

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
 ООП/ОПОП Физика высоких технологий в машиностроении
 Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Разработка роторного трибометра для определения коэффициента трения скольжения при нагрузке до 10 кН

УДК 620.179.112:621.891

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ1Ф			

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорокова С.Н.	к.ф.-м.н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О. А.	к.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП
Технологии космического материаловедения**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования
ОПК(У)-2	Способен осуществлять экспертизу технической документации при реализации технологического процесса
ОПК(У)-3	Способен организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-4	Способен разрабатывать методические и нормативные документы при реализации разработанных проектов и программ, направленных на создание узлов и деталей машин
ОПК(У)-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов
ОПК(У)-6	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности
ОПК(У)-7	Способен проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-8	Способен подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способен подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-10	Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий

ОПК(У)-11	Способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен разрабатывать технические задания на НИР и ОКР при исследовании, проектировании и изготовлении машин, приводов, оборудования, систем, нестандартного оборудования и средств технологического оснащения
ПК(У)-2	Способен разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-3	Способен составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности
ПК(У)-4	Способен производить автоматизированное проектирование технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц изделий высокой сложности
ПК(У)-5	Способен и готов использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности



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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (ООП/ОПОП) 15.04.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Ефременков Е.А.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
4АМ1Ф	Ивкина Ольга Петровна

Тема работы:

Разработка роторного трибометра для определения коэффициента трения скольжения при нагрузке до 10 кН	
<i>Утверждена приказом директора</i>	<i>37-51/с от 06.02.2023</i>

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Методами компьютерного моделирования разработать роторный трибометр для определения коэффициента трения скольжения при нагрузке до 10 кН. Провести статические расчеты наиболее ответственных элементов с помощью метода конечных элементов в программном обеспечении SolidWorks Simulation. Из каталогов компаний подобрать оборудование, необходимое для функционирования разрабатываемого прибора.</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников 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>	<ul style="list-style-type: none"> • Обзор литературы • Объекты и методы исследования • Расчеты и методика выбора компонентов • Результаты конструирования и расчетов • Обсуждение результатов конструирования и выбора компонентов • Заключение по работе
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Трёхмерная модель роторного трибометра, чертежи к сборочной модели, чертежи к</p>

	отдельным деталям, листы спецификации.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Антоневич О. А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Раздел на английском языке	Демьяненко Н. В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Обзор литературы – Literature Review	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.11.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорокова С.Н.	к.ф.-м.н.		30.11.2022

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ1Ф	Ивкина Ольга Петровна		30.11.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ1Ф	Ивкина Ольга Петровна

Школа	ИШНПТ	Отделение	Отделение машиностроения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами по городу Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– районный коэффициент 1,3; – коэффициент доплат 0,1; – коэффициент накладных расходов 0,8.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности

Перечень графического материала:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.03.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	д-р экон. наук		07.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ1Ф	Ивкина Ольга Петровна		07.03.2023

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4АМ1Ф		ФИО Ивкина Ольга Петровна	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	магистратура	Направление/ специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка роторного трибометра для определения коэффициента трения скольжения при нагрузке до 10 кН

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> роторный трибометр определения коэффициента трения скольжения при нагрузке до 10 кН. <i>Область применения:</i> общее машиностроение, исследовательские институты <i>Рабочая зона:</i> офис <i>Размеры помещения:</i> 5*4 м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> персональный компьютер (ноутбук) – 1 штука, мышь компьютерная беспроводная – 1 штука, принтер лазерный черно-белый – 1 штука. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> расчёт и проектирование оборудования, оформление технической документации</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Опасные факторы: Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий Вредные факторы: 1. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения; 2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 3. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p>

	<p>4. Умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационной нагрузкой;</p> <p>5. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</p> <p>6. Превышение уровня шума.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование дополнительных источников искусственного освещения, использование очков для работы с ПЭВМ, регулярное проветривание помещения, наушники.</p> <p>Расчёт: расчёт системы искусственного освещения.</p>
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	<p>Воздействие на селитебную зону: статические нагрузки на почву от здания, в котором проводится разработка прибора.</p> <p>Воздействие на литосферу: бытовые отходы</p> <p>Воздействие на гидросферу: канализационные стоки</p> <p>Воздействие на атмосферу: в случае пожара – выделение в атмосферу вредных веществ</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p>Возможные ЧС: Природные – сильные морозы Техногенные аварии – пожар</p> <p>Наиболее типичная ЧС: сильные морозы</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ1Ф	Ивкина Ольга Петровна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 195 с., 34 рис., 34 табл., 91 источников, 6 приложений.

Ключевые слова: трение, изнашивание, коэффициент трения, трибометр, роторный трибометр, трибометр штифт-шайба.

Объектом исследования является роторный трибометр для определения коэффициента трения скольжения при нагрузке до 10 кН.

Цель работы – разработка роторного трибометра для определения коэффициента трения скольжения при нагрузке до 10 кН.

В ходе проведения работы были изучены теоретические аспекты процесса трения и триботехнической системы. Также был проведен анализ существующих трибометров для определения трения скольжения, с помощью которого был разработан эскиз конструкции и определен принцип работы. На основе данного эскиза было рассчитано и подобрано из каталогов компаний необходимое оборудование: планетарный редуктор, электродвигатель, шарико-винтовая передача с электродвигателем и гидроцилиндр. Затем была разработана концепция измерительной системы датчиков. В конструкции использованы датчики крутящего момента, датчик силы, температурные инфрадатчики, датчики позиционирования (расстояния). Износ материала при проведении эксперимента измеряется с помощью встроенной в гидроцилиндр измерительной системы.

Во избежание поломки оборудования при проведении исследований был проведен статический анализ наиболее ответственных деталей в программной среде SolidWorks при максимальной нагрузке. Кроме того, в работе приводятся общие рекомендации, касающиеся проведения экспериментов с учетом спецификации и требований к оборудованию.

Область применения: научные лаборатории в области машиностроения.

Оглавление

1	Введение.....	14
2	Обзор литературы	17
2.1	Основы трибологической системы.....	17
2.2	Обзор измерительной техники.....	18
3	Объекты и методы исследования	24
4	Расчеты и методика выбора компонентов	26
4.1	Конструкция и принцип работы.....	26
4.2	Расчет и выбор компонентов.....	27
4.2.1	Электродвигатель - Планетарный редуктор	27
4.2.2	Гидроцилиндр	28
4.2.3	Привод	30
4.2.4	Нижняя пластина	31
4.2.5	Верхняя пластина	33
4.2.6	Утяжелитель.....	34
4.3	Измерительная система.....	35
4.3.1	Датчик силы	35
4.3.2	Датчик крутящего момента	35
4.3.3	Датчик температуры.....	36
4.3.4	Датчики двойного действия: позиционирование и вибрация	37
4.3.5	Измерение износа	37
5	Результаты конструирования и расчетов	38
5.1	Модель прибора.....	38
5.2	Расчет напряжений в SolidWorks Simulation.....	43
5.2.1	Нижняя пластина	43
5.2.2	Верхняя пластина	46
5.2.3	Шток гидроцилиндра - шайба	49
6	Обсуждение результатов конструирования и выбора компонентов.....	53

6.1	Конструкция.....	53
6.2	Измерительная система.....	55
6.3	Анализ погрешностей.....	56
7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	58
7.1	Предпроектный анализ.....	58
7.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	58
7.1.2	Анализ конкурентных решений	58
7.1.3	SWOT-анализ	60
7.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	63
7.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	64
7.1.6	Инициация проекта	65
7.1.7	Цели и результаты проекта.....	65
7.1.8	Ограничения и допущения проекта	66
7.2	Планирование управления научно-техническим проектом.....	66
7.2.1	Иерархическая структура работ проекта.....	66
7.2.2	План проекта	68
7.2.3	Бюджет научного исследования.....	70
7.2.4	Организационная структура проекта.....	76
7.2.5	План управления коммуникациями проекта	77
7.2.6	Реестр рисков проекта.....	77
7.3	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	78
7.3.1	Оценка абсолютной эффективности исследования	78
7.3.2	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	84
8	Социальная ответственность.....	88
8.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	88
8.2	Производственная безопасность.....	91

8.3	Экологическая безопасность.....	101
8.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	102
	Заключение.....	106
	Список литературы.....	107
	Приложение А. (Обязательное) Расчет серводвигателя для шарико-винтовой передачи .	113
	Приложение Б. (Обязательное) Расчеты конструируемых деталей с помощью МКЭ в программном обеспечении SolidWorks Simulation	114
	Раздел 1. Модель «гидроцилиндр – шайба».....	114
1.1	Статический расчет теоретической модели «шток гидроцилиндра – шайба».....	114
1.2	Конструкторский расчет «Исследование проектирования» теоретической модели «шток гидроцилиндра – шайба»	117
	Раздел 2. Нижняя пластина с минимальной толщиной 50 мм.....	118
2.1	Статический расчет модели «нижняя пластина – опоры»	118
2.2	Конструкторский расчет «Исследование проектирования» теоретической модели «нижняя пластина – опоры».....	120
	Раздел 3. Верхняя пластина с минимальной толщиной 30 мм.....	122
3.1	Статический расчет модели «верхняя пластина» с минимальной толщиной 30мм	122
3.2	Конструкторский расчет «Исследование проектирования» для теоретической модели «верхняя пластина»	124
	Приложение В. (Справочное) Технические параметры выбранных компонентов.....	126
	Раздел 1. Технические характеристики планетарного редуктора ag2400-tp110-mf1-i-0k1-f7 от компании «Beckhoff Automation GmbH & Co. KG».....	126
	Раздел 2. Технические характеристики серводвигателя AM8072-wUyz от компании «Beckhoff Automation GmbH & Co. KG».....	127
	Раздел 3. Технические характеристики гидроцилиндра HYKS-D-B-125/90...-...-0100-M-G-0-SD-W-SO от компании «HYDROPA Hydraulische Erzeugnisse GmbH & CIE».....	128
	Раздел 4. Технические характеристики шарико-винтовой передачи с однокомпонентной гайкой от компании «NADELLA GmbH».....	129

Раздел 5. Технические характеристики серводвигателя AM8052-wFyz для ШВП от компании «Beckhoff Automation GmbH & Co. KG».....	131
Раздел 6. Технические характеристики виброопор PROFI-160-M16 L-140 mm от компании «CNC Profi KJ».....	132
Приложение Г. (Справочное) Технические характеристики датчиков.....	133
Раздел 1. Технические характеристики датчика крутящего момента от компании «Torque and More GmbH».....	134
Раздел 2. Технические характеристики датчика силы от компании «Magnetic Sense GmbH».....	136
Раздел 3. Технические характеристики инфракрасного датчика температуры от компании «Oprtis GmbH».....	138
Раздел 4. Технические характеристики лазерного датчика расстояния от компании «LaserTechs e. K».....	139
Приложение Д. (Обязательное) Техническая документация	140
Приложение Е. (Обязательное) Раздел на английском языке.....	188

1 Введение

Поверхность любого твердого тела не бывает идеально ровной, даже самые гладкие металлические поверхности деталей, изготавливаемые с применением особо тонкого шлифования, либо полирования имеют неровности высотой от 0,05 до 0,1 мкм. Шероховатость и волнистость поверхностей, обусловленные погрешностью при изготовлении деталей, искажением их формы от нагрузки или нагрева, приводят к тому, что две поверхности контактируют на отдельных малых площадях. При относительном перемещении двух соприкасающихся поверхностей в плоскости дискретного касания возникает сопротивление, называемое трением.

В ДИН 50281 трение определяется как механическое состояние препятствующее движению (трение движения) или предотвращающее его (трение покоя) [4].

Различают внешнее (сухое) и внутреннее (вязкое или жидкое) трение. Внешним трением называется трение, возникающее в плоскости касания двух соприкасающихся тел при их относительном перемещении. Если соприкасающиеся тела неподвижны друг относительно друга, то возникает трение покоя, если существует относительное перемещение этих тел, то в зависимости от характера их относительного движения возникает трение скольжения, качения или верчения.

Внутренним трением называется трение между внутренними частями одного и того же тела, например, между соседними слоями жидкости или газа. В отличие от внешнего трения, в этом случае отсутствует трение покоя. При скольжении тел относительно друг друга в прослойке вязкой жидкости (смазки) трение происходит в слое смазки. В этом случае говорят о гидродинамическом трении (слой смазки достаточно толстый) и граничном трении (толщина смазочной прослойки 0,1 мкм и меньше). Таким образом, внешнее трение возникает между твёрдыми телами, а внутреннее – внутри жидких и вязких тел [1].

Трение характеризуется коэффициентом трения, определяемым как отношение силы трения (силы, которую необходимо преодолеть, чтобы привести тело в движение) к нормальной силе:

$$\mu = \frac{F_R}{F_N} \quad (1.1)$$

На сегодняшний день различают пять видов трения: сухое трение (или трение твердых тел), граничное трение, смешанное трение, трение жидкости и трение газа. Они представлены на рисунке 1.1.

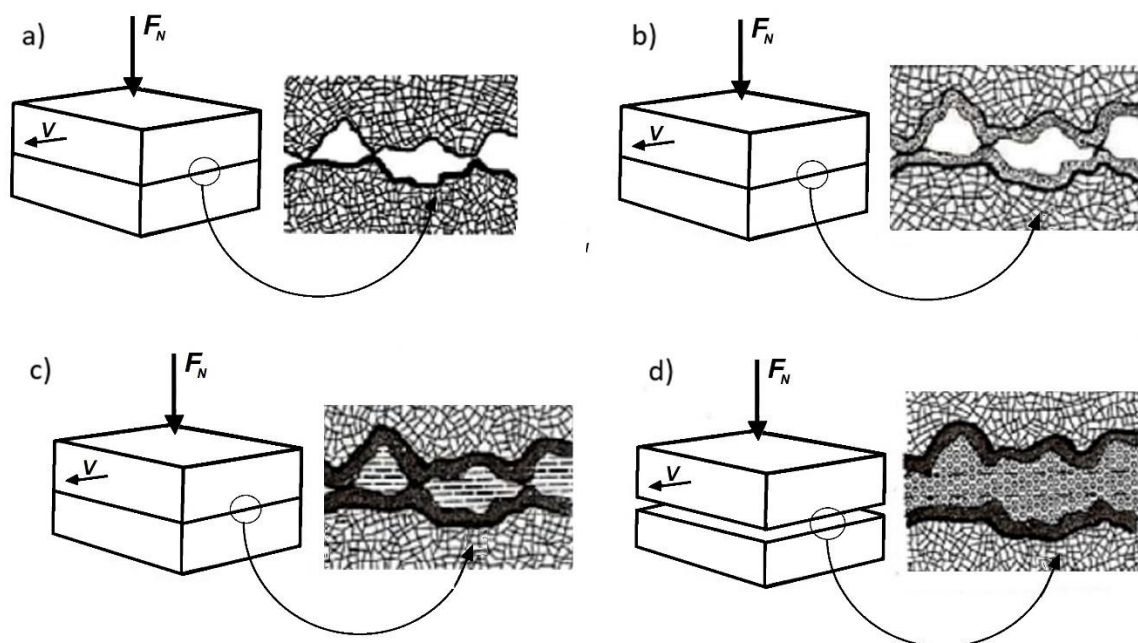


Рисунок 1.1 – Виды трения: а) сухое трение (или трение твердых тел), б) граничное трение, в) смешанное трение, г) трение жидкости и трение газа [1]

Трение жидкости возникает в слое смазки между двумя твердыми телами, при этом полностью отсутствует соприкосновение тел между собой. В случае наличия контакта двух тел и тонкого слоя смазки между ними, говорят о возникновении смешанного трения. При возникновении реакционного слоя, т.е. слоя с измененным основным материалом вследствие трения, возникает граничное трение. При этом каждый граничный слой может содержать слой смазки, гидродинамический эффект которой будет незначителен. Трение газов возникает при движении газов относительно друг друга. Сухое трение возникает непосредственно между твердыми слоями материала. При этом полностью отсутствует реакционный слой, слой смазки и т.д.

В свою очередь сухое трение делится на трение скольжения, трение бурения и трение вращения, как показано на рисунке 1.2 [1].

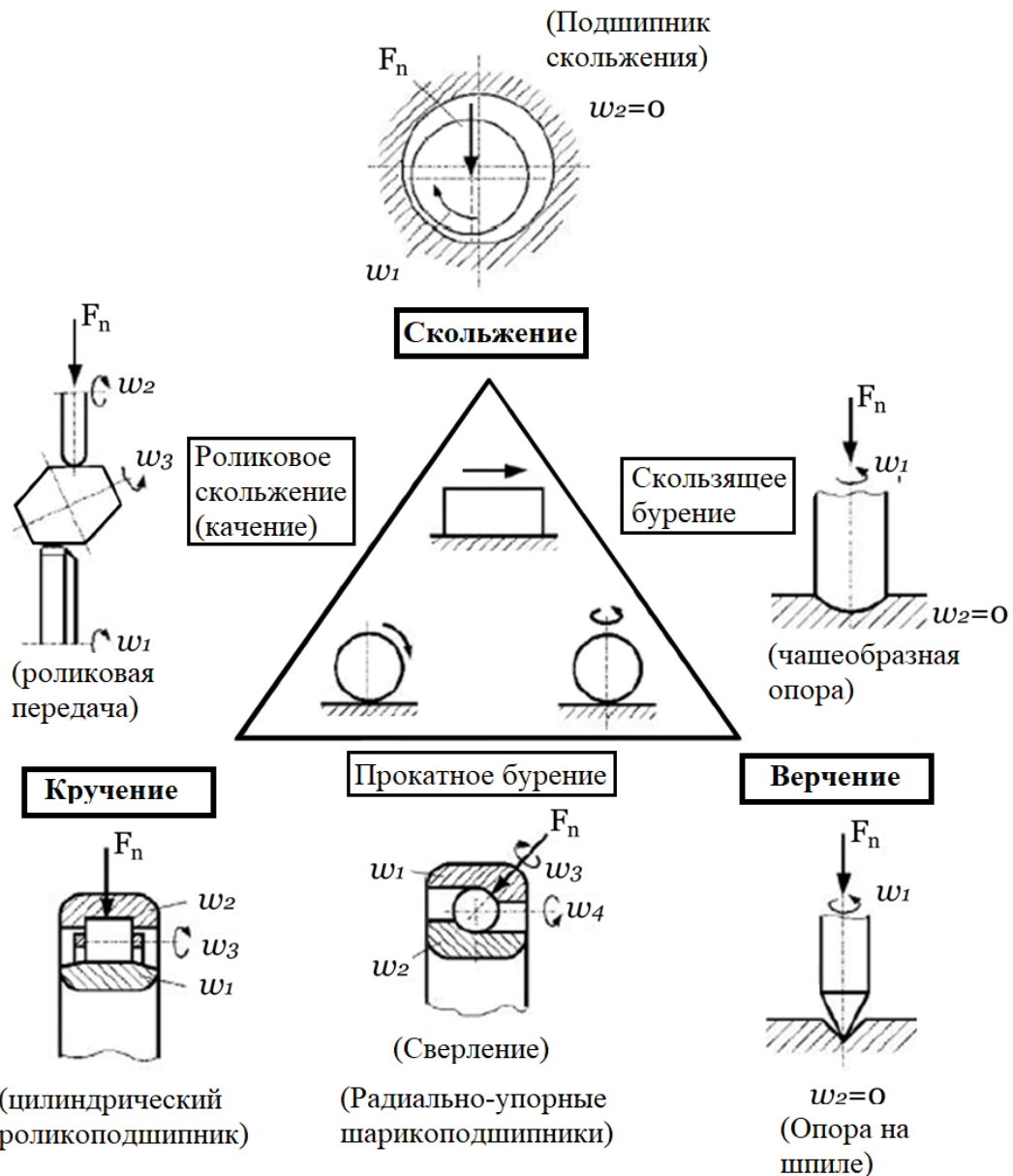


Рисунок.1.2 – Типы сухого трения [1]

Под трением скольжения понимают трение, возникающее при вращении двух тел относительно друг друга. Оси этих тел остаются параллельных друг другу и плоскости трения. При трении бурения одна из осей непременно строго перпендикулярна к точке контакта. Трение скольжения появляется при поступательном движении тел друг относительно друга. При этом в точке контакта возникает сила сопротивления движению – сила трения, а также сила реакции опоры на возникшую нагрузку. При сухом скольжении коэффициент трения определяется по закону Кулона по формуле 1.1.

Существуют также и смешанные типы трения (рисунок 1.2): трение качения, трение при крутяще-вращательном движении и трение при поступательно-вращательном движении.

2 Обзор литературы

2.1 Основы трибологической системы

В лабораторных условиях определение коэффициента трения и износа материала проводится с помощью трибологической системы – системы, в которую включены все элементы трибологического исследования.

На рисунке 2.1 показана общая схема триботехнической системы. Входные параметры (x) при прохождении через трибологическую систему преобразуются в выходные параметры (y), которые используются в дальнейшей обработке результатов. В структуру трибосистемы входит испытуемое тело, сопрягаемое тело, промежуточное тело и окружающая среда. [1].

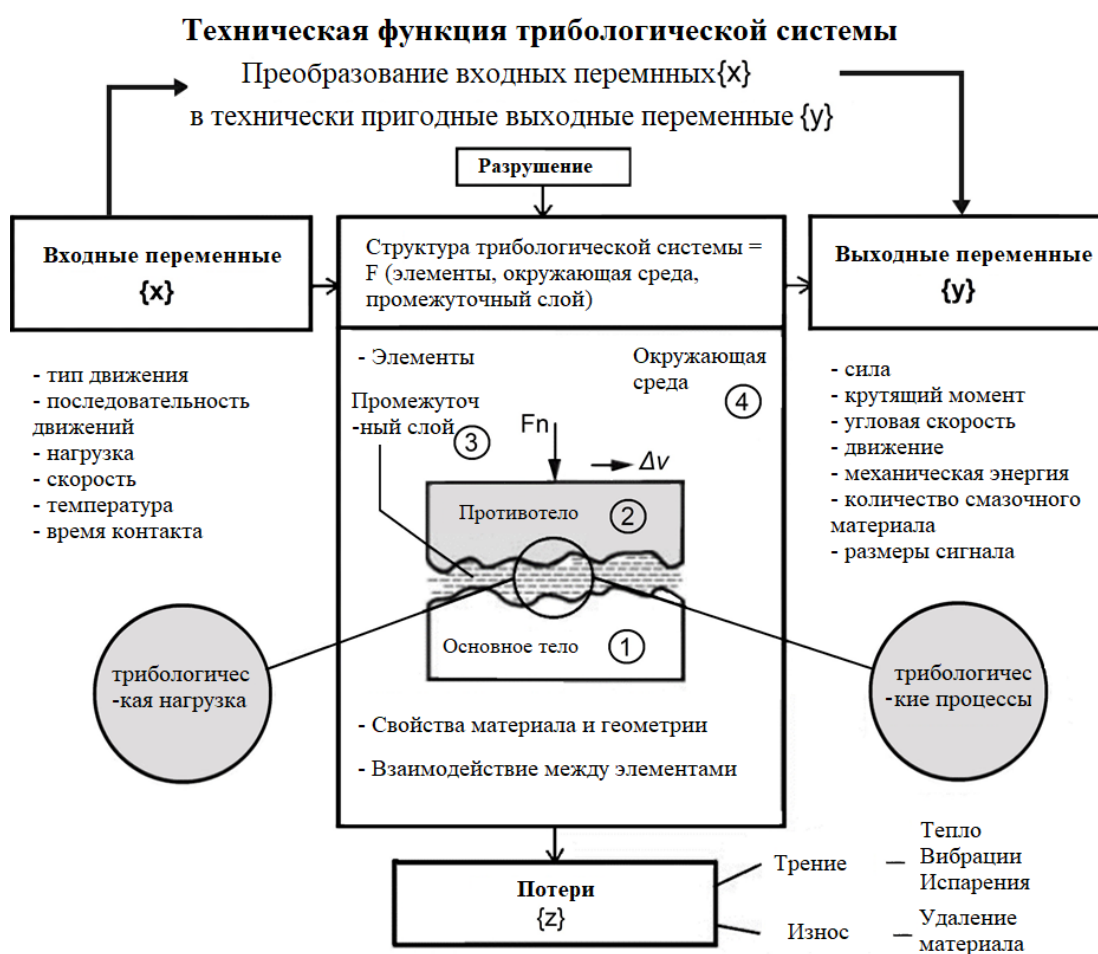


Рисунок 2.1 – Общая схема триботехнической системы [1]

На основе выходных параметров рассчитывают параметры трения и износа для испытуемого материала.

В качестве пары трения при проведении эксперимента для определения трения скольжения используют: контакт шар-шар, пересекающиеся цилиндры, штифт-шайба,

вращающийся штифт к шайбе или цилиндру, вращающийся цилиндр-прямоугольный параллелепипед или шайба-шайба (рисунок 2.2) [1].

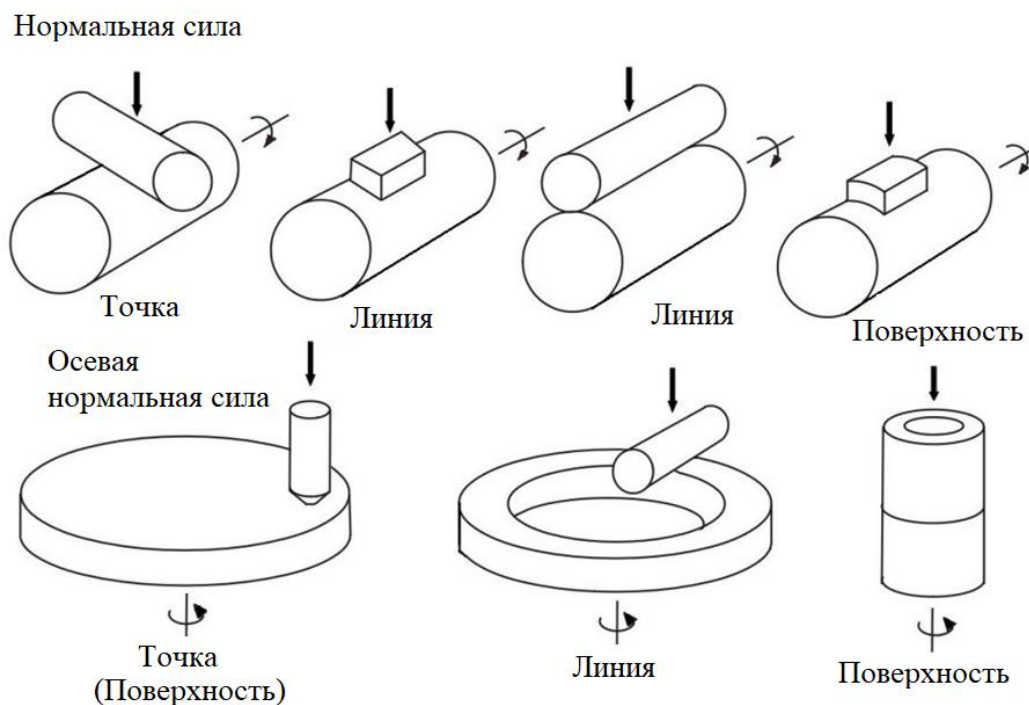


Рисунок. 2.2 – Стандартные пары трения, используемые при проведении исследований на трение скольжения [1]

Таким образом, основными выходными параметрами при измерении трения скольжения для любой трибологической пары, которые используются для дальнейшего вычисления коэффициента трения является сила и крутящий момент [2]:

$$\mu = \frac{F_N}{M_R} R. \quad (2.1)$$

А для вычисления износа k , используется нормальная сила, радиус трения и время эксперимента [2]:

$$k = \frac{V \sigma_0}{F_N x}. \quad (2.2)$$

2.2 Обзор измерительной техники

На сегодняшний день существует множество лабораторной испытательной техники для проведения исследований трения материалов. Стенды различаются нагрузочной способностью, типом испытываемой пары трения, способом обработки результатов [7-18].

Австрийский центр трибологии предлагает трибометр (рисунок 2.3), на котором производятся испытания на трение и износ образцов в форме штифта, шара и пластины (с точечным, линейным и поверхностным контактом). Вращающийся диск может быть установлен вертикально или горизонтально [7]. На данном приборе измеряется сила трения, нормальная сила, пройденный путь, износ и температура. Однако диапазон приложенной нагрузки меняется от 1 до 80 Н.



Рисунок 2.3 – Трибометр от Австрийского центра трибологии [7]

Исследования сухого или граничного трения в этой компании проводятся также с помощью трибометра трения и кольцевого износа. Цель исследования - исследовать образование реакционного слоя и прерывистое скольжение в фрикционных материалах (тормоза, сцепления). Максимальная нагрузка создается пневматически и достигает значения 4000 Н.

В лаборатории кафедры технологии проектирования КТмфк университета Эрлангена – Нюрнберга для исследования процессов трения используется Штифт-Шайба трибометр SST [8], который показан на рисунке 2.4. При исследовании неподвижный шарик с определенной силой вдавливаются в постоянно вращающийся диск. Результатом исследования является изменение коэффициента трения во времени и оборотах. Затем определяется начальный, средний и стационарный коэффициенты трения.

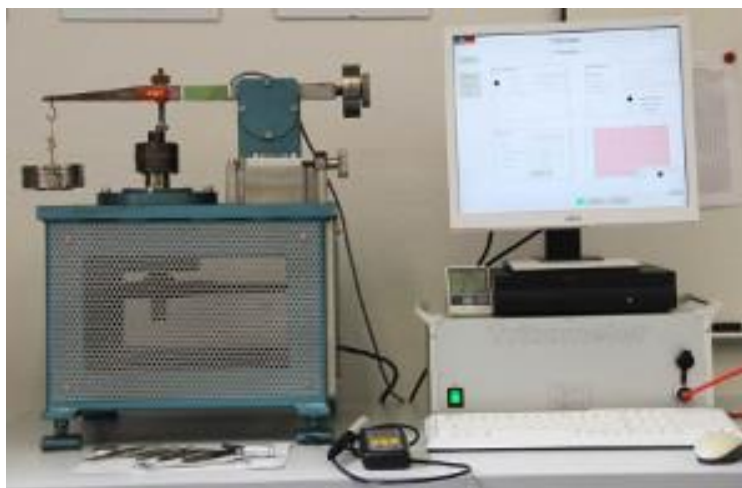


Рисунок 2.4 – Штифт-шайба трибометр SST от кафедры технологии проектирования КТмфк университета Эрлангена – Нюрнберга [8]

Также в этой компании используется Климатический Штифт-Шайба трибометр К- SST собственной конструкции с климатической камерой КРК 200 от фирмы Feutron. Таким образом, к стандартным испытаниям добавляются циклические испытания с широким диапазоном углов поворота, ускорений и скоростей. Также возможны испытания при высоких температурах и влажности до 98%. Однако максимальная нагрузка, при которой проводятся испытания, составляет до 100Н.



Рисунок 2.5 – Климатический Штифт-Шайба трибометр К-SST с климатической камерой КРК 200

В инженерном бюро «Мартин Бергер» был разработан горизонтальный Штифт-Шайба трибометр Twinpin [11], представленный на рисунке 2.6. Принцип действия трибометра заключается в прижимании образца под нагрузкой к вращающейся шайбе. Максимальная нагрузка при проведении эксперимента достигает 4900Н. В установке задействованы датчик нагрузки, датчик температуры и датчик износа.

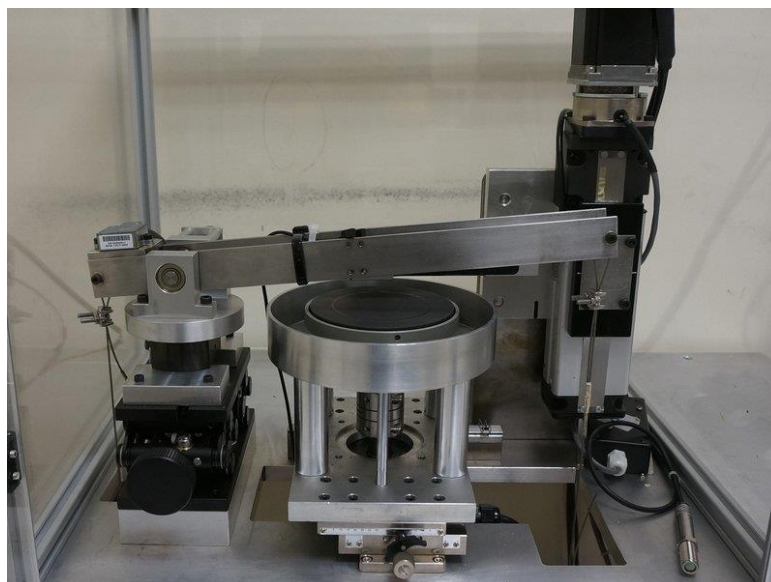


Рисунок 2.6 – Штифт-Шайба трибометр Twinpin [11]

Центр трибологии в институте г. Мангейм [9] разработал собственный трибометр RT 8001. Он используется для исследования и моделирования процессов трения и износа при постоянном или колебательном движении скольжения при твердом, граничном и смешанном трении, а также в эластогидродинамике при широком диапазоне температур от -50 до +350. При этом максимальная нормальная сила составляет 8000 Н, пара трения образец – вращающийся диск. Нагрузка создается пневматически.



Рисунок 2.7 – Роторный трибометр RT8001 [9]

Компания Rtec Instruments разработала роторный трибометр MFT 5000 для проведения исследований трения до 5000 Н [18]. Нагрузка осуществляется механически, с помощью шарико-винтовой передачи. Также на этот трибометр возможна установка модуля нагрузки до 10000 Н, но при этом должен быть снижен крутящий момент на валу двигателя и скорость вращения. При такой нагрузке на данном оборудовании возможны только кратковременные эксперименты трения.



Рисунок 2.8 – Роторный трибометр MFT 5000 [18]

В компании „Трибология Вернера Штера“ разработан пневматический вертикальный трибометр с ременной передачей движения [12], представленный на рисунке 2.9. Формы движения могут быть прерывистыми, вращательными, колебательно-буровыми, катящимися, поворотными и реверсивными. Максимально допустимая нагрузка при испытаниях достигает 10000 Н.

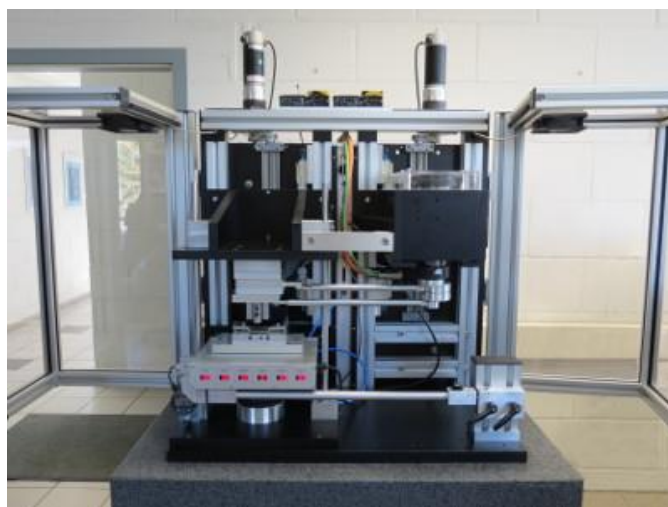


Рисунок 2.9 – Пневматический вертикальный трибометр от компании „Трибология Вернера Штера“ [12]

В Берлине разработчиком и производителем различных трибметров является компания „ Dr.-Ing.Georg Wazau Mess- + Prüfsysteme GmbH“. Вертикальные трибметры серии TRM имеют одинаковый принцип действия и отличаются создаваемой нагрузкой [10]. Нагрузка обеспечивается за счет привода ШВП. Максимально допустимая среди разработанных испытательных стендов нагрузка достигает 5000 Н. При исследовании используются пары трения штифт/шар-вращающаяся шайба. Трибметр серии TRM представлен на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – Роторный трибметр TRM5000 от компании „ Dr.-Ing.Georg Wazau Mess- + Prüfsysteme GmbH“ [10]

Таким образом, на сегодняшний день существуют трибметры для испытания материалов при нагрузках до 10000 Н. Однако такие трибметры основаны на действии пневмоцилиндра. Основным недостатком пневмопривода является низкая точность срабатывания и плавность хода, а также сложность нагревания и охлаждения рабочего газа при работе. Эти недостатки отсутствуют в гидросистемах гидроцилиндров.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Предпроектный анализ

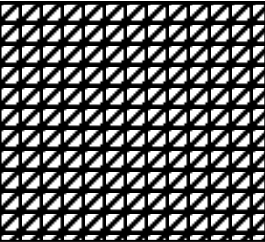
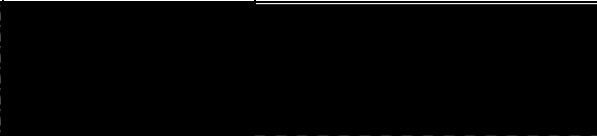
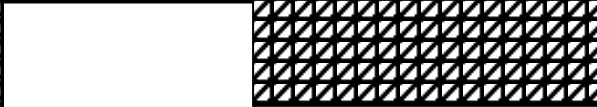

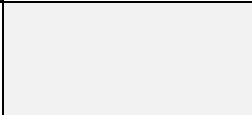


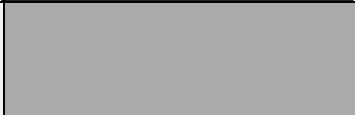
7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потенциальных потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Разработанное устройство представляет собой лабораторное оборудование, которое используется в исследовательских институтах, занимающихся созданием новых материалов, промышленных лабораториях, а также частных компаниях, обеспечивающих проведение проверки материалов.

Таким образом, сегментировать рынок услуг можно по целям использования прибора. Результат сегментирования представлен на таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Карта сегментирования рынка по целям использования лабораторного прибора

		Способ использования		
		Разработка новых материалов	Сертификация материалов	Образование
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			



Фирма А



Фирма Б



Фирма В

7.1.2 Анализ конкурентных решений

Разработанное устройство по возможности нагружения образца является новым, единственным на рынке. Поэтому в качестве конкурентов были рассмотрены похожие решения с несколько меньшими нагрузочными способностями. Например, на сегодняшний день трибометры типа «Штифт-шайба» имеют максимальную нагрузочную способность до 8 кН. Таким образом, в качестве конкурирующих устройств были выбраны следующие продукты:

1. Трибометр от компании «Rtec Instrumentsa» [18]
2. Трибометр от компании «Австрийский центр трибологии» [2]

Экспертная оценка основных технических характеристик данных продуктов представлена в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

№	Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
			Бф	Бк1	Бк2	Кф	К1	К2
	1	2	3	4	5	7	8	9
Технические критерии оценки ресурсоэффективности								
1	Актуальность исследования	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2	Нагрузочная способность	0,25	5	2	5	1,25	0,5	1,25
3	Скорость работы	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
4	Удобство монтажа	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
5	Надёжность	0,25	5	5	5	1,25	1,25	1,25
6	Компактность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
7	Устойчивость к внешним воздействиям	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Экономические критерии оценки эффективности								
1	Цена на расходы	0,025	3	5	5	0,075	0,125	0,125
2	Конкурентоспособность исследовательской работы	0,025	5	3	3	0,125	0,075	0,075
3	Финансирование научного исследования	0,025	4	4	4	0,1	0,1	0,1
	Итого	1	46	39	42	4,95	3,8	4,6

Таким образом, из проведенного анализа видно, что уязвимость конкурентных технологических решений связана, прежде всего с устойчивостью к внешним воздействиям, а также скорости работы. Конкурирующие компании обладают значительным достоинством – уровнем их проникновения на рынок, длительным сотрудничеством с основными сегментами рынка, репутацией.

Наиболее сильным конкурентом можно считать прибор от компании «Rtec Instrumens». Его основными достоинствами являются надежность и нагрузочная способность, а также это устройство удобно в использовании, однако, недостатком конкурентного прибора является невозможность проведение длительных экспериментов при высокой нагрузке.

Преимуществом разработки можно считать то, что данное устройство на рынке является новым. Несмотря на аналоги от фирмы «Австрийский центр трибологии» (трибометр с нагрузкой до 4000 Н), а также от компании „Rtec Instruments“, разработанный прибор является более устойчивым к внешним воздействиям за счет гидравлической системы нагнетания нагрузки вместо пневматической, а также возможности проведения длительных экспериментов при высоких скоростях и нагрузке.

7.1.3 SWOT-анализ

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

Первым этапом SWOT-анализа является составление матрицы SWOT, в которой описаны слабые и сильные стороны исследовательского проекта, выявленные возможности и угрозы для его реализации, которые проявились или могут появиться во внешней среде. Матрица SWOT представлена в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Заявленная нагрузочная способность разрабатываемой технологии	Сл1. Отсутствие необходимых компонентов для сборки разрабатываемого устройства
	С2. Более высокая скорость вращения ротора по сравнению с другими устройствами	Сл2. Недостаточное количество исполнителей
	С3. Надежность конструкции	Сл3. Низкая оплата труда
	С4. Компактность разработки	Сл4. Отсутствие практического опыта в данной сфере
	С5. Квалифицированный персонал	Сл5. Отсутствие финансирования во время разработки проекта

Продолжение таблицы 7.3

Возможности		
В1. Появление дополнительного спроса на разрабатываемое устройство	В3В5С5. Разработка проекта квалифицированным персоналом поможет учесть ошибки из-за неопытности студента и способствует внедрению технологии в производство.	В1В3В5СЛ1 Отсутствие на рынке необходимых компонентов может привести к невозможности производства устройства. Следует рассматривать компоненты, произведенные зарубежом тоже.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки с большими параметрами нагрузки	В4С5. Грамотно оформленная документация позволит привлечь заказчика.	В1В2В3СЛ2СЛ3СЛ5. Выход разработки на рынок будет способствовать привлечению финансирования, увеличению оплаты труда и количества исполнителей.
В3. Внедрение технологии в производство	В1В2С1С2С3С4. Соответствие заявленным техническим требованиям позволить быстрее коммерциализовать разработку, привлечь заказчиков.	
В4. Продажа технической документации разработанного прибора производителю		
В5. Привлечение новых исполнителей для выполнения всего комплекса работ		
Угрозы		
У1. Срыв проекта из-за отсутствия исполнителей	У1У3С5. Квалифицированный персонал обеспечит грамотное оформление проекта и документации к нему, что приведет к достижению заданных параметров и выходу устройства на рынок. У2У5С1С2С3С4. Постоянное развитие проекта и финансирование предприятия способствуют появлению продукта с большими техническими нагрузочными параметрами.	У1У3СЛ2СЛ3СЛ5 из-за отсутствия финансирования появится вероятность потерять исполнителей.
У2. Появление аналогов и их выход на рынок		У2У5СЛ4 Отсутствие практического опыта в данной сфере может привести к содержанию в проекте ошибки, что задержит появление устройства на рынке, тем самым, уступая конкурентам время.
У3. Потеря исполнителей		

Продолжение Таблицы 7.3

У4. Отсутствие спроса на разрабатываемое оборудование		
У5. Потеря актуальности в связи с длительной разработкой		

Вторым этапом SWOT-анализа является построение интерактивных матриц возможностей и угроз, позволяющие оценить не только эффективность проекта, но и надёжность его реализации. Соотношения параметров матрицы SWOT представлены в таблицах 7.4.

Таблица 7.4 – Интерактивная матрица проекта

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

Продолжение таблицы 7.4

	У3	-	-	-	-	+
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	-
Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	0	+	+	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	0	+	+	+	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	+

7.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	2

Продолжение таблицы 7.5

6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	50	44

Итоговые значения проработанности научного проекта и знания у разработчика лежат в диапазоне от 44 до 50, это говорит о средней перспективности проекта. Не были учтены многие аспекты вывода продукта на рынок, а также наблюдается недостаток необходимых знаний. Следовательно, требуется дополнительные финансовые затраты на наём новых квалифицированных исполнителей проекта или на консультации у соответствующих специалистов.

7.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Перспективность данного научного исследования выше среднего, поэтому не все аспекты рассмотрены и изучены. Таким образом, для организации предприятия этого недостаточно (пункт 4 – 9, а также пункты 12-14 не подходят). Но так как основной научно-технический задел определен, этого достаточно для коммерциализации для следующих методов (пункты 1 - 3): торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг. Степени проработанности научного проекта и уровень знаний разработчика достаточно для реализации пунктов, которые были выбраны.

7.1.6 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Так же определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

7.1.7 Цели и результаты проекта

Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Научные лаборатории	Новое оборудование для проведения исследований при новых условиях
Фирмы-производители лабораторного оборудования	Покупка проекта и прав на проект с дальнейшим производством оборудования и получения прибыли с его продажи
Разработчик	Получение прибыли со своего продукта
Научный руководитель, студент	Выполненная выпускная квалификационная работа

Цели и результат проекта представлены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	<ul style="list-style-type: none">• Найти компоненты, необходимые для функционирования прибора.• Спроектировать функционал в соответствии с требованиями.• Сконструировать прибор и подготовить техническую документацию.• Произвести расчет стоимости разработки
Ожидаемые результаты проекта:	Привлечение потенциальных заказчиков, а также потенциальных производителей.
Критерии приемки результата проекта:	<ul style="list-style-type: none">• Соответствие результата проекта заданным техническим характеристикам.• Результаты прочностного анализа деталей соответствующим требованиям к области машиностроения.
Требования к результату проекта:	Требование: <ul style="list-style-type: none">• Выполненные все пункты функционального требования.• Разработанный прибор полностью соответствует проектным решениям.

7.1.8 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Эта информация представлена в таблице 7.8

Таблица 7.8 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
1.2.3.1 Бюджет проекта	200 000 рублей
1.2.3.1.1 Источник финансирования	НИ ТПУ
1.2.3.2 Сроки проекта	01.01.2022 – 31.05.2023
1.2.3.2.1 Фактическая дата утверждения плана управления проектом	10.01.2022
1.2.3.2.2 Плановая дата завершения проекта	31.05.2023

7.2 Планирование управления научно-техническим проектом

7.2.1 Иерархическая структура работ проекта

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

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

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

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 7.1 представлен шаблон иерархической структуры, а на рисунке 7.2. – проектной структуры проекта.



Рисунок 7.1 – Иерархическая структура по ВКР

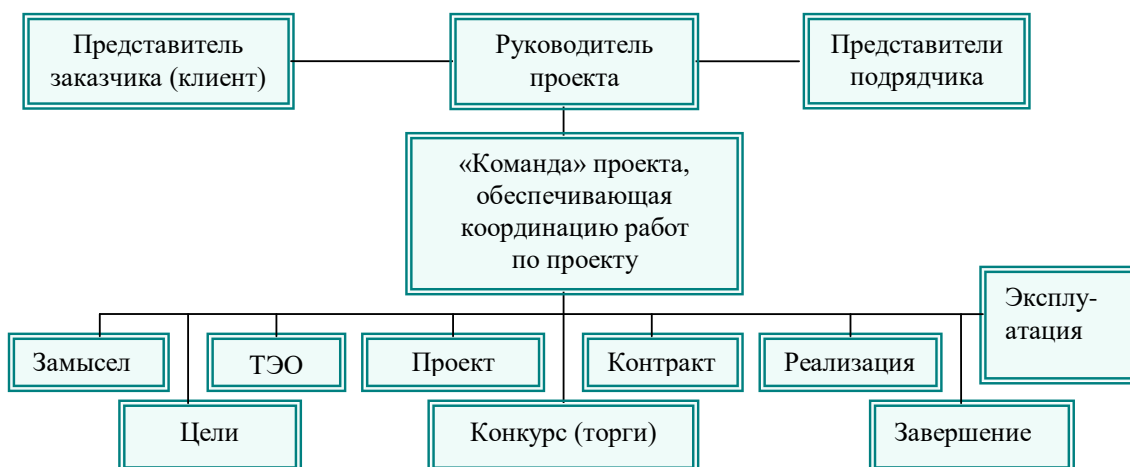


Рисунок 7.2 – Проектная структура проекта

В данном проекте используется проектная структура проекта, так как результат исследования имеет потенциальный спрос на рынке технического лабораторного оборудования и ориентирован на коммерческое продолжение. Пример проектной структуры изображен на рисунке 7.2.

7.2.2 План проекта

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы 7.9. с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 7.9. – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Тк. Д.	Продолжительность выполнения работ																
				2022												2023				
				Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Ноя	Дек.	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май
1	Составление и утверждение темы диссертации	Р	2	■																
2	Календарное планирование выполнения диссертации	РС	2/2	■																
3	Изучение литературы и конкурентных решений в данной сфере	С	50		▨	▨	▨	▨												
4	Изучение программного обеспечения для расчетов и конструирования	С	60					▨	▨	▨	▨	▨								
5	Технический расчет компонентов	С	8									▨								
6	Первичная компоновка и проектирование	РС	34/68										▨	▨	▨	▨				
7	Детальный расчет деталей	С	8															▨		
8	Детализовка и выпуск конструкторской документации	С	44														▨	▨	▨	
9	Окончательная компоновка	РС	4/9																▨	
10	Составление пояснительной записки	С	28																▨	

■ – Руководитель(Р) – 42 рабочих дня

▨ – Студент (С) – 277 рабочих дня

7.2.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по следующим статьям:

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

Специальное оборудование для научных работ.

Расчет амортизации специального оборудования.

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Для разработки системы требуется оборудование в виде персонального компьютера (ноутбука), среда и программное обеспечение. В таблице 7.10 представлен список необходимого оборудования со стоимостью.

Таблица 7.10 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Персональный компьютер (ноутбук)	1	82000	82000
2.	Среда разработки SolidWorks и SolidWorks Simulation	1	-	-
3	Принтер лазерный черно-белый	1	-	-

Так как ноутбук был приобретен и эксплуатировался до начала выполнения данной работы, то при расчете затрат на оборудование учитываются только рабочие дни по

данному проекту. Среда и программное обеспечение распространяются бесплатно и не требуют дополнительных затрат. В работе также используется принтер, который был куплен более 10 лет назад. Поэтому амортизационные затраты на принтер не учитываются в данном проекте.

Расчет амортизации оборудования проводится с учетом нормы амортизации, которая рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (7.1)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t \quad (7.2)$$

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

Таким образом, общая сумма амортизационных отчислений на ноутбук составит:

$$A = \frac{\frac{1}{4} \cdot 82000}{12} \cdot 13 = 22208 \text{ руб.}$$

Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при исследовании, а также затрат электроэнергии, необходимой для работы специального оборудования. Результаты расчета затрат представлены в таблицах 7.11-7.12.

Таблица 7.11 – Материальные затраты.

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	180	4	720
Картридж для лазерного принтера	2200	1	2200
Офисная бумага А4 (пачка 500 листов)	530	1	530
Итого:			3450

Затраты на электроэнергию связаны с потреблением электричества для освещения рабочего помещения, а также для обеспечения работы ноутбука и функционирования принтера, необходимых для проведения работ по данному проекту. Определение стоимости затраченной электроэнергии производится по действующим прейскурантам в г. Томске.

Расчет затрат на электроэнергию осуществляется по формуле:

$$Z_{\text{эл.эн.}} = C_{\text{эн.}} \cdot P \cdot T \quad (7.3)$$

где P - мощность оборудования, кВт; n- количество единиц вида оборудования; $C_{\text{эн}}$ – цена 1 кВт- час электроэнергии(3,16 руб/кВт); T- время работы оборудования, час.

Так как ноутбук заряжается за 4 часа и 8 часов работает от батареи, то количество часов работы от сети составит 4 часа в день.

Расчет затрат на электроэнергию представлен в таблице 7.12.

Таблица 7.12– Расчет затрат по статье «Электроэнергия»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Мощность оборудования (кВт)	Время работы оборудования (ч)	Затраты на электроэнергию (руб)
1.	Персональный компьютер (ноутбук)	1	0,15	1108	525,19
2.	Принтер	1	0,05	1,5	0,24
3.	Лампы	4	0,060	2216	420,16
Итого:					945,59

В соответствии с формулой 7.3 стоимость электроэнергии за все время разработки проекта составит для ноутбука составит:

$$Z_{\text{эл.эн.ноут.}} = 3,16 \cdot 0,15 \cdot 1108 = 525,19 \text{ руб}$$

Стоимость электроэнергии для распечатывания промежуточных этапов проекта:

$$Z_{\text{эл.эн.пр.}} = 3,16 \cdot 0,05 \cdot 1,5 = 0,24 \text{ руб}$$

Стоимость электроэнергии для освещения рабочего помещения:

$$Z_{\text{эл.эн.}} = 3,16 \cdot 0,060 \cdot 2216 = 420,16 \text{ руб}$$

Итого материальные затраты для данного проекта составляют 4395,59 руб.

Основная заработная плата исполнителей проекта

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается

премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводится в таблице 7.13.

Таблица 7.13 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., руб	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1		Руководитель		1630	32600
2		Магистр		419,1	8382
Итого:					41100

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (7.4)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (7.5)$$

где $T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн. (таблица 14); $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Таким образом, для руководителя основная заработная плата:

$$Z_{осн} = 32600 \cdot 1,3 = 42380 \text{ рублей}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F} \quad (7.6)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб (в качестве месячного оклада магистра выступает стипендия, которая составляет 8382 руб); M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 45 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6 - дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях).

С учетом вышеизложенного среднедневная заработная плата для руководителя:

$$Z_{дн} = \frac{41100 \cdot 10,4}{254} = 1682,83 \text{ рублей}$$

Для студента:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{8382 * 10,4}{217} = 343,2 \text{ рублей}$$

Баланс рабочего времени представлен в таблице 7.14.

Таблица 7.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней работы над проектом	516	516
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	94	94
- праздничные дни	38	38
Потери рабочего времени		
- отпуск	90	107
- невыходы по болезни	294	–
- прочие нерабочие над проектом дни		
Действительный годовой фонд рабочего времени над проектом, дни	42	277

Результаты расчета основной заработной платы за весь период работы над проектом представлены в таблице 7.15.

Таблица 7.15 – Результаты расчета основной заработной платы за весь период работы над проектом

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	32600	1.3	32600	1682,83	42	70678,86
Магистр	8382		8382	343,2	277	95066,4
Итого по статье $Z_{\text{осн}}$:						165745,26

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (7.7)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты ($k_{\text{доп}} = 0,1$); $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 70678,86 \cdot 0,1 = 7067,89 \text{ рублей}$$

В таблице 7.16 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 7.16 – Заработная плата исполнителей ВКР, руб

Заработная плата	Руководитель	Магистр
Основная зарплата	70678,86	95066,4
Дополнительная зарплата	7067,89	–
Зарплата исполнителя	77746,75	95066,4
Итого		172813,15

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды в размере 30% за весь период работы над проектом.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (70678,86 + 7067,89) = 23314,13 \text{ руб.} \quad (7.8)$$

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

Накладные расходы

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (7.9)$$

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

$$C_{\text{накл}} = 0,3 \cdot (70678,86 + 7067,89) = 23314,13 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с

заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 7.17 – Бюджет затрат НИИ

№	Затраты по статьям						
	Материальные расходы руб.	Амортизация оборудования руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата руб.	Отчисления на социальные нужды руб.	Накладные расходы руб.	Итого плановая себестоимость руб.
1	4395,59	22208	165745,26	7067,89	23314,13	23314,13	222730,87
2	-	30000	280000	28000	84000	84000	560000

В результате расчетов было выяснено, что бюджет затрат НИИ составит 222 730,87 руб. При этом затраты у конкурентов составляют 560 000 рублей, следовательно, разработанное устройство будет более экономичным, чем у конкурентов.

7.2.4 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать таблицу 7.18.

Таблица 7.18 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Сложная
Сложность проекта	Высокая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Средняя
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая

Продолжение таблицы 7.18

Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая
---	---------	---------	--------

В данном случае выбор лежит к проектной структуре проекта из-за особенностей разработки. Составляющими проекта являются модульные системы, работающие во взаимодействии с другими модулями. Также основной причиной выбора проектной структуры является то, что технология проекта является почти новой, а сам проект ограниченные сроки реализации.

7.2.5 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. Пример плана управления коммуникациями приведен в таблице 7.19.

Таблица 7.19 – Пример плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

7.2.6 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за

собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу 7.20.

Таблица 7.20– Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Потеря актуальности	среднее	2	5	низкий	Увеличение количества исполнителей	Выход на рынок конкурентной установки, которая будет дешевле и удобнее в эксплуатации
2	Потеря или отсутствие исполнителей	средняя	3	5	высокий	Привлечение потенциальных заказчиков	Готовый прототип прибора
3	Прекращение международной торговли оборудованием	средняя	4	2	низкий	Импортозамещение	Потенциальный выход на рынок

7.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

7.3.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- срок окупаемости (D_{PP});
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- индекс доходности (PI).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему, либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то NPV определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{оп_t}}{(1+i)^t} - I_0 \quad (7.10)$$

где $ЧДП_{оп_t}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности; I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году; t – номер шага расчета ($t=0, 1, 2...n$); n – горизонт расчета; i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше NPV , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если NPV является положительной.

Таблица 7.21 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб.	0	360,184	360,184	360,184	360,184
2.	Итого приток, тыс.руб.	0	360,184	360,184	360,184	360,184
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-222,730	0	0	0	0

Продолжение таблицы 7.21

4.	Операционные затраты, тыс. руб. С+Ам+ФОТ	0	192,349	192,349	192,349	192,349
5.	Налогооблагаемая прибыль		167,835	167,835	167,835	167,835
6.	Налоги, тыс. руб Выр-опер=донал.приб*20%	0	33,567	33,567	33,567	33,567
7.	Итого отток, тыс.руб. Опер.затр.+налоги	-222,730	225,916	225,916	225,916	225,916
8.	Чистый денежный поток, тыс. руб. ЧДП=Пчист+Ам Пчист=Пдонал.-налог	-222,730	326,617	326,617	326,617	326,617
9.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i = 20\%$)	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482
10.	Дисконтированный чистый денежный поток, тыс.руб. (с8*с9)	-222,730	272,072	226,672	188,785	157,429
11.	То же нарастающим итогом, тыс.руб. (NPV =845,524тыс.руб.)	-222,730	49,342	276,268	465,282	622,794

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 845,524 тыс. рублей, что говорит его эффективности.

Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока, представленного в таблице 7.22.

Таблица 7.22 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,2$)	-222,730	272,072	226,672	188,785	157,429
2.	То же нарастающим итогом	-222,730	49,342	276,268	465,282	622,794
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 1 - 49,342 / 226,672 = 0,78$ года				

Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования i существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 7.23 и графика, представленного на рисунке 7.3.

Таблица 7.23 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки	-222,730	360,184	360,184	360,184	360,184	
2	коэффициент дисконтирования						
	$i=0,1$	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	$i=0,2$	1	0,833	0,694	0,579	0,482	
	$i=0,3$	1	0,769	0,591	0,455	0,35	
	$i=0,4$	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	$i=0,5$	1	0,667	0,444	0,296	0,198	
	$i=0,6$	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	$i=0,7$	1	0,5882	0,346	0,204	0,12	
	$i=0,8$	1	0,556	0,309	0,171	0,1	
	$i=0,9$	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	$i=1$	1	0,5	0,25	0,125	0,006	

Продолжение таблицы 7.23

3	Дисконтированный денежный поток, тыс. руб						
	$i=0,1$	$i=0,2$	$i=0,3$	$i=0,4$	$i=0,5$	$i=0,6$	$i=0,7$
	-222,730	327,44	297,673	270,612	246,011	672,994	
	-222,730	300,153	250,128	208,44	173,7	535,991	
	-222,730	277,065	213,127	163,944	126,11	431,405	
	-222,730	257,274	183,767	131,262	93,7589	349,574	
	-222,730	240,123	160,082	106,721	71,1475	284,196	
	-222,730	225,115	140,697	87,9355	54,9597	231,017	
	-222,730	211,873	124,631	73,3124	43,125	187,087	
	-222,73	200,102	111,168	61,76	34,311	150,3	
	-222,73	189,571	99,774	52,513	27,638	119,127	
	-222,73	180,092	90,046	45,023	2,161	92,431	

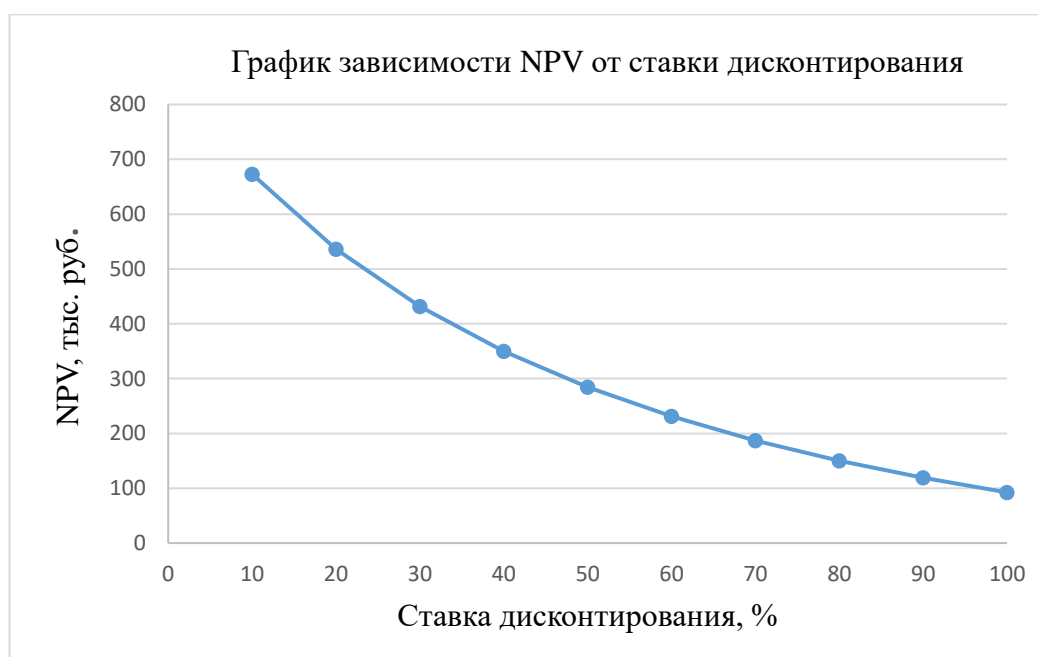


Рисунок 7.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования.

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, стремясь к нулю, но не пересекает ось абцисс. То есть для этого денежного потока не существует ставки дисконтирования, которая приводит к нулевой NPV. А сама модель денежных потоков инвестиционного проекта нестандартна. В данном случае проект является выгодным для инвестиций. NPV данного проекта положительно для всех ставок дисконтирования. Самый низкий NPV, со значением 92,431

тыс.руб., соответствует ставке дисконтирования 100%, и NPV всегда выше нуля. IRR не существует.

7.3.1.1 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0 \cdot k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (7.11)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{272,072 + 226,672 + 188,785 + 157,429}{1459,683} = 1,12$$

$PI = 1,12 > 1$, следовательно, проект эффективен при $i=0,6$; $NPV=231,017$ тыс. руб.

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 7.24 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Только теоретические расчеты и моделирование процесса трения при данной нагрузке	Возможность провести натурные эксперименты при различных условиях
Невозможность оценить поверхность образцов ввиду только теоретических изысканий	Свободное изучение поверхности образцов после испытаний
Трата времени на скучные, однотипные задачи	Вместо скучной и рутинной работы проведение «быстрых» натуральных экспериментов

7.3.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитывается интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается по формуле 7.12:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (7.12)$$

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

Таким образом, с учётом предыдущих расчётов определяются общие затраты для всех вариантов:

$$\Phi_{\text{текущ.проекта}} = 222730 \text{ руб.}$$

$$\Phi_{\text{исп.1}} = 485000 \text{ руб.}$$

$$\Phi_{\text{исп.2}} = 560000 \text{ руб.} = \Phi_{\text{max}}$$

По формуле 4.16 определяется интегральный финансовый показатель для текущего проекта:

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проекта}} = \frac{222730}{560000} = 0,398;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{485000}{560000} = 0,866;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{560000}{560000} = 1.$$

Таким образом, в результате расчетов интегральных финансовых показателей по трем вариантам разработки текущий проект является более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральные показатели ресурсоэффективности всех вариантов определяются путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 7.25).

Таблица 7.25 – Сравнительная оценка характеристик всех вариантов исполнителей.

Объекты исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп. 1	Исп. 2
1. Безопасность при использовании установки	0,3	5	5	4
2. Стабильность работы	0,15	5	5	5
3. Технические характеристики	0,20	5	4	4
4. Механические свойства	0,20	5	4	3
5. Материалоемкость	0,15	5	5	4
ИТОГО	1	25	19	22

По данным из таблицы 7.25 определяется интегральный показатель ресурсоэффективности для текущего проекта:

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяется в соответствии с формулой 7.13:

$$I_p^i = \sum a_i \cdot b_i, \quad (7.13)$$

где I_p^i – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент 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.

$$I_p^{\text{текущ.проекта}} = 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 5.$$

По той же формуле и данным из таблицы 6.25 определяется интегральный показатель ресурсоэффективности для первого конкурентного проекта:

$$I_p^{\text{текущ.проекта}} = 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6.$$

Интегральный показатели ресурсоэффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_p^{\text{текущ.проекта}} = 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 3,95.$$

Таким образом, в результате расчетов интегральных показателей ресурсоэффективности по трем вариантам разработки текущий проект является более приемлемым с точки зрения ресурсной эффективности.

Интегральные показатели эффективности всех вариантов вычисляются на основании показателей ресурсоэффективности и интегральных финансовых показателей по формуле 7.14:

$$I_{эф.i} = \frac{I_{р}^{исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (7.14)$$

где $I_{эф.i}$ – интегральный показатель эффективности i -ого варианта разработки; $I_{р}^{исп.i}$ – интегральный показатель ресурсной эффективности i -ого варианта разработки; $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель i -ого варианта разработки.

В соответствии с формулой 7.14 интегральный показатель эффективности для всех исполнений проектов:

$$I_{эф.текущ.проекта} = \frac{5}{0,398} = 12,56;$$

$$I_{эф.исп.1} = \frac{4,6}{0,866} = 5,31;$$

$$I_{эф.исп.2} = \frac{3,95}{1} = 3,95.$$

Для определения сравнительной эффективности проектов, представленной в таблице 7.26, проводится сравнение среднего значения интегрального показателя эффективности каждого варианта НИР со средним значением интегрального показателя эффективности текущего проекта:

$$I_{ср} = \frac{I_{финр}^{исп.i}}{I_{р}^{текущ.проекта}} \quad (7.15)$$

Таблица 7.26 – Сравнительные эффективности разработок.

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,398	0,866	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	4,6	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	12,56	5,31	3,95
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,512	1,15	1

Таким образом, сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов показало, что наиболее финансово- и ресурсно-эффективным вариантом исполнения устройства является текущий проект.

В ходе проведения анализа показателей эффективности инвестиций была получена чистая приведенная стоимость (NPV) – 845,524 тыс. руб. Таким образом, данный инвестиционный проект можно считать выгодным, так как NPV является положительной величиной. Дисконтированный срок окупаемости проекта ($PP_{диск}$) составляет 0.78 года. Однако внутренняя ставка доходности (IRR) – отсутствует. Тем не менее, в данном случае проект является выгодным для инвестиций. NPV данного проекта положительно для всех ставок дисконтирования. Индекс доходности (PI) – 1,12, и, основываясь на том, что данная величина превышает единицу, можно утверждать, что данная инвестиция приемлема.

Заключение к разделу «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе работы был проведен SWOT-анализ проекта, выделены его сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Также были выявлены конкуренты и произведено сравнение проектируемого оборудования с конкурирующими приборами, уже существующими на рынке. Для экономического расчета был составлен календарный рейтинг-план с расчетом трудозатрат.

Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования были определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска, а тарифные ставки исполнителей – штатным расписанием ТПУ. В результате экономической части расчета была определена стоимость проекта, исходя из плана трудозатрат, суммы амортизационных отчислений, а также отчислений во внебюджетные фонды.

Также в ходе работы была проведена оценка абсолютной эффективности исследования. При этом была рассчитана чистая текущая ставка и дисконтированный срок окупаемости. Как аналитически (таблицы), так и графически была показана зависимость чистой текущей ставки от ставок дисконтирования. В результате чего, было выявлено, что данный проект является выгодным для инвестиционных вложений.

Сравнительная оценка эффективности исследований показала, что разработанное устройство является финансово- и ресурсно-эффективным.

8 Социальная ответственность

Введение

Раздел «Социальная ответственность» нацелен на разработку проектных решений, предотвращающих возникновение чрезвычайных ситуаций в производстве, а также на уменьшение воздействия отходов разного класса опасности на окружающую среду.

Объект исследования представляет роторный трибометр для определения коэффициента трения скольжения при нагрузке до 10 кН. Разработка данного прибора происходит в офисном помещении с размерами рабочей зоны 5*4 м, которая оснащена следующими видами оборудования: персональный компьютер (ноутбук), мышь компьютерная беспроводная, принтер лазерный черно-белый.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, такие как расчет и проектирование оборудования и оформление технической документации к проекту, осуществляются в рабочей зоне.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные правовые нормы трудового законодательства

Научно-исследовательская работа выполнялась в офисе.

Продолжительность рабочего времени, а именно начало и его окончание определена по соглашению сторон работодателя и работника в соответствии со ст. 94 ТК РФ «Продолжительность ежедневной работы (смены)» [69]. Таким образом, продолжительность ежедневной работы 8 часов в день и 40 часов в неделю. Продолжительность рабочей недели – пять дней с двумя выходными. В течение рабочего дня предусмотрен перерыв один час для отдыха и питания. Этот час не включается в рабочее время. Ежегодный отпуск составляет 28 календарных дней, очередность в соответствии с графиком отпусков, график утверждается работодателем в соответствии с пожеланиями работников, не позднее чем за две недели до наступления календарного года.

Оплата и нормирование труда

В компании для работников установлен должностной оклад - фиксированный размер оплаты труда работника за исполнение трудовых (должностных) обязанностей определенной сложности за календарный месяц без учета компенсационных, стимулирующих и социальных выплат.

При выплате заработной платы в соответствии со ст. 136 ТК РФ «Порядок, место и сроки выплаты заработной платы» [69] работодатель обязан извещать в письменной форме каждого работника:

1) о составных частях заработной платы, причитающейся ему за соответствующий период;

2) о размерах иных сумм, начисленных работнику, в том числе денежной компенсации за нарушение работодателем установленного срока соответственно выплаты заработной платы, оплаты отпуска,

выплат при увольнении и (или) других выплат, причитающихся работнику;

3) о размерах и об основаниях произведенных удержаний;

4) об общей денежной сумме, подлежащей выплате.

Форма расчетного листка утверждается работодателем.

Заработная плата выплачивается работнику, как правило, в месте выполнения им работы либо переводится в кредитную организацию, указанную в заявлении работника.

Заработная плата выплачивается непосредственно работнику, за исключением случаев, когда иной способ выплаты предусматривается федеральным законом или трудовым договором.

Особенности обязательного социального страхования и пенсионного обслуживания

В соответствии со ст. 21 ТК РФ «Основные права и обязанности работника» [69] работники имеют право на обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами. Обязательное социальное страхование включает в себя пособие по временной нетрудоспособности, пособие по беременности и родам, пособие по уходу за ребенком, различные виды пенсий и т.д.

Страховщиком является - Фонд социального страхования Российской Федерации. Страхователь – юридическое или физическое лицо нанимающее работников в штат. Застрахованный - работающее на предприятии физическое лицо, на основании трудового договора заключённого с работодателем.

Среди различных видов пенсий обязательной для каждого работающего человека является трудовая пенсия [70] – ежемесячная денежная выплата в целях компенсации застрахованным лицам заработной платы и иных выплат и вознаграждений, утраченных ими в связи с наступлением нетрудоспособности вследствие старости или инвалидности.

Трудовая пенсия выплачивается из пенсионных накоплений - сформированных за счет поступивших страховых взносов на финансирование накопительной части трудовой пенсии по старости, дополнительных страховых взносов на накопительную часть трудовой

пенсии, взносов работодателя, уплаченных в пользу застрахованного лица, взносов на софинансирование формирования пенсионных накоплений, дохода от их инвестирования, средств гарантийного возмещения, поступивших в Пенсионный фонд Российской Федерации.

При назначении пенсии учитывается трудовой стаж, в течение которого уплачивались страховые взносы в Пенсионный фонд Российской Федерации и среднемесячный заработок.

Право на трудовую пенсию по старости имеют мужчины, достигшие возраста 65 лет, и женщины, достигшие возраста 60 лет, с 2028 года. Сейчас действует переходный период увеличения возраста выхода на пенсию, в 2023 году женщины должны выходить на пенсию в 57 лет, а мужчины — в 62 года. Трудовая пенсия назначается при наличии не менее пяти лет стажа.

Эргономические требования к рабочему месту

Рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [71] и СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда [72]. Таким образом, стол в рабочей зоне должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Экран видеомонитора должен находиться на расстоянии 600 — 700мм от глаз пользователя, но не ближе 500мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Клавиатуру нужно располагать на поверхности стола на расстоянии 100 — 300мм от края, обращенного к пользователю, или специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также по расстоянию спинки от переднего края сиденья. При этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

При выборе типа рабочего стула (кресла) следует учитывать рост пользователя, характер и продолжительность работы с ПЭВМ. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе с ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Поверхности сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должны быть полумягкими, с нескользящим,

слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Норматив площади помещения в расчете на 1 рабочее место в соответствии с СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда [72] для пользователей персональных ПК/ноутбуков с жидкокристаллическим или плазменным экраном – должен составлять не менее 4,5 кв.м.

8.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для офисной среды, в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [71], представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 - Возможные опасные и вредные производственные факторы в офисном помещении

Факторы	Нормативные документы
Опасные факторы	
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	ГОСТ 12.1.019-2017 электробезопасность общие требования и номенклатура защиты ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. М.Ф. Яблонский, А.А. Буйнов Судебно-медицинская экспертиза повреждений, вызванных действием электричества. Учебное пособие, Витебск 2017.

Продолжение таблицы 8.1

Вредные факторы	
<p>Производственные факторы, связанные со световой средой:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения; - отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения; 	<p>СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 Методическое пособие проектирование искусственного освещения общественных и жилых зданий. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Москва 2016;</p>
<p>Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p>	<p>СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.</p>
<p>Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека: монотонность труда, умственное перенапряжение;</p>	<p>МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»;</p>

Продолжение таблицы 8.1

Превышение уровня шума	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация; ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
------------------------	--

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасные факторы

Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Источником опасного фактора на рабочем месте является проводка скрытая и открытая, светильники местного и общего освещения, переноски.

Действия электрического тока приводит к электрическим травмам и электрическим ударам [83].

Электрические травмы — это четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги (электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения).

Электрический удар — это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольным судорожным сокращением мышц. Различают четыре степени электрических ударов: I степень — судорожное сокращение мышц без потери сознания; II степень — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца; III степень — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе); IV степень — клиническая смерть, то есть отсутствие дыхания и кровообращения.

Проходя через организм, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие.

Исход воздействия электрического тока на организм человека зависит от ряда факторов, основными из которых являются: электрическое сопротивление тела человека; величина электрического тока; длительность его воздействия на организм; величина напряжения, воздействующего на организм; род и частота тока; путь протекания тока в теле; психофизиологическое состояние организма, его индивидуальные свойства; состояние и характеристика окружающей среды (температура воздуха, влажность, загазованность и запыленность).

Сотрудники предприятия должны знать методики оказания первой медицинской помощи.

В офисном помещении, где ведется работа над проектом, применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: электропроводка скрытая (полностью в стенах), на стенах достаточное количество электрических розеток с крышечками, удлинители запрещены.

Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место оператора ПЭВМ должно освещаться как естественным, так искусственным освещением. При длительной работе в условиях недостаточной освещенности или нарушении параметров световой среды, происходит негативное воздействие на организм человека, такое как: развитие близорукости, головная боль, ухудшение зрения и пр. Кроме того, отсутствие или недостаток естественного освещения приводит к нарушению суточного циркадного фотопериодизма в обмене веществ, в выделении гормонов сна и бодрствования, в уровне активности мозга и других функциях организма каждого человека. А также перенапряжение зрительных мышц приводит к потере остроты зрения, развитию близорукости и дальнозоркости.

Естественное освещение производственных помещений нормируется величиной КЕО в зависимости от характера зрительной работы (разряда зрительной работы) и вида освещения. Расчет естественного освещения в производственном помещении заключается в определении требуемой площади боковых проемов окон, которая бы обеспечивала нормативную освещенность (величину КЕО) для выполнения определенного разряда зрительной работы. Для офисного помещения, где ведется работа на проектом, КЕО должен составлять 1% в соответствии со СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [84].

Организация постоянных рабочих мест без естественного освещения, если это не определяется требованиями технологии, запрещается. Световые проемы не допускаются загромождать производственным оборудованием, готовыми изделиями, полуфабрикатами и т.п. как внутри, так и вне зданий.

Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Согласно СанПиН 1.2.3685-21, освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий [77].

В данном разделе проводится расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности методом коэффициента светового потока, учитывающего световой поток, отраженный от потолка и стен.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией, согласно нормам, в помещении, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 лк.

Световой поток создаваемый каждой из ламп рассчитывается по формуле:

$$\Phi_p = \frac{ESzk}{n\eta}; \quad (8.1)$$

где E – минимальная освещенность, лк, $E = 300$ лк;

S – площадь помещения, m^2 , $S = 20$ m^2 ;

z – поправочный коэффициент, $z = 1,1$;

k – коэффициент запаса, $k = 1,5$;

η – коэффициент использования осветителей, %;

n – число светильников в помещении, шт.

В офисе установлены лампы ЛД-80-7, световой поток которой равен $\Phi_{лд} = 4250$ лм. Лампы устанавливаются в светильник ЛПО46-2x80 по 2 штуки. Светильник имеет мощность $p_{л} = 80$ Вт, длина светильник равна 1,5 м, ширина – 0,2м.

Коэффициент использования определяется с помощью индекса помещения (i), который рассчитывается по формуле (8.2):

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}; \quad (8.2)$$

где A – длина помещения, м, $A = 5$ м;

B – ширина помещения, м, $B = 4$ м.

Для соответствующих размеров аудитории со светлым потолком и стенами, оклеенными светлыми обоями, согласно методическим указаниям, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 50\%$ и потолка $\rho_{\text{п}} = 70\%$.

Расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c; \quad (8.3)$$

где: h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м, $h_p = 0,8$ м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м, $h_c = 0,1$ м;

H – высота потолка в помещении, м, $H = 3,5$ м.

Таким образом, расчетная высота подвеса светильников $h = 3 - 0,8 - 0,1 = 2,6$ м.

Тогда коэффициент использования i :

$$i = \frac{5 \cdot 4}{2,1 \cdot (5 + 4)} = 0,85$$

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c и $\rho_{\text{п}}$ примем $\eta = 45\%$.

Для осуществления проверочного расчета с целью определения того, создает ли существующая система освещенности требуемую освещенность по СНиП 23-05. Необходимо рассчитать количество лампочек в помещении, выразив отношение из формулы (1):

$$n = \frac{ESzk}{\Phi_p \eta} = \frac{300 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{4250 \cdot 0,45} = 5,83$$

Таким образом, общее число ламп: $n = 6$. Что соответствует трем светильникам.

Размещаем по 1 светильнику в 2 ряда и 1 светильник располагается перпендикулярно к двум другим.

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по соотношению:

$$\frac{2}{3}L_1 + 2L_1 + 3 \cdot 0,2 = 5 \text{ м};$$

$$L_1 = 1,65 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_2 + L_2 + 2 \cdot 1,5 = 4 \text{ м};$$

$$L_2 = 0,6 \text{ м.}$$

План расположения светильников представлен на рисунке 1.

Расчет светового потока группы люминесцентных ламп определяется по формуле (1):

$$\Phi_p = \frac{ESzk}{n\eta} = \frac{300 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{6 \cdot 0,45} = 3666,7 \text{ лм.}$$

Далее следует проверить выполнение условия (4):

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{лд} - \Phi_p}{\Phi_{лд}} \cdot 100\% \leq 20\%; \quad (8.4)$$

$$\frac{4250 - 3666,7}{3666,7} \cdot 100\% = 13,7\%.$$

Условие выполнено.

Электрическая мощность всей осветительной системы:

$$P = n \cdot p_{л} = 6 \cdot 80 = 480 \text{ Вт.} \quad (8.5)$$

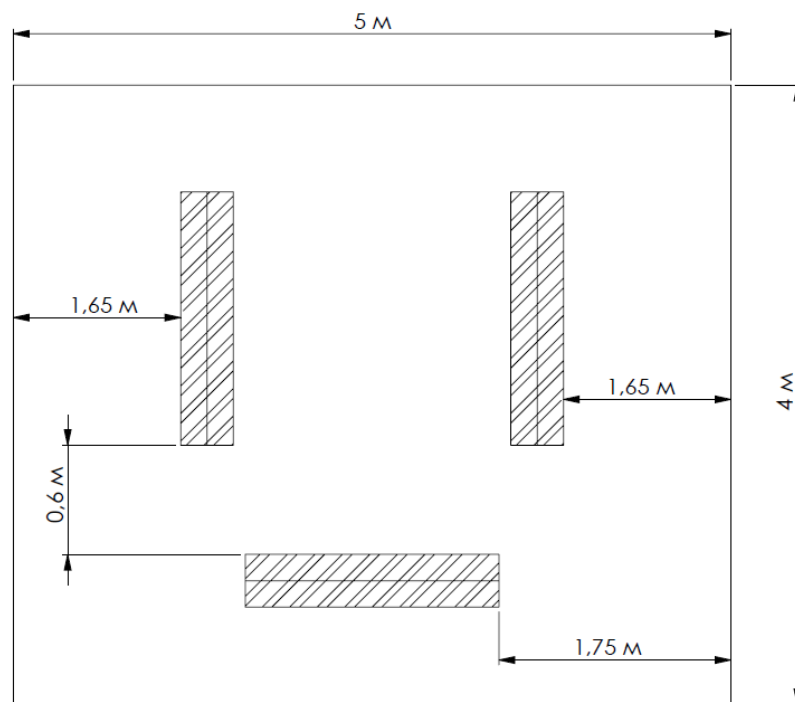


Рисунок 8.1 – План и размещение двух светильников с четырьмя люминесцентными лампами

Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Состояние микроклимата должно соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88 [78].

Движение воздуха в помещениях также является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. В жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи теплоты организмом и улучшает его состояние, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодный период года.

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания", по тяжести работ написание проекта относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением) [77]. Параметры микроклимата при работе не должны выходить за рамки допустимых значений

в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [78].

Таблица 8.2 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений [78]

Период года	Категория работ	Температура, °С			Влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая.		Оптимальная	Допустимая на рабочих местах	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах
			Верхняя граница	Нижняя граница				
Холодный	Іб	21-23	24	20	40-60	75	0,1	<0,2
Теплый	Іб	22-24	28	21	40-60	60 (при 27°С)	0,2	0,1-0,3

Для регулировки показателей микроклимата предусмотрены следующие мероприятия: затенение окон с юго-восточной стороны с помощью жалюзи и штор, оборудование батарей отопления вентилями с автоматическим поддержанием заданной температуры. Монтирование на рабочем месте приточно-вытяжную вентиляцию, с регулировкой производительности и температуры подаваемого и выбрасываемого воздуха.

На рабочем месте показания замеров микроклимата не превышает допустимых пределов и обеспечивается за счет следующего: в холодный период года – применение водяного отопления; в теплый период – искусственной вентиляцией и кондиционером.

Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека: монотонность труда, умственное перенапряжение

При конструировании трибометра необходима постоянная работа в графической программе, которая требует повышенной сосредоточенности и вызывает зрительную и умственную нагрузку на организм человека.

При умственной нагрузке необходима длительность сосредоточенного внимания, выраженная ответственность, плотность сигналов и сообщений в единицу времени по МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [79]. Длительная умственная нагрузка оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность ухудшаются функции внимания (объем,

концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

При зрительной нагрузке необходима высокая координация сенсорных и моторных элементов зрительной системы. Вызывает головную боль, ухудшение зрения, астенопию – патологического состояния, связанного с быстрым переутомлением глаз.

Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений на глаз, использовать методику психической саморегуляции.

Превышение уровня шума.

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты, увеличению риска артериальной гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др. [77].

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. В соответствии с СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [82]. Максимальный уровень постоянного шума в помещениях офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций 65 дБА. Источниками шума при выполнении проекта в офисном помещении являются разговоры других людей в соседних офисах, хлопки дверей, компьютер (ноутбук), лазерный черно-белый принтер SCX-4200, и уличный шум. Компьютер (ноутбук) работает почти беззвучно. Принтер используется только для распечатывания промежуточных результатов, работает, примерно 1 раз в месяц 5-10 минут и не создает некомфортных ощущений. Наибольшее влияние на работу оказывает уличный шум – звуки автомобилей и мотоциклов. Это решается путем закрытия окон.

Таким образом, при значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства коллективной защиты (устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования; изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения).

8.3 Экологическая безопасность

Данная магистерская работа не представляет прямой опасности для экологической обстановки, поскольку отсутствует использование токсичных материалов во время проведения необходимых для работы действий. Однако, косвенно данный проект, всё-таки, оказывает влияние на экологическую безопасность.

Защита селитебной зоны

Влияние на селитебную зону заключается в статических нагрузках от здания, в котором проводится разработка трибометра, на участок земли, на котором оно построено. Здание должно соответствовать Градостроительному кодексу РФ [86].

Защита атмосферы

Непосредственное влияние на загрязнение атмосферы написание данной работы не оказывается. Но в случае пожара в атмосферу будут выделяться вредные загрязняющие вещества за счет горения пластмассовых изделий (компьютер, мышка, письменные ручки, пластиковые окна и подоконники, проводка, линолеум и т.д.).

Защита гидросферы.

При выполнении работы не предусматривается использование водных процессов. Однако, происходит загрязнение гидросферы путем канализационных стоков. Водопроводы, канализация и стоки здания должны быть скорострированы в соответствии с СП 30.13330.2016. СНиП 2.04.01-85*. «Свод правил. Внутренний водопровод и канализация зданий» [87].

Защита литосферы

Влияние на литосферу заключается в утилизации бытового мусора: отработанных картриджей, бумаги, письменных ручек, утилизации офисной техники, начиная с их сбора и последующей транспортировкой на предприятия, которые занимаются их утилизацией.

В России все вопросы, касающиеся уничтожения сырья и отходов, регламентирует ФЗ 89 «Об отходах после потребления и производства» (редакция, действующая с 1 марта 2022 года) [89]. Согласно нормам права, всем отходам присваивается свой класс опасности:

- I класс: очень опасные
- II класс: высокая опасность
- III класс: умеренная опасность
- IV класс: низкая опасность
- V класс: неопасные

Вышедшее из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника (сканер-принтер, например) к I классу отходов из-за содержания таких веществ, как бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец и т.д. и подлежат ликвидации в соответствии с ФЗ от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (с изменениями и дополнениями) [89].

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – 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 природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Сильные морозы

Офисное помещение находится в городе Томск с резко-континентальным климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.) в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС могут быть: природного характера – сильные морозы, техногенного характера – пожар.

Критически низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и жертвам среди населения. В случае заморозки труб в помещении предусмотрены запасные электрообогреватели. Электропитание для обогревателей обеспечивает генератор.

Для предупреждения аварий отопительной системы ежегодно должна проводиться ее проверка. В случае возникновения подозрений на неисправность на некотором участке или соединении, следует незамедлительно сообщить об этом компетентным сотрудникам.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

В соответствии с СП 12.13130.2009 [85] помещение, в котором осуществляется процесс разработки прибора, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории В1-В4 «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 находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б», так как в офисном помещении имеются горючие и трудногорючие материалы и вещества, которые при контакте с воздухом горят без образования взрывоопасных веществ (множество изделий из пластика, бумага, обои на стенах и т.д.). Тем не менее, никогда не стоит забывать об опасности возникновения пожара.

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры: использование только исправного оборудования; проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности; назначение ответственного за пожарную безопасность помещения; отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ; курение в строго отведенном месте; содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Также на видном месте должны быть средства тушения пожара (огнетушитель или противопожарный шкаф). Также на видном месте должны быть средства тушения пожара (огнетушитель или противопожарный шкаф). В зависимости от своего прямого назначения и предполагаемого класса пожара все огнетушители условно можно разделить на пять

видов: жидкостные или водные «ОВ»; порошковые устройства «ОП»; газовые или углекислотные «ОУ»; воздушно-пенные огнетушители «ОВП»; воздушно-эмульсионные огнетушители «ОВЭ».

В офисном помещении имеется 1 порошковый огнетушитель марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также в коридоре в 2ух метрах от входа в офис установлен силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушитель всегда содержится в исправном состоянии, периодически осматривается, проверяется и своевременно перезаряжается. На стенах также расположены инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

Заключение по разделу «Социальная ответственность»

При анализе офисного помещения, в котором выполнялись работы по проектированию ротоного трибометра, было выявлено, что значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе. Кроме фактора, обладающего свойствами психофизиологического воздействия на организм человека. Для минимизации влияния данного фактора на организм человека, достаточно соблюдать меры, приведенные в МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности [79].

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности». Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал офисных помещений обладает I группой допуска по электробезопасности, которая присваивается только неэлектротехническому персоналу, которому не требуется специальное обучение (например, персоналу, который работает за компьютером, принтером и сканером). Проводится инструктаж, удостоверение не выдается.

В соответствии с СП 12.13130.2009 [85] помещение, в котором осуществляется процесс разработки прибора, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории В1-В4, так как в офисном помещении имеются горючие и трудногорючие материалы и вещества, которые при контакте с воздухом горят без образования взрывоопасных веществ. Помещение оборудовано пожарной сигнализацией, огнетушителем и планом эвакуации. Все электронные приборы подключены к сети питания, имеющей защитное заземление.

Был проведен анализ по экологической безопасности при выполнении данной магистерской работы. На данном рабочем месте выявлен предполагаемый источник загрязнения литосферы в результате образования отходов при поломке предметов вычислительной техники и оргтехники.

Вышедшее из строя ПЭВМ (содержит такие вещества, как бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец и т.д.) и сопутствующая оргтехника (сканер-принтер) относятся к I классу опасности и подлежат специальной утилизации в соответствии с ФЗ от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [89].

Нормы работы при выполнении проекта регулируются ТК РФ [1].

Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением) [77].

Заключение

В соответствии с заданием была разработана конструкция роторного трибометра для пары трения шайба-вращающийся штифт. Требуемая нагрузка в приборе достигается с помощью гидросистемы, которая обеспечивает плавность и быстроту регулирования нагрузки, безопасность использования и не требует специальных климатических и лабораторных условий.

Как и в остальных трибометрах, в конструкции данного устройства установлены датчики силы, крутящего момента и температуры, результаты которых используются для дальнейших исследований. Для более точных измерений этих величин в конструкции установлено несколько датчиков одного вида. Несмотря на установку утяжелителя и виброопор в приборе предусмотрены датчики вибрации, которые не используются в дальнейших расчетах, но регистрируют показания колебаний, вызванных дисбалансом за счет неравномерности распределения нагрузки.

Статические анализы в SolidWorks Simulation, проведенные по методу конечных элементов, показывают надежность основных наиболее ответственных элементов системы при проведении исследований. Устойчивость прибора обусловлена установкой утяжелителя и виброопор.

Несмотря на установку четырех ШВП в конструкции используется только один мотор и зубчато-ременная передача с профилем АТ10, которая обеспечивает их одновременное движение и плавное перемещение верхней пластины. Для натяжения ремня в приборе установлены натяжители.

Перспективы. Установка была разработана с учетом норм и стандартов, требований рынка. Все элементы конструкции рассчитаны на основе теоретических методик и выбраны из каталогов существующих компаний. Таким образом, конструкция практически готова к реализации.

Более того, конструкция рассчитана таким образом, что при желании она может быть доработана и применена для исследований при нагрузке более, чем 10 кН. Для этого, например, необходимо будет выбрать редуктор с большими техническими параметрами, переопределить толщину пластин и подобрать гидроцилиндр с большим диаметром штока во избежание большого смещения шайбы. Также необходимо будет снова провести расчет утяжелителя из условий нагружения.

Список литературы

1. Чихос Х., Хабиб К.-Х., Справочник по трибологии: трение и износ. – Берлин: Фиевег, 1992. – 542 с.
2. Попов В.Л., Контактная механика и трение: от нанотрибологии к динамике землетрясений. Второе издание – Берлин: Спрингер, 2010. – 486 с.
3. Стаховяк Г.В., Батчелор А.В. Инженерная трибология. Четвертое издание. – Уолтем, США: Эльзевир. – 2016. – 366 с.
4. DIN-Справочник. Основы трибологии Технология испытаний Элементы триботехнических конструкций. – Берлин: Бойт, 1990 – 58 с.
5. Перзборн Н. Разработка и реализация трибометра для исследования высоконагруженных контактов. Диссертация/ Институт динамики и колебаний технический университет. – Брауншвайг, 2015. – 128с.
6. Хоффманн Дж. Справочник по измерительным технологиям. 4-е исправленное издание. – Мюнхен: Хансер, 2012. – 238 с.
7. Австрийский центр трибологии / <https://www.ac2t.at>. Доступ 12.02.2022
8. Кафедра технологии проектирования КТmfk / <https://www.mfk.tf.fau.de/forschung/equipped/geraete-zur-tribologische-oberflaechen-und-schichtcharakterisierung>. Доступ 12.02.2022
9. Трибологический центр университета г. Мангейм / <http://www.tri.mb.hs-mannheim.de/rotationstribometer>. Доступ 12.02.2022
10. Доктор технических наук. Георг Вацау Mess- + Prüfsysteme GmbH / <http://www.wazau.com>. Доступ 12.02.2022
11. Инженерное бюро Мартина Бергера / <https://www.tribodoc.de/dienstleistungen/pr%C3%BCfstandsbauprojekt-stift-scheibe-tribometer-twinpin>. Доступ 12.02.2022
12. Трибология Вернера Штера / <http://www.werner-stehr-tribologie.com/index.php/tribologische-pruefgeraete-3/rvm-reibungs-u-verschleisspruefstand-modular>. Доступ 12.02.2022
13. Natsheh N.A., Georg-Peter Ostermeyer G.-P. A Spiral Tribometer for Dynamic Friction Measurements. // Proc. Appl. Math. Mech. – 2009. – DOI: 10.1002/pamm.200910287
14. Krick B.A., Sawyer W.G. Space Tribometers: Design for Exposed Experiments on Orbit. // Tribol. Lett. – 2011. – DOI: 10.1007/s112490109689y
15. Patton S.T., Zabinski J.S. Advanced tribometer for in situ studies of friction, wear, and contact condition—Advanced tribometer for friction and wear studies // Tribology Letters, Vol. 13, No. 4, November 2002 – 263-273

16. Murarash B., Varenberg M. Tribometer for In Situ Scanning Electron Microscopy of Microstructured Contacts. // Tribol. Lett. – 2009. – DOI: 10.1007/s112490109717y
17. Ben Jemaa M. C., Mnif R., Fehri K., Elleuch R. Design of a New Tribometer for Tribological and Viscoelasticity Studies of PTFE Valve Seats. // Tribol. Lett. – 2012. – DOI: 10.1007/s1124901198729
18. Rtec instruments / <https://rtec-instruments.com/tribometer/universal-tribometer/?lang=de>. Доступ 27.03.2023
19. Остермейер Г.-П. Механика II: Устойчивость, кинематика и кинетика, вибрации, удары. 1-е издание. Брауншвейг: ТУ Брауншвейг, 2002. – 459 с.
20. Dr.-Ing.Georg WAZAU Mess- + Prüfsysteme GmbH. Трибометр TRM 2000. Инструкция по эксплуатации. Берлин: Вацау, 2021. – 78 с.
21. Dr.-Ing.Georg WAZAU Mess- + Prüfsysteme GmbH Эксплуатация установка эксплуатация и руководство по установке станков для жестко установленных машин. Берлин: Вацау, 2002. – 128 с.
22. Кремсер А. Электрические машины и приводы: основы, двигатели и приложения; с 14 вкладками, 17 примерами упражнений и решений. Висбаден: Спрингер, 2013. – 383 с.
23. Луи Ж.-П. Управление синхронными двигателями. Лондон: Исте, 2011 – 264 с.
24. Ламмерхирдт Э.-Х. Электрические машины и приводы Структура-Эффективность-Испытание-Применение. Мюнхен: Карл Хансер, 1989 – 374 с.
25. Мерц Х., Липпхардт Г. Электрические машины и приводы. Основы и примеры расчетов для начинающих. 2-е издание. Берлин: ВДЕ, 2008. – 436 с.
26. Геваттер Х.-Й., Грюнхаупт У. Справочник по технологии измерения и автоматизации в производстве, 2-е, полное издание. Берлин: Спрингер, 2006. – 275 с.
27. Бастиан П., Бумиллер Х., Бургмайер М., Эйхлер В. и др. Электротехника. Хан-Груйтен: Европа-Лермиттель, 2004. – 642 с.
28. Опперманн М. Новый подход к прогнозированию отказов мобильных гидравлических систем. Дюссельдорф: ВДИ, 2007 – 167 с.
29. Гессат Дж. Уплотнительные механизмы гидравлических уплотнений уровня. Диссертация / Рейско-Вестфальный Технический университет Ахена. – 1999. – 280 с.
30. Нето М.А., Амаро А., Розейро Л., Кирне Дж., Леал Р. Инженерный расчет конструкций: метод конечных элементов. Швейцария: Спрингер, 2015. – 540 с.
31. Кноте К., Весселс Х. Конечные элементы: введение для инженеров. 5-е издание. Берлин: Спрингер, 2017. – 328 с.
32. Энгелькен Г. SolidWorks 2010: методология трехмерного проектирования. 2-е издание обновлено. Мюнхен: Хансер, 2010. – 460 с.

33. Hydropa Hydraulic Products GmbH & Cie. KG (2017) Каталог производителя: Гидроцилиндр HYKS. Виттен: Хюдропа, 2017. – 68 с.
34. Коспа ООО <https://www.cospa.ru/news/publications/raschet-i-podbor-servodvigatelya-dlya-shariko-vintovoy-pary/>. Доступ 02.12.2022
35. Гольц Х.-У. Анализ, моделирование и оптимизация рабочих характеристик шарико-винтовых пар. Отчеты об исследованиях Института станкостроения и промышленной инженерии Университета Карлсруэ. Карлсруэ: Университет Карлсруэ, 1990. – 351 с.
36. Справочник по машиностроению / <http://cncnc.ru/documentation/sprav-constr/html/tom2/pages/chapters8/ckm2.html>. Доступ 20.03.2023
37. Шенк О., Питтрофф Х. Вибрационные характеристики шпинделя и системы роликовых подшипников: расчет жесткости и оптимальные размеры шпинделя. Швайнфурт: СКФ, 1962. – 72 с.
38. Акерманн Дж. Шариковые винты и линейные направляющие: прецизионные элементы машин для технологии линейного перемещения. Ландсберг/Лех: Современная промышленность, 1991 – 492 с.
39. ГОСТ ИСО 1940-1-2007 Вибрация. Требования к качеству жестких роторов. Часть 1: определение допустимого дисбаланса.
40. Шиссле Е. Датчики и регистрация измеренных значений. Вюрцбург: Фогель, 1992. – 336 с.
41. Вельтнер К., Цорн Р. Сила и измерение силы. Штутгарт: Эрнест Клетт, 1972. – 240 с.
42. Хейссинг Б., Эрсой М. Руководство по шасси. 2-ое обновленное издание. Висбаден: Фиевег+Теубнер, 2008. – 344 с.
43. Шенк О., Питтрофф Х. Вибрационные характеристики шпинделя и системы роликовых подшипников: расчет жесткости и оптимальные размеры шпинделя. Швайнфурт: СКФ, 1962. – 385 с.
44. Бергманн К. Электрические измерительные технологии: электрические и электронные процессы, установки и системы. 5-ое, исправленное и дополнительное издание. Брауншвейг: Фиевег, 1993. – 400 с.
45. Справочник для электронных измерительных технологий: электронное измерение неэлектронных величин; с 41 таблицей. Гамбургское издание. Мюнхен: Франциск, 1960 - .64 с.
46. Профос П. Основы измерительной техники: с 46 табл. Ольденбург, 1992. – 51 с.
47. Benz W. Электрическая измерительная техника: измерительные приборы, методы измерения, измерительные упражнения. 2-ое издание Доссенхайм: Бохманн - Нольтемайер, 1974. – 254 с.

48. Датчики и измерительные системы 2008. Конференция датчиков и измерительных систем 2008 Дюссельдорф: Людвигсбург, ВДИ, 2008. – 493 с.
49. Фельдерхофф Р. Электрические и электронные измерительные технологии: аналоговые и цифровые измерительные системы, измерительные устройства, методы измерений. 5-ое, исправленное издание. Мюнхен: Хансер: 1990. – 388 с.
50. Стельцер Р., Стегер В. SolidWorks: Основы моделирования и программирования. Мюнхен: Исследования Пирсона, 2009. – 524 с.
51. Комитет по стандартам Германии Справочник FAKRA: стандарты конструкции автомобилей. Берлин: Бойт, 1952. – 112 с.
52. Шиссле Е. Датчики и регистрация измеренных значений. Вюрцбург: Фогель, 1992. – 458 с.
53. Вельтнер К., Цорн Р. Сила и измерение силы. Штутгарт: Эрнест Клетт, 1972. – 360 с.
54. Хейссинг Б., Эрсой М. Руководство по колесному транспорту. 2-ое обновленное издание. Висбаден: Фиевег+Теубнер, 2008. – 396 с.
55. Дегенштейн Т. Измерение силы в дисковых тормозах. / Диссертация. – Технический университет Дармштадта, 2007. – 236 с.
56. Torque and more GmbH / <https://www.tam-sensors.com/active-torque-sensing/active-torque-sensor/> Доступ 14.11.2022.
57. Magnetic Sense GmbH / <https://torque.trafag.com/kraftsensor/>. Abruf am 17.04.2019
58. Optris GmbH <https://www.optris.de/optris-xi-80>. Доступ 14.11.2022.
59. LaserTechs e.K. <https://www.lasertechs.de/deutsch/news/>. Доступ 14.11.2022.
60. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG Технические характеристики: AM8072 | Серводвигатель 54,6 Нм (M0), F7 (194 мм). Ханновер: Ферл, 2017. – 2с.
61. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG Документация: Планетарный редуктор AG2400-+TR0xx. Ханновер: Ферл, 2017. – 3с.
62. Nadella GmbH Каталог производителя: ШВП. Нюфринген: Наделла, 2011. – 96 с.
63. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG Технические характеристики: AM8032 | Серводвигатель 2,38 Нм (M0), F3 (72 мм). Ханновер: Ферл, 2017. – 2с.
64. Mulco-Europe EWIV <https://www.mulco.de/de/content/synchrone-scheiben-und-zubeh%C3%B6r>. Доступ 16.12.2022.
65. Optibelt <https://www.optibelt.com/de/produkte/zahnriemen-pu/optibelt-alpha-torque/>. Доступ 16.12.2022.
66. Norelem Normelemente KG [https://www.norelem.de/de/de/Produkte/Produkt%C3%BCbersicht/Systeme-Komponenten-Maschinenbau Anlagenbau/Antriebs-](https://www.norelem.de/de/de/Produkte/Produkt%C3%BCbersicht/Systeme-Komponenten-Maschinenbau-Anlagenbau/Antriebs-)

technik/Zahnriemenscheiben-Zahnwellen-Zahnriemen/Zahnriemenscheiben-AT/Zahnriemenscheiben-Profil- AT-10.html. Доступ 16.12.2022

67. CNC Profi <https://www.cncprofi.eu/de/Profi-Vibro--Isolatoren-PROFI-160-M16-L-140-mm.html/>. Доступ 17.12.2022.
68. Хэзельбарт В. Рекомендации Федерального института исследования и испытаний материалов по определению неопределенностей измерений в результатах количественных испытаний. Исследовательская работа. Берлин: Федеральный институт исследования и испытаний материалов, 2004. – 172 с.
69. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
70. Федеральный закон от 17.12.2001 N 173-ФЗ (ред. от 08.12.2020) "О трудовых пенсиях в Российской Федерации".
71. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
72. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»
73. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
74. ГОСТ 12.1.019-2017 электробезопасность общие требования и номенклатура защиты
75. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
76. Методическое пособие проектирование искусственного освещения общественных и жилых зданий. Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2016.
77. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
78. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
79. МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».
80. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
81. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
82. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
83. М.Ф. Яблонский, А.А. Буйнов Судебно-медицинская экспертиза повреждений, вызванных действием электричества. Учебное пособие, Витебск 2017.
84. СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

85. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
86. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N190-ФЗ (ред. от 28.04.2023).
87. СП 30.13330.2016. СНиП 2.04.01-85*. Свод правил. Внутренний водопровод и канализация зданий" (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 16.12.2016 N 951/пр).
88. Приказ Минприроды России от 04.12.2014 N 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I - V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду».
89. ФЗ от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (с изменениями и дополнениями).
90. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов».
91. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

Приложение А
(Обязательное)

Расчет серводвигателя для шарико-винтовой передачи

Момент на валу серводвигателя определяется по формуле:

$$M_L = \frac{9,8 \cdot \mu \cdot m \cdot P_b}{2\pi \cdot i \cdot \eta} = \frac{9,8 \cdot 0,2 \cdot 500 \cdot 0,01}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,9} = 0,87 \text{ Nm} \quad (\text{A.1})$$

Затем рассчитывается момент инерции вала серводвигателя. Полный момент инерции состоит из алгебраической суммы линейного момента инерции, момента инерции подшипников и муфты.

$$J_L = J_{Ll} + J_b + J_G = 3,166 \cdot 10^{-5} + 2,967 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-5} = \\ = 3,684 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (\text{A.2})$$

После этого определяется мощность двигателя. Она состоит из алгебраической суммы мгновенной мощности и мощности, обеспечивающей требуемую динамику системы.

$$P_M = \frac{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2400 \cdot 0,087}{60} + \left(\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2400}{60}\right)^2 \cdot \frac{0,000368}{1}}{2} = 127,225 \text{ W} \quad (\text{A.3})$$

Приложение В

(Справочное)

Технические параметры выбранных компонентов

Раздел 1. Технические характеристики планетарного редуктора ag2400-tp110-mf1-i-0k1-f7 от компании «Beckhoff Automation GmbH & Co. KG»

BECKHOFF

Technische Daten

TP110		2-stufig												
Übersetzung ^{a)}	i	16	20	21	25	28	31	35	40	50	61	70	91	100
Max. Beschleunigungsmoment	T_{2B} Nm	1600	1400	1600							1400	1600	1300	1400
Nenn Drehmoment am Abtrieb	T_{2N} Nm	980	850	1050	1250	850	1050	1100	900	700	800			
NOT-AUS Moment	T_{2Not} Nm	2750												
Zul. mittlere Antriebsdrehzahl ^{b)}	n_{1N} min ⁻¹	2500							2900	3200	3400			
Max. Antriebsdrehzahl	n_{1Max} min ⁻¹	4500												
Ø-Leerlaufdrehmoment	T_{012} Nm	6,9	5,6	5,5	5,0	4,1	3,9	3,7	3,0	2,7	2,5	2,4	2,2	
Max. Verdrehspiel	j_r arcmin	Standard ≤ 3 / Reduziert ≤ 1												
Verdrehsteifigkeit ^{c)}	Nm/arcmin	585	580	465	570	560	440	560	520	525	415	480	360	395
Kippsteifigkeit	Nm/arcmin	1452												
Max. Axialkraft ^{d)}	F_{2AMax} N	10050												
Max. Kippmoment	M_{2KMax} Nm	3280												
Wirkungsgrad	μ %	94												
Lebensdauer	L_h	> 20.000												
Gewicht	m kg	34,0												
Laufgeräusch	L_{PA} dB(A)	≤ 66												
Max. zul. Gehäusetemperatur	°C	+ 90												
Umgebungstemperatur	°C	- 15 bis + 40												
Schmierung		Lebensdauer geschmiert												
Lackierung		Grau												
Drehrichtung		An- und Abtriebsseite gleichsinnig												
Schutzart		IP 65												

TP110		Übersetzung												
Massenträgheitsmoment (bezogen auf den Antrieb)		16	20	21	25	28	31	35	40	50	61	70	91	100
G 24	J_1 kgcm ²	8,51	8,21	8,98	7,82	6,57	8,09	6,37	5,63	5,54	5,63	5,44	5,50	5,39
I 32	J_1 kgcm ²	11,7	11,4	12,1	11,0	9,73	11,3	9,54	8,80	8,70	8,79	8,61	8,67	8,56
K 38	J_1 kgcm ²	12,7	12,5	13,2	12,1	10,8	12,3	10,6	9,87	9,77	9,87	9,68	9,74	9,63
M 48	J_1 kgcm ²	27,4	27,1	27,8	26,7	25,4	26,9	25,3	24,5	24,4	24,5	24,3	24,4	24,3

a) Weitere Übersetzungen auf Anfrage möglich.

b) Bei höheren Umgebungstemperaturen bitte Drehzahlen reduzieren.

c) Gilt für Klemmnabendurchmesser 32 mm und 38 mm.

d) Bezogen auf Wellen- bzw. Flanschnitte ab Abtrieb.

**Раздел 2. Технические характеристики серводвигателя AM8072-wUyz от компании
«Beckhoff Automation GmbH & Co. KG»**

Angaben für 400 V AC	AM8072-wNyz	AM8072-wRyz	AM8072-wUyz
Motortyp	permanentmagneterregter Drehstrom-Synchron-Motor		
Stillstands Drehmoment	80,7 Nm	80,7 Nm	74,0 Nm
Nenn Drehmoment	72,6 Nm	60,1 Nm	33,8 Nm
Kühlung	externe axiale Belüftung*		
Nenn Drehzahl	1000 min ⁻¹	2000 min ⁻¹	3000 min ⁻¹
Nennleistung	7,6 kW	12,6 kW	10,6 kW
Spitzen Drehmoment	172 Nm	172 Nm	169 Nm
Stillstandsstrom	16,1 A	29,2 A	53,0 A
Spitzenstrom	36,3 A	66,1 A	120 A
Drehmomentkonstante	5,00 Nm/A	2,80 Nm/A	1,40 Nm/A
Spannungskonstante	328 mV/min ⁻¹	180 mV/min ⁻¹	100 mV/min ⁻¹
Polzahl	10		
Rotorträgheitsmoment	92,2 kgcm ²		
Gewicht	36,6 kg		
Haltemoment Bremse (M_{br})	70 Nm		
Leistungsaufnahme (Bremse) bei 24 V DC (P_{br})	40 W		
Rotorträgheitsmoment inkl. Bremse (J)	111 kgcm ²		
Gewicht inkl. Bremse (m)	42,1 kg		
Anschlusstechnik	M40-speedtec®-Stecker		
One Cable Technology (OCT)	ja		
Zulassungen/Kennzeichnungen	CE, UL		

Раздел 3. Технические характеристики гидроцилиндра HYKS-D-B-125/90...-...-0100-M-G-0-SD-W-SO от компании «HYDROPA Hydraulische Erzeugnisse GmbH & CIE»

www.hydropa.de

BERECHNUNGSGRUNDLAGEN FÜR HYDRAULIKZYLINDER

Kolben- und Ringflächen / Hub- und Zugkräfte					
Kolben-Ø (mm)	Stangen-Ø A (mm)	Kolbenfläche (cm ²)	Ringfläche (cm ²)	Theoretische Druckkraft bei 210 bar (kN)	Theoretische Zugkraft bei 210 bar (kN)
32	18	8,042	5,498	16,89	11,55
	22		4,241		8,91
40	22	12,566	8,765	26,39	18,41
	28		6,409		13,46
50	28	19,635	13,477	41,23	28,30
	36		9,456		19,86
63	36	31,172	20,994	65,46	44,09
	45		15,268		32,06
80	45	50,265	34,361	105,56	72,16
	56		25,635		53,83
100	56	78,540	53,910	164,93	113,21
	70		40,855		84,12
125	70	122,718	84,234	257,71	176,89
	90		59,101		124,11
140	90	153,938	84,234	323,27	176,89
	100		75,398		158,34
160	100	201,062	122,522	422,23	257,30
	110		106,029		222,66
180	110	254,469	159,436	534,38	334,82
	125		131,751		276,68
200	125	314,159	191,441	659,73	402,03
	140		160,221		336,46

**Раздел 4. Технические характеристики шарико-винтовой передачи с
однокомпонентной гайкой от компании «NADELLA GmbH»**

Standard-Kugelgewindetriebe NG

gewirbelt, Genauigkeit IT5

Einzelmutter mit Flansch

nach DIN 69051



Nenn-Ø [mm]	Steigung P [mm]	Sp-Ø _{in} [mm]	D _g [mm]	Umläufe i	Tragzahl		
					dyn. Ca [kN]	stat. Coa [kN]	
16	5	16	28	4	17,4	25,2	
20	5	20	36	4	19,2	34,8	
25	5	25	40	4	20,5	44,8	
25	10	25	40	4	20,3	43,5	
32	5	32	50	4	22,4	60,4	
32	10	32	50	4	38,2	81,8	
32	20	32	50	2	23,5	41,0	
40	5	40	63	4	24,8	80,4	
40	10	40	63	4	67,5	140,4	
50	10	50	75	4	72,1	180,8	
63	10	63	90	5	91,9	299,8	
63	20	63	95	5	211,6	457,5	

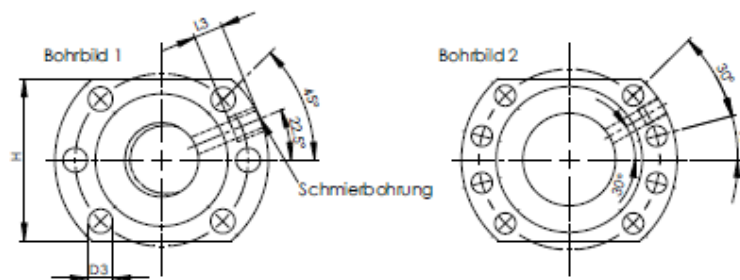
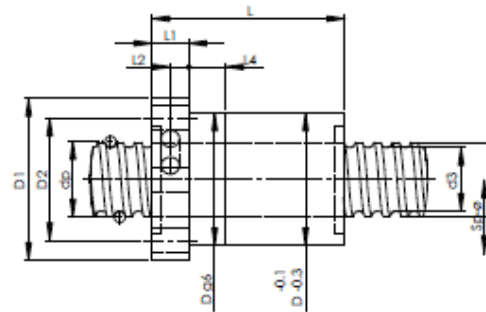
*Endenbearbeitung für Standard-Lagereinheiten ab Seite 5-1.
Einzelmutter mit Axialspiel oder spielfrei G0.*

Standard-Kugelgewindetriebe NG

gewirbelt, Genauigkeit IT5

NGE..

2

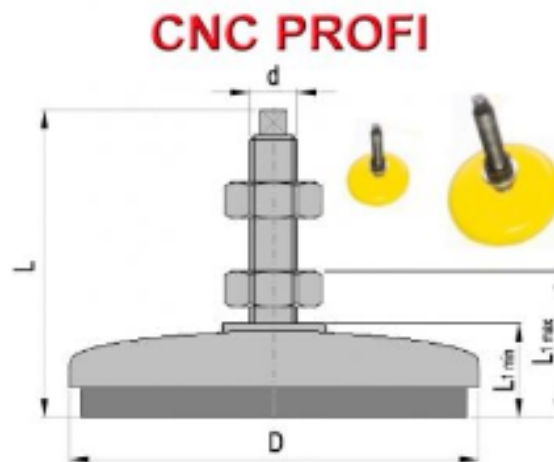


	L ₁ [mm]	L [mm]	L ₂ [mm]	H [mm]	L ₃ [mm]	D ₁ [mm]	D ₂ [mm]	D ₃ [mm]	Schmierbohrung	d ₃ [mm]	Bohrbild
	10	42	10	40	5	48	38	5,5	M 6	13,2	1
	10	42	10	44	5	58	47	6,6	M 6	17,2	1
	10	42	10	48	5	62	51	6,6	M 6	22,2	1
	10	59	10	48	5	62	51	6,6	M 6	22,2	1
	10	48	12	62	6	80	65	9,0	M 6	29,2	1
	16	74	12	62	6	80	65	9,0	M 8 x 1	28,3	1
	16	60	12	62	6	80	65	9,0	M 8 x 1	28,3	1
	10	47	14	70	7	93	78	9,0	M 8 x 1	37,2	2
	16	76	14	70	7	93	78	9,0	M 8 x 1	34,5	2
	16	78	16	85	8	110	93	11,0	M 8 x 1	41,5	2
	16	90	18	95	9	125	108	11,0	M 8 x 1	57,5	2
	25	140	20	100	10	135	115	13,5	M 8 x 1	53,5	2

Раздел 5. Технические характеристики серводвигателя AM8052-wFyz для ШВП от компании «Beckhoff Automation GmbH & Co. KG»

Angaben für 400 V AC	AM8052-wFyz	AM8052-wJyz	AM8052-wLyz
Motortyp	permanentmagneterregter Drehstrom-Synchron-Motor		
Stillstands Drehmoment	8,20 Nm		
Nenn Drehmoment	7,50 Nm	6,90 Nm	5,40 Nm
Kühlung	Konvektion		
Nenn Drehzahl	2000 min ⁻¹	4000 min ⁻¹	7300 min ⁻¹
Nennleistung	1,57 kW	2,89 kW	4,13 kW
Spitzendrehmoment	35,3 Nm		
Stillstandsstrom	3,30 A	6,30 A	11,3 A
Spitzenstrom	17,9 A	33,6 A	60,7 A
Drehmomentkonstante	2,48 Nm/A	1,29 Nm/A	0,72 Nm/A
Spannungskonstante	167 mV/min ⁻¹	89 mV/min ⁻¹	49 mV/min ⁻¹
Polzahl	8		
Rotorträgheitsmoment	4,09 kgcm ²		
Gewicht	5,7 kg		
Haltemoment Bremse (M_{br})	9 Nm		
Leistungsaufnahme (Bremse) bei 24 V DC (P_{br})	18 W		
Rotorträgheitsmoment inkl. Bremse (J)	4,74 kgcm ²		
Gewicht inkl. Bremse (m)	6,6 kg		
Anschlusstechnik	M23-speedtec®-Stecker		
One Cable Technology (OCT)	ja		
Zulassungen/Kennzeichnungen	CE, UL		

Раздел 6. Технические характеристики виброопор PROFI-160-M16 L-140 mm от компании «CNC Profi KJ»



[Beschreibung](#) [Kundenrezensionen](#)

Profi-Vibro -Isolatoren zum Schwingungsisolierung und Ebenen Nivellierung für Präzisionsmaschinen

CNC-BEARBEITUNGSMASCHINEN

Unsere Vibro -Isolatoren sind so konstruiert, damit die übertragenden Stöße und Vibrationen effektiv reduziert werden können. Sie ermöglichen eine Anpassung und Ausrichtung der Ebenen sehr genau und eine stabile Unterstützung der Industriemaschinen.

Technische Daten

Bezeichnung - PROFI-160-M16140
Durchmesser fi - D - 160 mm
Gesamt Höhe - L - 140 mm
Gewindebolzen - d - M16x 1,5 10x10
Statische Belastung - 1300 kg
L1-Min - 36 mm
L1-Max - 50 mm

Приложение Г
(Справочное)
Технические характеристики датчиков

Раздел 1. Технические характеристики датчика крутящего момента от компании «Torque and More GmbH»



www.tam-sensors.com

**Distance Compensated
Advanced Active-3 Torque Sensors
Non-Contact, Plug-and-Play, Harsh Operating Conditions**



Measure Torque instantly: Place a cigar-sized probe from one side onto the Test-Object (like: gearbox shaft), push the initialisation button and Torque measurements can start right away.

Sensing Module Design:

TAM offers "standard" and custom specific Sensing Module designs to meet a wide range of application specific requirements. The Sensing Module is connected to the Sensor Electronics by a cable that can be up to 2.5 meters long. Inside the Sensing Module is the round shaped Sensing Element with a minimum diameter of 20 mm. The face of the Sensing Module is concave to sit closer to the surface of the Test-Object (like gearbox shaft). The Sensing Module is not touching the Test-Object and can be placed up-to 3 mm away from it (maximum air-gap is 3 mm).

High signal resolution equivalent to 14 bits, high system internal signal bandwidth equivalent to 10,000 samples per second, and high measurement linearity of 0.2% of

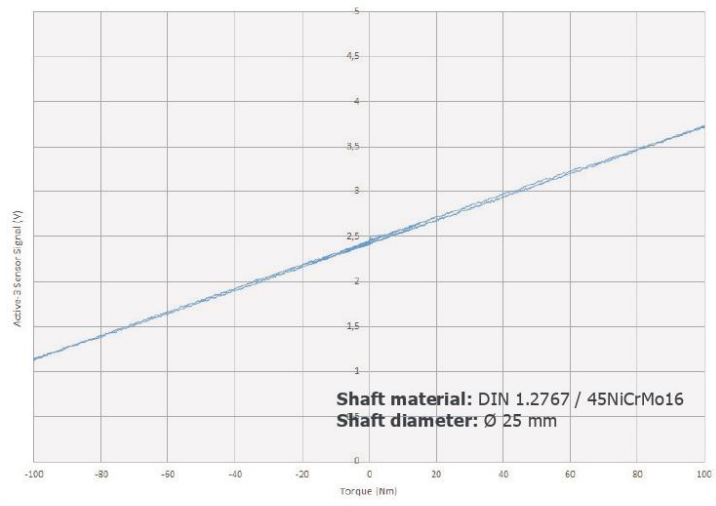
i The Advanced A3 Torque Sensor is insensitive to changes in the air gap during Torque Measurements (relative air gap compensation range is 0.2 to 0.5 mm).



Active-3 Torque Sensor Kit: Sensing Module, Sensor Electronics, Power Supply, Software, Cable and manual

The "zero" to +5 Volt analogue signal output of the A3 Sensor System provides very linear and low hysteresis Torque measurements.

FS (Full Scale). The Active-3 Torque Sensor is ideal for industrial, motor-sport, and power-tool applications.



- i Insensitive to air gap changes**
- No shaft processing required
 - No damage due to over-torque
 - Does not age
 - Air gap can be up to 3 mm
 - Any Ferro-magnetic material
 - Insensitive to oil, dirt, paint, etc.
 - Analogue Signal (5 Volt)
 - Wide temperature range
 - Single voltage supply
 - Windows-PC USB Interface

CONTACT US!

Torque And More GmbH
 Münchener Str. 33
 Tel: +49 (0) 8151 368 981 30
 Sales: info@tam-sensors.com

Visit our website media section
www.tam-sensors.com/media

82319 Starnberg, Germany
 Fax: +49 (0) 8151 368 982 99
 Web: www.tam-sensors.com

Active Torque Sensor

The magnetic principle based, non-contact height sensor system from Torque And More measures the distance between the sensing module and a reference device. The system has a large measurement range of above 1,0m and a high signal resolution of 0,1mm. The height sensor system consists of three building blocks: the sensor device, the reference device, and the sensor electronics. The sensing device and the sensor electronics can be placed at the same location.

Simply place the sensor module nearest to the location where the measurements should be taken from. The measurements will take place immediately after the sensor is powered-up. There is absolutely no need to attach or to glue anything onto the test shaft. No additional magnetic treatment is required.



Sensor Description:

The Active torque sensor device can measure immediately when placed to any object that has magnetic properties (easy to test by holding a permanent magnet to the test object). The Active torque sensor can be very easily applied to any shaft diameter and can also be taken off easily to be re-used at another measurement location.

Some of the outstanding and novel features of this Active sensing technology are: that the sensing performance will not age, that it can be applied to shafts / tube of any diameter, that it can measure through layers of paint and that the physical dimensions of the sensing module are very small. The

Active torque sensor can be used on stationary or moving / rotating objects and it is insensitive to humidity, splashing water, oil vapour, non-corrosive oil, dust, rust (limits apply), and any magnitude of physical upset of the test object (shocks or vibrations).

Features:

- True Non-Contact Sensor (static and rotational)
- Ideal for any size of shaft diameter
- Active Field Generator eliminates any signal aging
- Simply hold to test object to start measurements
- Analogue and Serial Digital signal output
- Insensitive to magnetic fields
- Insensitive to mechanical shocks or vibrations

The sensor's signal output can be either a linear voltage (from 0 Volt to +5 Volt) or of a serial digital format. Where space is critical, the sensor electronics can be placed elsewhere so that only the small-sized sensor-head needs to face the test object.

Specifications:

Specification	Symbol	Explanation	Min	Typ	Max	Unit
Measurement Range		Depending on Shaft Diameter	+/-1		+/-10 Million	Nm
Resolution		Percentage of Full Scale		+/-0.05		% of FS
Repeatability		Percentage of Full Scale		+/-0.1		% of FS
Signal Bandwidth		Design Dependant	Static		10,000	Hz
Output Signal		Analogue	+0.2		+4.8	V
Supply Voltage	V _{SS}		+6.5		+16	V
Operating Temperature	T _{OPe}	Electronics Module	-40		+125	°C
Operating Temperature	T _{OPs}	Torque Sensor Module	-40		+210	°C

If not specified otherwise the values above are valid for room temperature

Раздел 2. Технические характеристики датчика силы от компании «Magnetic Sense GmbH»

UNSERE KRAFTSENSOREN

Kraftsensoren (oder auch Kraftaufnehmer genannt) messen verschiedene Kräfte, die auf ein Objekt wirken. Dazu gehören Biege-, und Axialkräfte (Zug- und Druckkräfte).

In industriellen Anwendungen z.B. im Berg- und Tunnelbau können axiale Belastungskräfte (Zug- und Druckkräfte) auf einen Träger oder eine Welle wirken. Basierend auf den magnetischen Active Torque Prinzipien, kann unsere Sensortechnologie diese Kräfte präzise und berührungslos messen. Der Kraftsensor funktioniert mit jedem beliebigen ferromagnetischen Testobjekt (zum Beispiel: Vollwelle, Hohlrohr). Das Sensormodul wird auf dem ferromagnetischen Testobjekt montiert, bei dem die Messungen (z.B. Axialkraft) vorgenommen werden sollen. Im Inneren emittiert das Sensormodul ein magnetisches Wechselfeld, das die Oberfläche des Testobjekts durchdringt. Die mechanischen Kräfte, die auf das Testobjekt wirken, beeinflussen das magnetische Wechselfeld und dessen Eigenschaften. Diese Veränderungen werden durch das Sensorelement erfasst und für die Verarbeitung in der Sensorelektronik weitergegeben. Anschließend wird ausgegeben wie viel Kraft auf das Objekt wirkt.



VORTEILE DER TRAFAG KRAFTSENSOREN



Kontaktlos

Kontaktlose Messung durch Magnetische Wechselwirkung



Schnell

Hohe Signalbandbreiten möglich



Robust

Unempfindlich auf Überlast da der Sensor nicht im Kraftfluss ist



Klein

Integration des Kraftsensors auch in kleinsten Bauraum



Wiederverwendbar

Modularer Baukasten für verschiedene Anwendungen



Temperaturresistent

Großer Temperaturbereich durch geeignete Komponenten



Zuverlässig

Hohe Langzeitstabilität



Präzise

Insensitiv auf Störeinflüsse

ANWENDUNGEN DER TRAFAG KRAFTSENSOREN

Wir bieten Ihrem Unternehmen die optimale Lösung für Ihre Anwendung.

-	Kraftmessung im Autowahl
+	Kraftmessung in der Wägetechnik
+	Kraftmessung in der Hebertechnik
+	Kraftmessung in der Hydraulik



TECHNISCHE ZAHLEN DES KRAFTSENSORS

Sampelrate

1 kHz

Durch eine hohe systeminterne Signalbandbreite mit bis zu 1.000 Messungen pro Sekunde eignet sich der Active Kraftsensor ideal für dynamische Anwendungen.

min. Temp.

-40°C

Unser Kraftsensor ist bei kalten Temperaturen bis -40°C problemlos einsetzbar.

max. Temp.

105°C

Die im Sensormodul eingesetzten Komponenten sind auf eine Maximale Temperatur von 105°C qualifiziert.

Genauigkeit

2% FS

Der Active Torque Drehmomentsensor kann in Kombination mit dem richtigen Wellenmaterial eine Absolute Genauigkeit von ca. 2% FS erreichen

EIGENSCHAFTEN DER KRAFTAUFNEHMER

Fakten

- Kontaktloses Messprinzip
- Jede ferromagnetische, gehärtete Messstelle ist geeignet
- Keine Magnetisierung der Welle erforderlich
- Verschiedene Wellendurchmesser realisierbar
- Keine Schädigung des Sensors durch Überlast
- Keinen Einfluss durch Magnetische Störfelder
- Unempfindlich gegenüber Wasser, Öl und Staub
- Keine Limitationen in der Drehzahl
- Digitale Schnittstellen

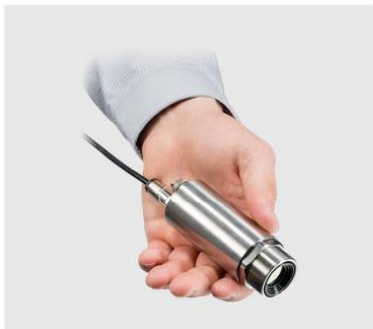
Раздел 3. Технические характеристики инфракрасного датчика температуры от компании «Optris GmbH»

optris® Xi 80 TECHNISCHE DATEN

Kompakte spot finder IR-Kamera

Vorteile:

- Industriekamera mit 80 x 80 Pixeln für exakte Temperaturmessungen von -20 °C bis 900 °C
- Robuster und kompakter Imager mit Motorfokus
- Hervorragende optische Auflösung mit einem Messfleck-Distanz-Verhältnis von bis zu 190:1
- Autonomer Betrieb mit automatischer Spotsuche und direktem Analogausgang – ideal für den OEM-Einsatz
- Optionales anreihbares Industrie-Prozess-Interface mit bis zu 9 Analog- oder Alarmausgängen
- Umfangreiches ready-to-use Paket zum attraktiven Preis – inklusive vielseitiger Software und Anschlusskabel



Technische Spezifikationen

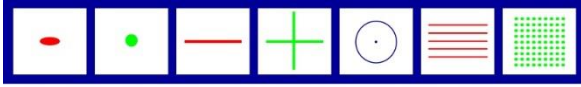
Optische Auflösung	80 x 80 Pixel
Detektor	FPA, ungekühlt (34 µm Pitch)
Spektralbereich	7,5 – 13 µm
Temperaturbereiche	-20 °C ... 100 °C, 0 °C ... 250 °C, (20) 150 °C ... 900 °C ¹⁾
Bildfrequenz	50 Hz
Optiken (FOV)	12° (f = 12,7), 30° (f = 5,1), 55° (f = 3,1), 80° (f = 2,3)
Fokus	Manueller Motorfokus
Optische Auflösung (D:S)	190:1 (12° Optik)
Thermische Empfindlichkeit (NETD)	100 mK
Genauigkeit	±2 °C oder ±2 %, es gilt der größere Wert
PC-Schnittstellen	USB 2.0 / Ethernet (100 Mbit/s) / PoE / RS 485 ²⁾
Direkte Aus-/Eingänge	1x Analogausgang (0/4-20 mA) / Eingang (analog oder digital); optisch isoliert
Industrie-Prozess-Interface (PIF)	3x Analogausgang (0/4-20 mA oder 0-10 V) oder Alarmausgang (Relais) / 3x Eingang (analog oder digital) / Failsafe (LED und Relais); auf bis zu 3 PIFs erweiterbar; optisch isoliert
Kabellänge (USB)	USB: 1 m (Standard), 3 m, 5 m, 10 m und 20 m Ethernet / RS485: 100 m
Umgebungstemperatur	0 °C ... 50 °C
Gehäuse (Größe / Schutzklasse)	Ø 36 mm x 90 mm (M30x1 Gewinde) / IP 67 (NEMA 4)
Gewicht	185 g
Schock / Vibration ³⁾	IEC 60068-2
Spannungsversorgung	USB / PoE / 5-30 VDC
Lieferumfang	<ul style="list-style-type: none"> • Xi-Kamera • USB-Kabel (1 m) • Kabel für Aus-/Eingänge (1 m) mit Anschlussklemmleiste • Montagewinkel mit Stativgewinde, Montagemutter • Software Paket optris® PIX Connect

¹⁾ Die Genauigkeitsspezifikation gilt ab 150 °C

²⁾ Bei Verwendung der RS485-Schnittstelle stehen die direkten Aus- und Eingänge nicht zur Verfügung.

³⁾ Für weitere Details siehe Handbuch

Раздел 4. Технические характеристики лазерного датчика расстояния от компании «LaserTechs e. K.»



LaserTechs bietet:

- Laserdioden-, LED-, DPSS-Module
- Punkt-, Linien-, Kreuz-Module, Diffraktive Optiken, Muster, Raster
- Faserkopplung
- Violett, blau, grün, rot, IR
- Laserklassen 1 bis 3B
- 3V, 5V, 12V, 24V dc oder 60-240Vac
- Module mit Verpolungsschutz, Schutz gegen Überspannung und Überstrom
- Micro-Controller Module
- Kundenspezifisches Design
- Beratung bei der individuellen Anpassung

LaserTechs e.K.

Industriepark Mühlstraße 100
D-63741 Aschaffenburg

Tel: +49 (0) 6021 3697 170

Fax: +49 (0) 6021 3697 549

Email: LDM@lasertechs.de

Web: www.lasertechs.de



www.lasertechs.de



www.lasertechs.de

Laser-Module der LTI/LTIC-, LTS/LTSC LG-/LGC-, LGM-Serie – Varianten und Optionen für optimale Kundenanpassung



Modelle	LTI/LTIC-, LTS/LTSC-, LG/LGC-, LGM-Serie																				
Wellenlängen [nm]*	375	405	450	473	488	520	532	635	637	650	660	670	690	785	808	830	950	980	1064	1310	1550
Maximal mögliche Ausgangsleistung CW, sm [mW]*	17	110	100	17	55	50	50	35	170	50	100	30	30	75	120	120	10	50	120	10	10
Laser-Schutz	Laserklasse 1 bis 3B (nach DIN EN 60825:1 – 2008)																				
Optik	LGM Mini-Modul: Acryl-Kollimationslinse (elliptisches Strahlprofil (kurze Distanzen)) LTI, LTS, LG: hochwertige AR-beschichtete Glas-Kollimationslinse (elliptisches Strahlprofil) LTIC, LTSC, LGC: wie oben, zusätzlich zirkularisierter Strahl										Linienoptik (gaussförmige oder homogene Linie „Powell“), verschiedene Linienlängen Kreuzoptik, Parallele Linien, Punktraster, weitere DOEs Faserkopplung										
Fokus	Fokus fest eingestellt, auf Wunsch wird Werkzeug mitgeliefert, mit welchem der Fokus individuell justiert werden kann Optional: Handversteller zur manuellen Fokus-Einstellung (wenn Fokus öfter verändert werden muss, kein zusätzliches Werkzeug notwendig)																				
Eingangsspannung	Standard: 5V dc (LG); 5 – 24VDC (LTS) Optional: 3V, 4,5V dc (z.B. für Batteriebetrieb), 12V, 24V Option R1: Trim-Poti zur Leistungsregelung Option M: Modulationseingang digital (high/low signal) Option A: Modulationseingang analog (lineare Leistungsregelung)										Option B: Batteriefach mit An-/Ausschalter Option ACPS: direkt oder mit Stecker angeschlossenes stabilisiertes AC/DC Steckernetzteil Option MC: intelligente Micro-Controller Version (diverse Schnittstellen)										
Anschlusskabel	Litze oder Mantelkabel, auch geschirmt, optional: Stecker (z.B. für Anschluss an Bus-System)																				
Abmessungen [mm]	LT Intelligent ø 12 x 100		LT Safe ø 12 x 50		LG Standard: ø 12 x 40		LG Microbank: ø 25 x 40		Linien-Modul: Verlängerung 5-13mm					Handversteller: Verlängerung > 5mm			LGM: Kopf: ø 8 x 22 Treiber: 14 x 12 x 22				
Charakteristika	Möglichkeiten zum Auslesen, Kontrollieren, Ansteuern		Schutz gegen Überspannung, Überstrom, ESD, Verpolung		Standard-Serie, 3/5 VDC		Identisch mit LG-Serie, nur anderer Gehäuse-Durchmesser		Zubehör für alle Module mit 12mm Durchmesser (LTI, LTS, LG-Serien)					Zubehör für alle Module der LTI, LTS, LG-Serien			Mini-Modul				
Gehäuse	Messing, schwarz verzinkt (Standard), Aluminium, Edelstahl																				

* Wellenlänge und Ausgangsleistung sind diodenabhängig und können sich von Herstellerseite ohne Ankündigung ändern

Änderungen vorbehalten, Information ohne Gewähr

Bitte sprechen Sie uns an, wenn Sie die von Ihnen benötigte Wellenlänge oder Leistung hier nicht wieder finden, wenn Sie eine andere Stromversorgung benötigen oder individuelle optische oder mechanische Spezifikationen haben.

Wir verstehen uns als Hersteller von kundenspezifischen Modulen und entwickeln gerne mit Ihnen gemeinsam eine Lösung für Ihre Anwendung.

www.lasertechs.de

Приложение Е
(Обязательное)
Раздел на английском языке

Глава 2. Обзор литературы

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ1Ф	Ивкина Ольга Петровна		31.05.2023

Консультант отделения/школы ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорокова Светлана Николаевна	к.ф-м.н.		31.05.2023

Консультант – лингвист отделения материаловедения ШБИП.:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Демьяненко Наталия Владимировна	-		31.05.2023

2 Literature Review

2.1 Fundamentals of Tribological System

In laboratory conditions the determination of the coefficient of friction and material wear is carried out using a tribological system - a system that includes all elements of tribological research.

Figure 2.1 shows a general diagram of a tribotechnical system. Input parameters (x) passing through the tribological system are transformed into output parameters (y), which are further used in the processing of the results. The tribosystem structure includes a test body, a mating body, an intermediate film and the surrounding environment. [1].

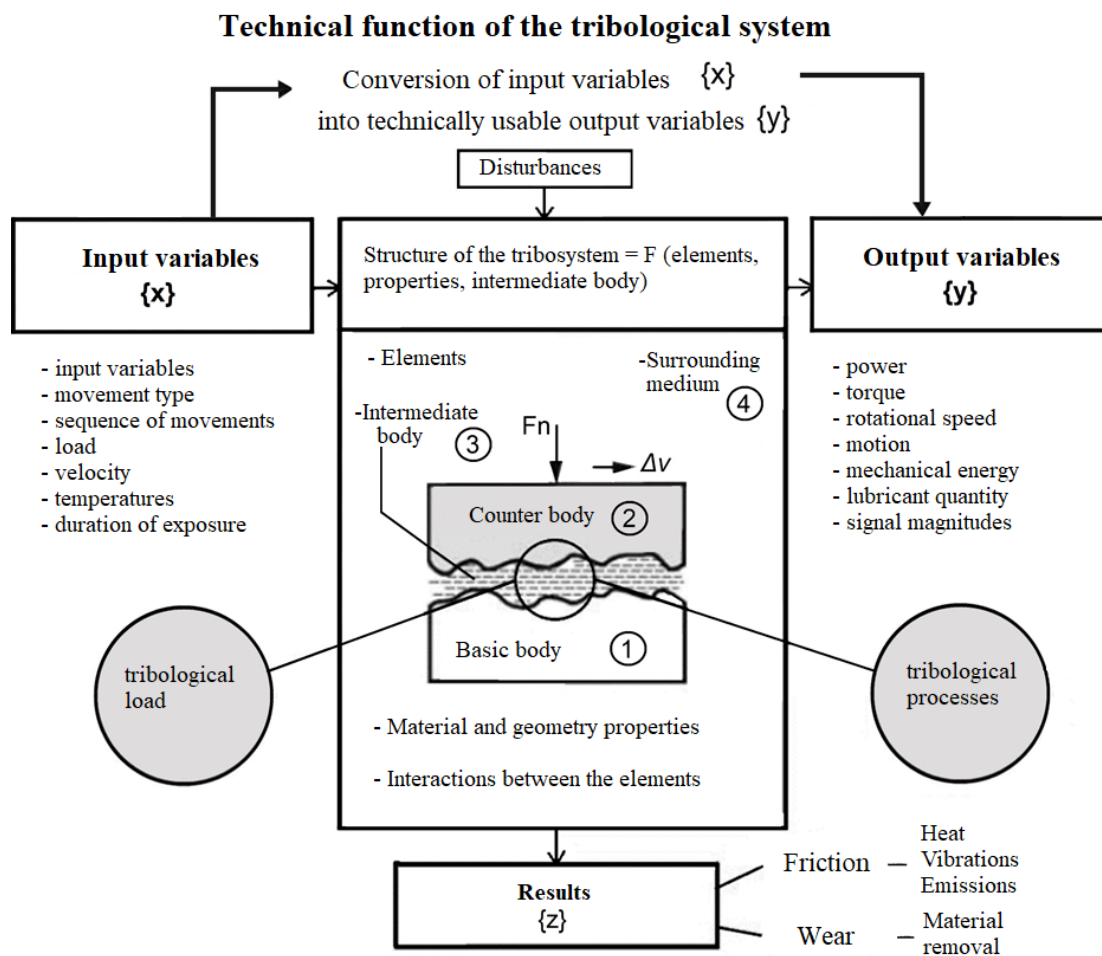


Figure 2.1 – General diagram of a tribotechnical system [1]

The friction and wear characteristics for the test material are calculated from the output parameters.

During the studies to determine sliding friction, the following friction pairs are used: sphere-sphere contact, intersecting cylinders, pin-disc, rotating pin against disc or cylinder, rotating cylinder against rectangular parallelepiped or disc-disc (Figure 2.2) [1].

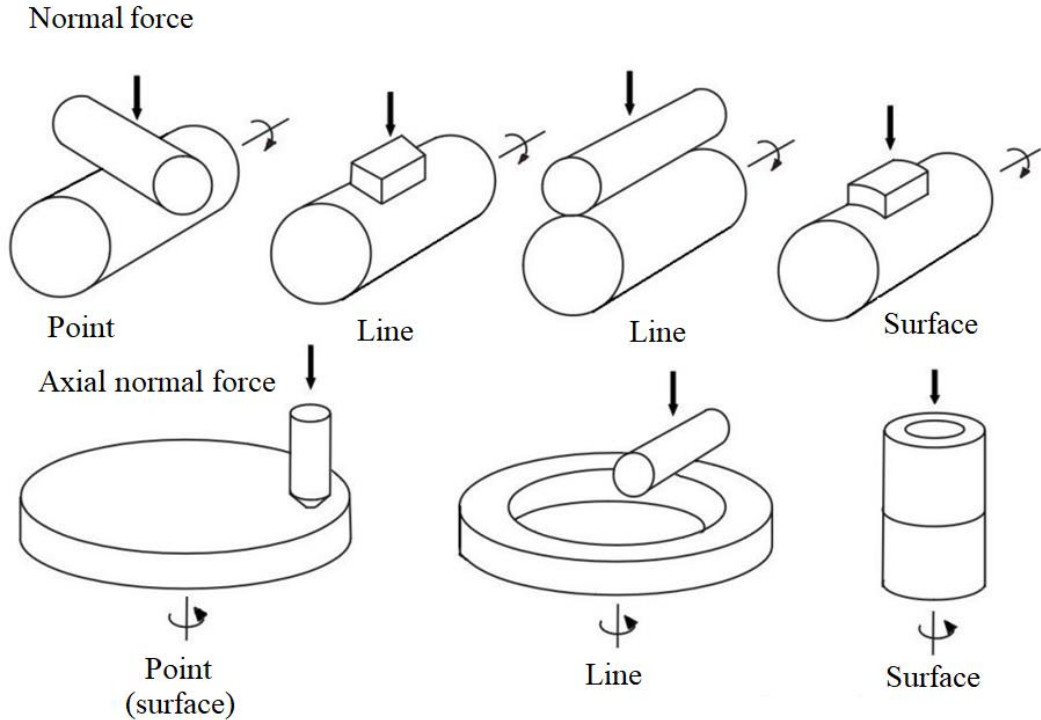


Figure 2.2 – Standard friction pairs used in studies on sliding friction [1]

Thus, the main output parameters for measuring sliding friction for any tribological pair, which are used for further coefficient of friction calculation, are the force and the torque [2].

$$\mu = \frac{F_N}{M_R} R \tag{2.1}$$

To calculate the wear coefficient (k) the normal force, friction radius, and experiment duration are used [2]:

$$k = \frac{V \sigma_0}{F_N x} \tag{2.2}$$

2.2 Measurement Equipment Overview

Currently, there are many laboratory testing instruments available for conducting material friction research. Equipment vary in terms of load capacity, type of friction pair and method of result analysis [7-17].

Austrian Competence Center for Tribology [7] offers a tribometer (Figure 2.3) for friction and wear testing of samples in the form of pins, spheres, and plates (with point, linear, and surface contacts). The rotating disk can be positioned vertically or horizontally. There are the friction force, normal force, distance, wear, and temperature measured. However, the applied load range varies from 1 to 80 N.



Figure 2.3 – The tribometer from the Austrian Competence Center for Tribology [7]

The Research of dry or boundary friction in this company is also conducted using a disc and ring wear tribometer. The aim of the study is to investigate the formation of the reaction layer and the intermittent sliding in friction materials (brakes, clutches). The maximum load is pneumatically generated and reaches 4000 N.

In the laboratory of the Department of Design Technology KTmfk of the University of Erlangen-Nuremberg [8], a Pin-Disc tribometer SST is used to study friction processes. This tribometer is shown in the Figure 2.4. In the friction study a stationary ball is pressed against continuously rotating disc with a definite force. The result of the study is the change of the coefficient of friction in time and rotary velocity. Then the initial, average and stationary coefficients of friction are determined.

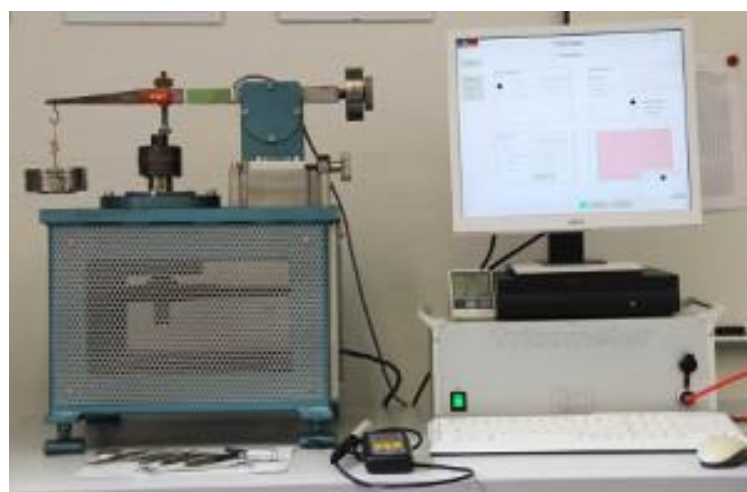


Figure 2.4 – Pin-Disc tribometer SST of the laboratory of the Department of Design Technology KTmfk of the University of Erlangen-Nuremberg [8]

Moreover, this company has developed its own Climate Pin-on-Disc tribometer K-SST with a KPK 200 climate chamber from the company Feutron. Thus, cyclic tests with a wide range of angles of a rotation, accelerations and velocities are supplemented on the standard tests. Testing is also possible at the high temperatures and humidity levels up to 98%. However, the maximum load for these experiments is limited to 100 N.



Figure 2.5 – Climate Pin-Disc tribometer K-SST

At the engineering office "Dr.-Ing. Martin Berger" [11] has developed a horizontal Pin-disc tribometer „Twinpin”, which is shown in the Figure 2.6. The principle of operation involves applying a load to press the sample against a rotating disc. The maximum load during experiments reaches 4900 N. Load sensors, temperature sensors, and wear sensors are used in the setup.

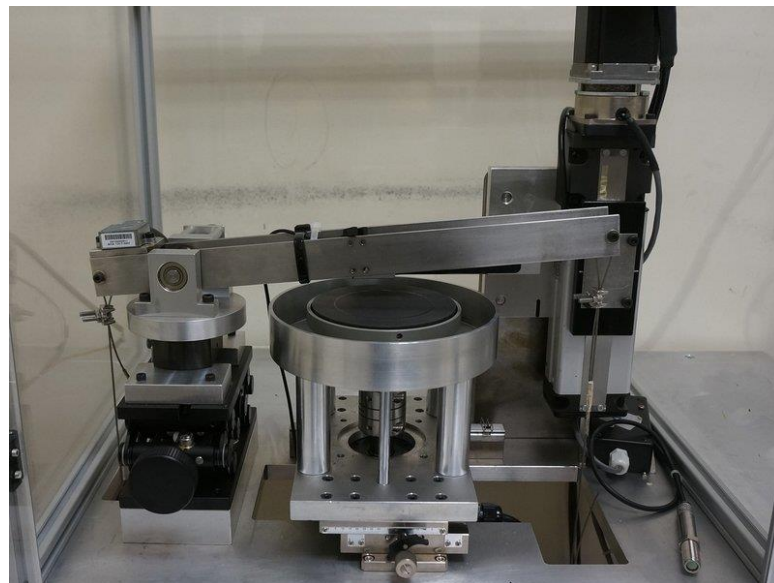


Figure 2.6 – Pin on disc tribometer „Twinpin” [11]

The Center of Competence of Tribology at the Mangheim Institute [9] has developed its own RT 8001 tribometer. It is used to investigate and modeling of the friction and wear processes under a constant or oscillating sliding stress in solid, boundary, and mixed friction conditions, as well as in elastohydrodynamics over a wide temperature range from -50 to +350 degrees Celsius. The maximum load force is 8000 N, the friction pair is a rotating disc against the sample. The load is pneumatically generated.



Figure 2.7 – Rotary tribometer RT8001 [9]

The company “Rtec Instruments” has developed the MFT 5000 rotary tribometer (Figure 2.8) for friction studies with a load up to 5000 N [18]. It is also possible to install a load module up to 10000 N on this tribometer, but in this case, the torque on the motor shaft and the sample rotary velocity must be reduced. Only short-term friction experiments are possible by such load on this equipment.



Figure 2.8 – Rotary tribometer MFT 5000 [18]

The "Werner Stehr Tribologie" company has developed a pneumatic vertical tribometer with belt-driven motion. This tribometer is shown in the Figure 2.9. The motion profiles can be intermittent, rotational, oscillating-drilling, rolling, turning, and reversible [12]. The maximum permissible load during the experiments reaches 10 000 N.

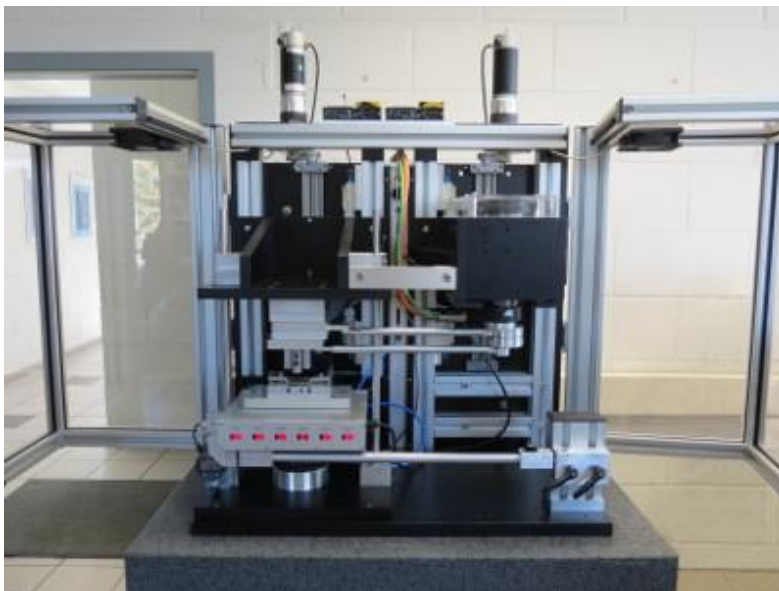


Figure 2.9 – Pneumatic vertical tribometer from the company „Werner Stehr Tribologie“ [12]

In Berlin, the company "Dr.-Ing. Georg Wazau Mess- + Prüfsysteme GmbH" [10] serves as a developer and manufacturer of various tribometers. The vertical TRM series tribometers operate on the same principle but differ in the applied load. The load is generated through a drive system. The maximum load capacity among the developed test equipment

reaches 5000 N. The testing involves friction pairs such as pin/ball against a rotating disc. The tribometer is demonstrated in the Figure 2.10.



Figure 2.10 – The rotary tribometer TRM5000 of the company „Dr.-Ing. Georg Wazau Mess- + Prüfsysteme GmbH“ [10]

Hereby today there are tribometers for testing materials under loads up to 10000N. However, such tribometers are based on the principle of operation of a pneumatic cylinder. The main disadvantage of the pneumatic cylinder is the low accuracy and smoothness of operation, as well as the difficulty of heating and cooling the working gas during operation. These drawbacks are absent in the hydraulic systems of hydraulic cylinders.