

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Методы и средства измерения скорости и длины протяженных изделий
УДК 620.179.1:531.7:621.315

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б5Б	Яркимбаев Шамиль Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Федоров Евгений Михайлович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Борис Борисович	к.т.н., доцент		

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»
 Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Мойзес Б.Б.
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б5Б	Яркимбаеву Шамилю Сергеевичу

Тема работы:

Методы и средства измерения скорости и длины протяженных изделий	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	9852/С от 07.11.2018г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследований – методы и средства контроля скорости и длины протяженных изделий таких как: кабели, провода, волокна, трубы, прокат и т.п. Тип контроля непрерывный непосредственно в процессе производства.</p>
---	--

<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>	<p>Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения выбора оптимального метода измерения длины и скорости. Разработка макета доплеровского измерителя.</p>
--	--

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

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Фёдоров Евгений Михайлович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б5Б	Яркимбаев Шамиль Сергеевич		

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 выпуска 2019 г.

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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» №1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации послепродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» №1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации послепродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
		<p>оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<p>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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	<p>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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р6	Планировать и проводить	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4).

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	<p>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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» №1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам №31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации послепродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	<p>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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» №1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам №31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации послепродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	<p>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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» №1141н (рег. №40836 от 28.01.16)</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
		29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)
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 (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б5Б	Яркимбаев Шамилю Сергеевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных 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 специоборудование 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	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	К.Т.Н., ДОЦЕНТ		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б5Б	Яркимбаев Шамиль Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Б5Б	Яркимбаеву Шамилю Сергеевичу

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Тема ВКР:

Методы и средства измерения скорости и длины протяженных изделий

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта и области его применения	Объектом исследования является измерение длины и скорости протяженных изделий. Область применения: кабельная промышленность. Исследование проводило на предприятии ООО «НПО Редвилл», г. Томск, п-р Ленина 30/2, офис 159
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы проектируемой производственной среды; – разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – неудовлетворительное освещение; – неудовлетворительный микроклимат; – повышенный уровень электромагнитного излучения (ЭМИ); – электробезопасность
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – анализ влияния объекта исследования на окружающую среду; – анализ влияния процесса исследования на окружающую среду;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; выбор наиболее типичной ЧС; разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

	- пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
--	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б5Б	Яркимбаев Шамиль Сергеевич		

Реферат

Дипломный проект состоит из пояснительной записки, содержащей 79 страниц машинописного текста, 16 рисунков, 24 таблиц, 36 источников литературы.

Ключевые слова: протяженные изделия, методы измерения, лазерный доплеровский измеритель, доплеровская частота, интерференция.

Объектом исследования является методы и приборы контроля скорости и длины протяжённых изделий.

Цель работы – исследовать теоретические аспекты методов измерения скорости и длины протяженных изделий и разработка макета на основе оптимального метода.

В процессе исследования проводился теоретический анализ и изготовление макета лазерного доплеровского измерителя.

В результате исследования были получены теоретические и практические данные по оптимальным характеристикам лазерного доплеровского преобразователя, был спроектирован и исследован макет измерителя.

Степень внедрения: проведено исследование.

Область применения: полученные в ходе исследования результаты предоставляют практическое применение для проектирования приборов технологического контроля для кабельной, трубной, оптоволоконной и др. областей промышленности.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» описаны ресурсоэффективность проекта и его анализ.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены опасные и вредные факторы при работе и предусмотрены меры по их устранению.

Содержание

Введение.....	15
1 Обзор методов измерения длины и скорости протяженных изделий	17
1.1 Прямые методы измерения	18
1.1.1 Контактный (электромеханический метод)	18
1.1.2 Бесконтактные методы	22
1.1.2.1 Фотоимпульсный метод	22
1.1.2.2 Метод меток.....	26
1.2 Косвенные методы измерения	27
1.2.1 Корреляционный метод.....	27
1.2.2 Растровый метод	29
1.2.3 Метод на основе эффекта Доплера	30
1.3 Выбор метода	38
2 Анализ существующих доплеровских лазерных измерителей длины и скорости.....	41
3 Разработка измерительного макета.....	43
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .	45
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	45
4.2 SWOT-анализ.....	45
4.3 Планирование научно-исследовательских работ	48
4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	48
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	49
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	50
4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	54
4.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	54

4.3.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	55
4.3.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы	55
4.3.4.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	57
4.3.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	57
4.3.4.6	Накладные расходы	57
4.3.4.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	58
4.3.4.8	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
5	Социальная ответственность	61
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	62
5.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	62
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	62
5.2	Производственная безопасность	63
5.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии	64
5.2.2	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	65
5.3	Экологическая безопасность	71
5.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	71
5.3.2	Анализ «жизненного цикла» объекта исследования	72
5.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	73
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	73

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии и может вызвать сам объект исследований	73
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	74
Заключение	78
Список литературы	79
Приложение А «Должностные оклады профессорско-преподавательского состава с 01.06.2016 г.».....	83

Введение

В современном мире, такой фактор, как быстродействие, играет значительную роль.

На производстве необходимо высокоточное измерение скорости и длины объектов в режиме реального времени.

С повышением уровня автоматизации производства и усложнения многих технологических процессов производства становится необходимым высокоточное измерение скорости и длины различных объектов в режиме реального времени. Обеспечение высокого качества продукции возможно только при систематическом контроле технологического процесса и состояния изделий на основных пределах.

Прецизионные измерения скорости движения, длины, а также пройденного пути необходимы во многих промышленных отраслях.

В промышленности это измерения:

- скорости движения и длины длинномерных изделий (кабели, проволока, прокат, ткани, бумага, пленка, фанера и пр.) для систем управления, раскроя и учета;
- пройденного робототехническими устройствами пути для определения их пространственных координат;
- пройденного пути зондов для диагностики внутренней поверхности трубопроводов.

На транспорте - бортовые устройства для измерения:

- скорости движения, ускорения, поперечного сноса, пройденного пути и других параметров при полигонных испытаниях автомобилей;
- скорости, ускорения и пройденного пути рельсового транспорта (железнодорожный, метрополитен, монорельсовый) и транспортных средств на магнитной подушке.

Приборы, основанные на эффекте Доплера, позволяют получить точность измерения порядка 0.05...0.1% с возможностью дистанционных измерений. Нет

связанных с механическим контактом проблем, таких как дополнительные погрешности, вызванные проскальзыванием, износом мерительного колеса, налипшей грязью и т.д. Отсутствует необходимость в частом техническом обслуживании. Данные приборы легко встраиваются в технологическую линию, уменьшая непроизводственные отходы, увеличивая выход коммерческой длины, улучшая обратные связи в технологической цепочке. Измерители не имеют ограничения к измеряемому объекту по виду поверхности, цвету, материалу, магнитным или электрическим свойствам. Существует возможность измерения и контроля мгновенной и усредненной по времени скорости в широком диапазоне скоростей и ускорений.

Существуют зарубежные серийно производимые лазерные измерители длины и скорости, однако их высокая стоимость часто становится ограничением для приобретения их отечественными предприятиями. Целью данной работы являлось создание макета устройства измерения скорости и длины на основе эффекта Доплера.

1 Обзор методов измерения длины и скорости протяженных изделий

В настоящее время лидирует тенденция введения автоматического измерения и контроля объектов в промышленности. Это предъявляет новые требования к уже существующим и вновь разрабатываемым устройствам. Однако важно не только интегрирование измерительных систем в производственных процесс, но и обеспечение необходимой точности измерений. Измерение пространственных перемещений с возможностью точного позиционирования необходимы в различных областях машино-, судо- и авиастроения и электронике.

При контроле скорости к современным измерителям предъявляются следующие требования:

- надежность конструкции;
- удобство эксплуатации и эргономичность;
- простота градуировки и настройки;
- широкий диапазон измеряемых величин;
- высокая чувствительность преобразования;
- помехозащищенность;
- бесконтактность измерений;
- универсальность применения.

Для измерения длины применяются прямые и косвенные методы измерения.

В зависимости от вида преобразователя прямые методы можно разделить на два класса:

- Контактные (электромеханические);
- Бесконтактные (фотоимпульсные). Также сюда относятся приборы с магнитными, тепловыми и другими метками.

Косвенные методы измерения представлены методами на основе эффекта Доплера, корреляционными и растровыми методами. Классификация методов представлена на рисунке 1 [1]:



Рисунок 1 – Методы измерения скорости и длины

1.1 Прямые методы измерения

1.1.1 Контактный (электромеханический метод)

Самым простыми приборами для измерения скорости объектов считаются электромеханические измерители длины. Данные измерители работают по следующему принципу: мерительный цилиндрический ролик вращается на оси при соприкосновении с движущимся объектом. Жестко связанный с роликом импульсатор выдает определенное количество импульсов на один оборот. Цена импульса определяется по следующей формуле:

$$k = \frac{\pi D}{n\mu}, \quad (1.1)$$

где D – диаметр мерительного ролика;

n – число импульсов на один оборот импульсатора;

μ – передаточное отношение между роликом и импульсатором.

Длина объекта L рассчитывается по числу импульсов m :

$$L = km, \quad (1.2)$$

При использовании данного метода возможно проскальзывание мерительного ролика по объекту измерения. Для решения данной проблемы используются магнитные ролики или специальные прижимы.

Также необходимо учитывать, что в процессе работы идет износ ролика. При этом меняется цена импульса:

$$\Delta k = \frac{\pi \Delta D}{n\mu} \text{ или } \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta D}{D} \quad (1.3)$$

Т.к. относительное изменение диаметра ролика уменьшается с его увеличением, то для снижения ошибки измерения при прочих равных условиях ролик изготавливается большего диаметра. Дополнительно для уменьшения износа часто предусмотрены сменные рубашки [2].

В качестве импульсаторов могут использоваться высокочастотные генераторы, сельсины, фотоэлектрические, электромагнитные, электромеханические и другие устройства. Важным параметром при выборе импульсатора является стабильность импульса. Также следует учитывать, что с увеличением числа импульсов на один оборот мерительного ролика повышается точность измерения.

Даже с использованием всех перечисленных мер, полностью избавиться от проскальзывания между роликом и объектом измерения невозможно, что больше всего проявляется в переходных режимах. Ошибка измерения зависит от длины изделия и может достигать величин, не удовлетворяющих требованиям производства. Повышение точности возможно при измерении не всего изделия, а только его части, равное превышению длины над базовым расстоянием L_6 . Из-за возможности пробуксовки в переходных режимах вводится контрольная длина L_0 , соответствующая одному импульсу. Данные длины могут быть совмещены.

Схема измерителя представлена на рисунке 1.1

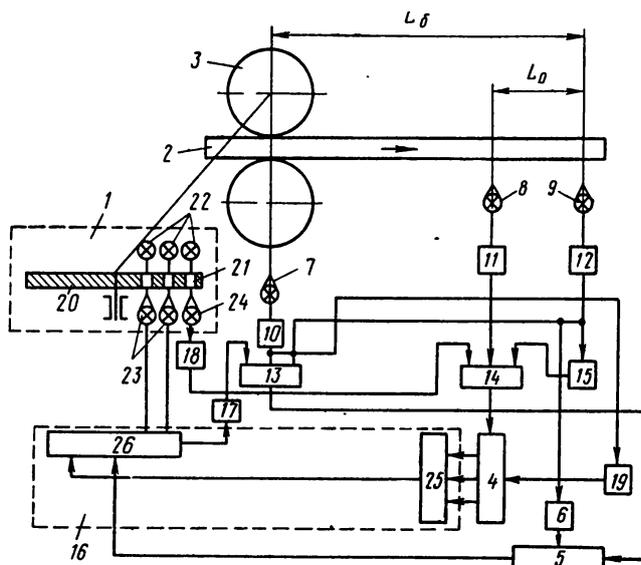


Рисунок 1.1 – Блок-схема электромеханического измерителя длины с базовой L_δ и контрольной длиной L_0

1 — импульсатор; 2 — объект измерения; 3 — мерительные ролики; 4 — счетчик контрольной длины; 5 — счетчик полной длины объекта; 6 — устройство для установки величины базовой длины; 7 — фотодатчик наличия объекта в роликах; 8 и 9 — фотодатчики контрольной длины; 10, 11 и 12 — усилители; 13 и 14 — ключи; 15 — инвертор; 16 — блок для выбора одного из выходов преобразователя по коду контрольной длины; 17 — усилитель блока 16; 18 — усилитель; 19 — устройство для установки на нуль счетчиков 4 и 5 и блока 16; 20 — диск; 21 — отверстия; 22 — осветители; 23 и 24 — фотоэлементы; 25 — преобразователь; 26 — блок выбора.

Один из мерительных роликов 3 соединен с фотоэлектрическим импульсатором 1, состоящим из диска 20 с отверстиями 21 на равном расстоянии друг от друга, фотоэлементов 23 и 24 и осветителей 22. Количество отверстий отличается на одно от количества на соседних дорожках. Базовая длина находится между фотоэлементами 7 и 9. При проходе объекта измерения вращается диск импульсатора 20, импульсы на выходе которого поступают через усилитель 17 на счетчик 5. Счет импульсов не начинается пока передний конец объекта измерения не пройдет базовое расстояние, т.е. не появится в поле зрения фотодатчика 9. Как только это происходит замыкается ключ 13 и импульсы поступают в счетчик 5. Счет импульсов прекращается, как только задний конец объекта проходит фотоэлемент 7. Из этого следует, что счет импульсов

производится только на превышающей базовую длину отрезке объекта измерения. При предварительной установке в счетчик 5 базовой длины, возможна индикация полной длины объекта.

Для сохранения цены деления одного импульса возможно регулирование числа импульсов импульсатора 20 за один оборот. С этой целью в схему введена контрольная длина L_0 , ограниченная фотоэлементами 8 и 9. Счет импульсов начинается с достижения объектом фотоэлемента 8 и прекращается при прохождении фотоэлемента 9. Импульсы поступают в счетчик импульсов контрольной длины 4 с крайней дорожки диска импульсатора, предварительно пройдя усилитель 18. В соответствии с полученным числом с помощью устройства 16 выбирается дорожка на диске импульсатора. Последующий счет импульсов производится именно с этой дорожки.

Примером такого измерителя является счетчик «Дельта 2.4»



Рисунок 1.2 – Измеритель длины и скорости кабеля «Дельта 2.4»

Измеритель длины кабеля «Ид-25» представляет собой измерительную установку, содержащую электромеханическое метражное устройство и электронный счетчик, применяемую на предприятиях кабельной промышленности, предприятиях-потребителях кабельной продукции.



Рисунок 1.3 – Измеритель длины кабеля «ИД-25»

Проскальзывание ролика и значительные вибрации не позволяют измерять данным методом скорости выше 15 м/сек. Также необходимо учитывать ограничение их использования для некоторых видов объектов, например, таких как горячий прокат из-за высоких температур, оптоволоконные кабели из-за их хрупкости и т.д.

1.1.2 Бесконтактные методы

1.1.2.1 Фотоимпульсный метод

Существует три группы фотоимпульсных измерителей в зависимости от получаемой с фотодатчиков информации:

- Измерение времени прохождения датчика объектом измерения со средней скоростью движения;
- Прямой счет импульсов;
- С использование развертывающих систем.

Метод измерения длины по времени

Схема измерителей первой группы приведена на рисунке 1.4, а.

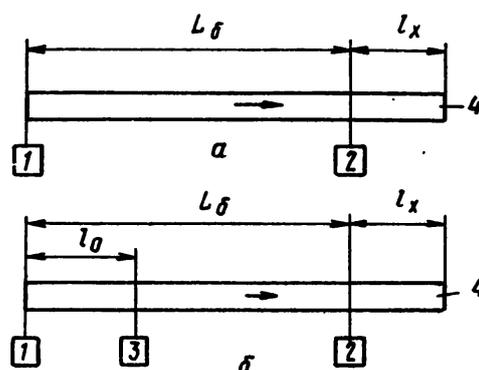


Рисунок 1.4 – Схема расположения фотодатчиков при измерении длины фотоимпульсным методом:

а — без учета скорости; б — с учетом скорости;

1-3 — фотодатчик; 4 — объект

На базовом расстоянии $L_б$, выбранном как минимальный размер измеряемого объекта, устанавливаются фотодатчики 1 и 2. При длине объекта, равном $L_б + l_x$, отрезок l_x подлежит измерению. При допущении, что скорость объекта измерения v постоянна, искомая величина $l_x = vt_x$, где t_x — время от момента пересечения объектом передним концом датчика 2 до момента пересечения задним концом датчика 1. Таким образом, время t_x может служить мерой отрезка объекта l_x [3].

Практическое использование данной схемы осложнено тем, что скорость перемещения объекта бывает непостоянной. Также часто изменяется скорость от изделия к изделию. В этом случае необходимо измерения скорости v для каждого изделия. Схема подобной установки приведена на рисунке 4 Рисунок , б. В этом случае на линии движения объекта устанавливается дополнительный датчик 3 на расстоянии l_0 от датчика 1. Скорость изделия определяется из выражения $v = l_0/t_y$, где t_y — время прохождения объектом расстояния l_0 . Тогда

$$l_x = vt_x = l_0 t_x / t_y. \quad (1.2)$$

Однако скорость движения может существенно меняться в процессе измерения, особенно это актуально для длинномерных объектов, что может вносить существенные ошибки в результат измерения. Поэтому данный метод не нашел широкого применения.

Метод прямого счета импульсов

При прохождении мимо датчика объекта измерения в измерительную систему выдаются импульсы фиксированной длины.

Простейшая схема показана на рисунке 1.5, а. Передний конец объекта 10 последовательно проходит мимо первого, второго и последующих фотодатчиков. Каждый поступающий от фотодатчиков импульс, соответствующий расстоянию L , поступает в счетчик 8, где импульсы суммируются. Следовательно, длина объекта равна $L(n - 1)$, где n — число засвеченных фотоэлементов. При выходе объекта из поля зрения фотодатчика 1 счет импульсов заканчивается.

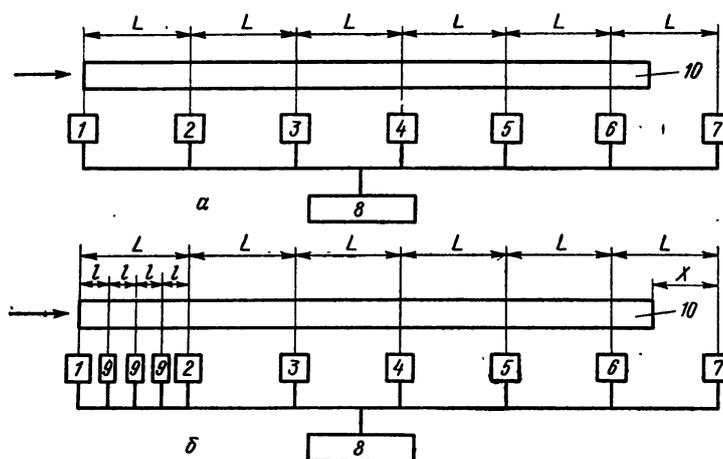


Рисунок 1.5 – Система для измерения длины объекта по фотоимпульсному методу с прямым счетом импульсов:

а — система с грубым отсчетом; б — система с грубым и точным отсчетами; 1—7 — фотодатчики грубого отсчета; 8 — счетчик; 9 — фотодатчики точного отсчета; 10 — объект

Точность данного метода определяется шагом L установки датчиков. Для снижения стоимости системы (уменьшения количества датчиков) и повышения точности данную схему строят с использованием грубого и точного отсчетов. Для этого используется отсчет по обоим концам объекта измерения (рис. 1.5 Рисунок , б).

Передний конец объекта используется для грубого отсчета, пока задний находится в поле зрения фотодатчика 1. Задний конец используется для точного отсчета от момента выхода заднего конца объекта из поля зрения фотодатчика 1

до момента засветки следующего фотодатчика грубого отсчета (на рис.1.5 Рисунок, б это фотодатчик 7). В этом случае длина полосы равна

$$L_n = L(n - 1) + (L - lm), \quad (1.5)$$

где l — шаг установки фотодатчиков точного отсчета;

m — количество засвеченных датчиков точного отсчета.

Возможно измерение только усредненной по длине объекта скорости движения.

Метод развертывающих систем

Измерение длины возможно с использованием механических или электрических развертывающих систем. Механические системы для развертки используется архимедова спираль, барабаны с целью в виде винтовой линии или по образующей и барабаны с линзами или зеркалами.

В электрических системах присутствуют различные модификации измерительных систем, блок-схема, одной из которых приведена на рисунке 1.6.

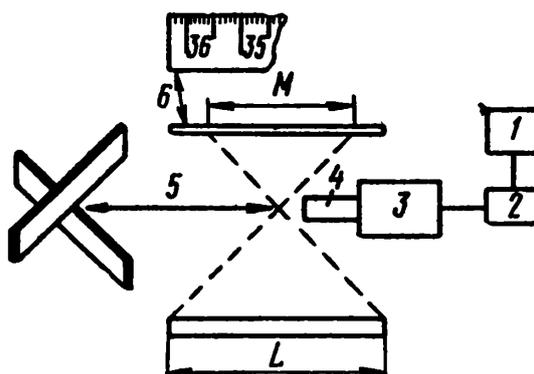


Рисунок 1.6 – Блок-схема системы для дистанционного измерения длины: 1 — контрольный прибор; 2 — источник питания; 3 — телевизионная камера; 4 — система линз; 5 — скрещивающиеся зеркала; 6 — шкала

Два зеркала 5, расположенных под прямым углом друг к другу, находятся напротив телевизионной передающей камеры 3. Градуированная шкала 6 установлена параллельно оптической оси камеры, которые находятся параллельно плоскости, в которой ведется измерение. Совмещение изображения заготовки и шкалы в плоскости развертки передающей камеры добиваются юстировкой положения зеркал и системы линз 4. С помощью поворота зеркал возможно движение градуировки шкалы, при совмещении начала которой

возможно измерение длины объекта по второму концу. С помощью разворачивающих систем возможно измерение длины объектов в пределах от 3.65 до 11 м/с погрешностью ± 3 мм.

1.1.2.2 Метод меток

Измерители, использующие нанесение тепловых, магнитных, люминесцентных, радиоактивных и других меток, можно также отнести к измерителям с прямым счетом импульсов. Метки обладают определенной ценой длины, каждая из которой считывается измерительной системой при прохождении мимо регистратора (рисунок 1.7 Рисунок). Как только фотодатчик 1 детектирует передний край изделия, подается команда о нанесении метки на изделие с помощью записывающего прибора 3. При последующем движении приемник 4 производит считывание меток и дает разрешение на нанесение следующей метки.

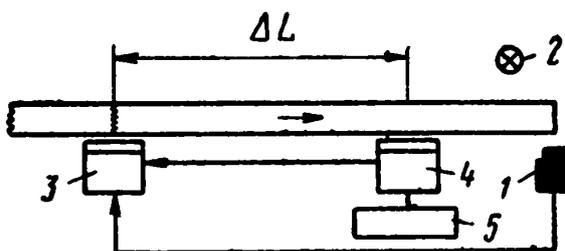


Рисунок 1.7 – Блок-схема прибора для измерения длины с нанесением меток:

1 — фотодатчик; 2 — осветитель; 3 — головка записывающего прибора; 4 — приемник; 5 — счетчик импульсов

Путь, пройденный объектом, определяют по формуле

$$L = \Delta L n, \quad (1.6)$$

где n — число меток;

ΔL — расстояние между записывающей головкой и приемником.

Решающее влияние на точность приборов оказывает расстояние между записывающей головкой и приемником, в то время как скорость движения объекта практически не важна. Приборы данного типа наиболее широко используются для измерения длинных и «бесконечных» объектов.

1.2 Косвенные методы измерения

Косвенные методы измерения преобразуют скорость движения изделия в длину путем ее интегрирования по времени.

$$L = \int_0^t V(t)dt, \quad (1.7)$$

где L — длин объекта;

V — скорость объекта;

t — время измерения.

1.2.1 Корреляционный метод

Скорость движения по данному методу определяется по временному сдвигу отраженных сигналов с одних и тех же точек поверхности движущего объекта. Блок-схема измерителя скорости на основе корреляционного метода представлена на рисунке 1.8.

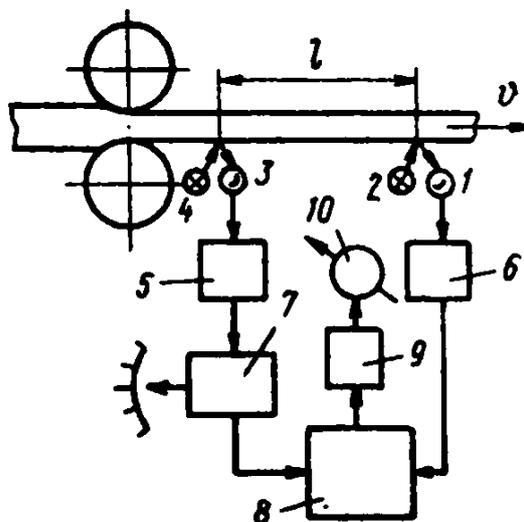


Рисунок 1.8 – Блок-схема корреляционного измерителя скорости
1, 3 — фотоэлементы; 2, 4 — осветители; 5, 6 — усилители; 7 — блок регулируемого запаздывания (БРЗ); 8—множительное устройство; 9 — сглаживающий фильтр; 10 — индикатор

Яркие световые штрихи посредством оптической системы проецируются на поверхность движущегося объекта со скоростью v . Оси этих штрихов перпендикулярны направлению движения объекта. Расстояние между ними строго фиксировано и равно l . Из-за различных структурных неоднородностей

поверхности объекта яркость штрихов постоянно меняется. Их изображения передаются с помощью приемной оптической системы на фотоэлементы, сигналы с которых пропорциональны яркости штрихов. Т.к. второй штрих смещено относительно первого, то сигнал $f_1(t)$, характеризующий яркость первого штриха, совпадет с сигналом второго фотоэлемента $f_2(t - \tau)$ с некоторым запаздыванием τ , связанным со скоростью движения по следующей формуле

$$\tau = l/v, \quad (1.8)$$

или

$$v = l/\tau, \quad (1.9)$$

где τ — время запаздывания;
 l — расстояние между штрихами;
 v — скорость движения объекта.

При $l = const$ по величине τ возможно определение скорости движения объекта. Из-за поперечных смещений полосы движения объекта, различиях в характеристиках элементов каналов измерения сигналы не идентичны, хотя и близки по форме [4].

Для измерения величины времени запаздывания τ в измерительный канал первого сигнала вводится блок регулируемого запаздывания (БРЗ). Он может быть представлен в виде магнитной ленты или магнитного барабана с подвижной считывающей головкой, устанавливаемой с помощью ходового винта. Возможно изменение времени регулируемого запаздывания τ_{p3} передвижением считывающей головки. Производится перемножение сигналов с фотоэлементов в множителе, и полученное произведение выводится на индикатор. Выходной сигнал является произведением двух сигналов $f_1(t) - f_1(t - \tau_{p3})$ и $f_2(t) = f_1(t - \tau)$. Выходной сигнал будет максимальным при $\tau_{p3} = \tau$. Изменяя величину запаздывания τ , получают максимальные показания индикатора и тем самым обеспечивают условие $\tau_{p3} = \tau$. Затем по формуле (1.9) определяют скорость движения металла. Шкалу БРЗ можно проградуировать непосредственно в единицах измерения скорости.

Для определения τ можно применять схему, в которой перемножение двух сигналов заменяется их вычитанием или суммированием с последующим возведением в квадрат.

1.2.2 Растровый метод

Принципиальная оптическая схема измерителей на основе растрового метода приведена на рисунке 1.9 Рисунок . В ней используется афокальная оптическая система с телецентрическим ходом лучей. Афокальная система обеспечивает независимость размера изображения измеряемого объекта от изменения рабочего расстояния, а телецентрическая система с апертурной диафрагмой в задней фокальной плоскости 1-го объектива обеспечивает уменьшение влияния абберационных искажений и неточности настройки оптической системы.

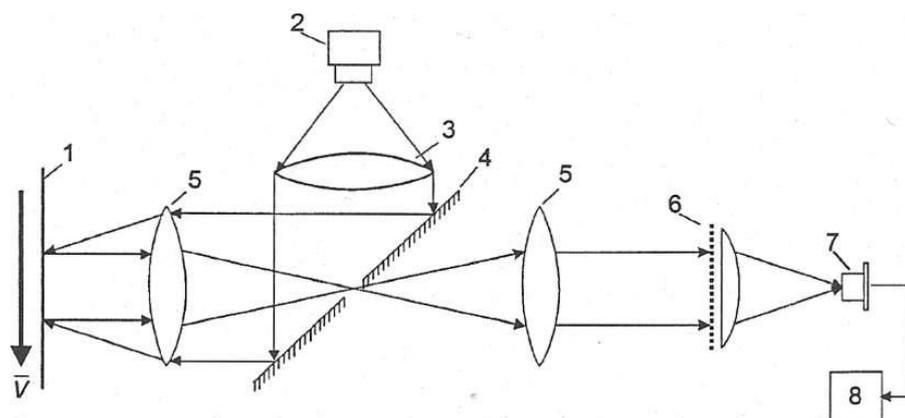


Рисунок 9 – Схема оптического растрового измерителя скорости:

1 — контролируемый объект; 2 — излучатель; 3 — конденсор; 4 — зеркало; 5 — линзы; 6 — растровый анализатор; 7 — фотоприемник; 8 — сигнал-процессор

Выходная частота f и измеряемая скорость v связаны простым соотношением

$$f = \frac{Mv}{d}, \quad (1.10)$$

где d — шаг растрового анализатора;

M — масштаб оптической системы.

Для определения направления движения возможно использование двух амплитудных пространственных периодических структур, имеющих одинаковый шаг и сдвинутых на 90° .

1.2.3 Метод на основе эффекта Доплера

В основу метода положен эффект Доплера — измерение частоты регистрируемых колебаний при движении источника или приемника волн. В методах лазерного измерения скорости используется эффект изменения частоты лазерного излучения при его рассеянии оптическими неоднородностями движущегося объекта.

В общем случае ЛДИ состоит из источника света (лазера), оптических устройств для передачи и приема излучения, фотоприемника и устройства для выделения и обработки доплеровского сигнала (рисунок 1.10 Рисунок).

С выхода передающего тракта подается излучение со спектром мощности $S_2(\nu_0)$, которое после рассеяния на измеряемом объекте 3 из-за амплитудной, фазовой и частотной модуляции среды в общем случае изменится на $S_3(\nu_0 + \nu_D)$. После блока выделения доплеровского сдвига частот 6 на выходе образуется электрический сигнал определенной частоты $S_5(f_0)$ [5].

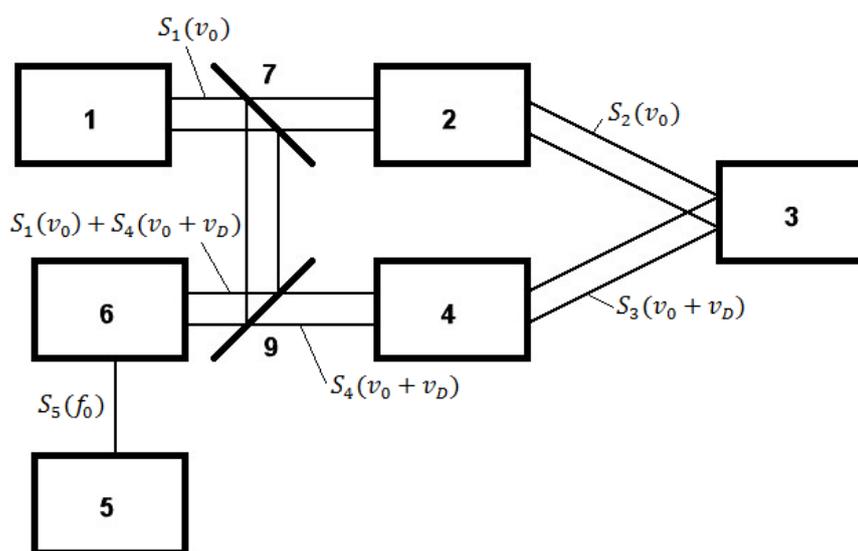


Рисунок 1.10 – Блок-схема ЛДИ

1 — источник излучения — лазер; 2 — передающий оптический тракт; 3 — исследуемый объект; 4 — приемный оптический тракт; 5 — блок обработки информации; 6 — блок выделения доплеровского сдвига частоты; 7,9 — расщепители пучка.

В качестве источника когерентного излучения оптического диапазона выступает лазер. Применяемые лазеры делятся на несколько групп в зависимости от характера работы, мощности излучения, диапазона длин волн и вида излучения. Мощность лазера ограничивает дальность действия ЛДИ. Мощность сигнала P_p , принятого приемником, вычисляется по формуле 1.11

$$P_p = P_l \frac{\sigma'}{R^2(\Delta\theta)^2} \frac{1}{4\pi} \frac{D_0^2}{R^2} \xi, \quad (1.11)$$

где P_l — мощность лазера;

R — расстояние до объекта;

σ' — эффективное сечение рассеяния объекта;

$\Delta\theta$ — расходимость излучения лазера;

D_0 — диаметр приемной оптики;

ξ — коэффициент, учитывающий потери в оптических элементах.

Если лазер излучает мощность в плоском угле $\Delta\theta$, то на расстоянии R от лазера выражение для плотности мощности имеет вид $P_R = \frac{1}{R^2(\Delta\theta)^2}$. Часто этой мощности рассеивается объектом. Рассеянная мощность пропорциональна падающей плотности мощности и эффективному сечению рассеяния объекта: $P_p = P_l \frac{\sigma'}{R^2(\Delta\theta)^2}$. Она распределена во всем пространстве 4π . Часть рассеянной мощности, пропорциональная отношению $\frac{D_0^2}{R^2}$, захватывается приемным трактом. Потери в приемной системе учитывается введением коэффициента ξ . Если мощность лазера задана, то при известной пороговой мощности обнаружения можно определить дальность действия ЛДИ и необходимое эффективное сечение рассеяния объекта. Если расстояние задано, то можно рассчитать сигнал в приемнике. Одна часть спектра мощности излучения лазера $S_1(\nu_0)$

направляется в передающий тракт, другая часть — в блок выделения доплеровского сдвига частоты.

Назначением приемного и передающего оптических трактов является формирование пучка с необходимыми параметрами и обеспечение распространения его в нужном направлении. В обоих трактах необходимо учитывать свойства оптических элементов, поскольку они существенно влияют на характеристики пучка, а также свойства текущей среды.

Основными параметрами при конструировании передающего и приемного трактов оптических схем являются следующие:

Диапазон измеряемых скоростей

- Для измерения малых скоростей (10^{-6} — 10^{-2} м/с);
- Для измерения средних скоростей (10^{-2} — 10^2 м/с);
- Для измерения больших скоростей (10^2 — 10^7 м/с);

Пространственное разрешение — показывает, сколько независимых измерений можно выполнить в единице объема

- С малым пространственным разрешением (до 1 см^{-3});
- Со средним пространственным разрешением (1 — 10 см^{-3});
- С высоким пространственным разрешением (до 10 см^{11});

Чувствительность — показывает, какую минимальную мощность ДЛИ может зарегистрировать, определяет его дальность действия;

Число измеряемых проекций вектора скорости

- Однокомпонентные;
- Двухкомпонентные;
- Трехкомпонентные;

Точность измерений — в основном определяется блоком выделения доплеровского сдвига частот и блоком обработки информации.

Все модификации конструкций оптических схем ЛДИ используют один из следующих интерференционных эффектов:

Интерференцию рассеянного света от одного лазерного пучка с нерассеянным светом от другого пучка (схема с опорным лучом);

Интерференцию рассеянного света от одного лазерного пучка с рассеянным светом от другого пучка (дифференциальная или интерференционная схема).

Для выделения доплеровского сдвига частоты в оптических схемах с опорным лучом применяют метод фотосмещения, в дифференциальных схемах — метод прямого гетеродинамирования. Существуют также схемы с оптическими спектральными приборами.

В методе фотосмещения фотоприемником принимаются две волны: сигнальная волна, несущая информацию о скорости объекта $S_4(\nu_0 + \nu_D)$, и опорная волна с информацией о начальной частоте излучения лазера $S_1(\nu_0)$. Интерференция между сигнальной и опорной волнами происходит только в области поперечного сечения опорного пучка.

Фотоприемник является квадратичным детектором, поэтому его выходной ток содержит переменную составляющую с частотой, равной разности частот опорной и сигнальной волн. Частота сигнала от местного источника должна обладать высокой стабильностью. В ЛДИ в качестве опорной волны используется часть излучения лазера, которым зондируется исследуемый объект. Требования к стабильности частоты лазера существенно ниже, если разность хода опорной и сигнальной волн меньше длины когерентности излучения лазера. [6]

Спектр мощности полного фототока при фотосмещении определяется по формуле:

$$S_{\phi}(\nu) \sim i_{\Sigma}^2 \delta(\nu) + i_{\text{дш}} + i_{\Sigma} i_{\sim} \frac{\alpha}{(\nu - (\nu_p - \nu_0))^2 + \alpha^2}, \quad (1.12)$$

где α — ширина спектрального распределения на полувысоте, и состоит из трех членов (рисунок 1.11): спектра постоянной составляющей, равномерного спектра дробовых шумов и спектра фотосмещения.

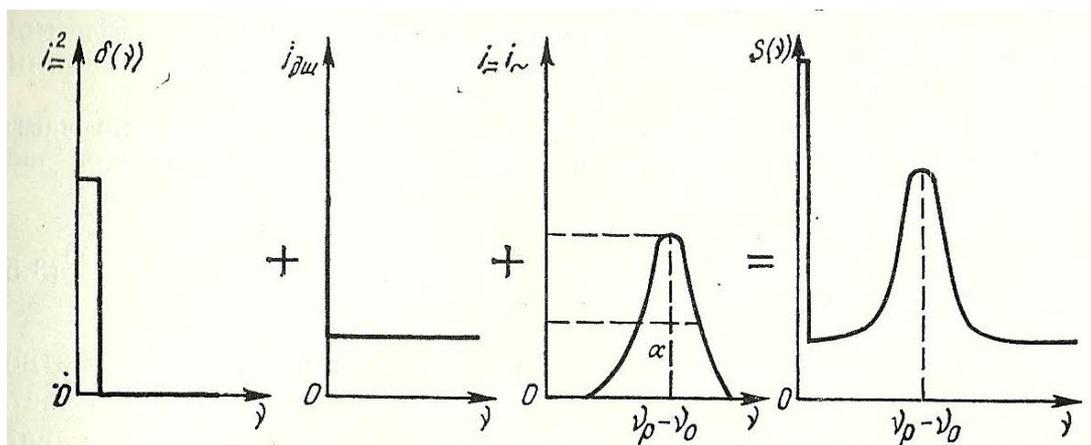


Рисунок 1.11 – Схематический вид составляющих спектра фототока и спектра мощности полного фототока при фотосмещении

В отличие от прямого фотодетектирования спектр фототока при фотосмещении определяется спектром сигнального поля независимо от его статистики: как и оптический спектр, он является лоренцовым и имеет ту же ширину. Эффективность преобразования световой энергии в электрическую на доплеровской частоте существенно зависит от распределения амплитуды и фазы падающих на фотоприемник волн. Преобразование будет эффективным только в случае, когда волновые фронты находятся в фазе на всей поверхности фотоприемника, что существенно ограничивает падающей на фотоприемник световой поток.

Допустимый угол рассогласования волновых фронтов может быть рассчитан, если фотоприемник рассматривать как излучающий источник с теми же размерами; тогда его дифракционный угол расходимости определяет допустимый угол рассогласования. Чтобы на выходе приемника наблюдался изменяемый во времени фототок, необходимо выполнение следующего условия:

$$\sin \theta_p \approx \theta_p \leq 1.22\lambda/d_{\text{фп}}, \quad (1.13)$$

где θ_p — угол прихода сигнальной волны (учитывается только первый максимум). В результате интерференции волн с различной частотой по поверхности фотоприемника бегут интерференционные полосы с периодом δ . Переменная составляющая фототока будет значительно больше постоянной составляющей, если размер фотоприемника меньше δ , что эквивалентно условию (1.13)(1.13).

Антенная теорема, рассматривающая фотоприемник как приемную антенну, гласит, что, чем больше площадь фотоприемника, тем в меньшем телесном угле он захватывает сигнальные волны, и наоборот. Таким образом, приемник с заданной площадью $A_{\text{фп}}$ эффективно принимает волны только в некотором телесном угле Ω_D ; если задав телесный угол $\Omega > \Omega_D$, то эффективно работает не вся поверхность фотоприемника, а только некоторая ее часть $A'_{\text{фп}}$, причем существует связь между $A'_{\text{фп}}$ и Ω . Условие гетеродинирования принимает вид

$$\lambda^2 \geq A_{\text{фп}} \Omega = A'_{\text{фп}} \Omega_D, \quad (1.3)$$

т. е. произведение эффективной площади фотоприемника на эффективный телесный угол захвата приходящих волн есть величина постоянная, меньшая или равная квадрату длины волны.

При фотосмещении рассеянного света важно знать, какая часть освещаемого объекта дает вклад в сигнальный ток. Площадь этой части рассчитывается по формуле

$$A'_{\text{фп}} \approx \frac{\lambda^2 R_K^2}{A_{\text{фп}}}, \quad (1.4)$$

где $A'_{\text{фп}}$ — площадь когерентности, R_K — расстояние до части объекта, дающей вклад в сигнальный ток. Таким образом, все частицы, которые находятся в цилиндре с площадью основания $A'_{\text{фп}}$, дают вклад в сигнальный ток, а все остальные частицы — только в постоянную составляющую фототока. Площадь $A'_{\text{фп}}$ в обычных условиях мала, поэтому пучок лазера необходимо фокусировать в исследуемую точку. Расположение оптических элементов любого типа на пути сигнальной волны перед фотоприемником изменяет эффективную площадь $A'_{\text{фп}}$ и угол обзора Ω_D , а также их соотношение, но не влияет на произведение этих величин $\lambda^2 \approx A'_{\text{фп}} \Omega_D$.

Помимо контроля телесного угла, под которым собирается рассеянный свет, приемная система должна контролировать область, от которой получается сигнал, т. е. область, определяющую измерительный объем. Это достигается с помощью двух диафрагм или линз. В обоих случаях приемная система должна

обеспечивать пространственную когерентность между световыми волнами, интерферирующими на апертуре приемника. В случае двух диафрагм для обеспечения когерентности, т. е. совмещения волновых фронтов рассеянного и опорного лучей, должно выполняться соотношение $A_1 A_2 = (L\lambda)^2$, где A_1, A_2 — площади 1-й и 2-й диафрагм, L — расстояние между диафрагмами.

Таким образом, к недостаткам метода фотосмещения можно отнести:

Необходимость высокого пространственного согласования волновых фронтов падающих волн, вследствие жесткого ограничения, накладываемого на максимальный телесный угол светового потока рассеянного света на входе в фотоприемник;

Возможность измерения только разности частот.

В тоже время важным преимуществом метода является его высокая чувствительность. Также выходной электрический сигнал может быть детектирован с помощью известных методов обработки сигнала и стандартной измерительной аппаратуры

В методе прямого гетеродинирования на фотоприемник направляется рассеянное лазерное излучение и анализируется фототок, который пропорционален квадрату падающего поля. Рассеянная световая волна является случайной функцией, поскольку амплитуда и фаза ее испытывают случайные флуктуации. Случайное поле характеризуется функцией пространственно-временной когерентности. При допущении, что оптический спектр имеет лоренцовый вид с шириной на полувысоте, равный α , и центрирован на частоте, равной ν_0 . Спектр мощности фототока для такого поля определяется так:

$$S_{\phi}(\nu) \sim i_{\Sigma}^2 \delta(\nu) + i_{\text{дш}} + i_{\Sigma} i_{\sim} \frac{\alpha}{(\nu - (\nu_p - \nu_0))^2 + \alpha^2}, \quad (1.5)$$

Спектр фототока состоит из трех составляющих (рисунок 1.12): равномерного спектра постоянной составляющей на нулевой частоте, спектра дробовых шумов и спектра биений лоренцового вида.

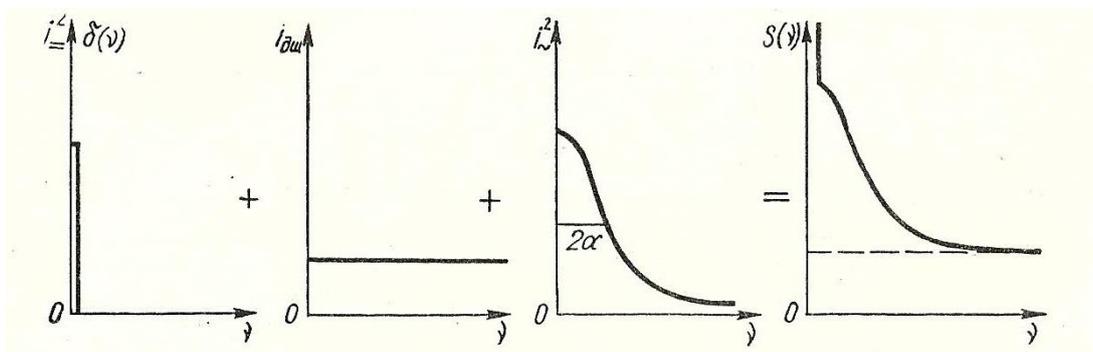


Рисунок 1.12 – Схематический вид составляющих спектра фототока при прямом фотодетектировании

Однако спектр биений центрирован на нулевую частоту и имеет ширину в два раза большую, чем исходный оптический спектр. Если спектр рассеянного излучения описывается гауссовой кривой, то спектр фототока будет также гауссовым с шириной в $\sqrt{2}$ раза большей, чем ширина оптического спектра, Если спектр рассеянного излучения описывается более общей кривой, то результирующий спектр фототока можно выразить в виде соответствующей свертки.

Спектр фототока при прямом фотодетектировании дает информацию только о квадрате абсолютной комплексной степени когерентности оптического поля. Следовательно, теряется информация о несущей частоте ν_0 и фазе, связанной с абсолютной комплексной степенью когерентности. Интенсивность результирующего рассеянного излучения модулируется с частотой, равной разности доплеровских частот, независимо от направления наблюдения. Метод прямого фотодетектирования отличается простотой приемного устройства, что является его основным достоинством. Поскольку нет проблемы согласования фронтов, нет таких жестких ограничений к размеру телесного угла как в методе фотосмещения.

В оптическом спектральном методе используется спектральная аппаратура оптического диапазона, такая как спектрографы и интерферометры. К достоинствам данного метода можно отнести [7]:

- Нет верхнего предела измеряемых скоростей;
- Возможность определения направления движения.

Недостатки метода:

- Необходимость преобразования пространственного спектра анализируемого излучения в электрический сигнал;
- Недостаточное временное разрешение.

1.3 Выбор метода

Традиционно используемые контактные методы уже не отвечают современным требованиям по точности, быстродействию и надежности. Также существуют ограничения к номенклатуре контролируемых объектов, так как нет возможности измерять высокотемпературные, деформируемые, хрупкие или клейкие материалы.

Последнюю проблему решают бесконтактные методы измерения, например, фотоимпульсный метод или метод с использованием меток. Т.к. приборы не имеют механического контакта, нет погрешностей, вызванных проскальзыванием, износом измерительных колес, налипшей грязью. В тоже время они не требуют столь тщательного профилактического обслуживания. Однако в последнее время важным параметром контроля наряду с длиной объекта становится скорость, которая в вышеприведенных методах усредняется по длине объекта. Возможностью измерения не только средней, но мгновенной скорости обладают косвенные методы измерения. Данные методы обеспечивают высокую точность измерения в широком диапазоне скоростей и ускорений.

Приборы на основе корреляционного метода не особо распространены, это обусловлено значительными трудностями при реализации обработки поступающих данных, т.к. при переменной скорости движения контролируемых объектов нужно выполнять непрерывный поиск экстремального значения автокорреляционной функции. Такая операция реализуется посредством дискретного изменения интервала корреляции τ с шагом дискретизации $\Delta\tau \ll \tau$ и сравнения коэффициентов корреляции, вычисленных при различных значениях $\tau \pm \Delta\tau$. В процессе контроля нужно непрерывно подстраивать интервал корреляции по максимальному коэффициенту корреляции, что

практически приводит к значительному увеличению объема вычислительных операций и ограничению точности корреляционных измерений.

Растровый метод наиболее целесообразно применять при небольших вибрациях, требуемой погрешности (0.1...0.3 %) и расстояниях до объекта 30...200 мм. Его применение в производстве при значительных вибрациях объекта измерения затруднено.

Применение метода на основе эффекта Доплера возможно любом диаметре кабеля. При этом данный метод обеспечивает повышенную точность с возможностью дистанционных измерений.

Таблица 1 – Параметры различных измерителей [2,3,9]

	Механический метод	Метод магнитных меток	Корреляционный метод	Лазерный метод
Диаметр кабеля, мм	до 100	до 20	5...180 мм	-
Диапазон скоростей, м/мин	700	600	500	12000
Расстояние до объекта, мм	-	до 20	до 1600	до 1000
Погрешность измерения длины, %	0,3	0,3	0,15	0,03
Погрешность измерения скорости, %	3	1	0,5	0,05

Исходя из данной таблицы 1 можно сделать вывод, что ЛДИ имеет преимущества над механическими. Они заключаются в меньшей погрешности измерения, отсутствии контакта с изделием, дистанционным измерении. По сравнению с бесконтактными методами ЛДИ имеет преимущества в отсутствии ограничения диаметра кабеля.

2 Анализ существующих доплеровских лазерных измерителей длины и скорости

Разработаны различные конструкции лазерных доплеровских измерителей скорости, их главные производители и основные параметры приборов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Погрешности измерения длины производителей ЛДИ

Фирма	Погрешность измерения длины, %	Максимальная измеряемая скорость, м/мин	Расстояние до объекта, мм
POLYTEC GmbH	± 0.05	± 2500	до 900
PROTON PRODUCTS Ltd	± 0.05	± 5000	до 600
Beta LaserMike	± 0.03	± 12000	до 1000
DANTEC	± 0.1	± 2700	до 500

Все приборы отличаются высокой точностью и быстродействием. Данные приборы не критичны к типу поверхности, имеют возможность измерения проката, листовой стали, заготовок, труб, профиля, нити, бумаги, фольги, пленки, провода, кабеля, ленты, упаковки, ткани, нетканых материалов, строительных материалов и др. Программное обеспечение использует преобразование Фурье и корреляционный анализ. Для легкого интегрирования в технологическую линию поддерживают различные интерфейсы, в том числе Ethernet, RS-232, RS-422, RS-485 импульсный и аналоговый выходы. Приборы используют лазерное излучение видимого диапазона для удобства монтажа и резулировки. Все устройства позволяют измерять в двух режимах: стандартном и пакетном. В стандартном режиме измеряется длина в пределах измерителя. В пакетном режиме возможна установка определенной длины пакета в пределах диапазона измерений, при этом будет происходить накопление информации о количестве измеренных пакетов.

В зависимости от модификации прибора различаются диапазон расстояний до измеряемого объекта, глубина диапазона измерения и максимальная скорость объекта.

К различиям можно отнести то, что приборы фирмы Proton поддерживают продувку воздухом, а Polytec также водяное охлаждение для работы в условиях горячих цехов. Все приборы кроме выпускаемых фирмой DANTEC имеют встроенную функцию автоматического определения наличия объекта в диапазоне измерения, а Polytec также определения направления движения. Эта возможность удобна при измерении длины объекта. Также приборы фирмы Polytec поддерживают функцию автоматической адаптации, подстраивающей обработку сигнала в соответствии с изменениями свойств поверхности объекта, появлением паров и пыли на пути луча.

Таким образом, существующие приборы не имеют принципиальных различий, кроме некоторых дополнительных возможностей приборов Polytec и Proton, обусловленных спецификой их использования в металлургии.

3 Разработка измерительного макета

На рисунке 3.1 представлена структурная схема ЛДИ.

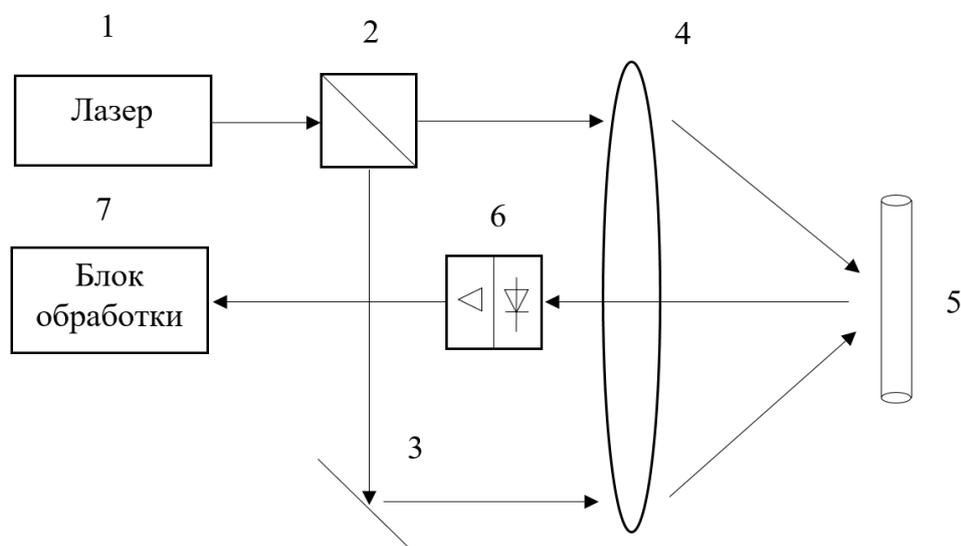


Рисунок 3.1 Структурная схема ЛДИ

1 – источник излучения – лазер (с длиной когерентности 50 м); 2 – призма куб; 3 – зеркало; 4 – собирающая линза; 5 – объект контроля; 6 – фотоприемник; 7 – блок обработки информации.

Излучение лазера характеризуется такими параметрами как:

- Направленность;
- Когерентность;
- Монохроматичность;
- Интенсивность;

Одно из основных свойств лазерного излучения — его направленность. Без применения дополнительной оптической системы расходимость пучка полупроводниковых лазеров составляет от единиц до десятков градусов. Важной характеристикой лазерного излучения для ЛДИ — высокая степень пространственной когерентности. Если один пучок расщепляют на две компоненты, которые затем вновь соединяют, чтобы получить интерференционные полосы, то разность хода вдоль пучков должна быть существенно меньше длины когерентности. В ЛДИ наиболее перспективно использование одночастотных лазеров, хотя часто они имеют недостаточную

выходную мощность. Все реальные источники света дают только квазимонохроматическое излучение, амплитуда и фаза которого флуктуируют случайным образом. Поскольку в реальных схемах ЛДИ сигнальный и опорный пучки образуются из одного и того же источника лазерного излучения, то процесс фотосмещения является по существу двухлучевой интерферометрией с регистрацией бегущей интерференционной картины.

Для проведения дальнейшего исследования было принято решение о приобретении полупроводникового лазера видимого участка спектра с длиной волны 658 нм. Использование этого лазера облегчит юстировку оптической системы. Так же этот лазер имеет малый габарит, что хорошо повлияет на компоновку ЛДИ.

На основании выбранного лазера был спроектирован макет (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Макет лазерного измерителя

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Таким образом, целью раздела является анализ и выбор конкурентоспособного метода измерения скорости и длины протяженных изделий.

4.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап помогает выявить сильные и слабые стороны проекта, также возможности и угрозы.

Таблица 4.1 – Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Экономичность и функциональность технологии С2. Стоимость системы ниже аналогичных технологий С3 Простота метода измерения скорости С4. Высокая надежность С5. Подготовка всех требуемых заказчику оборудования и технологии	Слабые стороны проекта: Сл1. Стоимость системы сильно зависит от стоимости комплектующих материалов Сл2. Сложность обслуживания системы Сл3. Погрешности измерения из-за аберраций линзы Сл4. Частые поломки из-за хрупкости линзы Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих
--	---	--

Продолжение таблицы 4.1

<p>Возможности: В1. Увеличение спроса продукции на рынке В2. Имеем оборудование для выполнения комплексного исследования В3. Замещение импортной продукции отечественной В4. Повышение стоимости конкурентных разработок В5. Имеет спрос в кабельной промышленности</p>	<p>1. Провести исследования проекта 2. Разработать измерительную систему 3. Корректировать ошибки 4. Продвинуть проект на рынок 5. Заключить договора с предприятиями</p>	<p>1. Улучшить систему, сделать ее малогабаритной 2. Уменьшить погрешности измерения путем аппаратных и программных методов корректировки ошибок 3. Сделать более эффективную в применении измерительную установку 4. Защитная конструкция для линзы</p>
<p>Угрозы: У1. Высокая конкуренция У2. Узко-направленность продукции У3. Возможность предпочтения аналогов У4. Небольшой спрос на товар У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p>1. Снизить конкуренцию за счет простоты и удобства использования продукции 2. Более низкая стоимость производства и экономичность технологии позволят увеличить спрос, а также минимизировать потери при несвоевременном финансовом обеспечении.</p>	<p>Неудобство работы с крупногабаритной и хрупкой системой, большие погрешности измерения приводит к отсутствию спроса на рынке</p>
<p>Угрозы: У1. Высокая конкуренция У2. Узко-направленность продукции У3. Возможность предпочтения аналогов У4. Небольшой спрос на товар У5. Проблемы с электричеством</p>	<p>1. Увеличить спрос за счет низкой стоимости продукции 2. Снизить конкуренцию за счет простоты и удобства использования продукции 3. Установить защиту от удара электричеством</p>	<p>Неудобство работы с крупногабаритной и хрупкой системой, большие погрешности измерения приводит к отсутствию спроса на рынке</p>

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

Таблица 4.2 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	+	+	+
	B2	0	0	+	0	+
	B3	+	+	-	+	0
	B4	+	+	0	+	0

Продолжение таблицы 4.2

B5	+	+	+	+	-	
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	+	0	-	+
	B3	+	+	-	-	0
	B4	+	-	0	+	-
	B5	-	-	-	-	0
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	0
	У2	0	0	+	0	0
	У3	+	+	+	+	0
	У4	-	0	0	+	0
	У5	+	-	-	-	-
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	0	0	+
	У2	-	+	0	-	+
	У3	+	+	-	-	0
	У4	+	-	0	+	-
	У5	+	-	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц:

Сильно коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C1C2C3C4C5, C3 B1B2C4 B3 B4 B5, B5 C1C2C3C4.

Сильно коррелирующие слабые стороны и возможности: У1Сл1 Сл2 Сл3 Сл4, У1Сл1 Сл2 Сл3 Сл4 Сл5, B5 Сл1Сл2 Сл3Сл4.

Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

Вывод: проект имеет свои недостатки и слабые стороны, но с помощью возможностей и сильных сторон можно продвинуть проект на рынок, а также

есть возможность снизить угрозы и риски, и поэтому есть хорошая вероятность его реализации.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Выбор метода, проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Руководитель, инженер
	8	Измерение скорости и длины протяженных изделий	Инженер
	9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
	10	Устранение погрешности измерения путем аппаратных и программных методов корректировки ошибок	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	12	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер

Продолжение таблицы 4.3

Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	13	Разработка структурной схемы измерителя	Инженер
	14	Разработка оптической схемы измерителя	Инженер
	15	Выбор и расчет конструкции	Инженер
	16	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер
	17	Разработка электрической принципиальной схемы	Руководитель, инженер
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	18	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Руководитель, инженер
	19	Лабораторные испытания макета	Руководитель, инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	20	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.1)$$

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_p , 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожіi}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

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

$t_{ожіi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4.4)$$

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

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

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

$T_{кал} = 365$ дней

$T_{\text{вых}} = 52$ воскресения

$T_{\text{пр}} = 14$ дней

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365-52-14} = 1,22$$

Таблица 4.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$, чел-дни							
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Составление и утверждение ТЗ	2	-	5	-	1	-	+	-	3,2	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	20	-	14	-	+	-	14	-	17
Проведение патентных исследований	-	1	-	3	-	1,8	-	+	-	1,8	-	2
Выбор направления исследований	3	3	5	5	3,8	3,8	+	+	1,9	1,9	2	2
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	+	+	0,7	0,7	1	1
Выбор метода, проведение теоретических расчетов и обоснований	-	10	-	20	-	14	-	+	-	14	-	17
Построение макетов и проведение экспериментов	20	20	30	30	24	24	+	+	12	12	15	15
Измерение скорости и длины протяженных изделий	10	10	20	20	14	14	+	+	7	7	9	9

Продолжение таблицы 4.4

Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	-	1	-	3	-	1,8	-	+	-	1,8	-	2	
Устранение погрешности измерения	2	2	4	4	2,8	2,8	+	+	1,4	1,4	2	2	
Оценка эффективности полученных результатов	2	-	3	-	2,4	-	+	-	2,4	-	3	-	
Определение целесообразности проведения ОКР	4	4	6	6	4,8	4,8	+	+	2,4	2,4	3	3	
Разработка структурной схемы	-	1	-	2	-	1,4	-	+	-	1,4	-	2	
Разработка оптической схемы	-	1	-	5	-	2,6	-	+	-	2,6	-	3	
Выбор и расчет конструкции	-	3	-	7	-	4,6	-	+	-	4,6	-	6	
Оценка эффективности производства и применения изделия	-	3	-	7	-	4,6	-	+	-	4,6	-	6	
Разработка электрической принципиальной схемы	4	4	8	8	5,6	5,6	+	+	2,8	2,8	3	3	
Конструирование и изготовление макета	7	7	14	14	9,8	9,8	+	+	4,9	4,9	6	6	
Лаб.испытания макета	7	7	14	14	9,8	9,8	+	+	4,9	4,9	6	6	
Составление ПЗ	-	10	-	30	-	18	-	+	-	18	-	22	
Итого										44	101	53	123

Таблица 4.5 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль			март			апрель			май			июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	4	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	17	■	■	■											
3	Проведение патентных исследований	Инженер	2			■											
4	Выбор направления исследований	Руков., инж.	2			■											
5	Календ. планирование работ по теме	Руков., инж.	1				■										
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	17				■	■	■								
7	Выбор метода, проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, инженер	15						■	■	■						
8	Измерение скорости и длины протяженных изделий	Инженер	9							■	■	■					
9	Сопоставление результатов	Инженер	2									■	■				
10	Устранение погрешности измерения	Руков., инж.	2											■	■		
11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	3												■	■	■
12	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер	3													■	■
13	Разработка структурной схемы	Инженер	2														■
14	Разработка оптической схемы	Инженер	3														■
15	Выбор и расчет конструкции	Инженер	6														■
16	Оценка эффективности производства и применения изделия	Инженер	6														■
17	Разработка электрической принципиальной схемы	Руководитель, инженер	3														■
18	Конструирование и изготовление макета	Руководитель, инженер	6														■
19	Лаб.испытания макета	Руков., инж.	6														■
20	Составление ПЗ	Инженер	22														■

■ – руководитель ■ – инженер

4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (4.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 4.6 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _м), руб.
Асферическая линза	1 штука	1	3000	3450
Призма	1 штука	1	2000	230
Интегральные микросхемы КР140УД22	1 штука	1	25	28,75
Интегральные микросхемы КР544УД2	1 штука	10	20	230
Логические микросхемы К561ЛП2	1 штука	1	20	23
Диоды 1N4004	1 штука	4	2	9,2
Конденсаторы К10-176	1 штука	20	5	115
Переменные резисторы СПЗ-4АМ	1 штука	1	50	57,5
Подстрочные резисторы СП5-2ВБ	1 штука	2	25	57,5
Транзисторы КТ361Б	1 штука	1	2	2,3
Припой ПОС-61	1 метр	5	20	115
Канифоль сосновая	100 грамм	3	290	1000,5
Плата монтажная	1 штука	1	50	57,5
Корпус	1 штука	1	500	575
Итого				5893,75

4.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных

(экспериментальных) работ

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 8. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 4.7 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Амортизационные отчисления за время использования оборудования, руб.
1	Компьютер высокой мощности	1	25000	3750
2	Паяльная станция	1	2000	300
3	Лазерный диод	1	2000	300
4	Генератор VC-2002	1	8000	1200
5	Источник питания постоянного напряжения и тока АТН-4235	1	46000	6900
Итоговая сумма				12450

4.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.6)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.8)$$

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. 9).

Таблица 4.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273

Месячный должностной оклад работника взят из документа «Оклады по новой системе оплаты труда с 01.06.2016 г.» (см. Приложение А)

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 10. Руководитель Федоров Е. М. – доцент ОКД, ктн.

Таблица 4.9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _м без учета РК (2019 г), руб.	З _м с учетом РК (2019 г), руб.	З _{дн} , руб.	Т _{р. раб. дн.}	З _{осн} , руб.
Руководитель	33664	43763,2	1827,86	44	80425,86
Инженер	26300	34190	1402,67	101	141669,33
Итого З _{осн}					222095,20

4.3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы равный 0,12.

Таблица 4.10 – дополнительная заработная плата

	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата	80425,86	141669,33
Дополнительная з/п	9651,10	17000,32
Итого доп. з/п	26651,42	

4.3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.10)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

Таблица 4.11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	80425,86	12063,88
Инженер	141669,33	21250,40
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого $Z_{\text{внеб}} = 25064,72 + 44151,25 = 69215,97$ руб.		

4.3.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.11)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (5893,75 + 12450 + 222095,20 + 33314,28 + 69215,97) \cdot 0,16 = \\ &= 51347,07 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 4.12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	5893,75	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	12450	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	222095,20	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	33314,28	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	69215,97	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	55547,07	Пункт 3.4.8
7. Бюджет затрат НТИ	402716,27	Сумма ст. 1- 8

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.12)$$

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).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.13)$$

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

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Аналог 1	Аналог 2
1. Погрешность измерения	0,15	4	4
2. Себестоимость	0,25	5	5
3. Энергосбережение	0,15	4	4
4. Надежность	0,35	5	3

Продолжение таблицы 4.13

5. Материалоемкость	0,1	3	4
ИТОГО	1		

$$I_{p-исн1} = 4*0,15 + 5*0,25 + 4*0,15 + 5*0,35 + 3*0,1 = 4,5;$$

$$I_{p-исн2} = 4*0,15 + 5*0,25 + 4*0,15 + 3*0,35 + 4*0,1 = 3,9;$$

Таблица 4.14 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,62	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	7,26	4,53
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,6	0,85

Выводы: интегральный показатель ресурсоэффективности первого варианта исполнения 4,5 выше, чем второго.

Показатель сравнительной эффективности в итоге получился самым высоким 1,6.

Сравнив эти значения, можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа посвящена измерению длины и скорости протяженных изделий. Целью исследований является исследование лазерного доплеровского измерителя.

В процессе работы проводились подбор лазера с нужными характеристиками, подбор линз для получения интерференционной картины.

Также в исследовании проводились работы с монтажом печатной платы измерителя, что связано с химическим воздействием токсичных металлов, содержащихся в припое, таких как свинец, цинк. Может произойти образование кожной аллергии в результате воздействия растворителей, канифоли, содержащихся во флюсах.

Целью данного раздела работы является анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при использовании лазерного измерителя. Также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

При выполнении данной работы рабочими зонами являются:

- учебная лаборатория к. 605 (далее: лаборатория) Отделения контроля и диагностики 18 корпуса ТПУ, где располагается рабочий компьютер со специализированными программами и макет лазерного измерителя;
- помещение, где проводятся работы по разработке макета и экспериментальная часть (ООО «НПО Редвилл», п-р Ленина 30/2, офис 159).

В текущем разделе рассматриваются вопросы охраны труда и техники безопасности, связанные с работой в лаборатории, а также разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье работников лаборатории опасных и вредных факторов, создание безопасных условий труда для обслуживающего персонала.

Таким образом, в работе используются два основных помещения, для каждого из которых предъявляются собственные требования с точки зрения охраны труда и техники безопасности.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник предприятия ООО «НПО Редвилл», п-р Ленина 30/2, офис 159 имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место на предприятии ООО «НПО Редвилл», п-р Ленина 30/2, офис 159 должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [1]. «Пункт 1.2. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны

соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.» Оно должно занимать площадь не менее 6 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 мм². Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

«Пункт 2.1. Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля на рисунке 5.1»

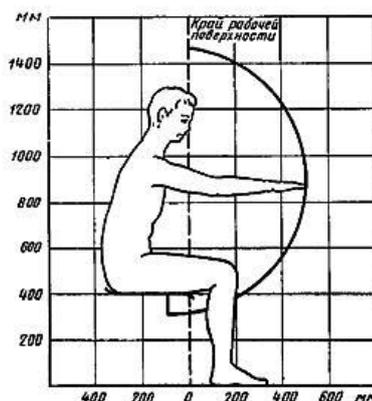


Рисунок 5.1 - Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

Рабочее место сотрудника на предприятии ООО «НПО Редвилл», п-р Ленина 30/2, офис 159 соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [18].

5.2. Производственная безопасность

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть

при производстве объекта на предприятии

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов» [20], характерных для проектируемой производственной среды. Опасные и вредные факторы представлены в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Наименование работ производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Работа с электрооборудованием	<ul style="list-style-type: none"> Недостаточная освещенность рабочей зоны [21,36] 	Поражение электрическим током	1. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. 2. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. 3. ГОСТ 12.2.021-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрооборудование взрывозащищенное. Порядок согласования технической документации, проведения испытаний, выдачи заключений и свидетельств 4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

Продолжение таблицы 5.1

<p>2. Монтаж печатных плат</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Химические факторы [21,36], • Физические факторы [21,36], • Неудовлетворительный микроклимат [21,36] 	<p>Пожаровзрывоопасность</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны 2. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация 3. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха 4. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности 5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
<p>3. Проверка работоспособности макета прибора при подключении к сети</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенный уровень шума на рабочем месте [21,36] • Повышенный уровень электромагнитных полей [21,36] 		<ol style="list-style-type: none"> 1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки 2. СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях" 3. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. 4. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы

5.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

При исследовании длины и скорости протяженных изделий на рабочем месте ООО «НПО Редвилл» офис 159, основными источниками потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) являются работа с электрооборудованием и пайка [19]:

Могут навредить чрезмерное напряжение глаз при работе при недостаточном освещении и стресс под действием жары при работе в жарком помещении.

Использование электрооборудования может привести к наличию таких вредных факторов, как повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень электромагнитных полей, повышенная напряженность электрического поля.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы относятся ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» и ГОСТ 12.2.021-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Электрооборудование взрывозащищенное. Порядок согласования технической документации, проведения испытаний, выдачи заключений и свидетельств» [21].

Электромагнитные поля:

Предельно допустимые уровни (ПДУ) электромагнитных полей (ЭМП) на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл», создаваемых электрооборудованием, не должны превышать значений СанПиН 2.2.4.1191-03 [21], представленных в таблице 5.2:

Таблица 5.2 - ПДУ электромагнитного магнитного поля [22]

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

Уровни ЭМП на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл», перечисленные в таблице 5.2. соответствуют нормам СОУТ [36].

Шум:

В соответствии с ГОСТ 23337-2014 основной шум - шум в определенном месте, обычно состоящий из шума различных источников как подвижных, так и расположенных стационарно.

Источниками шума на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» являются: цифровой осциллограф АСК-2061, цифровой мультиметр, паяльная станция, источник питания постоянного напряжения и тока АТН-4235, генератор ВС-2002.

Уровень шума в помещениях не должен превышать 80 дБ согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [22].

Таблица 5.3 Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест [23]

N пп.	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Уровень шума в офисе 159, ООО «НПО Редвилл», соответствует нормам СОУТ [36].

Микроклимат:

В рабочих помещениях, температура не должна превышать 22-24°C согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [23].

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [7] работа, производимая на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» относится к работам категории Іб: к категории Іб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.).

Таблица 5.3 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Іб	22-24	21-25	40-60	0,1

Таблица 5.4 - Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

Микроклимат на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» соответствует допустимым нормам СОУТ [36].

Освещение:

Согласно СНиП 23-05-95 [24], уровень общей освещённости в лаборатории при проведении исследований должно составлять не менее 500 лк.

На рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» имеется естественное и искусственное освещение. В качестве источников света применяются люминесцентные лампы типа ЛБ. Также используются светильники местного освещения - металлогалогенные лампы.

Рекомендации: в качестве источников света применить светодиодные лампы. Прямое излучение ярких светодиодных источников света не должно попадать в поле зрения находящихся в помещении.

Согласно СНиП 23-05-95 [25], на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» III разряд зрительной работы с учетом углового размера объекта различения, определяемого отношением минимального размера объекта различения d к расстоянию от этого объекта до глаз работающего l : св. $0,6 \times 10^{-3}$ « 1×10^{-3}

Таблица 5.5 - Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		
						Освещенность, лк		
						при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения	
						всего	в том числе от общего	
Высокой точности	От 0,30 до 0,50		а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400
		III		Малый	Средний	1000	200	300

Согласно СП 52.13330.2011 условия освещения на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» соответствуют нормам СОУТ [36]

Уровень концентрации вредных веществ в воздухе

Вредные вещества, которые могут содержаться в воздухе при производстве печатных плат. Согласно ГН 2.1.6.695-98 [26], предельно допустимая концентрация (ПДК) хлорида железа и персульфата аммония, выделяющиеся при пайке в воздухе, составляет 0,004 мг/м³ и 0,1 мг/м³ соответственно. Кадмия должно содержаться в воздухе не более 0.0003 мг/м³ исходя из ГН 2.1.6.695-98 [10]. Для обеспечения минимального воздействия вредных веществ или их полного отсутствия на организм человека, необходимо предусмотреть дополнительную вентиляцию, а также средства индивидуальной защиты, такие как респиратор или марлевая повязка.

Уровень концентрации вредных веществ в воздухе на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл», соответствует нормам СОУТ [36]

Электрическая безопасность:

На рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл», согласно ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» основную защиту обеспечивают посредством основной изоляции между опасными частями, находящимися под напряжением, и открытыми проводящими частями, а также посредством автоматического отключения питания. защитное отключение; защитное разделение сетей; предохранительные устройства.

Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия: 1) оформление работы нарядом или устным распоряжением; 2) проведение инструктажей и допуск к работе; 3) надзор во время работы. Уровень напряжения для питания в офисе 159 – 220 В.

Согласно разделу 1.1.13 ПУЭ [27] по опасности поражения электрическим током рабочее место в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» относится к первому классу – помещения без повышенной опасности: сухое, хорошо отапливаемое,

помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%). Используемые напряжения питания до 1000В.

Самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током при эксплуатации измерительных приборов и устройств - защитное заземление, которое предназначено для превращения “замыкания на корпус” в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание потенциала).

Электробезопасность в офисе 159, ООО «НПО Редвилл», соответствует нормам СОУТ [36].

Термические ожоги

При не аккуратном обращении с паяльной станцией, есть большая вероятность получить сильные ожоги. В офисе 159, ООО «НПО Редвилл», все оборудование защищено согласно нормам СОУТ [36]: для избегания травм, паяльник оснащен специальной теплоизоляционной ручкой и подставкой встроенной в саму станцию. Для предотвращения ожогов при контакте с токоведущими частями приборов или при контакте с корпусом прибора во время короткого замыкания, все приборы заземлены.

5.3. Экологическая безопасность

При монтаже печатной платы устройства был задействован флюс для пайки и припой, при работе с которыми происходило испарение веществ. При работе самого прибора в окружающую среду ничего не выделяется.

5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

К вредным и опасным факторам в паяльном производстве относятся: ультрафиолетовое видимое и инфракрасное излучение источников нагрева и нагретых деталей; электромагнитные поля; ионизирующие излучения; ультразвук; рентгеновское излучение; запыленность и загазованность воздуха. При пайке и использовании припоев и флюсов в окружающую среду поступают

аэрозоли, содержащие в составе твердой фазы окислы металлов (марганца, хрома, никеля, железа, меди, титана, алюминия), а также токсичные газы (окись углерода, фтористые, хлористые, бромистые соединения, окислы азота).

Процессы пайки или лужения оловянно-свинцовыми и оловянно-свинцово-кадмиевыми припоями могут сопровождаться выделением токсичных веществ: свинца и окиси кадмия, которые в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 [28] относятся к веществам 1-го класса опасности.

Поступление вредных веществ в организм человека в условиях изготовления и использования припоев возможно при вдыхании загрязненного воздуха, а также с водой и пищей при несоблюдении работниками личной гигиены.

5.3.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

Жизненный цикл изделия — совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия от её замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации (ГОСТ Р 56136-2014) [29].

Основные стадии жизненного цикла:

- Проведение научных экспериментов: построение математических и компьютерных моделей
- Проектирование
- Испытания
- Закупка материалов и комплектующих изделий
- Изготовление
- Использование по назначению
- Утилизация и (или) переработка

После того как устройство отработает свой срок, его необходимо будет утилизировать как обычный бытовой прибор по ГОСТ 26119-97 [30].

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

В соответствии с требованиями охраны труда (ГОСТ 12.1.007-76) [28], помещения, в которых выполняются паяльные работы, должны быть оснащены вытяжной вентиляцией. Работа вентиляционных установок должна контролироваться с помощью световой и звуковой сигнализации, автоматически включающейся при остановке вентиляции. Работники, занятые пайкой расплавленным припоем, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты.

Все эти требования направлены на минимизацию воздействий вредных и опасных факторов на здоровье человека, выполняющего процесс пайки.

Однако они не смогут защитить здоровье человека, если не проведена работа по уменьшению вредных веществ в составе самих используемых при пайке материалов, так как в процессе нагрева вещества, входящие в состав припоя и флюса, испаряются и разлагаются. Здесь рекомендуется использование бессвинцового припоя и менее активных флюсов, например флюсы, содержащие канифоль.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии и может вызвать сам объект исследований

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения» [31] Чрезвычайная ситуация (ЧС) - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые

могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления

Наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть при производстве объекта на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл», а также может вызвать сам прибор измерения длины и скорости, является пожар. Пожар может возникнуть при коротком замыкании в процессе разработки или эксплуатации прибора.

Существует вероятность пожаров, вызванных применением пайки при неправильном соблюдении техники безопасности с паяльной станцией, а также в результате воспламенения горючих веществ (спиртовые растворители, флюс).

Основные источники возникновения пожара:

- 1) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях.
- 2) Электрические приборы с дефектами.
- 3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл». Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения

пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров [32].

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» [33] для оповещения о возникновении пожара на рабочем месте в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели 3 шт, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковой и световой сигнализации.

Также рабочее место в офисе 159, ООО «НПО Редвилл» оснащено такими средствами пожаротушения: огнетушителями типа ОУ-3 1 шт. 5 литров и ОП-3 1 шт. 3 литра (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники).

Таблица 5.7 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 [34] рабочее место в офисе 159, ООО «НПО Редвилл», предназначенное для исследования и использования результатов проекта, относится к типу В1 – пожароопасное:

Таблица 5.8 - Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
В1 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б

Мероприятия по повышению пожарной безопасности:

1. Технические: соблюдение противопожарных норм при выборе и монтаже оборудования; использование первичных средств пожаротушения (допускается применение газовых и порошковых огнетушителей типа ОУ-5 и ОП-5);

2. Эксплуатационные: правильная эксплуатация оборудования; правильное содержание помещения;

3. Режимные: проведение профилактических осмотров; наблюдение за наличием и исправностью противопожарного оборудования. Следует выполнять требования правил пожарной безопасности ППБ - 01 – 93 [35], относящихся к паяльным работам. Рабочее место при проведении паяльных работ должно быть очищено от горючих материалов, а находящиеся на расстоянии менее 5 м конструкции из горючих материалов должны быть защищены экранами из негорючих материалов или политы водой (водным раствором пенообразователя и т.п.).

В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения

(на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию работников и сотрудников в соответствие с планом эвакуации помещения на п-р Ленина 30/2, 1 этаж.

При возникновении пожара необходимо сообщить об этом в городскую пожарную охрану по телефону 01 (при этом необходимо сообщить точный адрес здания, место возникновения пожара или обнаружения признаков пожара, вероятную возможность угрозы людям, а также другие сведения, необходимые диспетчеру пожарной охраны). Кроме того, следует назвать себя и номер телефона, с которого делается сообщение о пожаре.

Заключение

Модернизация современного производства ставит целый ряд технологических задач измерения длины и скорости движения изготавливаемых изделий. Трудность создания высокоточных измерителей обусловлена необходимостью измерения в широком диапазоне скоростей и ускорений, изменением расстояния между датчиком и объектом измерения, вибрациями и другими мешающими факторами.

В последнее время интерференционные методы излучения находят применение не только в метрологии, но непосредственно в таких областях промышленности, как машиностроение, электроника, судо-, авиастроение и др.

Экспериментально проверена возможность создания лазерного доплеровского измерителя скорости и длины протяженных объектов.

Список литературы

1. Звенигородский Э.Г. Каминский Ю.Д., Проскурнев С.Ю., Рогов П.В., Роднина В.К. Лазерные и оптические измерители скорости и длины // Датчики и системы. — 2003. — №7. — С. 2-7.
2. Редько В.В., Федоров Е.М. Методы и средства контроля в кабельной промышленности: методические указания к выполнению лабораторных работ для магистрантов, обучающихся по магистерской программе «Приборы и методы контроля качества и диагностики» направления 200100 «Приборостроение». — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. — 118 с.
3. Шевакин Ю.Ф., Рытиков А.М., Касаткин, Н.И. Технологические измерения и приборы в прокатном производстве. — М.: «Металлургия», 1973. — 368 с.
4. Клочков В.П., Козлов Л.Ф., Потыкевич И.В., Соскин М.С. Лазерная анемометрия, дистанционная спектроскопия и интерферометрия: справочник; под ред. М. С. Соскина. — Киев: Наук. думка, 1985. — 759 с.
5. Дубнищев Ю.Н. Лазерные доплеровские измерительные технологии. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. — 416 с.
6. Василенко Ю.Г., Дубнищев Ю.Н., Коронкевич В.П., Соболев В.С., Столповский А.А., Уткин Е.Н. Лазерные доплеровские измерители скорости. — Новосибирск: Изд-во «Наука» Сибирское отделение, 1975. — 164 с.
7. Коронкевич В.П., Полещук А.Г. Лазерные интерферометрические и дифракционные системы // Компьютерная оптика. — 2010. — Т. 34. — №1. — С.4-23.
8. Лазерный измеритель скорости и длины LSV 6000. Техническая документация фирмы Polytec GmbH. — 16 с.

9. Измерители длины лазерные бесконтактные серии SL модификаций SL1016, SL2550. Техническая документация фирмы Proton Products Ltd. — 2007. — 3 с. 96

10. Laser doppler velocity sensor. Техническая документация фирмы Canon. — 4 с.

11. LDA solutions.

URL:<http://www.dantecdynamics.com/Default.aspx?ID=20413> (дата обращения 03.11.2016).

12. Маслов Н.А., Бойко В.М., Голубев М.П., Павлов А.А., Павлов Ал.А., Поздняков Г.А. Оптические приборы: учебное пособие. — Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2008. — 163 с.

13. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 3-е изд.стер. — М.:Додэка-XXI, 2011. — 528 с.

14. Брайнт Д. Применение операционных усилителей в качестве компараторов / перевод Власенко А. // Современная электроника. — 2008. — №1. — С. 18–21.

15. Аникин А., Федосейский А. Лазерные доплеровские измерители в системе учета горячего проката // Современные технологии автоматизации. — 2007. — №1. — С. 24-28.

16. Ristić S. Laser Doppler Anemometry and its Application in Wind Tunnel Tests // Scientific Technical Review. — 2007. —3-4. — P.64-76

17. Snellenburg J, Mulder J.M. Manual Laser Doppler Anemometry. — 2006. — 19 p.

18. ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

19. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста

и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, Томск
2019

20. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы.
Классификация, 2015

21. ГОСТ 12.2.021-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Электрооборудование взрывозащищенное. Порядок согласования технической
документации, проведения испытаний, выдачи заключений и свидетельств

22. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных
условиях

23. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,
общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы

24. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату
производственных помещений

25. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение ГОСТ Р 50948-
2001 Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие
эргономические требования и требования безопасности

26. ГН 2.1.6.695-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих
веществ в атмосферном воздухе населенных мест

27. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, 2002

28. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные
вещества. Классификация и общие требования безопасности

29. ГОСТ Р 56136-2014 Управление жизненным циклом продукции.

30. ГОСТ 26119-97 Электроприборы бытовые

31. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и
определения

32. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов
и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П.П. Кукин и др. - 5-
е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2009. - 335 с.

33. НПБ 104-03 Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях
и сооружениях

34. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003
35. ППБ 01-93 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации
36. Специальная оценка условий труда в ООО «НПО Редвилл», 2015 г.

Приложение А «Должностные оклады профессорско-преподавательского состава с 01.06.2016 г.»

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

870

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

ПРИКАЗ

25.05.2016

№ 5994

г. Томск

В соответствии с Едиными рекомендациями на 2016 год, утвержденными решением Российской трехсторонней комиссии по урегулированию социально-трудовых отношений от 25 декабря 2015 года, письмом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 мая 2016 года № АП-725/02, в целях развития кадрового потенциала, повышения престижности и привлекательности педагогической профессии

приказываю:

§ 1

Установить с 01.06.2016 года должностные оклады профессорско-преподавательского состава в размере:

Должность	Степень	ПКГ	Оклад (без учета РК), руб.
заведующий кафедрой	дн	ППС 5	38 800
заведующий кафедрой	кн	ППС 5	33 800
профессор, профессор-консультант	дн	ППС 4	36 800
профессор, профессор-консультант	кн	ППС 4	32 500
профессор, профессор-консультант	нет	ППС 4	29 200
доцент	дн	ППС 3	31 000
доцент	кн	ППС 3	26 300
доцент	нет	ППС 3	23 000
старший преподаватель	кн	ППС 2	23 100