное оборудование для волочения проволоки. Диаметр, сечение и форма готовое изделие определяется параметрами фильеры. На рисунке 4 представлен принцип волочения проволоки.

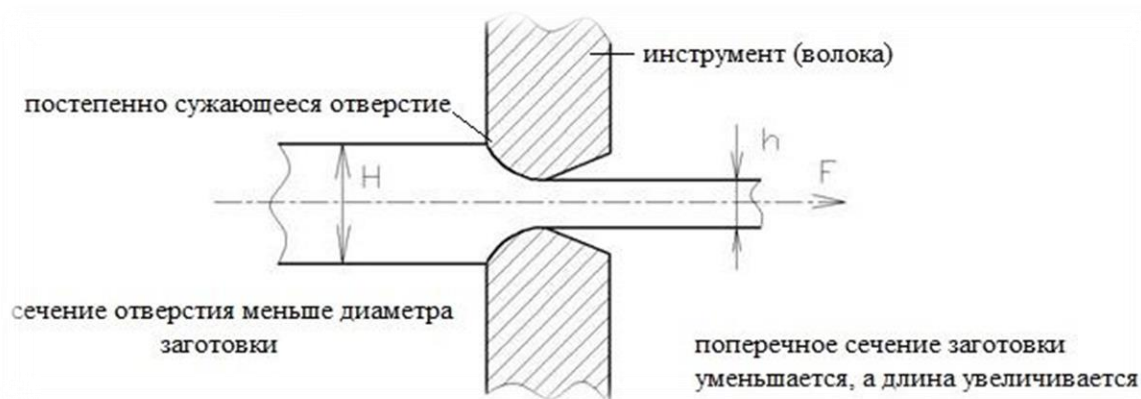


Рисунок 4 – Принцип волочения медной проволоки

Волочение по сравнению с прокаткой позволяет получать изделия с более высокой чистотой поверхности и исключительной точностью геометрических параметров. Таким способом можно получить проволоки фасонные профили, трубы и прутки разного диаметра.

Полученные изделия отличаются улучшенными механическими характеристиками, так как в процессе волочения металла с его поверхностного слоя снимается наклеп.

Методом волочения позволяет получить проволоку диаметром до 1 мкм. Качество изделия и экономические показатели производства проволоки зависят от технического уровня процесса [10].

Технологический процесс изготовления проволоки состоит из ряда последовательных операций (травление, термообработка, волочение и другие), при осуществлении которых происходит уменьшение сечения заготовки и достигаются необходимые свойства проволоки. Схематически технологический процесс волочения проволоки представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Технологический процесс волочения медной проволоки

Для повышения качества волочения медной проволоки с поверхности заготовки необходимо удалить оксидную пленку. Для этого заготовку подвергается процедуре травления – обработка 8-12%-ным водным раствором серной кислоты, подогретым до 40-50°C. С поверхности металла, прошедшего такую процедуру, легко снимается окалина, за счет чего увеличивается срок службы матриц волочильных станков.

Предварительный отжиг металла повышает пластичность обрабатываемой заготовки, позволяет довести ее внутреннюю структуру меди до мелкозернистого состояния. Промывка позволяет нейтрализовать остатки травильного раствора.

После завершения всех подготовительных операций заготовка пропускается через фильеры для волочения проволоки, где и формируются профиль и размеры готового изделия.

Сначала из катанки формируется толстая заготовка (см. рисунок 6).

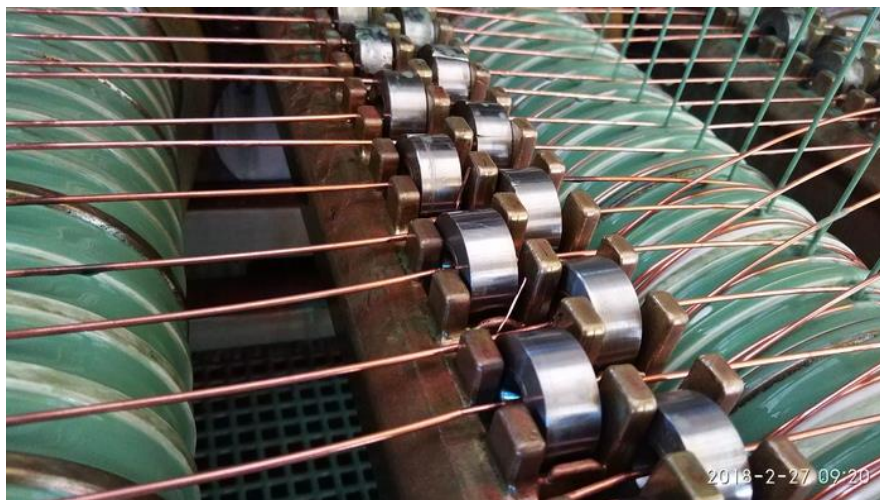


Рисунок 6 – Формирование толстой заготовки из катанки

При необходимости получения тонкой проволоки заготовка поэтапно пропускается через волочильные глазки, диаметры которых уменьшаются (см. рисунок 7). Такая технология позволяет производить проволоку, диаметр которой 0,2 мм, с наивысшей точностью.

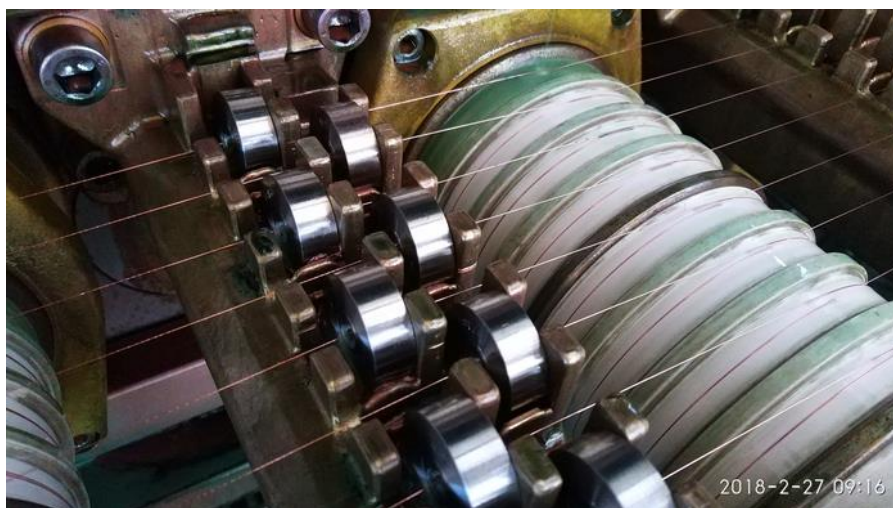


Рисунок 7 – Формирование тонкой проволоки

Для получения качественной поверхности без дефектов используются смазки для защиты, снижения степени трения между заготовками и стальными матрицами. Заготовки и волокна находятся в постоянном

охлаждении специальными смесями, водой или воздухом, т.к. повышенная температура влечет ухудшение качества готовой продукции.

В завершении производство проволоки производится дополнительная обработка для придания проволоки необходимых свойств. К примеру, при отжиге она приобретает мягкость. Электротехнические медные проволоки, подвергают лужению, другим методам обработки. Готовая проволока поступает на следующие этапы изготовления кабельных изделий [9].

2.4 Контроль параметров медной проволоки

К качеству медной круглой электротехнической проволоке, применяемой, в том числе и для изготовления кабельных изделий, предъявляются повышенные требования. Для получения качественных изделий необходим контроль на каждом промежуточном этапе. Диаметр проволоки имеет строго регламентированное значение. Предпочтительный ряд номинального значения диаметра медной проволоки приведены в [12].

Овальность сечения не должна выводить размеры проволоки за предельные отклонения по диаметру.

В соответствии с ГОСТом 12177-79 «Кабели, провода и шнуры. Методы проверки конструкции» [11] необходимо контролировать конструктивные размеры элементов кабельного изделия. К подобным параметрам относится диаметр жилы. Производить измерения необходимо при температуре окружающей среды $20\pm 15^{\circ}\text{C}$ и относительно влажности $58\pm 20\%$ микрометрами или другими средствами измерения в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

2.5 Виды брака при волочении

Брак при волочении проволоки, возникающий в при нарушении технологического процесса, можно разделить на три основные группы : по размеру; по качеству поверхности; по физическим свойствам.

Брак по размеру.

Неправильные геометрические размеры готовой проволоки – отклонение диаметра и размера поперечного сечения от допустимых пределов.

Овальность - изделие имеет овальную форму в поперечном сечении, значение которой выходит за предел допусков по диаметру.

Затяжки – на изделии имеются местные утонения, где размеры изделия выходят за пределы допусков.

Брак по качеству поверхности.

Закаты – на поверхности изделия заметны легко отделяющийся тонкие ленточки, тянущиеся на значительной части по длине изделия.

Плены – на поверхности изделия заметны частицы металла, отделяющиеся при изгибе от основной массы изделия и видимые на толстой проволоке невооруженным глазом, а на тонкой проволоке при десятикратном увеличении.

Раковины – на поверхности металла наблюдаются неровные углубления уже отпавших плен.

Риски – по всей длине изделия заметны продольные выемки= риски различной глубины.

Местные повреждения – на поверхности изделий обнаруживаются механические вмятины, задиры и т.д.

Брак по физическим свойствам.

Понижение предела прочности при растяжении.

Понижение числа перегибов или скручиваний.

Электрические свойства не соответствуют требованиям ТУ [2]

2.6 Стадии контроля качества медной проволоки

Контроль качества продукции необходим для проверки соответствия показателей качества продукции установленным требованиям. Стандартная система производственного контроля качества подразделяется на три этапа: входной контроль материалов, технологический (операционный) контроль на каждом этапе производства, выходной (приемочный) контроль готовой продукции [13].

Проверке качества сырья, полуфабрикатов и вспомогательных материалов (электроизоляционные материалы, проводниковые материалы, металлы для оболочек и брони), поступающих на предприятие и используемых для производства называется входным контролем [14]. Повышения качества продукции в первую очередь осуществляется за счет использования качественного сырья и материалов.

Контроль, проводимый во время выполнения или после завершения технологической операции, называется технологическим (операционным) контролем [14]. Технологический контроль заключается в проверке соблюдения технологических режимов, правил хранения и упаковки продукции между операциями.

Выходной (приемочный) контроль – контроль качества готовой продукции. На выходном контроле устанавливается, соответствует ли качество готовых изделий требованиям стандартов или технических условий, а также выявляются возможные дефекты готовой продукции. Если все условия выполнены, то продукцию можно реализовывать.

Для проверки эффективности ранее выполненного контроля специально уполномоченные люди могут осуществить инспекционный контроль [13].

Проволока для кабельной промышленности является лишь промежуточной стадией изготовления различных кабельных изделий. Готовая продукция кабельного предприятия являются разнообразные

провода и кабели. Все они в обязательном порядке должны проходить выходной контроль.

При закупке проволоки на металлургических заводах целесообразно проводить входной контроль ее качества.

Выходной контроль производится при собственном производстве проволоки на кабельных заводах при передачи бухты проволоки на следующую стадию производства. Технологический контроль тоже возможен.

3. МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДИАМЕТРА

В этом разделе приводятся методы, которые можно использовать для контроля диаметра медной проволоки. Нами рассмотрены индуктивный, вихретоковый и электропотенциальный методы контроля емкости проволоки.

3.1 Индуктивный метод

Индуктивный метод основан на зависимости индуктивности обмотки от параметров обмотки и магнитной цепи, в которую включена обмотка.

Индуктивность L измеряется в Генри (Гн) и характеризует связь между протекающим в обмотке электрическим током I и создаваемым этим током потокоцеплением Ψ через обмотку:

$$L = \frac{\Psi}{I} \quad (1)$$

Магнитный поток Φ через обмотку определяется следующим образом:

$$\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = BS \quad (2)$$

где B – индукция в магнитопроводе;

S – площадь поперечного сечения магнитопровода.

Закон полного тока устанавливает функциональная связь между током обмотки I и напряженностью H магнитного поля в магнитопроводе. Которую можно описать следующим образом

$$\oint_L \vec{H} \cdot l_{cp} = i_{пл} = Iw \quad (3)$$

где l_{cp} – длина средней силовой линии;

w – число витков обмотки.

Учитывая формулы (1), (2) и (3), индуктивность обмотки приобретает вид:

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{w\Phi}{I} = \frac{wBSw}{Hl_{cp}} = \frac{w^2 S B}{l_{cp} H} = w^2 \frac{S\mu}{l_{cp}} \quad (4)$$

где $\mu = \mu_0\mu_r$ – магнитная проницаемость материала магнитопровода.

Величина

$$r_m = \frac{l_{cp}}{S\mu} \quad (5)$$

называется магнитным сопротивлением магнитопровода.

Подводя итог, можно сказать, что индуктивность обмотки прямо пропорциональна квадрату числа витков и обратно пропорциональна магнитному сопротивлению магнитопровода. Магнитное сопротивление магнитопровода прямо пропорционально длине средней силовой линии и обратно пропорционально площади поперечного сечения магнитопровода и магнитной проницаемости его материала.

Преобразованием можно получить:

$$\Phi = BS = H\mu S = Iw \frac{\mu S}{l_{cp}} = \frac{Iw}{r_m} \quad (6)$$

На рисунке 8 представлен пример использования индуктивного метода для измерения диаметра ферромагнитного стержня.

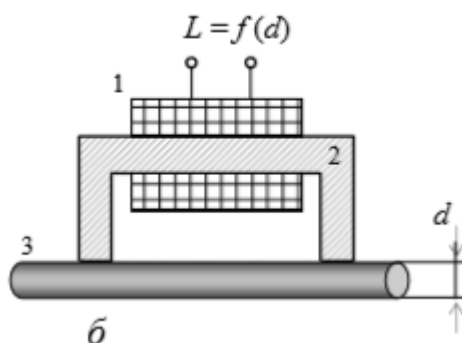


Рисунок 8 – Измерения диаметра ферромагнитного стержня с помощью индуктивного метода

В случае если магнитопровод состоит из участков с различными поперечным сечением и магнитной проницаемостью, имеет воздушные зазоры, а потоками рассеивания нельзя пренебречь, то индуктивность обмотки определяется выражением:

$$L = \frac{w^2}{r_{m\Sigma}} \quad (7)$$

где $r_{m\Sigma}$ – полное магнитное сопротивление магнитной цепи.

Магнитные сопротивления однородных участков магнитопровода определяются по аналогии с (5)

$$r_{mi} = \frac{l_i}{S_i \mu_i} \quad (6)$$

где l_i , S_i , μ_i – протяженность, площадь поперечного сечения и магнитная проницаемость материала i - того участка магнитопровода [15].

Так как нас интересует диаметр проволоки, то стоит ввести формулу поперечного сечения круглого сечения провода, связанную с диаметром провода

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (7)$$

где D – диаметр проволоки круглого сечения.

К достоинствам применения индуктивного метода для определения параметров объекта можно отнести следующие:

Простота реализации метода;

Линейность зависимости искомых параметров.

К недостаткам:

Применимость метода только для контроля диаметра магнитных материалов.

Невозможность измерения магнитных характеристик объектов (магнитная индукция, напряженность магнитного поля), необходимых для расчета параметров объекта (сопротивление, поперечное сечение, магнитная проницаемость материала).

3.2 Вихрековый метод

Метод вихревых токов основан на возбуждении в электропроводящем объекте переменным магнитным полем вихревых токов. Параметры этих токов зависят от свойств объекта.

Источником переменного магнитного поля для данного метода является обмотка с переменным электрическим током, которая создает в

объекте магнитный поток. Изменяющийся во времени магнитный поток создает вихревое электрическое поле, напряженность которого определяется выражением

$$\operatorname{rot} \bar{E} = \frac{\partial \bar{B}}{\partial t}. \quad (8)$$

Вихревые токи создают собственное магнитное поле, которое стремится противодействовать изменениям магнитного потока порождающего вихревые токи.

Параметрами вихревых токов является амплитуда, фаза и пространственное распределение и зависят от геометрических размеров, формы и структурных особенностей электропроводящего объекта, электромагнитных свойств материала, частоты и амплитуды тока возбуждения, взаимного расположения объект-источник.

Для контроля диаметра проволоки можно использовать вихретоковый метод, реализация которого показана на рисунке 9 [15].

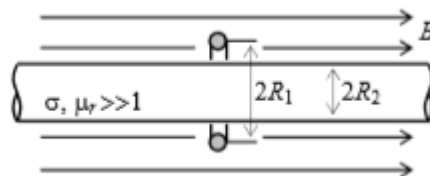


Рисунок 9 – Измерения диаметра проволоки с помощью индуктивного метода

На рис показаны годографы относительного вносимого напряжения вихретокового преобразователя с круглым ферромагнитным цилиндром от изменения удельной электрической проводимости материала σ , частоты тока возбуждения ω , относительной магнитной проницаемости материала μ_r , радиуса цилиндра R_2 .

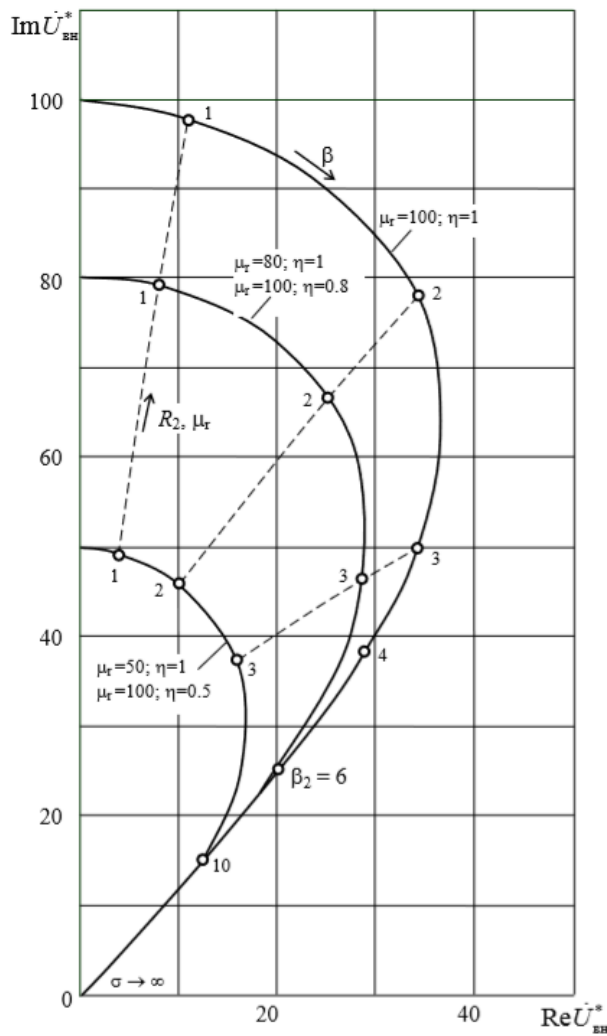


Рис 10 .Годографы относительного вносимого напряжения вихретокового преобразователя с ферромагнитным цилиндром в однородном магнитном поле:

$$\eta = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2; \beta_2 = R_2 \sqrt{\omega \sigma \mu_0} \quad (9)$$

Это проявляется в больших значениях амплитуды $\dot{U}_{вн}^*$ по сравнению с ранее рассмотренными примерами накладного варианта вихретокового взаимодействия. Годографы от изменения обобщенного параметра $\beta_2 = R_2 \sqrt{\omega \sigma \mu_0}$ для различных значений относительной магнитной проницаемости материала μ_r и радиуса измерительной обмотки показаны сплошными линиями, а годографы от изменения магнитной проницаемости и радиуса цилиндра – пунктирными. При увеличении обобщенного параметра

$\beta_2 = R_2 \sqrt{\omega \sigma \mu_0}$ наблюдается монотонное уменьшение до нуля, как амплитуды, так и фазы $\dot{U}_{\text{вн}}^*$. Максимальное значение амплитуды $U_m^* = \mu_r$ имеет место при $\beta_2=0$ и равенстве радиусов цилиндра и измерительной обмотки: $R_1=R_2$. При уменьшении значения магнитной проницаемости монотонно уменьшается амплитуда $\dot{U}_{\text{вн}}^*$. Такой же эффект дает уменьшение радиуса цилиндра при неизменном радиусе измерительной обмотки (гедографы от изменения μ_r и R_2 совпадают). Таким образом показано, что вихретоковое измерительное преобразование может быть использовано для бесконтактного измерения радиуса (поперечного размера) цилиндрического объекта, удельной электрической проводимости и магнитной проницаемости его материала.

К достоинствам применения вихретокового метода для определения параметров объекта можно отнести следующие:

- Отсутствие контакта преобразователя и объекта.
- Применимость для технологического непрерывного контроля

К недостаткам:

- Возможное искажение одного параметра другими, влияние одних параметров вихревого тока на другие.
- Контроль только изделий из электропроводящих материалов.

3.3 Элеетропотенциальный метод

Элеетропотенциальный метод основаны на зависимости распределения электрического потенциала на поверхности объекта, по которому протекает электрический ток, от свойств этого объекта.

Медную проволоку можно рассмотреть как бесконечно длинный цилиндрический проводник с постоянной площадью поперечного сечения (см. рисунок).

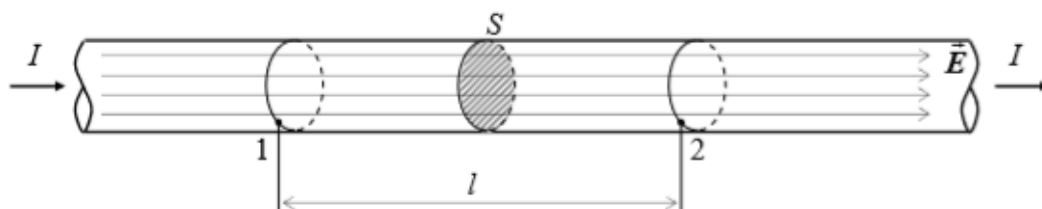


Рисунок 11 – Протекание постоянного электрического тока по бесконечно длинному проводнику постоянного сечения

В рассматриваемом случае плотность электрического тока по сечению проводника постоянна, линии напряженности электрического поля, обеспечивающего протекание тока, параллельны образующей цилиндрической поверхности, а эквипотенциальные поверхности представляют собой плоские параллельные фигуры, перпендикулярные поверхности проводника.

Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками на поверхности проводника, по которому протекает электрический ток I , равна интегралу по некоторому пути скалярного произведения векторов \vec{E} и элементарного перемещения $d\vec{l}$. Напряженность поля, таким образом, является взятым с обратным знаком градиентом скалярной величины разности потенциалов (напряжения):

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \vec{E} d\vec{l}; \quad \vec{E} = -\frac{d\varphi}{dl} = -grad(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (10)$$

Формула (10) для случая бесконечно длинного цилиндрического объекта примет вид

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_1^2 \frac{\vec{j}}{\sigma} \cdot d\vec{l} = \frac{I \cdot l}{S \cdot \sigma}. \quad (11)$$

где \vec{j} – плотность тока;

σ – удельной электрической проводимости σ материала проводника;

I – значение силы тока;

l – расстояние двумя точками на поверхности бесконечно длинного цилиндрического проводника

$\varphi_1 - \varphi_2$ – разность электрических потенциалов, приложенного к точкам 1 и 2 (см. рисунок 11).

Определить диаметр проволоки представленным методом можно, преобразовав формулу (11)

$$S = \frac{I \cdot l}{U \cdot \sigma}, \quad (12)$$

Где S – площадь поперечного сечения исследуемого объекта.

Для проволоки круглого сечения диаметр можно определить на формулы (7) :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot I \cdot l}{U \cdot \sigma \cdot \pi}} \quad (13)$$

К достоинствам применения электропотенциального метода для определения параметров объекта можно отнести следующие:

- Простота реализации метода, можно использовать простые измерительные приборы: амперметр, вольтметр;
- Линейность зависимости искомых параметров.

К недостаткам:

- Необходимость контакта с объектом контроля, что ограничивает его использования для технологического контроля.

Для решения поставленной задачи выбран электропотенциального метода контроля, так как он просто реализуется, не требует сложного оборудования, имеет достаточную точность. Кроме того Преимущество электропотенциального метода заключается в возможности проведения выходного контроля диаметра жил без снятия изоляции. Снятие изоляции может привести к повреждению поверхности медной жилы из-за механического воздействия. Также снятие изоляции процесс время затратный

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

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Ли Кэянь

Школа	ШБИП	Отделение школы	ОКД
Уровень образования	бакалавриат	Направление	Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационно-технологических и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки позволяет говорить о том, что разработка считается перспективной и ее следует развивать.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование бюджета научных исследований состоит из: материальных затрат НИИ, затрат на спецоборудование для научных работ, затрат по основной заработной плате исполнителей работы, затрат по дополнительной заработной плате исполнителей работы, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Составив таблицу сравнительной эффективности разработки, был сделан вывод о том, что наиболее (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, является исполнение 1.

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОСГН	Николаенко В.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ли Кэянь		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе работы проводится исследование использования электротропотенциального метода измерения диаметра медной проволоки, который можно использовать для проведения выходного контроля. Исходя из этого, потенциальными потребителями результатов наших исследования будут предприятия выпускающие медную проволоку, а также предприятия кабельной промышленности, которые сами изготавливают медную проволоку из катанки для производства разнообразных кабельных изделий. На территории томской области выделим такие предприятия, как: АО «Сибкабель».

4.1.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а

100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,01	50	100	0,5	0,005
2. Помехоустойчивость	0,02	20	100	0,2	0,004
3. Надежность	0,2	90	100	0,9	0,18
4. Уровень материалоемкости разработки	0,1	90	100	0,9	0,09
5. Простота эксплуатации	0,1	40	100	0,4	0,004
6. Конкурентоспособность продукта	0,1	80	100	0,8	0,08
7. Уровень проникновения на рынок	0,01	20	100	0,2	0,002
8. Цена	0,1	30	100	0,3	0,03
9. Послепродажное обслуживание	0,02	50	100	0,5	0,01
10. Наличие сертификации разработки	0,1	85	100	0,85	0,085
Итого	1	555		5,55	0,49

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 555 \cdot 0,49 = 271,95 \quad (15)$$

где Π_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Разработка считается перспективной, если средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки более 80, в нашем случае 480, это говорит о безоговорочной перспективности разработки.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны, плазменного метода переработки и методов-конкурентов проведем SWOT–анализ.

Таблица 5 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1.Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2.Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров</p> <p>Сл2.Отсутствие инжиниринговой услуги, способной обучить работать в рамках проекта</p> <p>Сл3.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при</p>

		проведении научного исследования
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>СиУ:</p> <p>Разработка течепоискового комплекса, обладающего более высокими показателями качества, по сравнению с теми, что представлены на рынке (в частности, более высокая надежность и быстродействие) с целью получения готового продукта с конкурентными преимуществами с оптимальной себестоимостью, высоким качеством и инжиниринговой услугой.</p>	<p>СЛиВ:</p> <p>1.Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей</p> <p>2.Создание инжиниринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом</p> <p>3.Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>4.Сокращение поставок или смена поставщика</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2.Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3.Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>СВиУ:</p> <p>1.Продвижение программы с целью создания спроса</p> <p>2.Создание конкурентных преимуществ готового продукта</p> <p>3.Сертификация и стандартизация продукта</p>	<p>СЛиУ:</p> <p>1.Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей</p> <p>2.Создание инжиниринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом</p> <p>3.Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>4.Сокращение поставок или смена поставщика</p>

		<p>5. Продвижение программы с целью создания спроса</p> <p>6.Создание конкурентных преимуществ готового продукта</p> <p>7.Сертификация и стандартизация продукта</p>
--	--	--

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Ранее были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Кано. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Морфологический подход:

1. Точная формулировка проблемы исследования.
2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике.

4. Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке: - определение структуры работ в рамках научного исследования; - определение участников каждой работы; - установление продолжительности работ; - построение графика проведения научных исследований.

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	t min	t max	t _{ож} i	T _р i
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы, Студент-дипломник	1	2	1	0,5
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель темы, Студент-дипломник	5	10	7	3,5
	3	Проведение патентных исследований	Студент-дипломник	14	21	12,4	12,4
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, Студент-дипломник	2	6	3,6	1,8
	5	Календарное планирование работ по теме	Студент-дипломник	1	3	1,8	1,8

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент-дипломник	7	14	9,8	9,8
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент-дипломник	7	14	9,8	9,8
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, Студент-дипломник	7	14	9,8	4,9
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	5	10	7	7
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	7	14	9,8	9,8
<i>Проведение ОКР</i>							
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Руководитель, Студент-дипломник	5	10	7	3,5
	12	Выбор и расчет конструкции	Руководитель, Студент-дипломник	7	14	9,8	4,9
	13	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, Студент-дипломник	3	6	4,2	2,1
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	14	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Студент-дипломник	5	10	7	7
	15	Лабораторные испытания макета	Студент-дипломник	2	6	3,6	3,6

Оформление отчета, по НИР (комплекта документации по ОКР)	16	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент-дипломник	3	6	4,2	4,2
	17	Оформление патента	Руководитель, Студент-дипломник	7	14	9,8	4,9
	18	Размещение рекламы	Студент-дипломник	5	7	5,8	5,8

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкость выполнения каждого этапа. Теоретические материал для выполнения этого пункта представлен в лекционном разделе "Определение трудоемкости выполнения НИОКР.

Трудоемкость выполнения НИОКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ $1_{оя}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \text{чел.-дн.} \quad (16)$$

где $t_{ожі}$ – 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.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч\ i} \quad (17)$$

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

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

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

Результаты смотреть в таблице.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Таблица 7 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме.

№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	$t_{ож\ i}$	Февраль				Март				Апрель				Май				Июнь			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы, Студент-дипломник	1	■																			
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель темы, Студент-дипломник	7		■	■	■																
3	Проведение патентных исследований	Студент-дипломник	12,4			■	■	■	■	■	■												
4	Выбор направления исследований	Руководитель, Студент-дипломник	3,6							■	■	■											
5	Календарное планирование работ по теме	Студент-дипломник	1,8											■									

и т.д.); kT – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Для остальных позиций произведем аналогичный расчет.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Материальные затраты

Материалы и оборудование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага	шт	1000	0,5	500
Итого				500

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $Э_{об}$, руб.
	Исп.	Исп.	Исп.
Персональный компьютер	240	0,3	223,2
Вольтметр В7-38	15	0,2	9,2
Источник питания GPS-1850D	15	0.1	4,65
Итого:			237,05

Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (19)$$

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

$$Z_{осн} = Z_{зд} \cdot T_p \quad (20)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 7); $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (21)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 10).

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	252	252

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (22)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$); k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $Z_{тс}$); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 11.

Таблица 11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	40000	0,3	0,2	1,3	78000	2600	38	98800
Студент	5000	0,3	0,2	1,3	9750	325	106,6	34645
Итого $Z_{осн}$								133445

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (23)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (таблица 12).

Таблица 12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.
Руководитель	98800
Студент	34645
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Итого: $(98800+34645) * 0,271=36163,595$	

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной 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 НИР приведет в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИР	500	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	237,05	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	133445	Пункт 3.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	36163,595	Пункт Пункт 3.4.4
Бюджет затрат НИР	170345,645	Сумма ст.1-4

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{170345,645}{200000} = 0,852 \quad (24)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (25)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 14).

Таблица 14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования/ критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4
3. Помехоустойчивость	0,1	2
4. Энергосбережение	0,20	5
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,2	5
Итого	1	4,55

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,55 \quad (26)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4,55}{0,852} = 5,34 \quad (27)$$

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} = \frac{5}{5,3} = 0,94 \quad (28)$$

Таблица 15 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,908
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,94

Из значений интегральных показателей эффективности позволяет выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4.5 Заключение

Так как с каждым годом появляется многочисленное количество конкурентоспособных предприятий, необходимо создавать продукцию, удовлетворяющую нормам и требованиям потребителей, а также отвечающую стандартам качества. Для этого производится ряд процедур, на основе которых выявляется эффективность исследования разработки. Будет ли она востребована на рынке, проверяется целесообразность использования сырья и дорогостоящего оборудования.

В ходе работы дали оценку коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Рассчитали накладные расходы, сформировали бюджет затрат научно-исследовательского проекта, который составил 170345,645 руб. На основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования определили эффективность исследования.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Ли Кэянь

Школа	ШБИП	Отделение школы	ОКД
Уровень образования	бакалавриат	Направление	приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Исследования по измерению диаметра медной проволоки электропотенциальным методом. Объектам исследования при ее выполнении являются образцы медной проволоки различного диаметра, рабочая зона – ауд. 410 ОКД ИШНКБ ТПУ
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Недостаточная освещенность рабочей зоны. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны. Повышенный уровень шума на рабочем месте. Частицы взвешенные или растворенные в воздухе
2. Экологическая безопасность.	При работе с персональным компьютером, которые соединены с сетью напряжения, возможны электрические замыкания (удары) для персонала и пожары. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования, возникающие при моделировании дефектов.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	Возможны чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	1. Управление охраной труда. 2. Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.02.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е.В.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ли Кэянь		