

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 ООП Информационные системы контроля и диагностики
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка системы демпфирования вибрации с жесткой характеристикой

УДК. 62-752

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б91	Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли		1.06.2023

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		1.06.2023

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 12.03.01 Приборостроение	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных, интеллектуально правовых и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении
ОПК(У)-4	Способен использовать современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке текстовой, проектной и конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен к организации и проведению работ по техническому контролю и диагностированию объектов
ПК(У)-2	Способен к разработке технологических процессов и технической документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль контрольно-измерительных приборов и систем
ПК(У)-3	Способен к организации и проведению контроля качества изделий на всех этапах производственного цикла
ПК(У)-4	Способен к организации и проведению постпродажного обслуживания и сервиса
ПК(У)-5	Способен к эксплуатации, диагностике и ремонту контрольно-измерительных приборов
ПК(У)-6	Способен к проектированию и конструированию контрольно-измерительных приборов, их составных частей в соответствии с техническим заданием

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

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

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Г.В. Вавилова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающемуся:

Группа	ФИО
1Б91	Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли

Тема работы:

Разработка системы демпфирования вибрации с жесткой характеристикой	
Утверждена приказом (дата, номер)	Приказ № 362-24_с от 28.12.2022

Срок сдачи студентом 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>Объект исследования – процесс демпфирования вибрации Предмет исследования – процесс демпфирования вибрации с жесткой жидкостной пружиной на основе стенда и мобильного диагностического виброкомплекса «Виброрегистратор-М2». Оборудование: – мобильный диагностический комплекс «Виброрегистратор-М2» в составе виброизмерительный модуль, акселерометры, ноутбук; – асинхронный электродвигатель, аксиально-поршневые насос и двигатель, ударный исполнительный механизм на рукавах высокого давления, предохранительная, регулирующая и контрольная аппаратура. Вредное влияние на окружающую среду незначительное.</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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ источников информации по теме работы. 2. Разработка плана эксперимента и его проведение. 3. Исследование зависимости уровня демпфирования от параметров процесса возбуждения ударно-вибрационной нагрузки. 4. Рассмотрение вопросов социальной ответственности и финансового менеджмента; 5. Выводы о достижении поставленной цели.
<p>Перечень графического материала</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна, к.э.н., доцент ОСГН</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна, ст. преподаватель доцент ОСГН</p>
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>10.10.2022</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		10.10.2022

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б91	Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли		10.10.2022

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения 2022/2023 учебный год

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1Б91	Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли

Тема работы:

Разработка системы демпфирования вибрации с жесткой характеристикой

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.12.2022	Обзор источников информации	10
30.12.2022	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
28.02.2023	Ознакомление с экспериментальным оборудованием	20
30.04.2023	Разработка плана эксперимента и его проведение, интерпретация результатов эксперимента	20
20.05.2023	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
01.06.2023	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
01.06.2023	Оформление ВКР и презентационных материалов	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		10.10.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к.т.н		10.10.2022

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
	Абдухокимов И.Ф		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1Б91		Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли	
Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	Контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Тема ВКР:

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЕМПФИРОВАНИЯ ВИБРАЦИИ С ЖЕСТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

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>Объект исследования: система демпфирования вибрации с жёсткой характеристикой</p> <p>Область применения: вибро диагностические комплексы и системы</p> <p>Рабочая зона: Лаборатория корпуса 16а ТПУ.</p> <p>Размеры помещения: 6*8 м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: : вибростенд на основе рукавов высокого давления, измерительная аппаратура, ПК.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: моделирование вибрационных процессов и измерение параметров вибрации</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации</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. 	<ul style="list-style-type: none"> • Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022). • Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда. • Федеральный закон от 21.12.94 N 69-ФЗ "О пожарной безопасности" • ГОСТ 12.2.032–78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя.
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Короткое замыкание; 2. Статическое электричество, производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов 3. Разрушение неисправных элементов гидропривода, находящихся под давлением. <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Недостаточная освещенность; 5. Несоответствующие параметры микроклимата; 6. Повышенный уровень общей и локальной вибрации;

	<p>7. Наличие токсикантов, источником которых являются гидравлические масла;</p> <p>8. Психофизические факторы: гиподинамия, умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда.</p> <p>Средства индивидуальной защиты: виброизоляционные элементы одежды (защитные перчатки, рукавицы, прокладки, вкладыши, защитная обувь, стельки и подметки, маски); противозумные наушники.</p> <p>Средства коллективной защиты: изолирующие устройства и покрытия; устройства защитного заземления и зануления; устройства автоматического отключения электропитания.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: в виде отходов, возникших при поломке электрооборудования. Отходы в виде и использованных жидкостей находящихся в компрессоре (солидол, масло)</p> <p>Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала.</p> <p>Воздействие на атмосферу: отсутствует.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС: обрушение здания, взрывы и пожары.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожары</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		01.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б91	Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли		01.03.2023

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1Б91		Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли	
Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	Контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Тема ВКР:

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЕМПФИРОВАНИЯ ВИБРАЦИИ С ЖЕСТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: система демпфирования вибрации с жёсткой характеристикой
Область применения: вибро диагностические комплексы и системы
Рабочая зона: Лаборатория корпуса 16а ТПУ.
Размеры помещения: 6*8 м.
Количество и наименование оборудования рабочей зоны: : вибростенд на основе рукавов высокого давления, измерительная аппаратура, ПК.
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: моделирование вибрационных процессов и измерение параметров вибрации

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022).
- Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.
- Федеральный закон от 21.12.94 N 69-ФЗ "О пожарной безопасности"
- ГОСТ 12.2.032–78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя.

2. Производственная безопасность при эксплуатации

- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов
- Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора

Опасные факторы:

9. Короткое замыкание;
10. Статическое электричество, производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов
11. Разрушение неисправных элементов гидропривода, находящихся под давлением.

Вредные факторы:

12. Недостаточная освещенность;
13. Несоответствующие параметры микроклимата;
14. Повышенный уровень общей и локальной вибрации;

	<p>15. Наличие токсикантов, источником которых являются гидравлические масла;</p> <p>16. Психофизические факторы: гиподинамия, умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда.</p> <p>Средства индивидуальной защиты: виброизоляционные элементы одежды (защитные перчатки, рукавицы, прокладки, вкладыши, защитная обувь, стельки и подметки, маски); противозумные наушники.</p> <p>Средства коллективной защиты: изолирующие устройства и покрытия; устройства защитного заземления и зануления; устройства автоматического отключения электропитания.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: в виде отходов, возникших при поломке электрооборудования. Отходы в виде и использованных жидкостей находящихся в компрессоре (солидол, масло)</p> <p>Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала.</p> <p>Воздействие на атмосферу: отсутствует.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС: обрушение здания, взрывы и пожары.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожары</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		01.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б91	Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли		01.03.2023

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б91	Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад инженера – 18000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	4.03.2023
---	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б91	Абдухокимов Ихлосжон Фарходжон угли		

Реферат

Бакалаврская работа содержит 80 страниц, 37 рисунков, 20 таблицы, 35 источников информации, 2 приложения.

Ключевые слова: вибрация, нагружение, демпфирование, экспериментальный стенд, диагностический вибрационный комплекс, регистрация параметров, жесткая жидкостная пружина.

Цель работы – определение оптимальных режимов работы системы демпфирования колебаний с жесткой жидкостной пружиной.

Объект исследования – процесс демпфирования вибрации.

Предмет исследования – процесс демпфирования вибрации с жесткой жидкостной пружиной на основе стенда и мобильного диагностического виброкомплекса «Виброрегистратор-М2».

В процессе работы: проведен анализ информационных источников по обозначенной теме, проведен пробный пуск стенда, разработан план эксперимента, проведен эксперимент при варьировании технологических параметров.

Режимы работы стенда варьировались в диапазонах:

- рабочее давление гидравлической системе привода 10...25 МПа;
- частота вращения гидромотора 750...1250 об/мин.

Степень внедрения результатов работы: применяются в учебных и научных целях при решении задач, касающихся демпфированию колебаний нагрузки различных технических систем.

Сфера применения: подготовка специалистов по вибрационной диагностике.

Экономическая значимость и экологичность проведенной работы обоснована выводами в разделах пояснительной записки.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1. АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ.....	15
1.1. Параметры вибрации	15
1.2. Причины вибрации в технических системах	16
1.3. Влияние вибрации на работу деталей и узлов технических систем	19
1.4. Средства измерения параметров вибрации	19
1.5. Способы защиты технических систем от вибрации	25
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	27
2.1. Методы достижения цели	27
2.2. Вибрационный стенд	27
2.1. Элементы вибрационного стенда	28
2.2. Мобильный диагностический комплекс «Виброрегистратор»	33
2.3. Информационно-измерительная система	34
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	39
3.1. Настройка мобильного диагностического комплекса	39
3.2. Работа стенда в холостом режиме	40
3.3. Работа стенда в заданном режиме	41
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	42
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования	42
4.2. Анализ конкурентных технических решений	43
4.3. SWOT-анализ.....	44
4.4. Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	46
4.5. Определение трудоемкости выполнения работ	47
4.6. Построение графика работ	49
4.7. Смета затрат на разработку проекта	51
4.8. Определение эффективности исследования.....	53
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	55
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	55
5.2. Производственная безопасность	57
5.3. Экологическая безопасность.....	64
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	65

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ	69
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Отчет об однократном измерении вибрации	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Отчет об однократном измерении вибрации.....	77

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современной конкуренции в различных отраслях промышленности, учитывая требования конкуренции, стремятся обеспечить надежную эксплуатацию технических (технологических) систем, избегая преждевременного выхода их из строя по различным причинам.

Одними из основных причин потери работоспособности технических систем являются процессы, сопровождающие работу систем.

Особое внимание уделяется отрицательному влиянию на систему и окружающую рабочую зону вибрационной нагрузки:

- разрушение элементов системы;
- нарушение точности работы машин, расположенных рядом;
- причинение вреда здоровью оператора.

Поэтому одним из путей повышения эксплуатационной надежности является исследование и разработка систем демпфирования вибрации.

Проектирование систем демпфирования вибрации в аспекте обеспечения минимального ее уровня ведется в несколько этапов, один из которых – физическое моделирование, при котором имитируются динамические нагрузки реальных (проектируемых) систем.

Испытания на физических моделях, имитирующих процессы в проектируемой системе демпфирования колебаний, позволяют сделать предварительную оценку влияния параметров системы на интенсивность гашения вибрации.

В работе рассматривается физическая модель системы гашения вибрации на жестких жидкостных пружинах.

Оборудованием для исследований являются различные стенды и информационно-измерительные комплексы.

1. АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

Для обоснования актуальности работы был проведен анализ источников информации

1.1. Параметры вибрации

Вибросигнал во время проведения исследований принимается либо гармоническим (в простейшем случае), либо полигармоническим.

При гармоническом воздействии виброперемещение определится как:

$$x(t) = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где ω – угловая частота первой гармоники, t – время, x_0 , φ_0 – амплитуда и фаза колебаний.

Виброскорость можно определить как производную от перемещения:

$$V(t) = \frac{dx(t)}{dt} = x_0 \omega \cos(\omega t + \varphi_0) = V_0 \omega \cos(\omega t + \varphi_0) = V_0 \omega \sin\left(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2}\right),$$

где V_0 – амплитудное значение скорости.

Скорость объекта, как и перемещение изменяется со временем по гармоническому закону с той же частотой, но отличающейся фазой.

Величина виброускорения изменяется со временем также по гармоническому закону:

$$a(t) = \frac{dV(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(x_0 \omega \cos(\omega t + \varphi_0)) = -x_0 \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = a_0 \omega \sin(\omega t + \varphi_0 + \pi),$$

где a_0 – амплитудное значение ускорения.

На рисунке 1 показаны графики изменения смещения x , скорости V и ускорения a .

При полигармоническом воздействии сигнал раскладывается на гармонические составляющие

$$x(t) = A_0 + \sum_{k=1}^n A_k \cos(\omega_k t + \varphi_k),$$

где ω_1 – угловая частота первой гармоники, t – время, A_k , φ_k – амплитуда и фаза k -ой гармоники [1, 2].

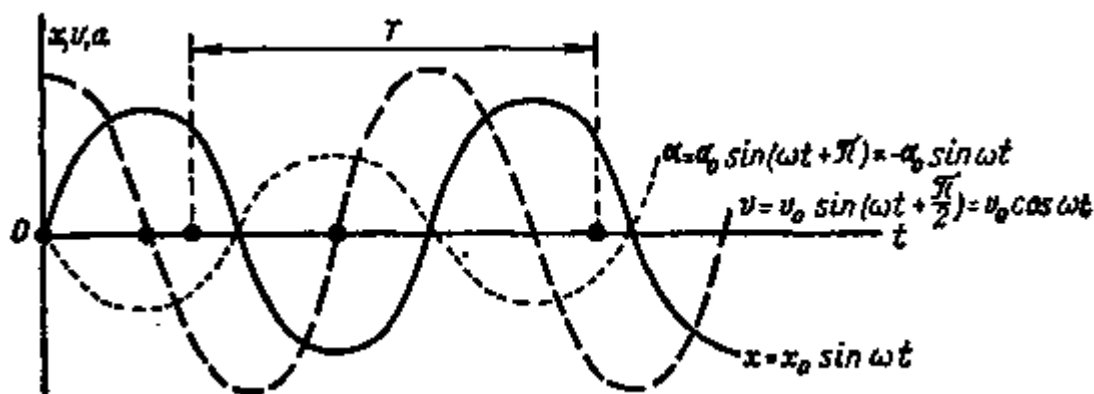


Рисунок 1 – Графики изменения параметров вибрации: виброперемещения x , виброскорости v и виброускорения a

Периодом гармонического колебательного движения называется наименьшее время T , по истечении которого все величины (рис. 1) принимают те же значения. Для того чтобы все выше приведенные тригонометрические функции приняли первоначальные значения в один период времени, их полные фазы должны измениться на $2\pi k$, где k – целое число.

Период колебания соответствует изменению фазы на 2π . Если в момент t фаза колебаний какой-нибудь величины была равна $\omega t + \varphi$, то через период T фаза оказывается равной $\omega(t+T) + \varphi$. При этом

$$\omega(t+T) + \varphi - (\omega t + \varphi) = 2\pi,$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Величина, показывающая, сколько раз в единицу времени повторяется одно колебание, называется частотой колебаний:

$$f = \frac{1}{T}.$$

1.2. Причины вибрации в технических системах

Для того, чтобы диагностировать техническое состояние машин, уменьшить вибрацию при эксплуатации или при доводке конструкции до необходимых значений, следует сначала выявить источники вибрации и их частоты на спектре. Определение частот вибрации источников зависит от

частоты воздействия вынужденных сил, структурных, функциональных и динамических характеристик состояния конструкции машины. Одной из ключевых задач виброакустических исследований и диагностики машин является локализация источников вибрации, которая позволяет оценить вклад каждого источника в общий поток колебательной энергии. Определение источников вибрации является основой для уточнения методов расчета вибрационных параметров машин на стадии проектирования и разработки мероприятий по снижению вибрации, а также для выявления дефектов и неисправностей с целью ограничения объема ремонтных работ.

Все машины и механизмы во время работы, которые имеют движущиеся части и системы, создают вибрацию и, как следствие, акустический шум. В определенных моментах, причиной вибрации и акустического шума являются процессы трения. Вибрации механических систем вызываются соударениями в кинематических парах, трением, неуравновешенными перемещающимися деталями и т.д. Основные источники вибрации, а также дефекты и неисправности, связанные с сборкой, монтажом, подшипниковыми узлами, качением, зубчатыми передачами, подшипниковыми углами скольжения, двигателями внутреннего сгорания рассмотрены в соответствующих работах. Что касается источников вибраций гидро-, газо-, и пневматического происхождения, они возникают из-за процессов газообразования и газораспределения в механических двигателях, нестационарных потоков среды, резких перепадов давлений, циклических рабочих процессов, переходных процессов движения среды между полостями, например, в процессе всасывания и нагнетания, турбулентного движения среды, изменения состава среды.

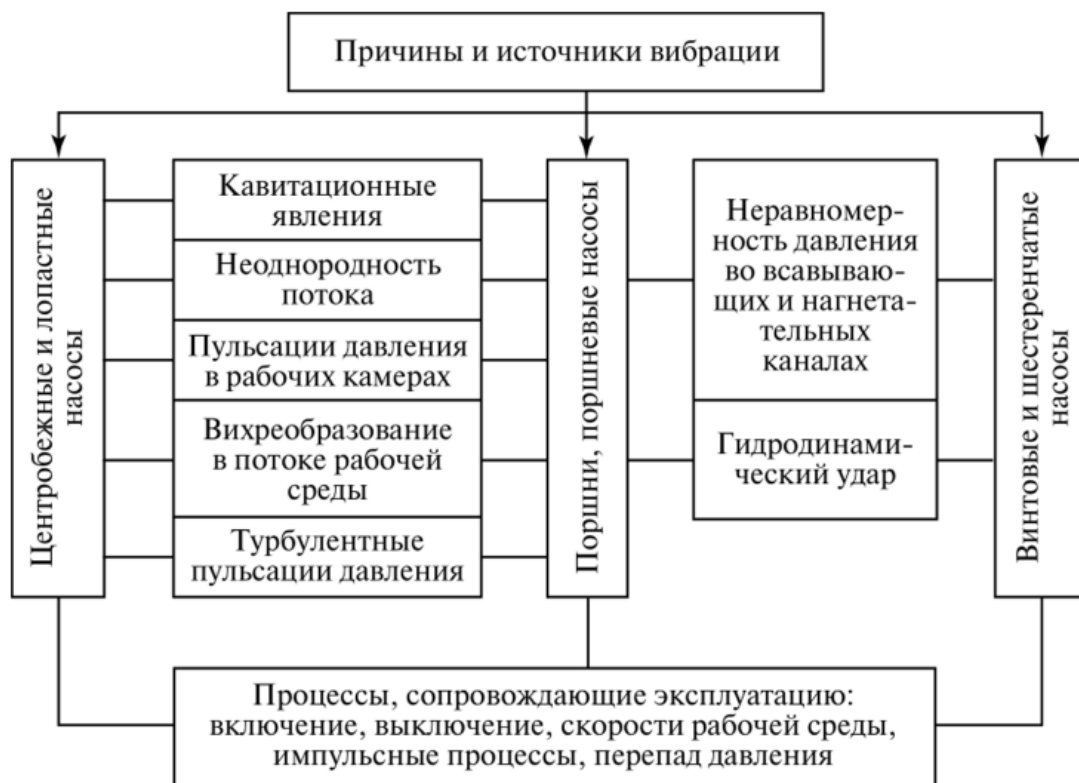


Рисунок 2 – Причины и источники вибрации гидродинамического происхождения



Рисунок 3 – Причины и источники вибрации аэродинамического и газодинамического

1.3. Влияние вибрации на работу деталей и узлов технических систем

Вибрация является основной причиной возникновения больших механических напряжений, что приводит к преждевременным отказам деталей и узлов технических систем. Основные параметры вибрации – частота и ускорение. В случае, если частота вибрации близка к собственной резонансной частоте элемента или узла конструкции, возникают разрушающие усилия, возрастающие в десятки раз, что представляет серьезную опасность для технических систем.

Вредная вибрация нарушает планируемые конструктором законы движения машин, механизмов и систем управления, порождает неустойчивость рабочих процессов и может вызвать отказы и полную расстройку всей системы. Из-за вибрации увеличиваются динамические нагрузки в элементах конструкций (кинематических парах механизмов, стыках и др.), в результате снижается несущая способность деталей, развиваются трещины, возникают усталостные разрушения. Действие вибрации может изменить внутреннюю и поверхностную структуру материалов, условия трения и износа на контактных поверхностях деталей машин и привести к нагреву конструкций.

В ходе вибраций возникают поломки, которые вызываются усталостными разрушениями элементов конструкций.

1.4. Средства измерения параметров вибрации

Рассмотрим примеры средств измерения параметров вибрации.

1.4.1. Датчик

Вибрационный датчик – это устройство, которое генерирует электрический сигнал, пропорциональный измеряемому параметру вибрации. При измерении параметров вибрации различают следующие виды датчиков: проксиметры – для измерения виброперемещения; велосиметры – для измерения виброскорости; акселерометры – для измерения виброускорению

Датчики виброскорости с токовым выходом ДВСТ-4 являются новейшей моделью, в которой отсутствует механическая система пьезокерамики.



Рисунок 4 – Датчики виброскорости с токовым выходом ДВСТ-4

Чувствительным элементом является интегральный акселерометр, что значительно упрощает конструкцию датчика, уменьшает его массу и габариты.

Преимущества:

- в одном корпусе размещены все узлы обработки сигнала;
- отсутствие механической системы узла пьезокерамики;
- уменьшенный корпус из нержавеющей стали с креплением на 3 винта М4;
- небольшие масса и габариты.

Вибропреобразователи серии ВТ-00Х состоят из чувствительного элемента, выполненного из пьезоэлектрического материала, который преобразует механические колебания в электрический сигнал, а также из электронной платы, которая производит согласование сигнала от пьезоэлемента и передачу его на внешние устройства.

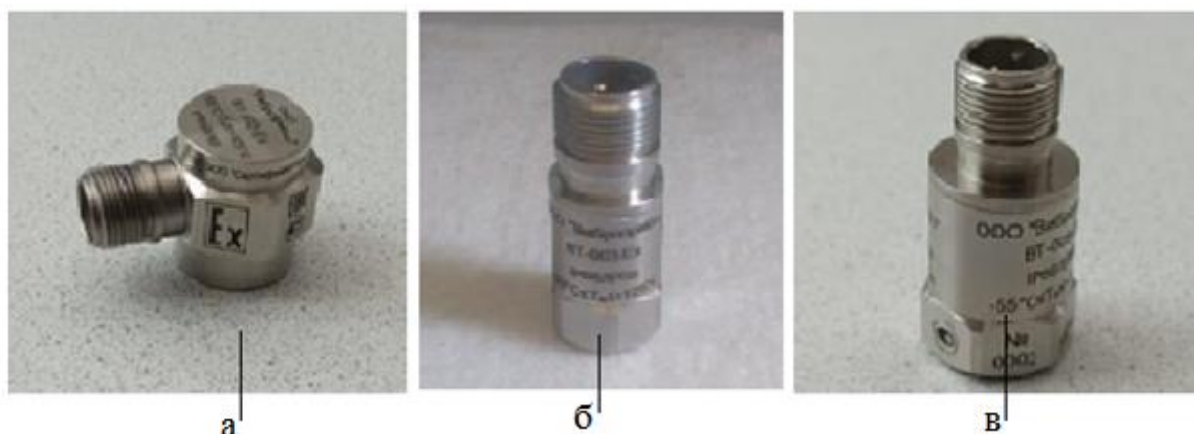


Рисунок 5 – Вибропреобразователи:

а – ВТ-002; *б* – ВТ-00Х, *в* – ВТ-005

Вибропреобразователи ВТ-002 являются промышленными ICP датчиками вибрации, для контроля вибрации различных промышленных объектов.

Вибропреобразователи серии ВТ-00Х представляют собой ICP датчики пьезоэлектрического типа и предназначены для измерения параметров вибрации (механических колебаний) в контролируемых точках оборудования и объектов.

Вибропреобразователи ВТ-005 предназначены для преобразования мгновенного значения виброускорения объекта в ICP сигнал стандарта IЕЕР.

Мониторинг технического состояния - это диагностика всех основных неисправностей оборудования и входящих в его состав узлов с вероятностью, близкой к 1, на непрерывно примыкающих интервалах времени, в течении которого состояние оборудования существенно не меняется. Мониторинг технического состояния оборудования позволяет своевременно обнаруживать возникновение деструктивных нагрузок, дефектов и неисправностей и принять оперативные меры по восстановлению удовлетворительного технического состояния оборудования или приостановить развитие неисправностей в нем.

1.4.2. Приборы

Приборы, измеряющие вибрацию, можно разделить на виброметры и виброанализаторы.

Виброанализатор СД-23В предназначен для измерения уровней и спектральных характеристик вибрации, орбит, взаимных спектров с целью мониторинга состояния, диагностики, балансировки.



Рисунок 6 – Виброанализатор СД-23В - анализатор последнего поколения с двумя синхронными каналами

Таблица 1 – Технические характеристики виброанализатора СД-23В

Характеристика	Значения
Частотный диапазон, Гц	От 0,5 – 51 200
Каналы измерения вибрации	2
Тип прибора	Переносные приборы
Корпус	Металлический, пыле-, влагозащищенный
Габариты	142,6x194x38,6мм
Стандартные условия эксплуатации	-10 ... +60 0С
Степень защиты корпуса:	IP65

Виброанализатор СД-21 и СД-21В (взрывозащищенный) - простой в эксплуатации анализатор вибрации с широким арсеналом диагностических измерений.



Рисунок 7 – Виброанализатор СД-21

Предназначен для измерения уровней и спектральных характеристик вибрации с целью мониторинга состояния, диагностики, балансировки.

Таблица 2 – Технические характеристики виброанализатора СД-21

Характеристика	Значения
Частотный диапазон, Гц	От 0,5 – 25 600
Каналы измерения вибрации	2
Тип прибора	Переносные приборы
Корпус	Металлический, пыле- влагозащищенный
Габариты	109x206x35 мм
Стандартные условия эксплуатации	-20 ... +50 0С
Степень защиты корпуса:	IP65
Память	4 Мб

1.4.3. Комплексы

Стационарная система ВДМ-82

Стационарная система непрерывного мониторинга состояния оборудования ВДМ-82 предназначена для:

- контроля более 40 параметров вибрации, тока и температуры;
- отображения измеренных параметров и сравнения их с пороговыми значениями;

- оперативного информирования об изменении состояния оборудования;
- передачи данных в АСУ ТП предприятия с использованием протокола Modbus/TCP.



Рисунок 8 – Стационарная система ВДМ-82

Таблица 3 – Технические характеристики стационарной системы ВДМ-82

Характеристика	Значения
Диапазон частот входного сигнала	0,5 – 25 600 Гц
Диапазон температур, °С	От 0 до +50
Напряжение постоянного тока для питания модуля, В	48
Габаритные размеры (ШхВхГ), мм	300 x 185 x 105
Масса, кг, не более	3,5

Ниже приведена система компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля состояния КОМПАКС®.



Рисунок 6 – Диагностическая станция:
а – системы КОМПАКС®; б - в виде пульта

1.5. Способы защиты технических систем от вибрации

Способность аппаратуры оказывать противодействие вибрации характеризуется виброустойчивостью и вибропрочностью.

Виброустойчивость – способность технических систем выполнять заданные функции во включенном состоянии в условиях вибрации. Примером аппаратуры, где требуется виброустойчивость, является аппаратура на подвижных объектах.

Вибропрочность – способность противодействовать разрушающему воздействию вибрации в нерабочем состоянии и нормально работать после снятия вибрационных нагрузок. Пример аппаратуры – аппаратура, которая устанавливается на космических летательных аппаратах.

Можно разделить основные способы борьбы с вибрациями в технологической системе на две категории: технологические и конструктивные меры. К технологическим мероприятиям относятся оптимизация технологических режимов, а к конструктивным - использование специальных приспособлений и устройств, а также повышение жесткости узлов станка. Хотя

первая группа мероприятий проще в реализации, ее осуществление может привести к снижению производительности.

Вторая группа мероприятий, хотя более трудоемка, может обеспечить более качественные и стабильные результаты.

Технологические методы снижения вибрации зависят от назначения технологического оборудования, поэтому в данной работе не рассматриваются.

Конструктивные методы снижения вибрации опираются на:

- повышение жесткости всех элементов технологической системы. Это затрудняет возникновение не только автоколебаний, но и вообще каких бы то ни было вибраций, так как при этом повышается частота собственных колебаний системы и, следовательно, понижается интенсивность (амплитуда) вибраций;
- демпфирование – рассеивание энергии колебаний системы. Вибрации уменьшаются по амплитуде при устойчивой амплитуде незатухающих колебаний общая, если энергия поглощения за счет присоединения демпферов окажется больше энергии возбуждения. На практике это достигается применением различной конструкции виброгасителей:
 - ✓ сухого или вязкого трения;
 - ✓ ударного действия;
 - ✓ динамического действия.

Виброгасителем, или демпфером, называется устройство, включение которого в колебательную систему резко увеличивает ее затухание.

- антивибрационный монтаж систем и применение виброизоляции стационарного технологического оборудования предприятий, т. е. фундаментов.
- снижение вибрации в источнике посредством балансировки.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Методы достижения цели

Методы, положенные в достижение цели:

- теоретические исследования источников информации, анализ собранного материала с целью грамотного формулирования целей и задач исследований;
- проведение эксперимента для определения параметров работы системы демпфирования колебаний с жесткой жидкостной пружиной с наилучшим гашением вибрационной нагрузки

Объект исследования – процесс демпфирования вибрации.

Предмет исследования – процесс демпфирования вибрации системой с жесткой жидкостной пружиной на основе стенда и мобильного диагностического виброкомплекса «Виброрегистратор-М2».

2.2. Вибрационный стенд

Стенд создан на основе существующего гидропривода (рис 9), состоящего из приводного электродвигателя 1, вращающего вал насоса 2, который подает рабочую жидкость (масло) через фильтр 6 в гидромотор 7.

Гидромотор вращает вал эксцентрикового механизма 8. Эксцентрик толкает плунжер 9. Масло подается в гидроцилиндр ударного механизма 15. Поршень гидроцилиндра, совершая возвратно-поступательное движение, соударяется с массой прижима, тем самым, имитирует ударную нагрузку технологических машин.

Ручной насос 19, бак 20 и кран 21 нужны для подачи масла в гидросистему. Манометры 5 и 22 предназначены для контроля давления в системе.

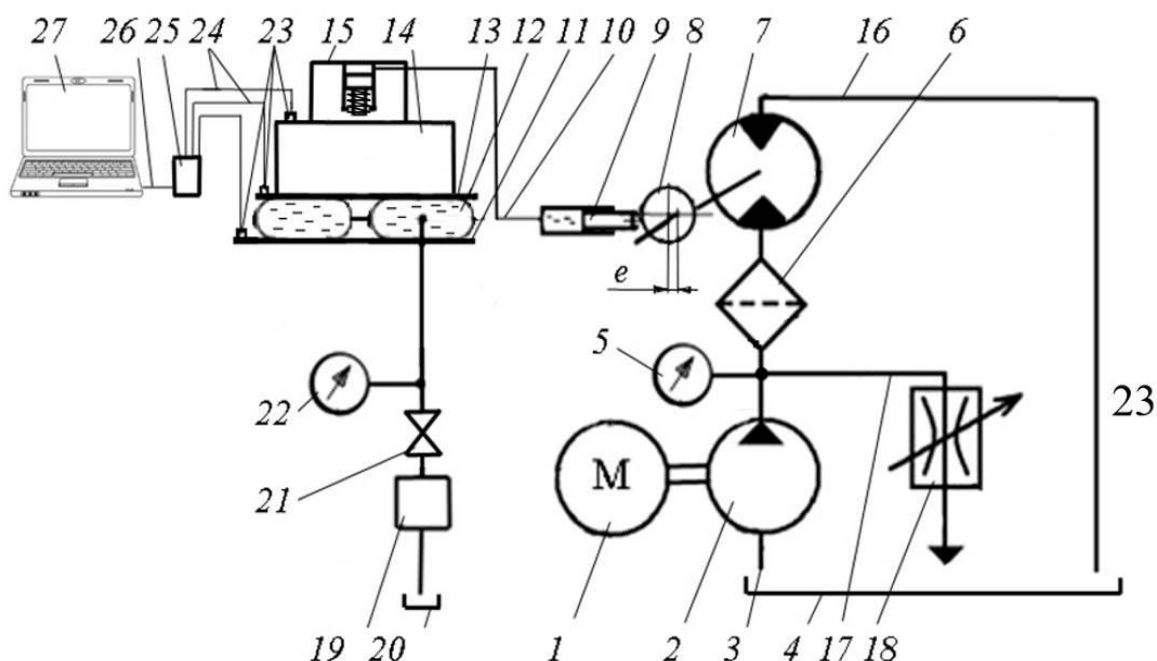


Рисунок 7 Гидравлическая схема стенда

- 1 – электродвигатель; 2 – насос; 3 – напорная магистраль; 4 – бак основной;
 5, 22 – манометр; 6 – фильтр; 7 – гидромотор; 8 – эксцентриковый механизм;
 9 – плунжерная пара; 10, 12 – рукав высокого давления; 11 – основание; 13 – платформа;
 14 – объект испытания; 15 – ударный механизм; 16, 17 – сливная магистраль;
 18 – дроссель; 19 – ручной насос; 20 – бак вспомогательный; 21 – кран; 23 – датчики;
 24, 26 – информационные каналы; 25 – виброизмерительный модуль; 27 – ноутбук.

2.1. Элементы вибрационного стенда

Аксиально-поршневая машина (насос/гидромотор)

Аксиально-поршневая машина в большинстве случаев является обратимой, т.е может выступать в качестве и насоса, и гидромотора. Поэтому рассмотрим принцип действия только насоса.

Способы создания данных гидравлических агрегатов с наклонными:

- блоком цилиндров (рис. 11, а);
- диском (рис. 11, б).

Принцип работы агрегатов заключается в том, что вращение вала электродвигателя передается (через муфту) на ведущий вал 1, который приводит во вращение блок цилиндров 4. Вращаясь, блок цилиндров приводит поршни во возвратно-поступательное движение. Поршни, двигаясь поступательно, всасывают и выталкивают жидкость из полостей блока цилиндра 4. Торцовая

поверхность блока цилиндров 4 плотно прилегает к гидрораспределителю 6 с полукольцевыми пазами 7. При определенном угле поворота сначала одни поршни соединены через полукольцевой паз с напорной магистралью затем со сливной.

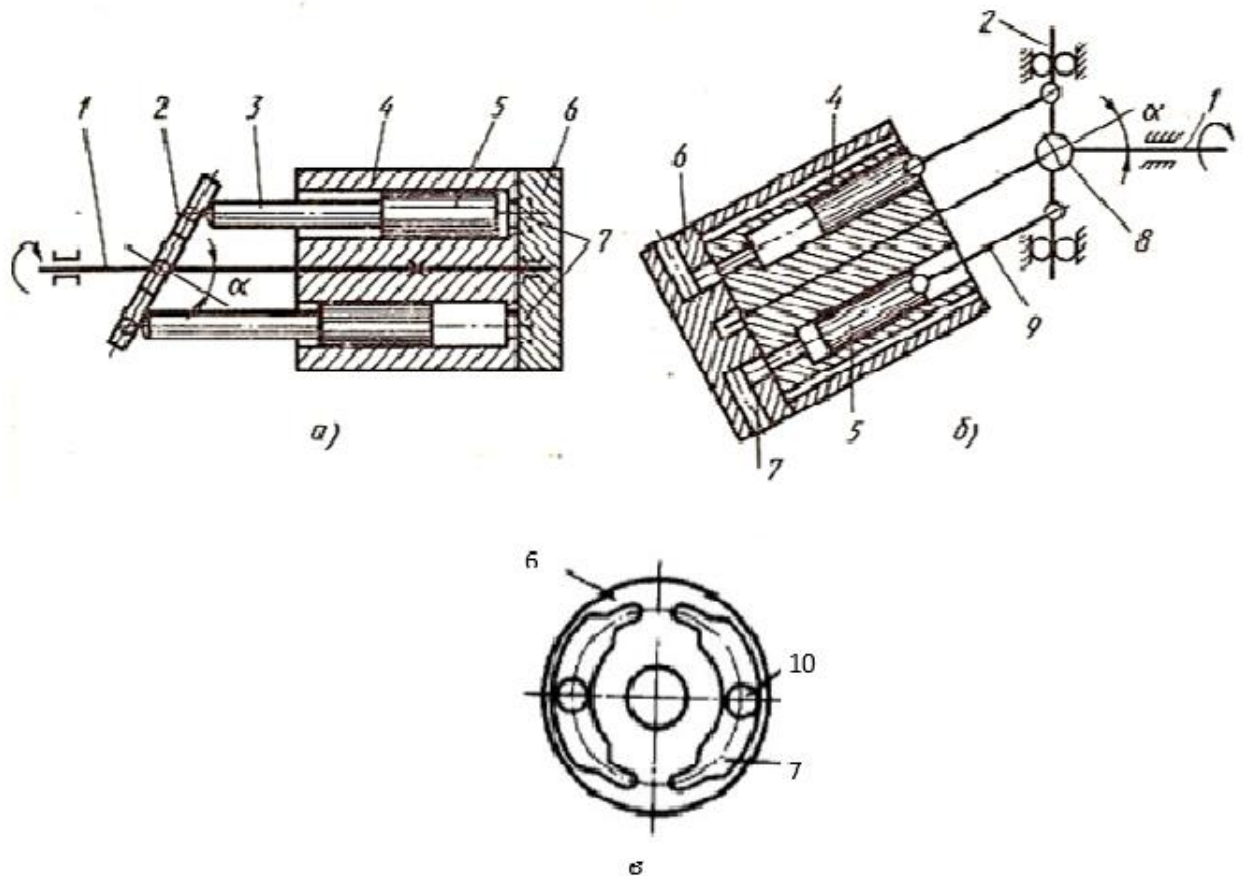


Рисунок 8 Аксиально-поршневой насос:

a – с наклонным диском; *б* – с наклонным блоком цилиндров; *в* – распределительный диск

1 – вал; 2 – наклонный диск; 3 – шток; 4 – блок цилиндров; 5 – поршень;

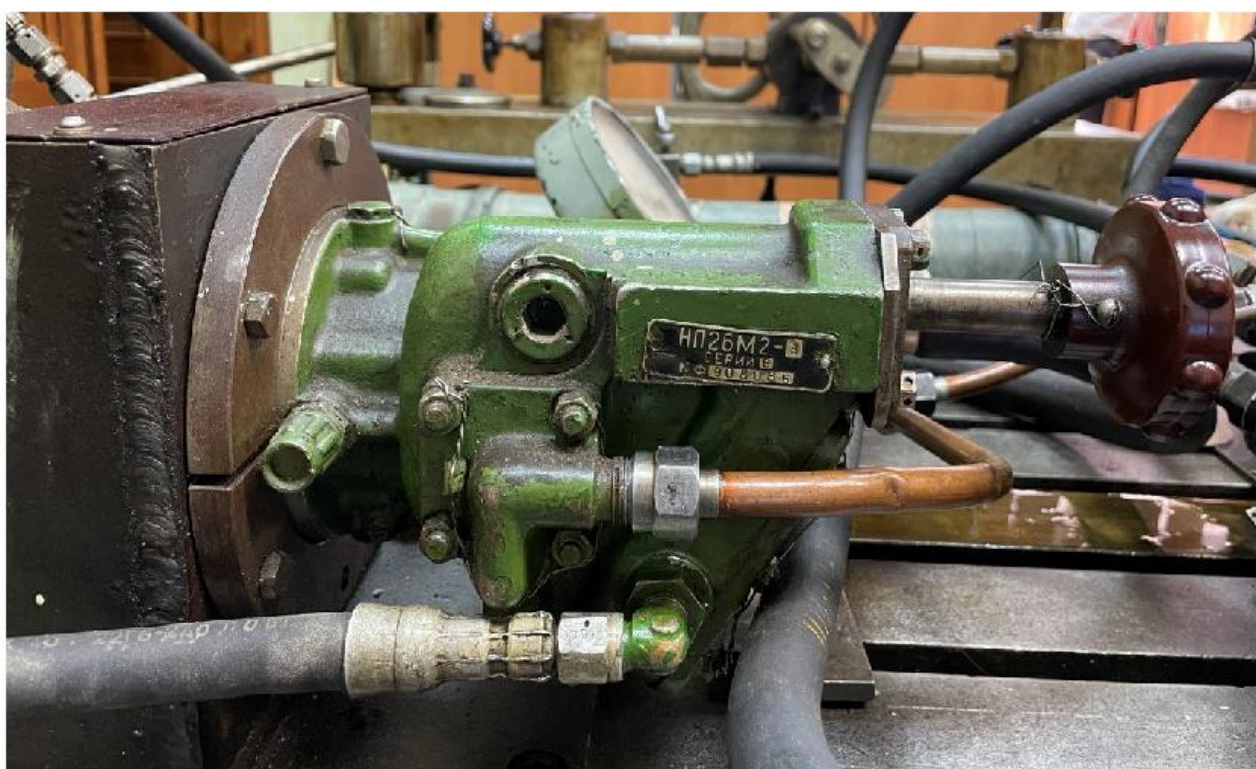
6 – гидрораспределитель; 7 – пазы; 8 – шарнир; 9 – шатун; 10 – отверстие

магистрали

В стенде применен насос с наклонным диском модели НП26М-2 (рис. 11, б).



а



б

Рисунок 9 – Фотографии аксиально-поршневого насоса

В качестве гидромотора применен аксиально-поршневой гидромотор с наклонным барабаном ГМ-7 (рис. 12).

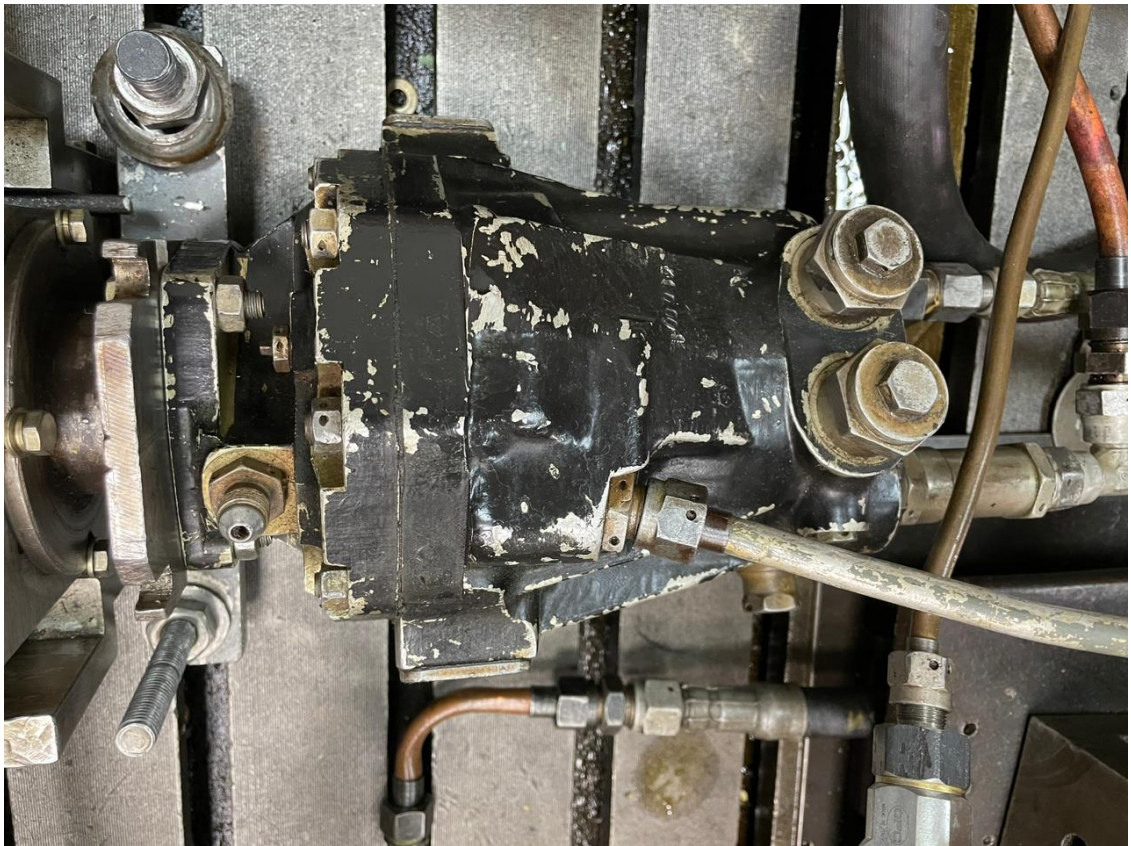


Рисунок 10 – Фотография гидромотора.

Манометр

Манометры – это приборы для измерения давления рабочей среды, в нашем случае – минерального масла. Внешний вид манометра, примененного в стенде, показан ниже (рис. 14, а, б).



а



б

Рисунок 14 – Манометр МТП – 160.

Системы формирования среднего давления в рукавах высокого давления и ударном механизме имеет одинаковый состав элементов: ручной насос, манометр, кран (рис. 15).



Рисунок 15 – Системы формирования среднего давления

Проведен внешний осмотр существующего исполнительного механизма стенда на предмет его работоспособности (рис. 16).

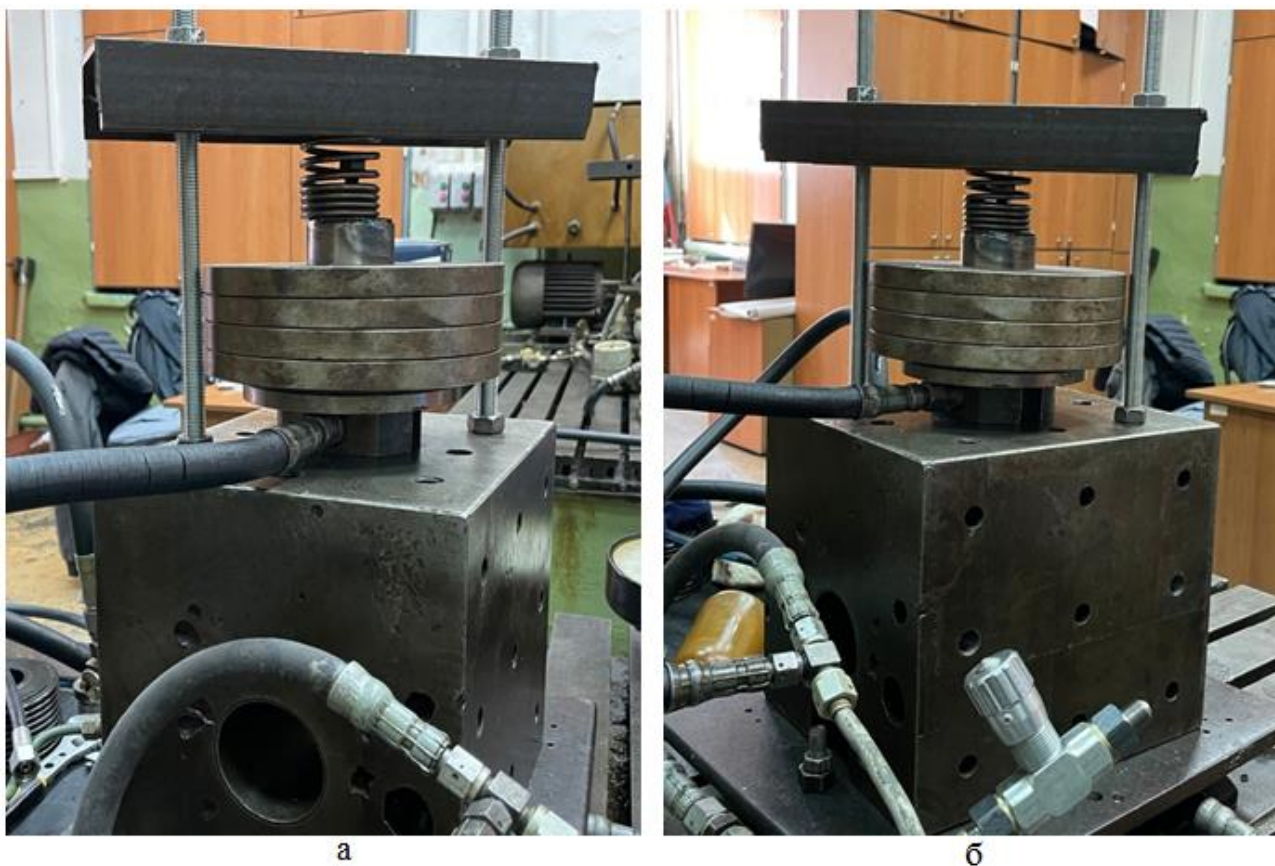


Рисунок 11 – Исполнительный механизм стенда

2.2. Мобильный диагностический комплекс «Виброрегистратор»

Мобильный диагностический комплекс «Виброрегистратор-М2» скомплектован из трёх составляющих: пьезоэлектрических датчиков типа AP2037-100 (в нашем случае крепление магнитное), механический сигнал (амплитуду колебаний) в электрический (напряжение); виброизмерительного модуля с функцией АЦП для присоединения датчиков и преобразования аналогового сигнала в цифровой; ноутбука с программным математическим обеспечением (ПМО) «Виброрегистратор-М2» и каналов для передачи информации. В функции ПМО входит: обработка информации о данных испытаний и представление их в виде диаграмм (временных и частотных), а также формирование отчетов об испытаниях (при необходимости).

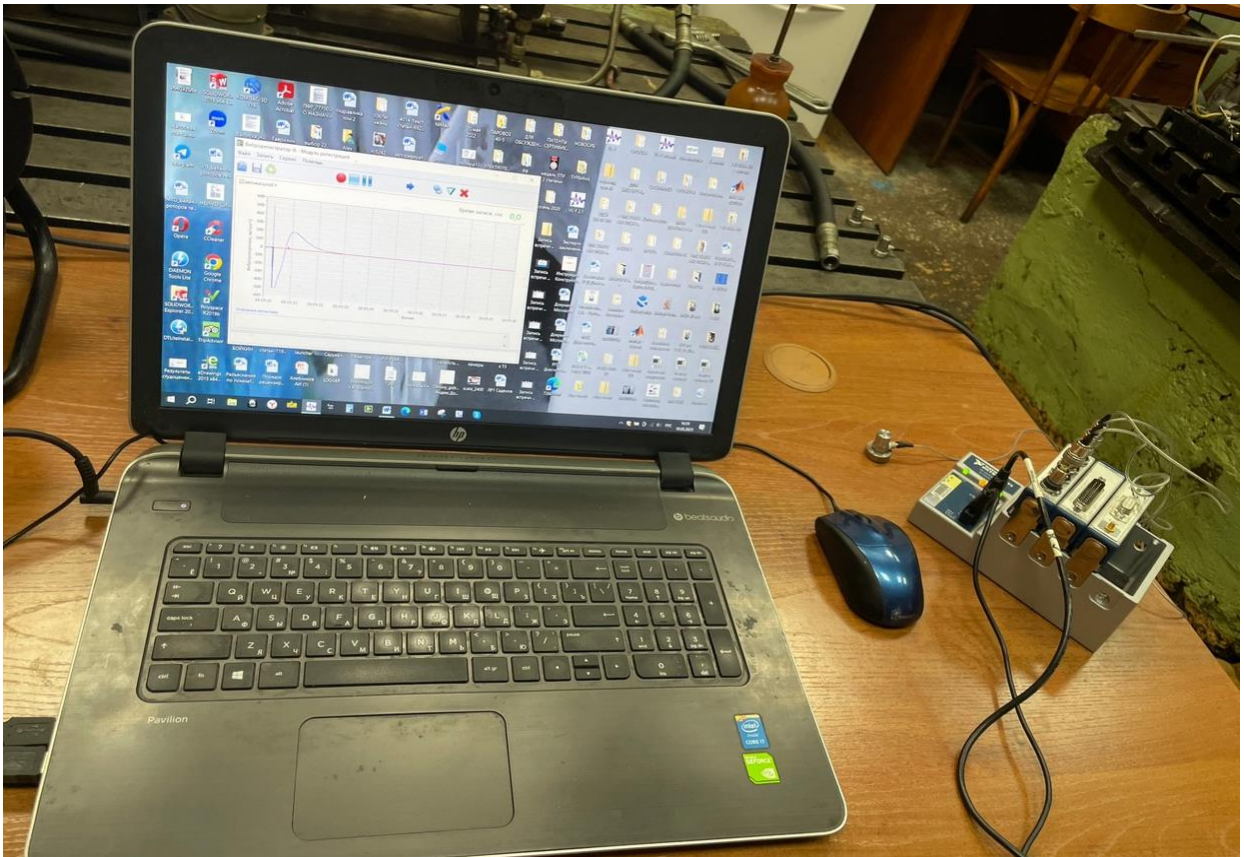


Рисунок 17 – Мобильный диагностический комплекс «Виброрегистратор-М2»

2.3. Информационно-измерительная система

Для получения результата для обработки на компьютере необходимо перевести механический сигнал (амплитуду колебаний элементов исполнительного механизма станда) в цифровой. Поэтому информационно-измерительная система состоит из (рис. 18):

- экспериментального станда;
- информационно-измерительного комплекса (рис. 17).

Для регистрации экспериментальных данных пьезоэлектрические датчики при помощи магнитного крепления устанавливаются на элементы станда (рис. 19):

- массу прижима, имитирующую рабочий элемент технологического оборудования, например, станину;
- платформу, имитирующую основание технологического оборудования, работающего без демпфирующей системы;

- основание станда, имитирующего основание технологического оборудования, работающего с демпфирующей системой.

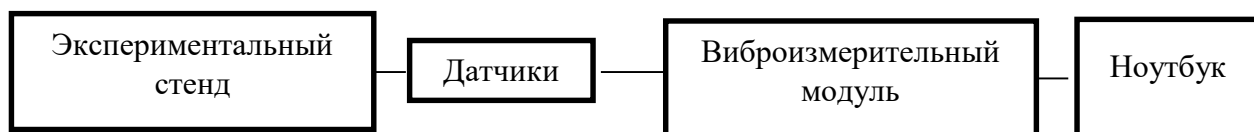


Рисунок 18 – Блок-схема информационно-измерительной системы

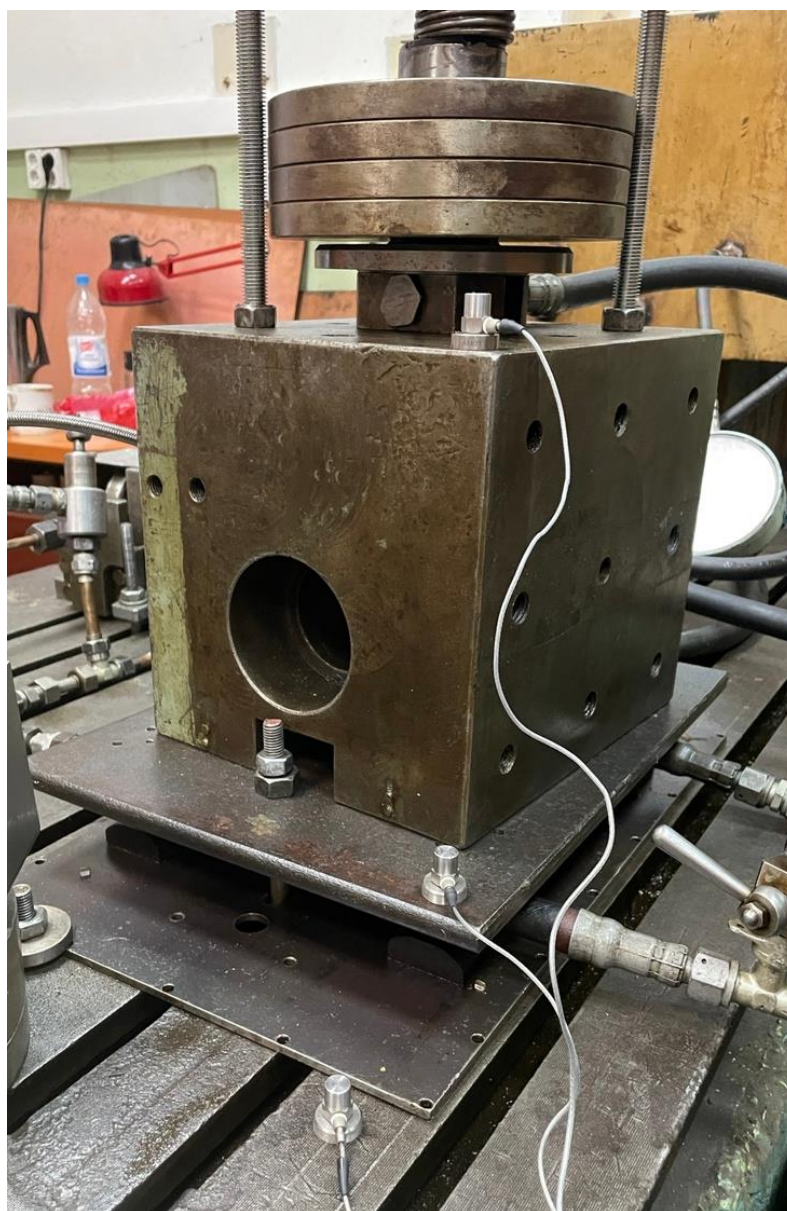


Рисунок 19 – Места установки датчиков

Датчики подключаются к виброизмерительному модулю, последний подключается к ноутбуку (рис. 17).

При работе стенда пьезоэлемент акселерометров деформируется, из-за чего происходит преобразование закона изменения колебаний (механического сигнала) в закон изменение напряжения (в электрический сигнал).

Далее электрический сигнал дискретизируется, квантуется и шифруется в виброизмерительном модуле, таким образом, на ноутбук приходит сигнал цифровой.

Программное обеспечение позволяет наглядно представить экспериментальные данные в виде временной и спектральной диаграмм (рис. 20).

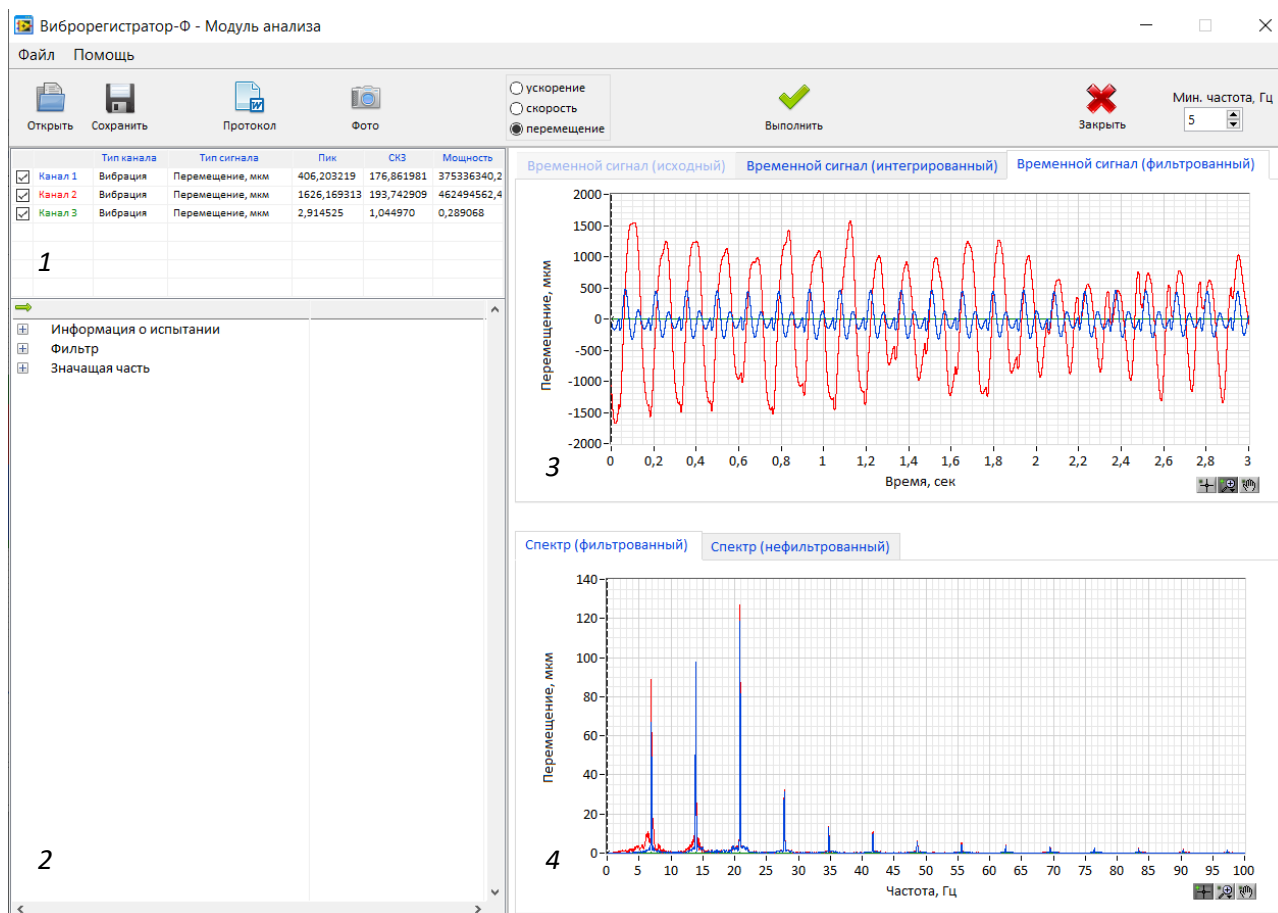


Рисунок 12 – Окно программного обеспечения:

1, 2 – окно каналов и настройки фильтра; 3, 4 – временная и спектральные диаграммы

При необходимости можно увеличить масштаб отображения графической информации (рис. 21).

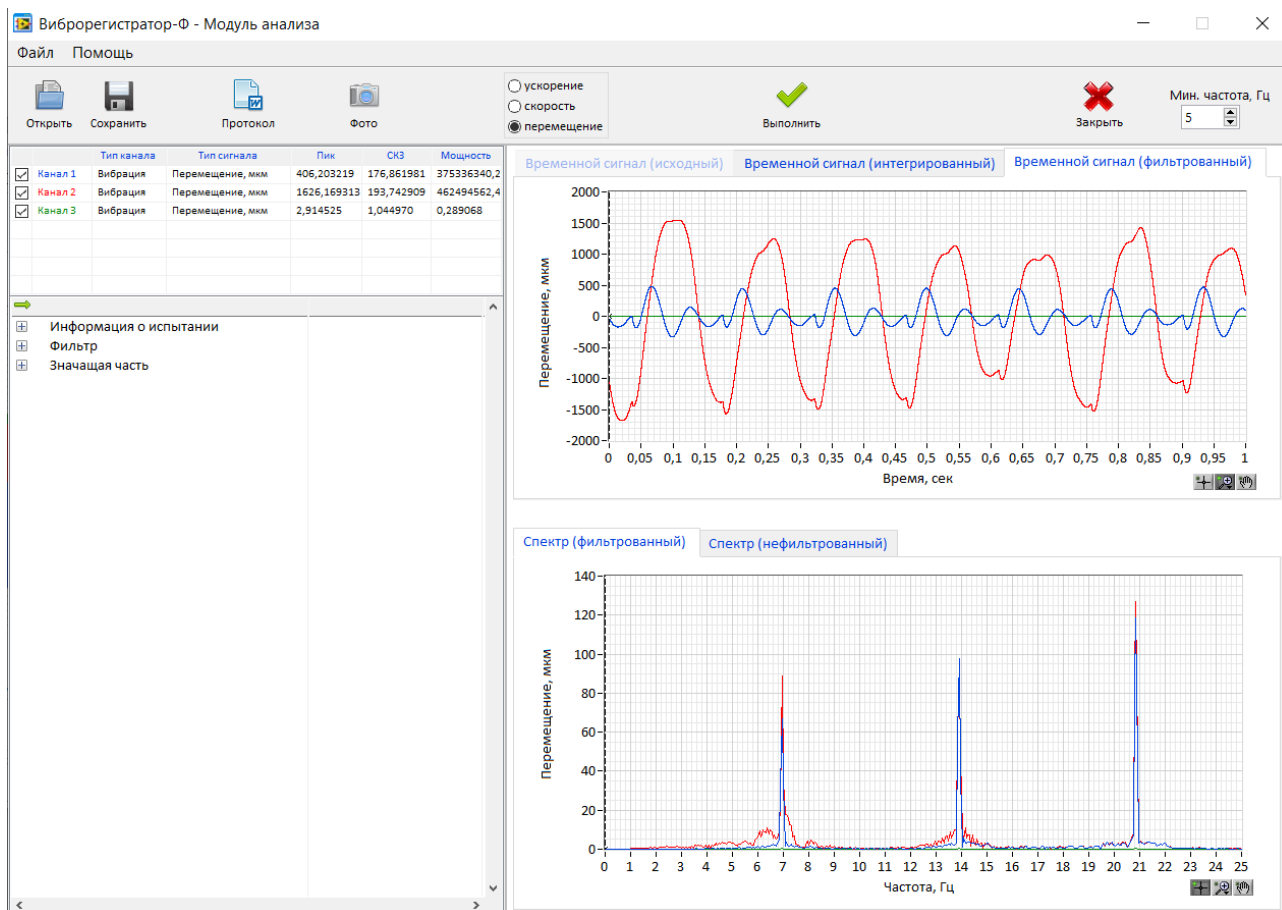


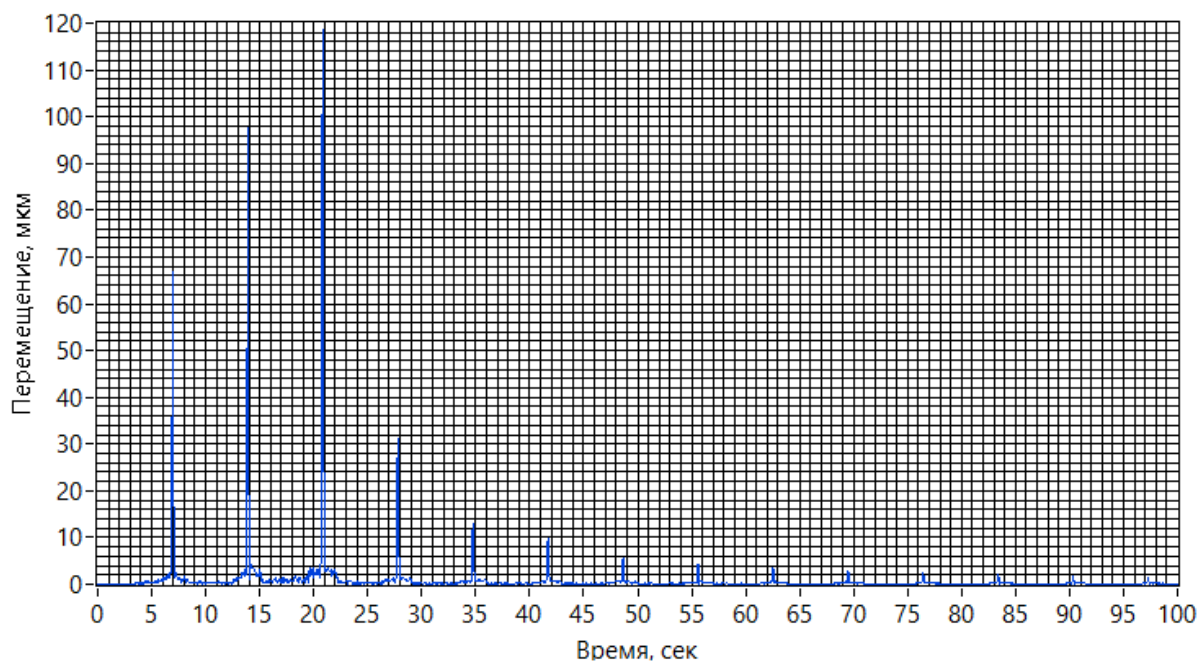
Рисунок 21 Окно программного обеспечения

Дополнительно выводится информация об основных параметрах процесса (табл. 4).

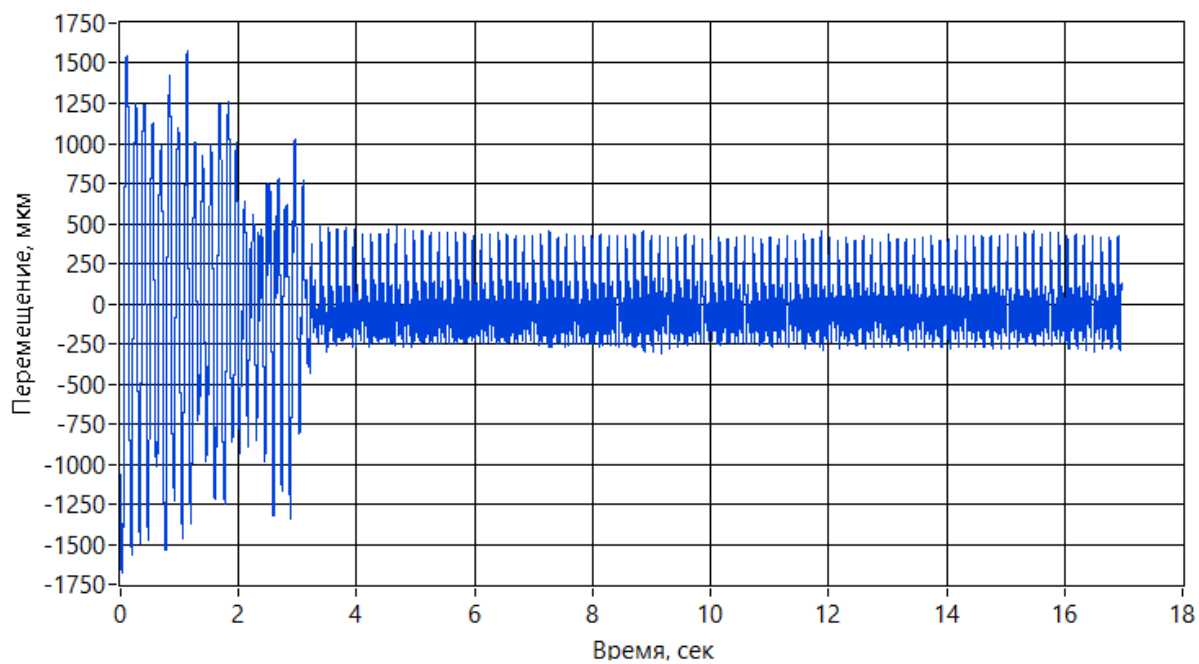
При необходимости создается отчет о проведенных испытаниях в текстовом формате (табл. 4, рис. 22).

Таблица 4 – Отчет об однократном измерении вибрации

Канал	Тип	Пик	СКЗ	Мощность
1	Перемещение, мкм	406,20	176,86	375336340,25
2	Перемещение, мкм	1626,17	193,74	462494562,48
3	Перемещение, мкм	2,91	1,04	0,29



a



б

Рисунок 22 Информации о виброданных

a – временная диаграмма; *б* – спектральная диаграмма

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Разработка НИ производится группой, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Цель ВКР заключается в разработке демпфирования с жесткой характеристикой. Объектом исследования при ее выполнении является исследовательский вибростенд и вибрационные процессы. Исследовательский вибростенд включает в своем исполнении элементы гидропривода.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НТИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки НТИ;
- планирование этапов выполнения исследования;
- расчет бюджета затрат на исследования;
- оценка научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования является концепция представления параметров и формы вибрации, моделируемой на испытательном вибростенде. Потенциальными потребителями результатов данного исследования могут стать производители вибростендов, включающих в своем исполнении элементы гидропривода и работающих на основе рукавов высокого давления. Такими производителями являются такие компании как Bruel & Kjaer, Ets Solutions, Ростех.

4.2. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бг	Бгд	Бэ	Кг	Кгд	Кэ
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота проведения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Стоимость услуги	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Точность измерения	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
4. Универсальность метода	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
5. Безопасность метода	0,2	5	5	5	0,75	0,75	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
7. Конкурентоспособность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Итого	1	33	27	25	4,75	3,9	3,6

Следует отметить, что конкурентные технические решения в этом разделе подразумевают собой альтернативные исполнения вибростендов на основе иных физических принципов генерирования вибрации. Сама информационно-измерительная система остается неизменной.

Где Б_г–информационно-измерительная система для моделирования виброимпульсов гидравлических источников вибрации;

Б_{гд}–информационно-измерительная система для моделирования виброимпульсов газодинамических источников вибрации;

Б_э–информационно-измерительная система для моделирования виброимпульсов электродинамических источников вибрации.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность вида;

B_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать гидравлические источники вибрации.

4.3. SWOT-анализ

Проведенный в данном разделе SWOT-анализ НТИ, позволяет оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок, описаны сильные и слабые стороны проекта (табл. 8), выявлены возможности и угрозы реализации НТИ во внешней среде.

Таблица 8 – SWOT-анализ НИР

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Метод моделирования вибрационных процессов на основе исследовательского вибростенда является принципиально новым С2. Метод является экономичным и ресурс эффективным С3. Возможность применения данного метода для широкого спектра элементов гидропривода С4. Актуальность НТИ С5. Наличие опытного руководителя	В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данным методом	У1. Отсутствие спроса на новый метод У2. Закрытие машиностроительных предприятий на территории РФ.

Определим сильные и слабые стороны научно-исследовательского проекта по отношению ко внешним условиям окружающей среды для выявления степени необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 9 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие, коррелирующие сильные стороны и возможности: B1 C1 C3 C4, B2 C1 C2 C3.

Таблица 10 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны					Слабые стороны
		C1	C2	C3	C4	C5
У1	+	+	0	-	0	-
У2	+	0	0	+	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие, коррелирующие сильные стороны и угроз: У1 C1 C2, У2 C1 C4.

При анализе данной таблицы можно выявить, что коррелирующих слабых сторон нет, а главной угрозой для проекта является отсутствие спроса, что на данном этапе не прогнозируется, поскольку аналогов данному методу нет. Среди угроз можно отметить низкий темп роста, ведущих отраслей машиностроения, как следствие закрытия некоторых машиностроительных предприятий.

Во избежание влияния слабых сторон проекта необходимо привлечение опытных кадров в сфере станкостроения, механики, гидравлики и гидропривода, физики.

Таблица 11 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются;</p> <p>С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>С3. Актуальность и высокая технологичность методов;</p> <p>С4. Наличие опытного руководителя.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данными методами;</p> <p>Сл2. Дороговизна и сложность оборудования для проведения экспериментов;</p> <p>Сл3. Значительные временные и интеллектуальные затраты</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки;</p> <p>В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах;</p> <p>В3. Публикации о проекте в тематических журналах.</p>	<p>Большой потенциал применения метода в России и других странах способствует развитию и доработке методов контроля</p>	<p>Данный метод требует привлечение опытных и квалифицированных специалистов.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данные методы;</p> <p>У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения</p> <p>У3. Нехватка финансирования</p>	<p>Отсутствие спроса влияет на актуальность и технологичность методов</p>	<p>Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за дороговизны и сложности оборудования для проведения экспериментов</p>

4.4. Планирование работ по научно-техническому исследованию

Для определения трудоемкости НИР необходимо работы разбить на этапы – значительные объемы работ, имеющие самостоятельное значение. В данной НИР можно выделить следующие этапы (табл. 5):

- подготовительный этап – сбор, изучение и анализ информации по теме проекта, определение состава исполнителей и соисполнителей, распределение объема работ;

- выбор и теоретическое обоснование направления исследования
- разработка и утверждение задания;
- проведение эксперимента;
- выводы и предложения по теме, обобщение результатов разработки;
- завершающий этап – рассмотрение результатов исследования, утверждение результатов работы. Подготовка отчетной документации.

Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Мойзес Б.Б.– руководитель; Абдухокимов И.Ф.– студент
Выбор направления исследования	2	Изучение методов диагностики технологического оборудования	Абдухокимов И.Ф.
	3	Разработка метода диагностики	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.
	4	Календарное планирование работ	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.
Экспериментальные исследования	5	Разработка плана эксперимента	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.
	6	Снятие показаний	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.
	7	Обработка полученных данных	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, выводы	Абдухокимов И.Ф.
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.
Оформление отчета НИР	10	Составление пояснительной записки	Абдухокимов И.Ф.

4.5. Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

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

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

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

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

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

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.; T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

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

где $T_{кГ}$ – количество календарных дней в году; $T_{вд}$ – количество выходных дней в году; $T_{пд}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кГ}}{T_{кГ} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45,$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел [18].

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ				
		t_{\min} чел-дн.	t_{\max} чел-дн	$t_{\text{ож}}$ чел-дн	T_p раб.дн	T_k кал.дн
1	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	1	5	2,6	1,3	2
2	Абдухокимов И.Ф.	5	15	9	9	39
3	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	16	30	21,6	10,8	4
4	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	4	12	7,2	3,6	5
5	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	12	16	13,6	6,8	2
6	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	6	12	8,4	4,2	6
7	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	6	9	7,2	3,6	5
8	Абдухокимов И.Ф.	5	9	6,6	6,6	3
9	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	7	15	10,2	5,1	4
10	Абдухокимов И.Ф.	5	13	8,2	8,2	9
ИТОГО					59,2	79

4.6. Построение графика работ

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в таблице 6 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования (табл. 14).

Таблица 14 – Календарный график проведения НИР

Этапы	Вид работы	Исполнители	Т _к	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	3	■				
2	Изучение методов диагностики металлорежущих станков	Абдухокимов И.Ф.	39	■	■	■		
3	Разработка метода диагностики, на основе имитирующего устройства	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	4			■		
4	Календарное планирование работ	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	5			■		
5	Планирование проведения численных экспериментов	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	2			■		
6	Снятие показаний	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	6			■		
7	Обработка полученных данных	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	5			■		
8	Анализ полученных результатов, выводы	Абдухокимов И.Ф.	3			■		
9	Оценка эффективности полученных результатов	Мойзес Б.Б. Абдухокимов И.Ф.	4			■		
10	Составление пояснительной записки, Сдача результатов НИР	Абдухокимов И.Ф.	9			■	■	

■ - руководитель, ■ - студент-дипломник.

Диаграмма показывает, что для выполнения работы требуется всего 2 человека и работа выполняется в течение 79 дней.

4.7. Смета затрат на разработку проекта

Затраты на разработку проекта – все формы потребления денег и материальных ценностей, которые служат непосредственной производственной целью. Смета расходов включает затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

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

где $I_{\text{мат}}$, $I_{\text{ам.техн}}$, $I_{\text{зп}}$, $I_{\text{соц.отч.}}$, $I_{\text{накл.расх}}$, $I_{\text{прочие}}$ – суммы материальных затрат, амортизация, социальные отчисления, накладные расходы, прочие.

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

В данном исследовании работа ведется с элементами гидропривода, находящимися в лаборатории на основе разработанного мобильного диагностического комплекса, поэтому материалы и сырье не приобретается.

Для проведения эксперимента и обработки результатов научно-исследовательской работы требуется мобильный диагностический комплекс, который можно отнести к технике электронно-вычислительной, срок полезного использования которой по третьей группе составит 15 лет.

Рассчитываем материальные затраты при использовании данного комплекса ориентировочной стоимостью 600000 рублей.

Амортизация основных фондов – сумма отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, вычисленная исходя из их балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации.

Рассчитаем амортизацию оборудования техники $I_{\text{ам.обор}}$

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

где $T_{\text{исп.обор}}$ – время использования оборудование; 365 дней – количество дней в году; $K_{\text{обор}}$ – стоимость оборудования; N_a – норма амортизации.

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

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

$$I_{\text{ам.компл}} = \left(\frac{T_{\text{исп.компл}}}{365} \right) \cdot K_{\text{компл}} \cdot H_a = \left(\frac{70}{365} \right) \cdot 600000 \cdot \frac{1}{15} = 7680$$

Так как для исследования нужен только комплекс, то $I_{\text{ам.компл}} = I_{\text{ам.обор.}}$

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

В состав затрат на оплату труда включаются:

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

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

$$\Phi_{\text{зп}} = 30000 + 18000 = 48000 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды выражаются в виде единого социального налога, который включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования. Взносы в социальные фонды – 30%.

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

$$I_{\text{соц.отч}} = \text{ЕСН} = 0,3 \cdot \Phi_{\text{зп}} = 0,3 \cdot 48000 = 14400$$

Накладные расходы используют на следующее:

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

Для проектных отделов накладные затраты составляют 200% от полного фонда заработной платы. Тогда: $I_{\text{накл.расх.}} = 2 \cdot \Phi_{\text{зп}} = 2 \cdot 48000 = 96000$ руб.

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

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{ам.обор}} + \Phi_{\text{зн}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{соц.отч}}$$

$$= 7680 + 48000 + 96000 + 14400 = 166080$$

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

$$PP = 0.3 \cdot K_{\text{проекта}} = 0.3 \cdot 166080 = 49824$$

Рассчитываем стоимость проекта (Ц).

$$Ц = K_{\text{проекта}} + PP = K_{\text{проекта}} + PP = 166080 + 49824 = 215904$$

Таблица 15 – Смета затрат на научно-исследовательскую работу

Виды затрат	Обозначение	Сумма затрат, руб.
Амортизация оборудования	$I_{\text{ам,обор}}$	7680
Затраты на оплату труда	ЗП	48000
Отчисления на социальные нужды	$I_{\text{соц.отч}}$	14400
Накладные расходы	$I_{\text{накл.расх}}$	96000
Себестоимость проекта	$K_{\text{проекта}}$	166080
Плановые накопления (прибыль)	ПР	49824
Стоимость проекта (цена)	Ц	215904

Полученные результаты (табл. 8) показывают, что данная НИР входит в бюджетные ограничения.

4.8. Определение эффективности исследования

С помощью интегрального критерия ресурсоэффективности определим ресурсоэффективность использования информационно-измерительной исследования параметров вибрации. Формула для его определения имеет следующий вид

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5
3. Помехоустойчивость	0,15	4
4. Энергосбережение	0,15	4
5. Надежность	0,2	5
6. Материалоемкость	0,2	5
Итого	1	5,2

Для разрабатываемого проекта интегральный показатель ресурсоэффективности – 5,2. Полученное значение интегрального показателя свидетельствует о достаточно хорошей эффективности реализации проекта.

Выводы по разделу

В ходе реализации раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» решены следующие задачи:

- проведен SWOT-анализ – сделана оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования, результат которой показал большой потенциал проекта;
- определены – полный перечень работ, необходимый для разработки информационно-измерительной системы исследования параметров вибрации; трудоемкость проведения работ, которая составила для научного руководителя и студента-исполнителя, составила 95 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 79 календарных дней;
- суммарный бюджет затрат НИР составил – 215904 руб.;

Данный раздел демонстрирует важность проекта в целом.