

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

Институт Кибернетики

Направление подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Кафедра Автоматизации и роботизации в машиностроении

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Гидравлические системы защиты технологического оборудования от общей вибрации	
УДК <u>62-567.2</u>	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ41	Базаров Андрей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дерюшева В.Н.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юдахина О.Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова М.И.	К.Х.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Буханченко С.Е.	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
по основной образовательной программе подготовки магистров по направлению
15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств», профиль подготовки «Конструирование технологического
оборудования»
ИК ТПУ, кафедра АРМ, руководитель ООП Крауиньш П. Я.

Код результ ата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие естественнонаучные и математические знания</i> для создания нового технологического оборудования и машин.	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК-2, 3). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современного машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п.2.1, п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P3	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой новых изделий с использованием системного анализа и моделирования объектов машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5-9). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P4	<i>Разрабатывать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-15-17). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P5	Проводить теоретические и модельные <i>исследования</i> в области машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК-16.). Критерий 5 АИОР (п.1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P6	Внедрять и обслуживать современные высокотехнологические линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ОК-2, ПК-9, ПК-11, 12,13,14). Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> для ведения <i>инновационной инженерной деятельности</i> с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО (ОПК -4, ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-14, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-3, ОПК-4, ПК-13, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> , компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i> .	Требования ФГОС ВО (ОК-2). Критерий 5 АИОР (п.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P11	<i>Самостоятельно</i> учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

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

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Кафедра Автоматизации и роботизации в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ41	Базаров Андрей Сергеевич

Тема работы:

Гидравлические системы защиты технологического оборудования от общей вибрации	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.16
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	<i>Амортизатор с вихревым стабилизатором скорости возврата должен обладать повышенным быстродействием по сравнению с аналогичными устройствами с использованием обратного клапана. Устройство должно эффективно гасить вибрацию, как на низких частотах, так и на высоких.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	<i>Необходимо провести обзор существующих устройств по гашению вибрации с использованием гидравлики. Оценить их достоинства и недостатки. На основе этого составить принципиальную схему своего устройства. Составить расчетную схему и математическую модель. Провести исследования математической модели. По полученным данным сделать выводы</i>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Построить графики зависимостей перемещения, скорости и ускорения от различных параметров вязкого трения</i>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Расчеты и аналитика	Дерюшева Валентина Николаевна
Финансовый менеджмент	Юдахина Ольга Борисовна
Социальная ответственность	Пустовойтова Марина Игоревна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Расчеты и аналитика	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.09.2014
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ41	Базаров Андрей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ41	Базаров Андрей Сергеевич

Институт	ИК	Кафедра	АРМ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.05«Конструкторско-технологическое обеспечение в машиностроении»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя принять в соответствии с научной степенью и занимаемой должностью, оклад студента принять равным окладу инженера ТПУ. Дополнительную заработную плату принять в размере 14% от основной. Среднедневную заработную плату рассчитывать при 6-дневной рабочей недели. Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды принять равным 27,1%. Коэффициент, учитывающий накладные расходы принять в размере 16 %.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение пред проектного анализ: оценка потенциальных потребителей, SWOT-анализ, оценка готовности проекта к коммерциализации, методы коммерциализации
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей, результатов и требований к результатам проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости разработки, расчет бюджета

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка
2. Оценочная карта
3. Матрица SWOT
4. Календарный план-график

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юдахина О.Б.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ41	Базаров А.С.		

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

Институт	Институт Кибернетики
Направление подготовки (специальность)	15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
Уровень образования	Магистр
Кафедра	Автоматизации и роботизации в машиностроении
Период выполнения	(осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ41	Базарову Андрею Сергеевичу

Тема работы:

Гидравлические системы защиты технологического оборудования от общей вибрации	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность» и вопросы, подлежащие разработке:	1. <i>Ценность научного исследования (разработки) для производства и общества;</i> 2. <i>Социальная ответственность предприятия в рамках проведения научного исследования.</i>
---	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова М.И.	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ41	Базаров Андрей Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 86 с., 48 рис., 22 табл., 30 источников, 2 прил.

Ключевые слова: вибрация, виброзащита, амортизатор, вихревой усилитель, гидравлические системы.

Объектом исследования является амортизатор с вихревым стабилизатором скорости возврата.

Цель работы – исследование динамики амортизатора с вихревым стабилизатором скорости возврата.

В процессе исследования проводились работы по изучению существующих устройств для гашения вибрации, оценка их достоинств и недостатков.

В результате исследования было выявлено, что амортизатор с вихревым стабилизатором скорости возврата повышает быстродействие системы, что подтверждается материалами исследования, приведенными в выпускной квалификационной работе.

Степень внедрения: низкая цена, повышенное быстродействие, простота конструкции – эти показатели делают данное устройство конкурентоспособным, поэтому степень внедрения его на рынок высока.

Область применения: данное устройство может применяться в различных отраслях машиностроения.

Экономическая эффективность/значимость работы: при сравнительно небольшой себестоимости, устройство обладает высоким быстродействием и способностью работать в широком диапазоне частот.

В будущем планируется провести анализ реального устройства и сравнить полученные значения с теоретическими.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Литературно-патентный обзор	7
1.1 Цели и задачи обзора	8
1.2 Обзор гидравлических систем виброзащиты	9
1.3 Обзор управляющей и запорно-регулирующей аппаратуры.....	10
1.4 Обзор существующих вихревых усилителей	13
2. Расчеты и аналитика	17
2.1 Составление и описание принципиальной схемы устройства	18
2.2 Расчет потерь	21
2.3 Составление расчетной схемы	23
2.4 Составление математической модели	24
2.5 Исследование математической модели	25
2.6 Подбор параметров вязкого трения	26
2.7 Исследование реальной модели.....	27
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	41
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	42
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	42
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	43
3.1.3 SWOT-анализ.....	45
3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	46
3.3 Планирование научно-исследовательских работ	47
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	47
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	47
3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	49
3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	51

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	51
3.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы	53
3.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	55
3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	55
3.4.5 Накладные расходы	56
3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	57
3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	57
4. Социальная ответственность	61
4.1 Ценность научного исследования (разработки) для производства и общества.....	62
4.2 Социальная ответственность работодателя.....	69
4.3 Анализ опасных и вредных факторов	70
4.3.1 Производственный шум	70
4.3.2 Электромагнитные и электростатические поля.....	70
4.3.3 Опасные факторы.....	71
4.4 Эргономический анализ трудового процесса.....	73
4.4.1 Микроклимат	73
4.4.2 Освещение	73
4.5 Разработка мер защиты от опасных и вредных факторов	77
4.6 Пожарная безопасность	78
4.7 Охрана окружающей среды	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
Список используемых источников.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ	87
Приложение А Английская часть ВКР	88
Приложение Б Код программы в PascalABCNET.....	95

ВВЕДЕНИЕ

Цель – определение готовности выпускника, к выполнению профессиональных обязанностей. Подготовка к прохождению следующих профессиональных ООП ВПО: программы подготовки магистра.

Задачи:

1. Проверка уровня усвоения студентами учебного и практического материала по основным дисциплинам математического и естественно научного цикла, профессионального цикла.
2. Расширение, систематизация и закрепление теоретических знаний студентов при выполнении комплексных заданий с элементами научных исследований.
3. Теоретическое обоснование и раскрытие сущности профессиональных категорий, явлений и проблем по теме ВКР.
4. Развитие навыков разработки и представления технической документации.
5. Развитие умений автора:
 - Концентрироваться на определённом виде деятельности;
 - Работать с литературой;
 - Выявлять сущность поставленной перед ним проблемы;
 - Применять полученные в ходе обучения знания для решения поставленных проектно – конструкторских и технологических задач.

Объектом исследования является амортизатор с вихревым стабилизатором скорости возврата.

В настоящее время на производстве акцент делается на внедрение нового высокоточного оборудования, увеличение производительности труда и, как следствие этого, рост мощности и быстроходности машин и механизмов. Внедрение происходит постепенно, да и для обеспечения надежной работы и получения заданной точности обработки на данном оборудовании, необходимо изолировать его от влияния внешних факторов, а в точности защитить от вибрации, создаваемой другим оборудованием. В данной работе рассмотрена

тема защиты технологического оборудования от общей вибрации с использованием гидравлических систем.

Важным показателем работы гидравлической управляющей аппаратуры является стабильность рабочих характеристик, надежность, ее стоимость и быстродействие. Известные гидромеханизмы не всегда обеспечивают необходимый уровень указанных показателей, особенно в технологических машинах, работающих в условиях повышенной загрязненности, при вибрационных и радиационных воздействиях, приводящих к снижению надежности и срока службы оборудования.

Поэтому создание и исследование управляющей гидроаппаратуры, позволяющей улучшить рабочие характеристики систем гидравлических приводов является актуальной проблемой современной техники.

В современной технике применяется гидроаппаратура самых различных типов. Нашли широкое применение в системах гидравлических приводов, наряду с такими традиционными типами элементов управления гидроприводов, как золотниковые, клапанные, крановые, так же элементы, использующие гидродинамические эффекты взаимодействия струй между собой и твердой стенкой – элементы струйной техники. Проведенный анализ известных работ, посвященных данной проблеме, показывает, что перспективным путем улучшения эксплуатационных характеристик высоконапорных, силовых гидравлических систем управления гидроприводов является использование в них элементов струйной техники. При этом реализуются такие основные достоинства элементов струйной техники, как их взрыво – и пожаробезопасность, простота и дешевизна в изготовлении, простота комбинирования их в пневмогидравлические, пневмоэлектрические и пневмоэлектронные системы, возможность работы в достаточно широком диапазоне частот, при высоких ускорениях, интенсивных вибрационных и ударных нагрузках, в зонах радиационных и тепловых воздействий. Элементы, построенные на указанных принципах, не имеют подвижных механических сопряжений, могут работать на любых жидких, газообразных средах.

Отсутствие подвижных деталей определяет их долговечность, быстродействие, конструктивную, технологическую и эксплуатационную простоту.

Цель работы – исследование динамики амортизатора с вихревым стабилизатором скорости возврата.

Задачи:

- Найти и изучить всю возможную информацию об устройствах для гашения вибрации с использованием гидравлических систем;
- Произвести сравнительный анализ данных устройств;
- Продумать вариант реализации амортизатора с вихревым стабилизатором скорости возврата;
- Описать принцип работы устройства;
- Произвести необходимые расчёты;
- Составить расчетную схему предлагаемого устройства;
- Составить математическую модель;
- Исследовать математическую модель;
- Описать необходимые требования безопасности при работе с устройством;
- Оценить экономические показатели исследуемого устройства;
- Написать соответствующие выводы о проделанной работе.

1. Литературно-патентный обзор

1.1 Цели и задачи обзора

Цель – на основе максимально полного охвата источников информации показать актуальность разрабатываемой проблематики выпускной работы.

Задачи обзора:

- Поиск источников информации и сбор материала по проблематике ВКР;
- анализ и систематизации собранной информации с позиции проблематики выполняемой выпускной работы;
- Вывод об актуальности тематики ВКР.

Систематизированная информация позволяет оценить достоинства и недостатки существующих разработок, сравнить их технические характеристики. Анализ известных технических решений позволяет выбрать аналог или прототип, который станет базой для дальнейшего исследования объекта, и позволит показать актуальность тематики ВКР.

1.2 Обзор гидравлических систем виброзащиты

Пассивные системы виброзащиты являются наиболее распространенными на практике системами. Этому способствует простота устройства и то, что они в процессе эксплуатации не требуют специального технического обслуживания, а также подвода энергии для нормального функционирования.

Принципиальная схема простейшей пассивной виброзащитной системы показана на рисунке 1.

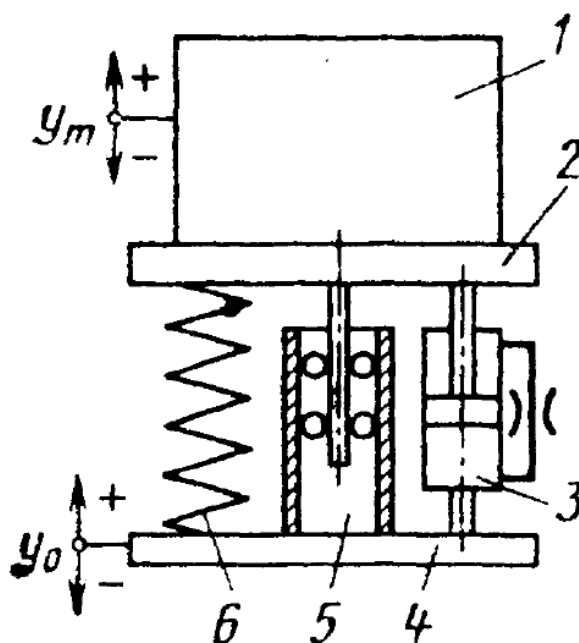


Рисунок 1 – Принципиальная схема линейной модели простой пассивной системы виброзащиты

Объект виброзащиты 1, жестко закрепленный на каркасе 2, размещен на основании 4 с помощью направляющего механизма 5, обеспечивающего только вертикальное перемещение каркаса 2 относительно основания 4. Нейтральное положение каркаса 2 относительно основания 4 обеспечивается с помощью упругого элемента 6 (в данном случае пружины). Демпфирование свободных колебаний объекта виброзащиты 1 и каркаса 2 осуществляется с помощью гидравлического демпфера 3, который в простейшем случае представляет собой гидроцилиндр, рабочие полости которого соединены между собой гидролинией с установленным в ней гидродросселем.

Рассматриваемая схема не отражает в полной мере конструктивных особенностей большого многообразия пассивных виброзащитных систем, а является лишь принципиальной схемой, содержащей элементы, необходимые для нормальной работы пассивных виброзащитных систем.

Следует отметить, что рассмотренный пример простой пассивной системы виброзащиты по своим характеристикам соответствует лучшим и пока редко встречающимся образцам. На практике подобные системы имеют резонансную частоту в пределах 1,1...2,5 Гц. Большие из этих частот являются наиболее опасными для организма человека. Поэтому простые пассивные системы виброзащиты с гидравлическими амортизаторами, несмотря на относительную простоту, не решают полностью задачи виброзащиты. До частот 3 ... 5 Гц они малоэффективны, а на резонансных частотах даже усиливают амплитуду возмущающих ускорений со стороны остова машины [28].

1.3 Обзор управляющей и запорно-регулирующей аппаратуры

В зависимости от вида, управляющего и основного запорно-регулирующего элементов различают золотниковые, клапанные и струйные ступени гидроаппаратуры. Все типы ступеней существенно отличаются друг от друга как по принципу действия и конструктивному исполнению, так и по статическим и динамическим характеристикам. В первом типе распределения жидкости осуществляется с помощью осевого смещения цилиндрического или плоского распределительного элемента, во втором – путем последовательного открытия и закрытия рабочих окон с помощью клапанов и в третьем - путем изменения направления течения жидкости вследствие взаимодействия струй между собой или твердой стенкой либо изменения характера течения струи.

Наибольшее распространение в самодействующей аппаратуре получили золотниковые распределительные элементы. Основным их преимуществом является то, что их плунжеры уравновешенных от основных статических сил

рабочего давления жидкости, поскольку это давление действует на пояски плунжера в противоположных направлениях. Кроме того, золотниковые распределители достаточно надежно обеспечивают необходимые рабочие характеристики. В связи с этим технология их изготовления должна предусматривать специальные контрольные операции, связанные с определением гидравлических потерь золотниковых распределителей и т.д. Другая особенность технологического процесса обработки плунжерных пар золотников, рабочие зазоры которых составляют 0,005 – 0,035 мм, заключается в обеспечении тщательной очистки этих деталей от технологических загрязнений. Надежность и ресурс таких элементов, и в связи с этим систем в целом, находятся в прямой зависимости от чистоты входящих в них элементов и применяемых рабочих жидкостей. Надежность также зависит от способа обработки поверхности, степени их геометрической точности, высоты микронеровностей и т.д. Выше сказанное существенно удорожает процесс изготовления и эксплуатацию гидроаппаратуры, содержащей золотниковые пары.

Указанных недостатков лишены элементы струйной техники, которые в настоящее время находят все большее применение в высоконапорных системах гидроавтоматики в связи с известными их преимуществами. Так же струйные элементы имеют преимущества и над клапанами давления, в виду отсутствия механических подвижных систем.

Элементы, использующие взаимодействие струй между собой или твердой стенкой, либо изменение характера течения струи используются преимущественно в управляющих ступенях гидроаппаратов в связи с тем, что мощности таких элементов измеряются, как правило, единицами ватт. В силовых же каскадах преимущественно используют вихревые элементы, т.к. потоки в нем могут иметь мощности порядка киловатт. В вихревом элементе коэффициент усиления по мощности может достигать 500. Вихревой элемент может быть, как активным (усилительным), так и неактивным. В активном варианте мощность выходного сигнала определяется мощностью источника

питания, и, как правило, значительно превосходит мощность сигнала управления. В пассивном же варианте самостоятельный источник питания отсутствует, энергия из вне не подводится, а заимствуется из основного потока. Пассивный вариант позволяет получать вихревые дроссельные регулирующие элементы, имеющие расходные характеристики, отличные от характеристик широко применяемых ламинарных и турбулентных дросселей.

По количеству подключенных внешних линий, по которым подводится и отводится рабочая жидкость, различают двух линейные, трехлинейные, четыре линейные распределители. Вихревой элемент «обычной» конструкции (т.е. имеющий один центральный выходной канал без сброса), может быть рассмотрен как двух линейный распределитель. Вихревой элемент со сбросом – это аналог трехлинейного распределителя. Аналог четырех линейного распределителя может быть получен путем включения двух или четырех вихревых элементов по определённой схеме. Все это дает предпосылки замены золотниковых элементов вихревыми, т.к. такая замена не потребует переделки всего гидропривода или гидравлического аппарата, и сделает такой переход более безболезненным и дешевым.

Вихревые элементы принцип действия, которых основан на изменении параметров закрученного потока жидкости при ее течении от периферии вихревой камеры к центру.

Благодаря тому, что вихревой элемент является единственным из известных струйных элементов, способным дросселировать протекающий через него расход жидкости, может обеспечить очень высокий предельный коэффициент усиления по давлению или расходу и может использоваться в качестве суммирующего и сравнивающего устройства, благодаря возможности подвода большого числа управляющих сигналов.

Вихревые элементы конструктивно можно разделить на три функциональные части: входное устройство, вихревую камеру и выходные устройства.

Входное устройство служит для наложения управляющего сигнала на основное течение, в результате чего достигается необходимый уровень закрутки потока в камере. В простейшем случае входное устройство состоит из одного радиального канала питания и одного тангенсального канала управления.

Функцией вихревой камеры является увеличение тангенсальной составляющей скорости потока в ней, т.е. обеспечение усиления вихревой камеры.

Выходные устройства служат для преобразования вихря и уровня давления на выходе вихревого элемента в требуемый сигнал.

1.4 Обзор существующих вихревых усилителей

Известны вихревой усилитель, состоящий из вихревой цилиндрической камеры, в которую входят тангенциальный канал управления, радиальный канал питания и выходной канал, расположенный в центре одного из торцов камеры [2].

Недостатками известных усилителей являются малые коэффициенты усиления по расходу и мощности.

На рисунке 2 показан усилитель с повышенным коэффициентом усилением мощности.

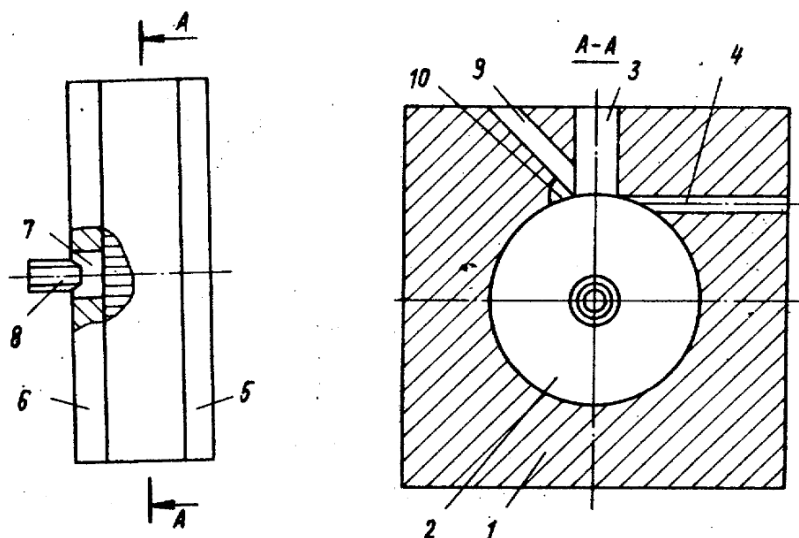


Рисунок 2 – Вихревой усилитель

Вихревой усилитель состоит из корпуса 1 с цилиндрической вихревой камерой 2, радиального канала 3 питания, тангенциального канала 4 управления, задней крышки 5, передней крышки 6 с выполненным в центре выходным отверстием 7. К отверстию 7 подведен приемный канал 8, который установлен с кольцевым зазором по отношению к нему. В месте входа канала 3 питания в вихревую камеру 2, под острым углом к каналу 3, в корпусе выполнен вентиляционный канал 9. Между каналом 9 и стенкой камеры 2 расположен вогнутый дефлектор 10.

Предлагаемый усилитель работает следующим образом.

При отсутствии потока управления питающий поток из канала 3 движется через камеру 2 по радиусу к выходному отверстию 7 и улавливается приемным каналом 8.

Падение давления питающего потока от канала 3 до приемного канала 8 в данном случае незначительно.

При наличии потока управления, который подается через канал 4, в камере 2 возникает вихревое движение. В результате большая часть выходного потока выходит в атмосферу через кольцевую щель, образованную выходным отверстием 7 и приемным каналом 8. Это происходит вследствие того, что вихревой поток выходит не по всей площади выходного отверстия, а только через кольцевую периферийную ее часть.

Кроме того, выходной поток уменьшается еще и за счет сброса части потока питания в атмосферу через канал 9.

Вогнутый дефлектор 10 служит для увеличения потока, проходящего через канал 9.

Таким образом, сброс части потока питания в атмосферу через канал 9 позволяет повысить коэффициент усиления мощности, особенно при полном запирании потока питания, а также увеличить крутизну и уменьшить влияние нагрузки на характеристику усилителя.

На рисунке 3 показан вихревой усилитель с повышенным коэффициентом усиления путем организации движения потока внутри вихревой камеры [3].

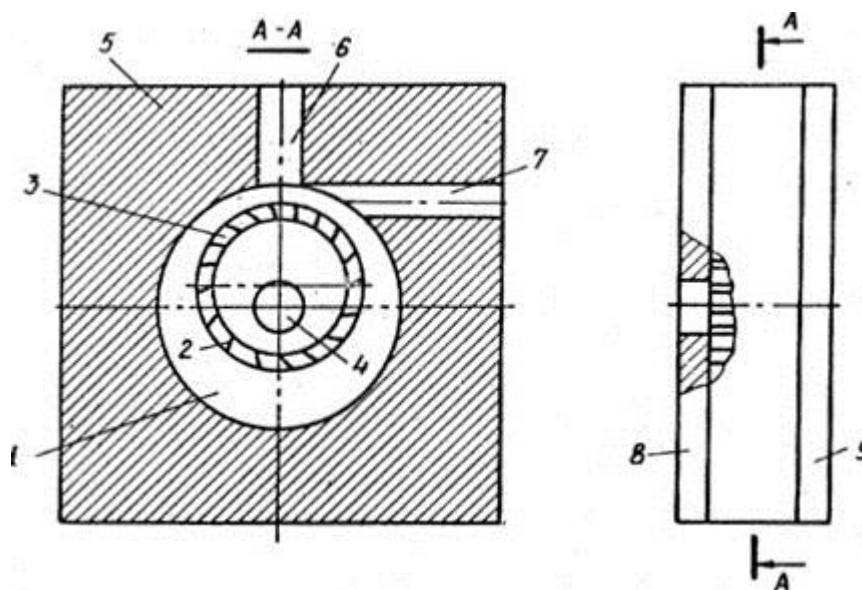


Рисунок 3 – Вихревой усилитель

Предлагаемый усилитель состоит из цилиндрической вихревой камеры 1, в которой расположены направляющие лопатки 2, высота которых равна высоте вихревой камеры I, образующие радиальную решетку 3, установленную эксцентрично по отношению к выходному каналу 4. Корпус усилителя 5 имеет радиальный канал 6 питания и тангенциальный канал 7 управления. Ось выходного канала 4, выполненного в передней крышке 8, совпадает с продольной осью цилиндрической камеры 1. Передняя крышка 8 и задняя 9 склеены с корпусом 5.

Предлагаемый усилитель работает следующим образом.

Питающий поток, при отсутствии потока управления, из канала 6 поступает в вихревую камеру 1 и движется в направлении, перпендикулярном продольной оси камеры, через лопатки радиальной решетки 3, от периферии к центру и затем поступает в выходной канал 4. Падение давления питающего потока на его пути от канала 6 до выхода из камеры незначительно. В этом случае выходной расход определяется площадью выходного канала 4 и величиной давления питания. Давление в вихревой камере 1, с точностью до величины, потерь, постоянно и равно давлению питания.

При наличии потока управления, который подается через канал 7

тангенциально к внешней стенке вихревой камеры 1, в ней возникает вихревое движение.

Направляющие лопатки 2, образующие радиальную решетку 3, преобразуют, часть вихревого потока в выходной канал, увеличивая тем самым градиент давления, и направляют остальную часть вихревого потока таким образом, что она усиливает воздействие потока управления на питающий поток. Вследствие этого, при измененном давлении в выходном канале 4 на выходе из усилителя, выходной поток и поток питания уменьшается.

Выходной расход усилителя определяется радиальным градиентом давления в вихревой камере.

Направляющие лопатки, выполненные в виде радиальной решетки, расположенной эксцентрично по отношению к выходному отверстию, позволяют направлять часть вихревого потока на усиление вихревого движения (усиления воздействия управляющей струи), и частично преобразовывать его в выходной сигнал, что позволяет повысить коэффициент усиления, особенно при полном запирании потока питания, а также увеличить величину линейного участка усилителя.

2. Расчеты и аналитика

2.1 Составление и описание принципиальной схемы устройства

Амортизатор с вихревым стабилизатором скорости возврата будет использоваться для защиты от общей вибрации высокоточного токарно-револьверного станка с ЧПУ HAAS SL-20, показанного на рисунке 4. Технические характеристики данного станка приведены в таблице 1.



Рисунок 4 – Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS SL-20

Таблица 1 – Технические характеристики

<i>Наименование параметров</i>	<i>Ед.изм.</i>	<i>Величины</i>
Максимальный диаметр точения над станиной	мм	584
Максимальный диаметр точения над суппортом	мм	241
Максимальная длина обработки наружных поверхностей	мм	438
Максимальный диаметр заготовки в патроне главного шпинделя	мм	210
Максимальный диаметр заготовки	мм	584
Максимальный диаметр прутка в главном шпинделе	мм	51
Максимальное расстояние между центрами	мм	610
Минимальная дискретность задания линейных перемещений	мм	0,001
Точность линейного позиционирования инструмента по оси X	мм	±0,005
Точность линейного позиционирования инструмента по оси Z	мм	±0,005

Максимальное перемещение инструмента по оси X	мм	215
Максимальное перемещение инструмента по оси Z	мм	508
Время поворота револьверной головки на одну позицию	сек	1
Частота вращения главного шпинделя	об/мин	4000
Скорость холостых подач инструмента по оси X	м/мин	30,5
Скорость холостых подач инструмента по оси Z	м/мин	30,5
Тип хвостовика главного шпинделя		A2-52
Диаметр проходного отверстия главного шпинделя	мм	76,2
Конус пиноли задней бабки		МК-4
Максимальные допустимые усилия по оси X	кН	10,67
Максимальные допустимые усилия по оси Z	кН	16,46
Максимальный крутящий момент главного шпинделя (при $n=1300$ об/мин)	Нм	209
Максимальная мощность привода вращения главного шпинделя	кВт	22,4
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В)	мм	3226x2286x1829
Масса станка	кг	4082

Амортизатор с вихревым стабилизатором скорости возврата представляет собой силовой гидропривод, в котором исполнительный механизм (выход) воспроизводит (отслеживает) закон движения управляющего органа (входа), для чего в системе предусмотрена непрерывная связь между выходным и входным элементами, которая называется обратной связью. Обратную связь возникающее рассогласование между управляющим воздействием (входным сигналом) и ответным действием (выходным сигналом).

На рисунке 5 показана принципиальная схема амортизатора для гашения общей вибрации, передаваемой через фундамент. Работает устройство следующим образом: под действием внешней силы $F(t)$, масса 1 начинает двигаться, перемещая поршень 4 влево, поджимая пружину 5. Масло содержащаяся в левой полости гидроцилиндра без сопротивления перетекает

через вихревой элемент 7 в правую полость гидроцилиндра. После чего пружина 5 начинает возвращать массу 1 в исходное положение. Масло из правой камеры гидроцилиндра 2, протекая через вихревой элемент 6 начинает завихряться. Вихревой элемент имеет свойство переключения по петле гистерезиса, показанной на рисунке 6. То есть, при малых скоростях движения поршня 4, система имеет малое сопротивление изменяющееся по закону $Q_1 = k_1\sqrt{\Delta P}$. При возрастании скорости, сопротивление резко увеличивается и изменяется по закону $Q_2 = k_2\sqrt{\Delta P}$. Параметры переключения давления P_1^* и P_2^* на петлю гистерезиса, настраиваются дросселем 7.

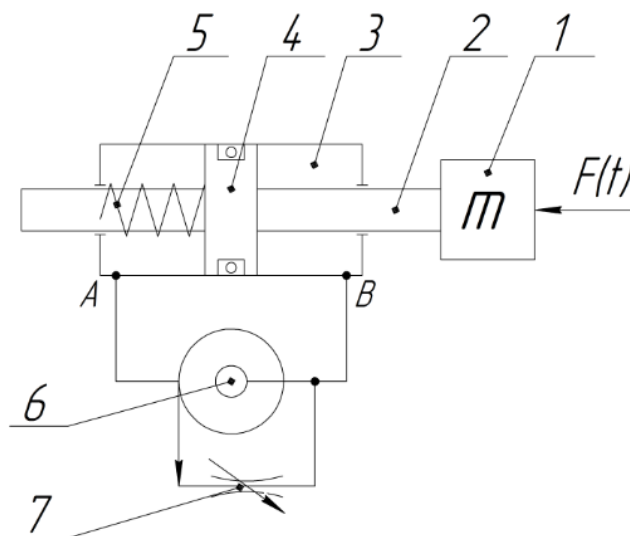


Рисунок 5 – Принципиальная схема амортизатора с вихревым стабилизатором скорости возврата

1 – масса; 2 – шток; 3 – гидроцилиндр; 4 – поршень; 5 – пружина; 6 – вихревой элемент; 7 – дроссель.

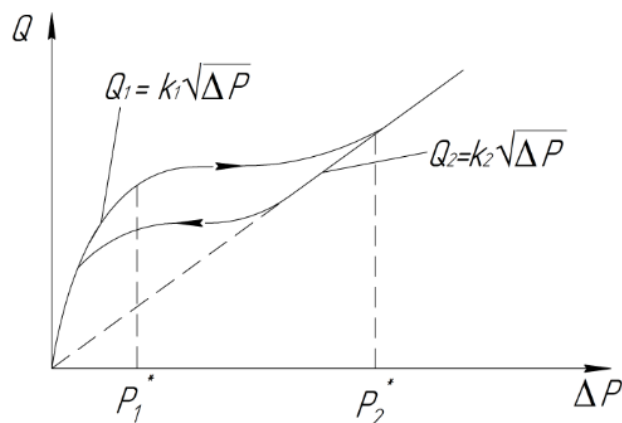


Рисунок 6 – Петля гистерезиса

2.2 Расчет потерь

При составлении математических моделей потерями либо пренебрегают, либо принимают величиной постоянной.

Проанализируем, какие потери возникают в режиме работы рассматриваемого амортизатора с вихревым стабилизатором скорости возврата, данные потери представлены на рисунке 7:

1. Потери возникающие в кольцевом зазоре между поршнем стенками гидроцилиндра;
2. Потери возникающие в окнах слива гидроцилиндра;
3. Потери возникающие в вихревом элементе
4. Потери возникающие в дросселе;

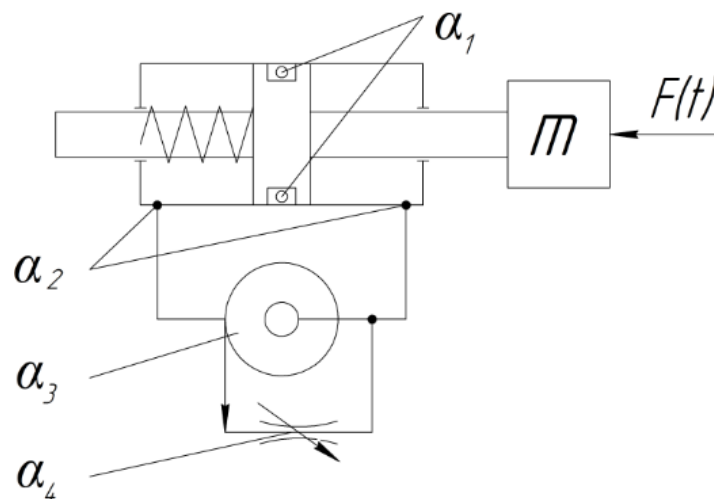


Рисунок 7 – Принципиальная схема потерь возникающих в амортизаторе
 α_1 – потери возникающие в зазоре между поршнем и стенками гидроцилиндра;
 α_2 – потери в окнах слива гидроцилиндра ; α_3 – потери в вихревом элементе; α_4 – потери в дросселе.

Делаем допущение: в виду того, что потери, описанные в пунктах 1-3 малы по сравнению с потерями возникающими в вихревом элементе, ими можно пренебречь.

Рассчитаем потери, возникающие в вихревом элементе. Выразим коэффициент вязкости $\alpha_{в.э}$ через конструктивные параметры амортизатора.

Известно, что расход жидкости в вихревом элементе определяется по формуле [13]:

$$Q_{\text{в.э}} = \mu \cdot f_{\text{в.э}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_{\text{в.э}} - p_{\text{акм}}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{в.э}} = V_1 \cdot S_{\text{к}}$ – расход жидкости в полости вихревого элемента (принимая значения из графика зависимости расхода от давления, представленного на рисунке 8 [16]);

V_1 – скорость поршня;

$S_{\text{к}} = S_{\text{п}} - S_{\text{ш}}$ – площадь контакта поршня с жидкостью;

$S_{\text{п}} = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 2^2 = 12,56 \text{ см}^2$ – площадь поршня;

$S_{\text{ш}} = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,7^2 = 1,5 \text{ см}^2$ – площадь штока;

$\mu = 0,65$ – коэффициент расхода;

$f_{\text{в.э}}$ – площадь проходного сечения вихревого элемента;

$\rho = 0,85 \text{ г/см}^3$ – плотность жидкости для масла АМГ-10;

$p_{\text{в.э}}$ – давление в полости вихревого элемента;

$p_{\text{акм}} = 303975 \text{ Па}$ – давление аккумулятора.

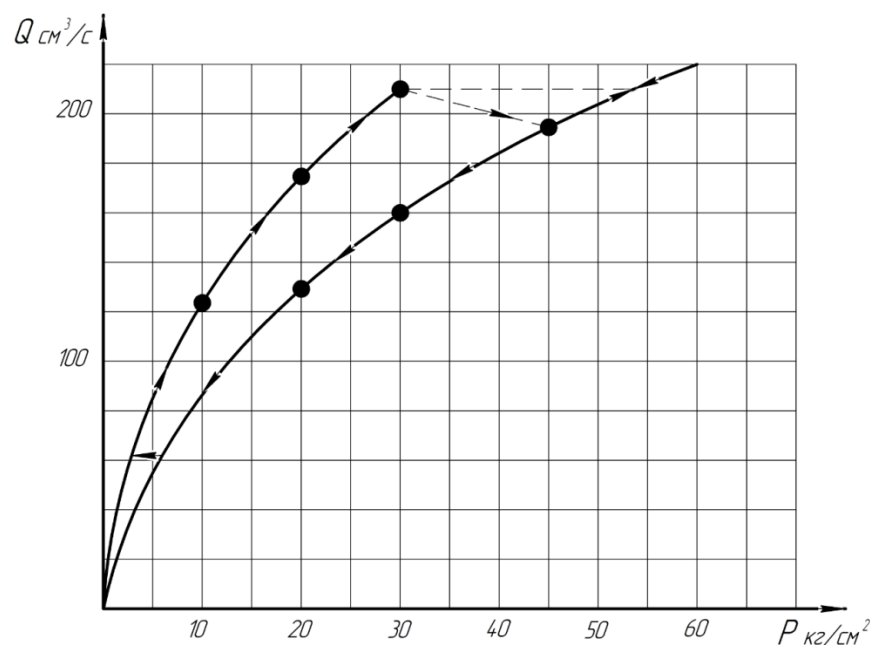


Рисунок 8 – График зависимости расхода от давления

Из формулы расхода жидкости, выразим площадь проходного сечения вихревого элемента:

$$\begin{aligned}
f_{\text{в.э } 1} &= \frac{Q}{\mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_{\text{в.э}} - p_{\text{акм}}}} = \frac{210}{0,65 \cdot \sqrt{\frac{2}{0,85}} \cdot \sqrt{2941995 - 303975}} = \\
&= \frac{210}{0,65 \cdot 1,53 \cdot 1624,2} = 0,13 \text{ см}^2 \\
\alpha_{\text{в.э } 1} &= \left(\frac{S_{\text{к}}}{\mu \cdot f_{\text{в.э}}} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \left(\frac{11,06}{0,65 \cdot 0,13} \right)^2 \cdot \frac{0,85}{2} = 0,71 \text{ МПа} \\
f_{\text{в.э } 2} &= \frac{Q}{\mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_{\text{в.э}} - p_{\text{акм}}}} = \frac{130}{0,65 \cdot \sqrt{\frac{2}{0,85}} \cdot \sqrt{2026500 - 303975}} = \\
&= \frac{130}{0,65 \cdot 1,53 \cdot 1312} = 0,099 \text{ см}^2 \\
\alpha_{\text{в.э } 2} &= \left(\frac{S_{\text{к}}}{\mu \cdot f_{\text{в.э}}} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \left(\frac{11,06}{0,65 \cdot 0,099} \right)^2 \cdot \frac{0,85}{2} = 0,013 \text{ МПа}
\end{aligned}$$

2.3 Составление расчетной схемы

Под воздействием внешней силы $F(t)$, показанной на рисунке 9 масса m начинает двигаться, ей противодействует сила инерции, которая описывается формулой:

$$F_{\text{ин}} = c \cdot x, \quad (2)$$

Под действием массы m в упругом и вязком элементах, возникает сила упругости и сила трения, направленные, в сторону, противоположную движению массы m , которые описываются формулами:

$$F_{\text{упр}} = c \cdot x, \quad (3)$$

$$F_{\text{тр}} = m \cdot a. \quad (4)$$

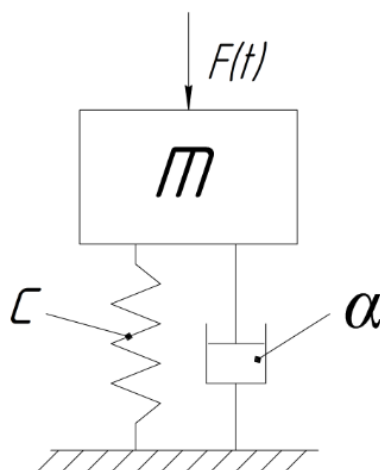


Рисунок 9 – Расчетная схема амортизатора с вихревым стабилизатором скорости возврата

2.4 Составление математической модели

Методы борьбы с вибрацией базируются на исследованиях колебаний реальных механических систем или их физических моделей, а также на анализе уравнений, описывающих колебательный процесс в таких системах. Рассмотрим механическую систему с одной степенью свободы, обладающую жесткостью c и трением α , представленную на рисунке 6. На систему воздействует сила F . Уравнение колебаний в этом случае имеет вид:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + \alpha \cdot \frac{dx}{dt} + c \cdot x = F(t) \quad (5)$$

где m – масса системы, кг;

c – коэффициент жесткости, Н/м;

x – текущее значение вибросмещения, м;

$\frac{dx}{dt}$ – текущее значение виброскорости, м/с;

$\frac{d^2x}{dt^2}$ – текущее значение виброускорения, м/с²;

α – коэффициент сопротивления (трения), Н·с/м;

F – сила, действующая на систему, Н;

Произведя замену $\frac{dx}{dt} = V$, $\frac{d^2x}{dt^2} = a$, получим, уравнение вида:

$$m \cdot a + \alpha \cdot V + c \cdot x = F \quad (6)$$

2.5 Исследование математической модели

После создания математической модели, исследуем её в программном продукте PascalABCNET. Построим графики перемещения, скорости и ускорения. На рисунке 10 представлен график изменения перемещения, скорости и ускорения, когда вихревой усилитель потока отсутствует. Из данного графика видно, что скорость движения штока гидроцилиндра постоянна, а значит и расход жидкости постоянен. Время восстановления системы составляет $t=0,625$ с.

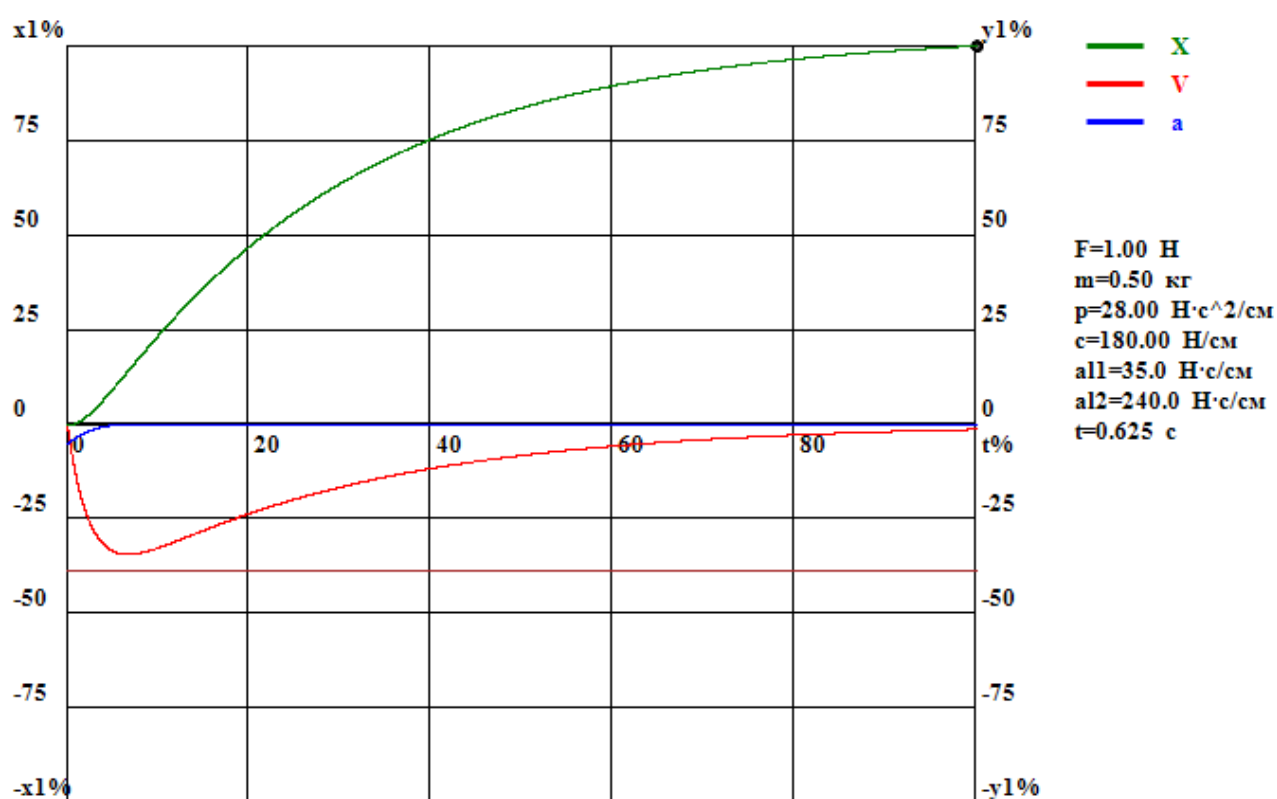


Рисунок 10 – График перемещения, скорости и ускорения при отсутствии вихревого усилителя потока

На рисунке 11 представлен график изменения перемещения, скорости и ускорения, когда в системе присутствует вихревой усилитель потока. Из данного графика видно, что скорость изменяется с определенной амплитудой и частотой при достижении определенного значения. С началом движения скорость возрастает, при резком увеличении скорости происходит переключение, то есть резко увеличивается сопротивление до $\alpha_2 =$

240 Н·с/см. После чего скорость начинает падать, при достижении определенного значения сопротивление уменьшается до $\alpha_1 = 10$ Н·с/см и процесс повторяется. Параметры сопротивления настраиваются дросселем, то есть расход изменяется по петле гистерезиса показанной на рисунке 5. Время восстановления системы составляет $t=0,225$ с.

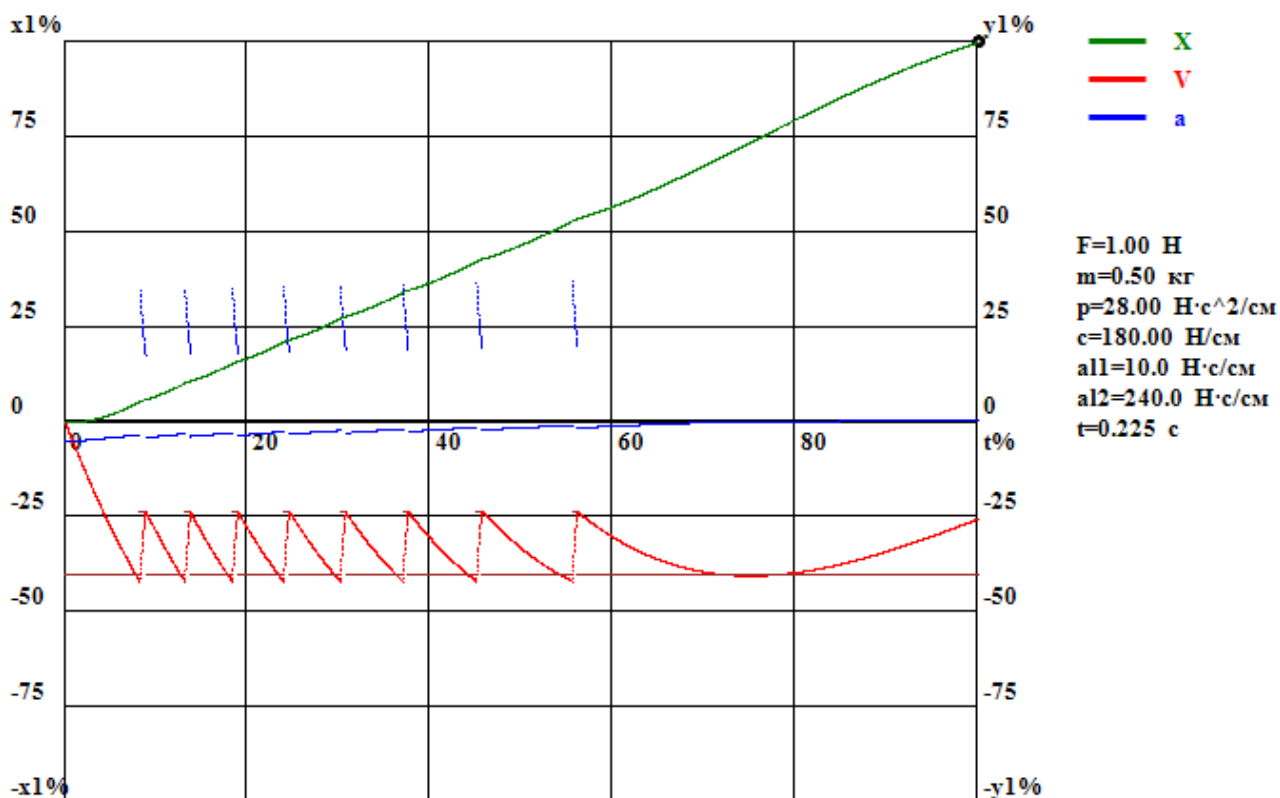


Рисунок 11 – График перемещения, скорости и ускорения при включенном в систему вихревым усилителем потока

Анализируя полученные результаты, представленные на рисунках 10, 11 можно констатировать то, что благодаря вихревому усилителю потока, время восстановления системы сократилось с 0,625 до 0,225, что соответствует цели данного исследования.

2.6 Подбор параметров вязкого трения

При заданных параметрах системы: $m = 0,5$ кг, $p = 28$ Н·с²/см, $F = 1$ Н, $c = 180$ Н/см, методом подбора найдем такие значений параметров

α_1 и α_2 , настраиваемых дросселем, при которых амплитуда, частота колебаний и время затухания системы будут оптимальны.

Параметры вязкого трения занесем в таблицу 1.

Таблица 2 – Параметры вязкого трения

$\alpha_1, \text{Н} \cdot \text{с/см}$	$\alpha_2, \text{Н} \cdot \text{с/см}$	$t_{\text{восст. системы}}, \text{сек.}$
5	240	0,237
10	240	0,237
15	240	0,262
20	240	0,293
25	240	0,400
5	250	0,237
10	250	0,218
15	250	0,262
20	250	0,325
25	250	0,431

Из данной таблице видно, что наиболее оптимальны значения параметров для $\alpha_1 = 10 \text{ Н} \cdot \text{с/см}$, для $\alpha_2 = 250 \text{ Н} \cdot \text{с/см}$, при которых время восстановления системы достигает 0,218 секунды.

2.7 Исследование реальной модели

Эксперимент проводился на примере пульсатора показанного на рисунках 12, 13, где в качестве возбудителя колебаний выступает рукав высокого давления, куда предварительно насосом закачивается масло под давлением. Амплитуда и частота колебаний регулируются дросселем.

Для снятия данных эксперимента использовался переносной измерительный комплекс К-5101, данные заносились в ноутбук. Датчики располагались следующим образом: 1 – на колеблющейся массе, 2 – на промежуточном теле, 3 – на основании, как показано на рисунке 14.

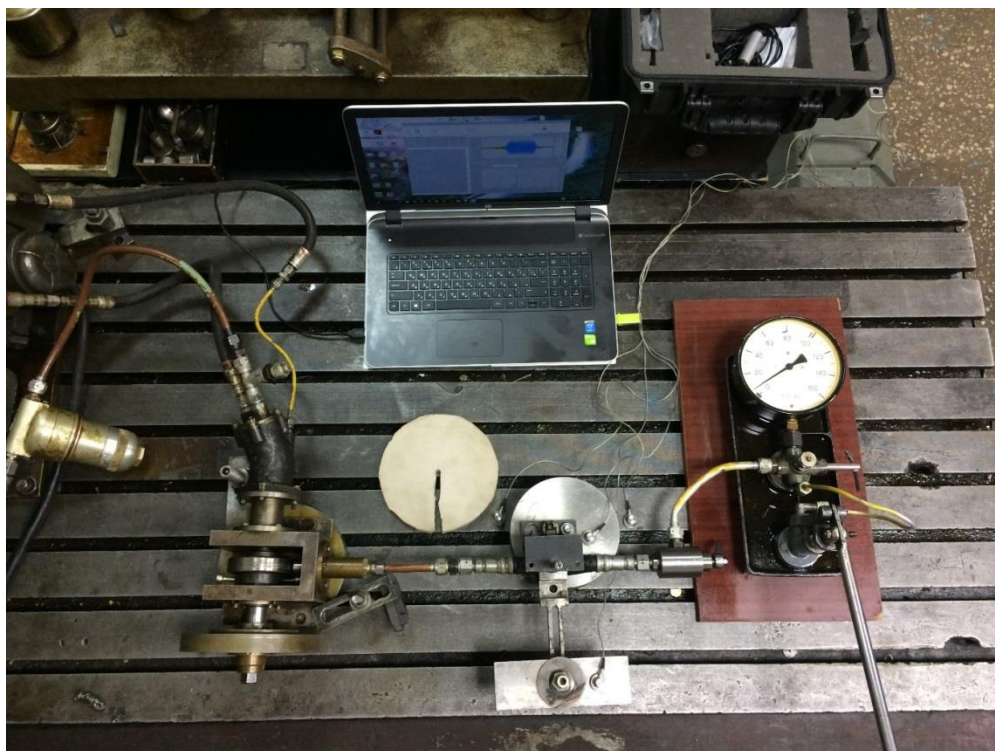


Рисунок 12 – Общий вид экспериментальной установки



Рисунок 13 – Общий вид экспериментальной установки

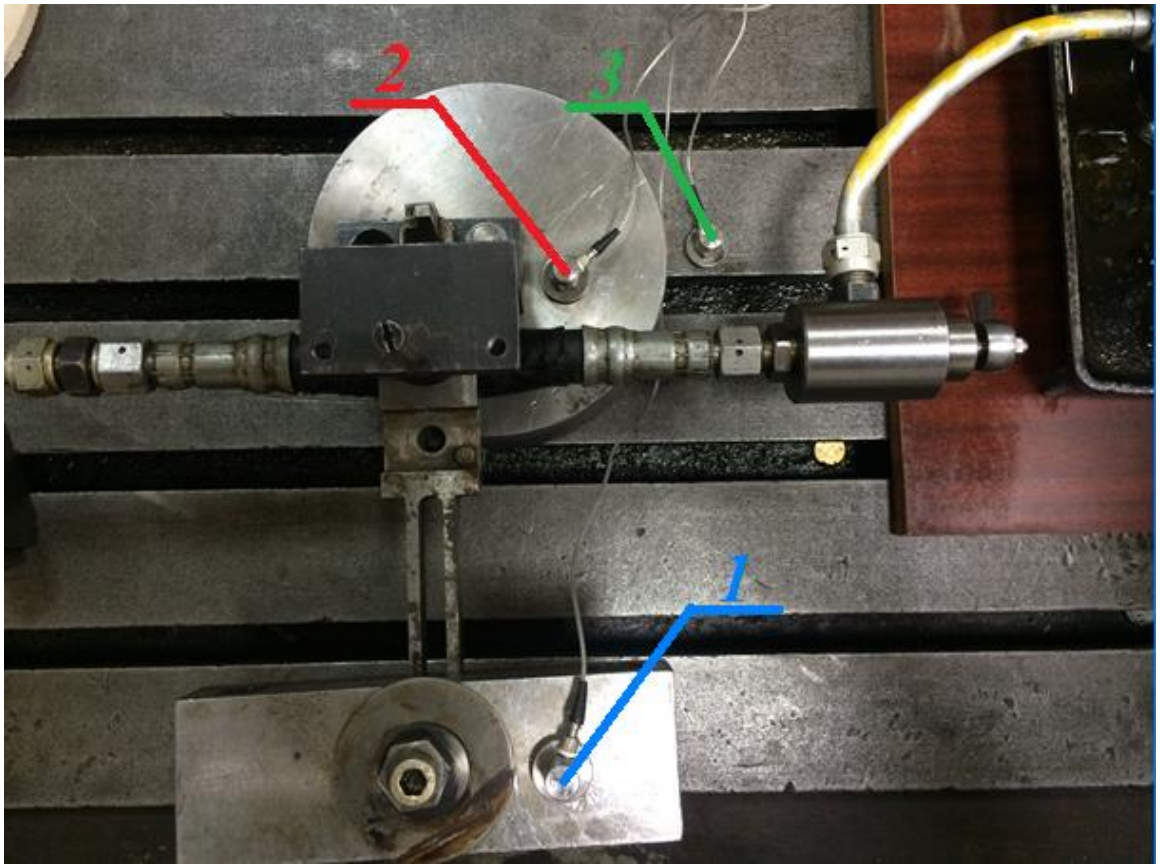


Рисунок 14 – Вид расположения датчиков

Эксперимент проводился при разных давлениях и с использованием резиновой прокладки толщиной 5 мм, подкладываемой между основанием и промежуточным телом. Полученные графики зависимостей перемещения и скорости от частоты, полученные с трех датчиков, представлены на рисунках ниже.

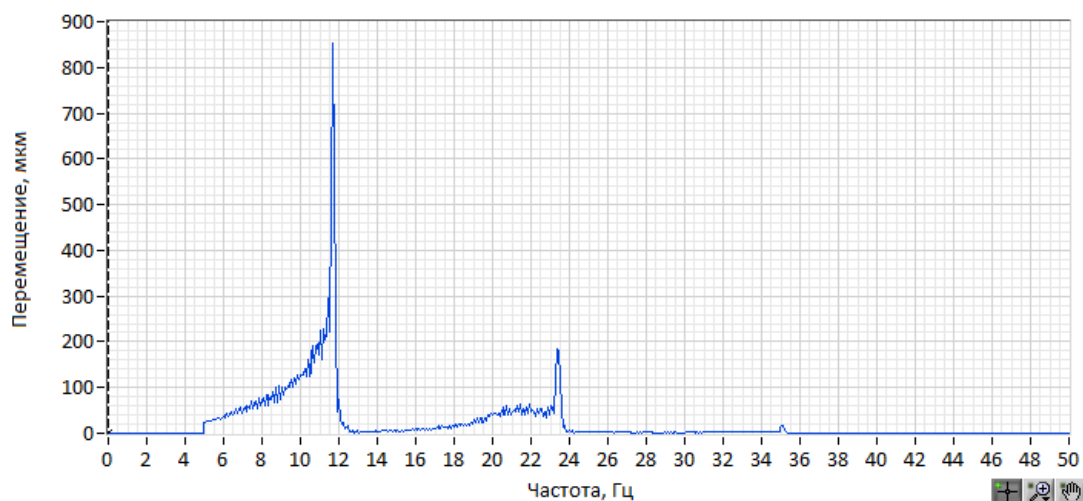


Рисунок 15 – График зависимости перемещения от частоты с 1 датчика при давлении 30 МПа, без прокладки

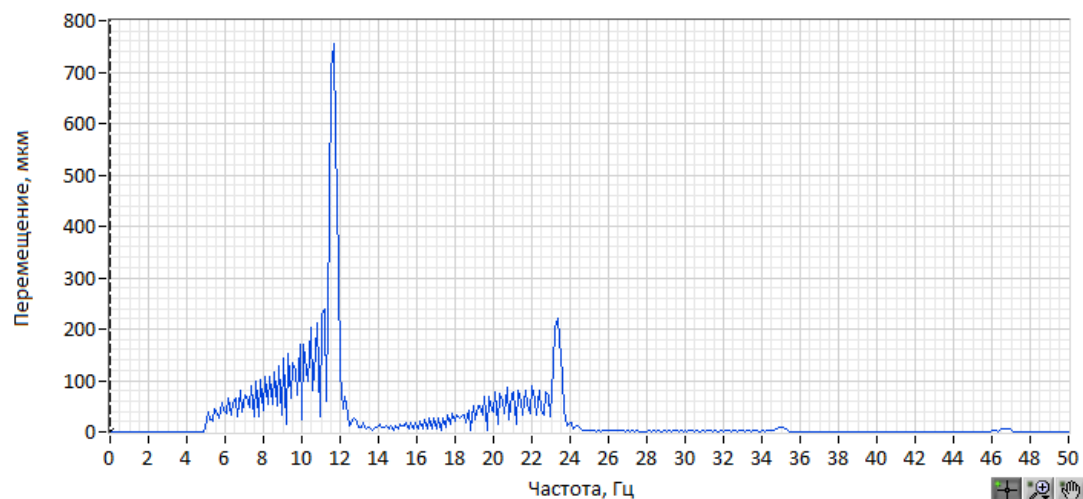


Рисунок 16 – График зависимости перемещения от частоты с 1 датчика при давлении 40 МПа, без прокладки

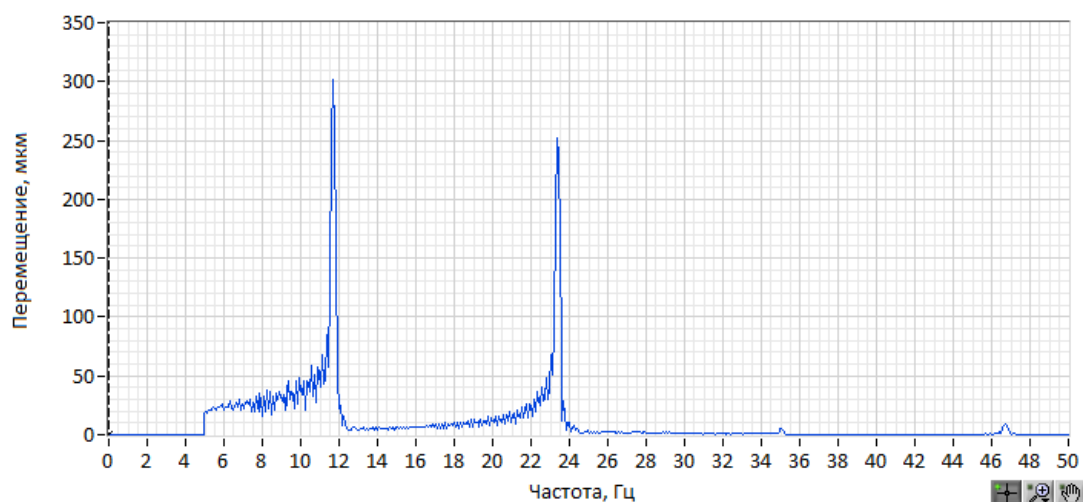


Рисунок 17 – График зависимости перемещения от частоты с 1 датчика при давлении 30 МПа, с прокладкой 5 мм

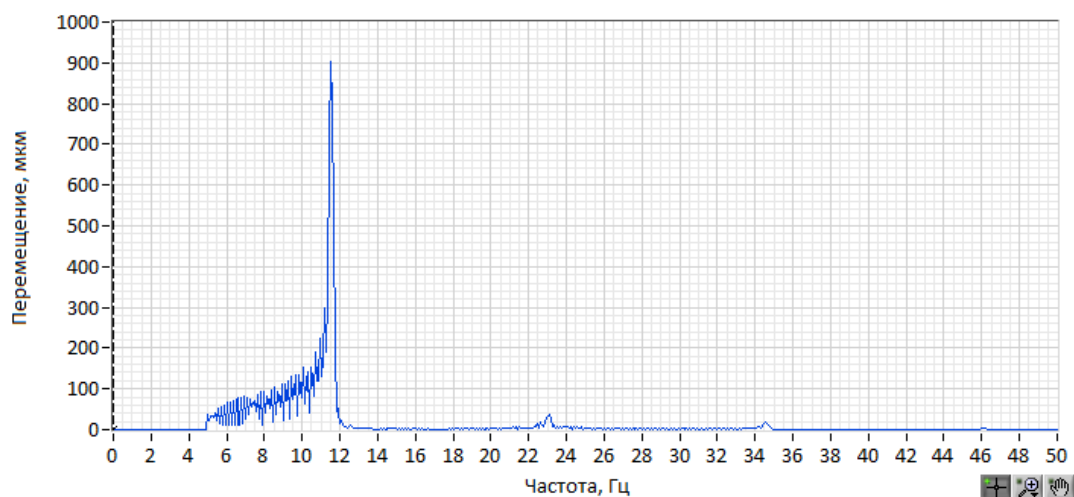


Рисунок 18 – График зависимости перемещения от частоты с 1 датчика при давлении 40 МПа, с прокладкой 5 мм

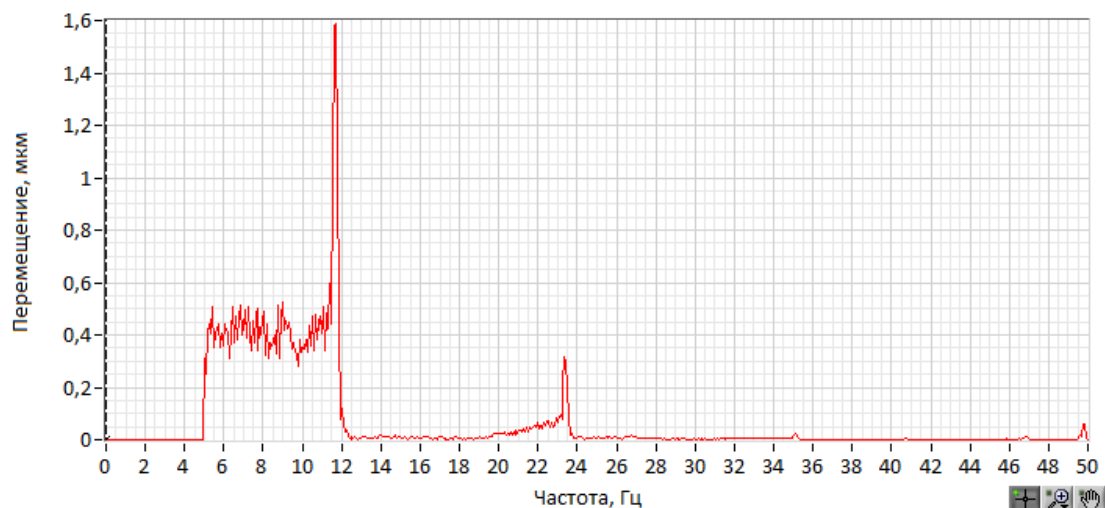


Рисунок 19 – График зависимости перемещения от частоты со 2 датчика при давлении 30 МПа, без прокладки

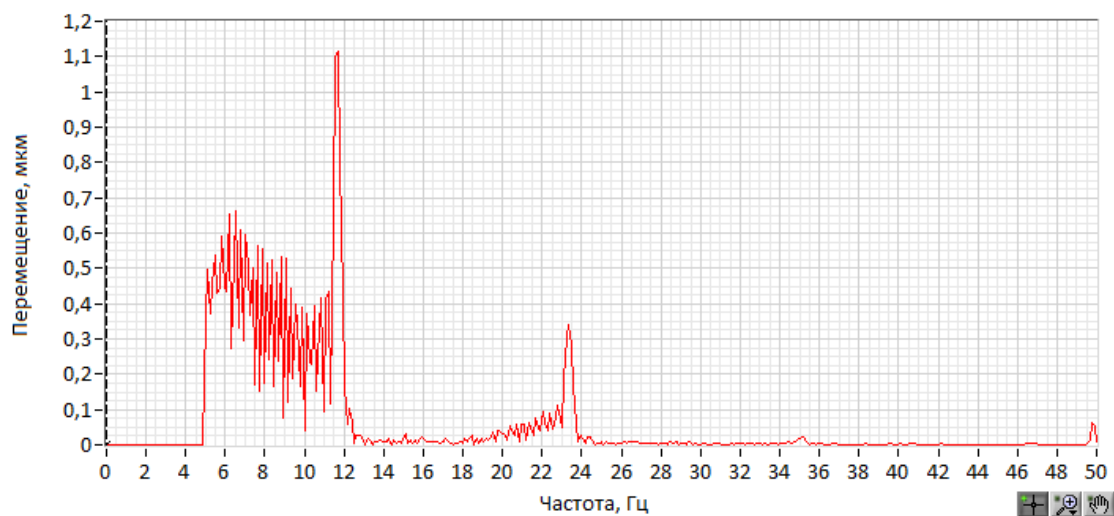


Рисунок 20 – График зависимости перемещения от частоты со 2 датчика при давлении 40 МПа, без прокладки

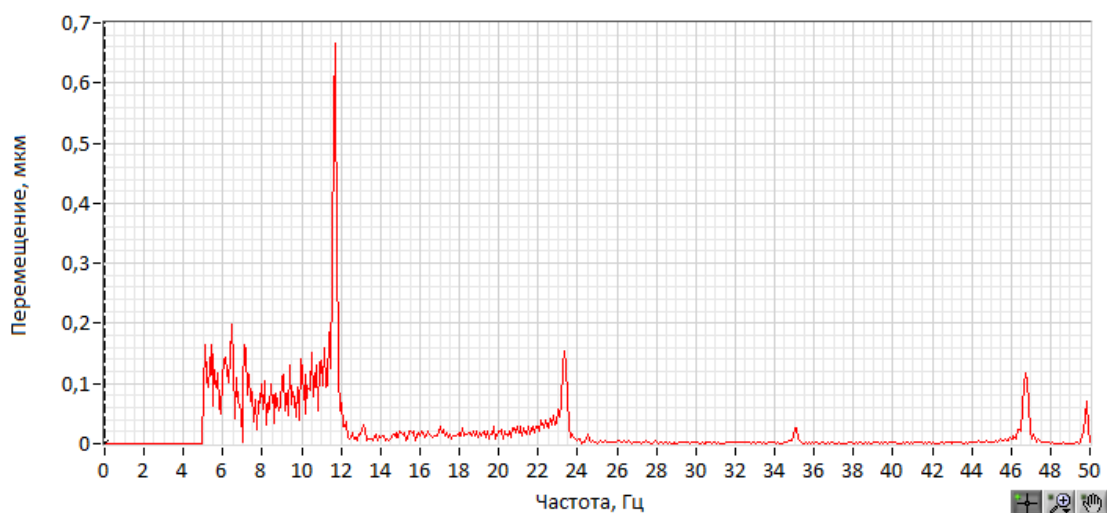


Рисунок 21 – График зависимости перемещения от частоты со 2 датчика при давлении 30 МПа, с прокладкой 5 мм

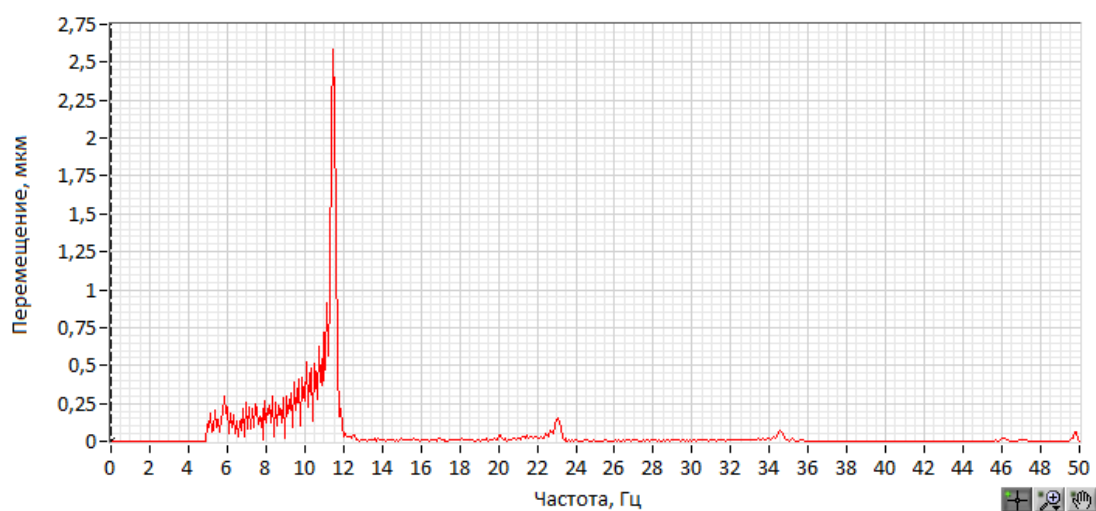


Рисунок 22 – График зависимости перемещения от частоты со 2 датчика при давлении 40 МПа, с прокладкой 5 мм

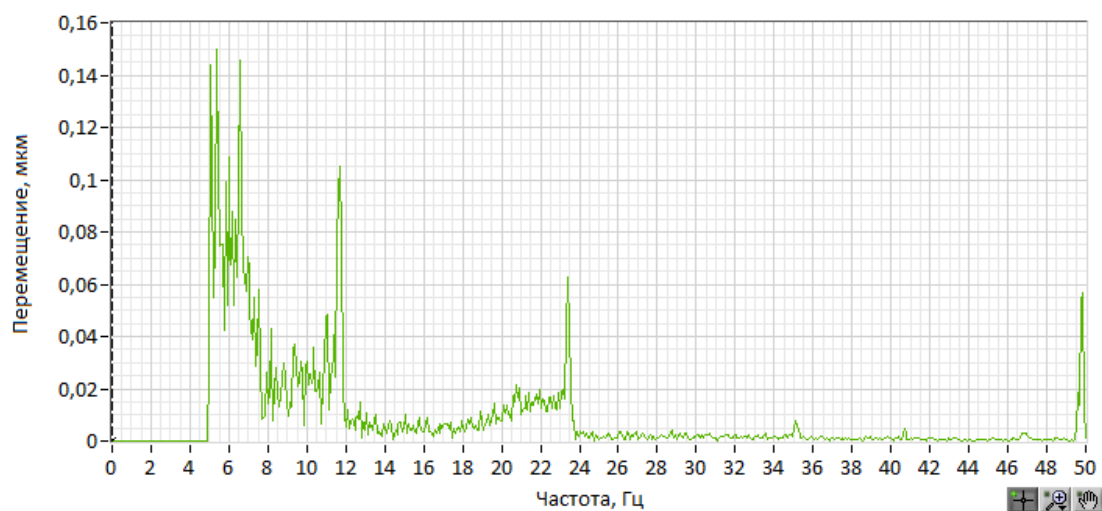


Рисунок 23 – График зависимости перемещения от частоты с 3 датчика при давлении 30 МПа, без прокладки

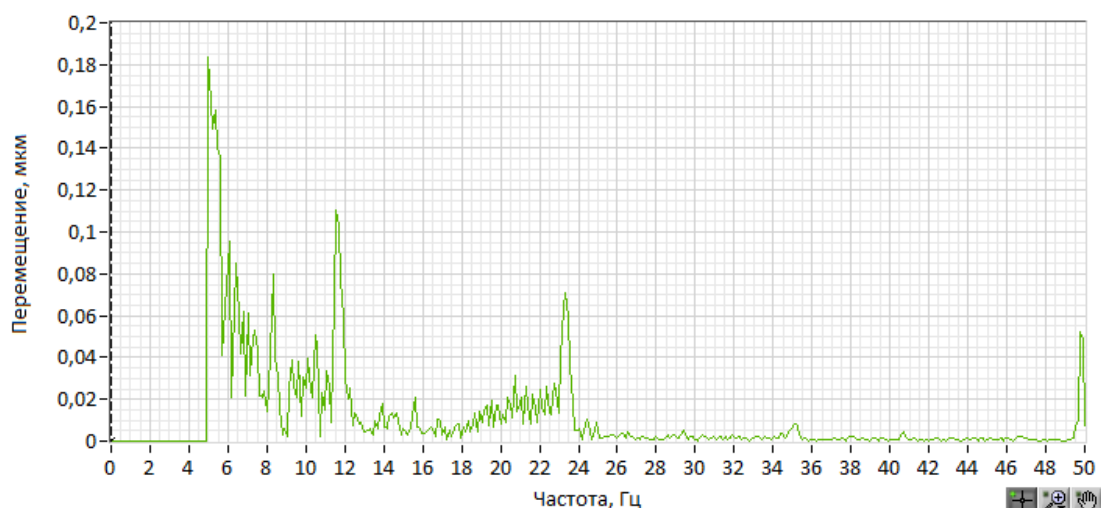


Рисунок 24 – График зависимости перемещения от частоты с 3 датчика при давлении 40 МПа, без прокладки

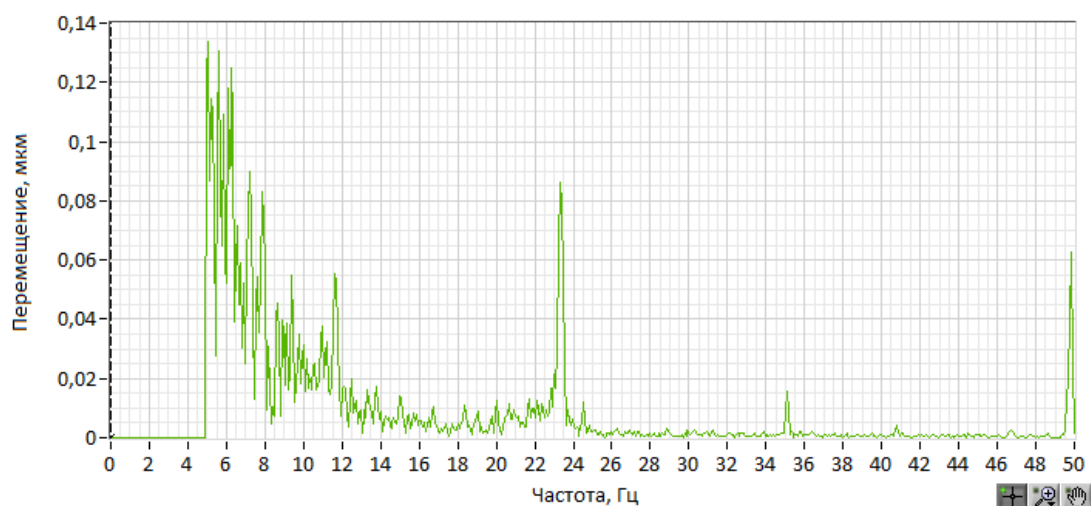


Рисунок 25 – График зависимости перемещения от частоты с 3 датчика при давлении 30 МПа, с прокладкой 5 мм

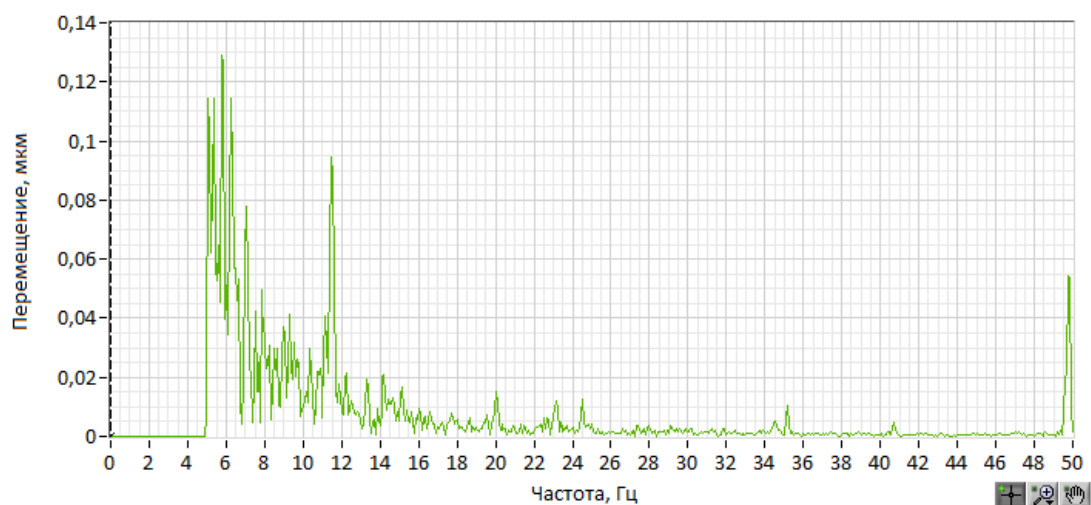


Рисунок 26 – График зависимости перемещения от частоты с 3 датчика при давлении 40 МПа, с прокладкой 5 мм

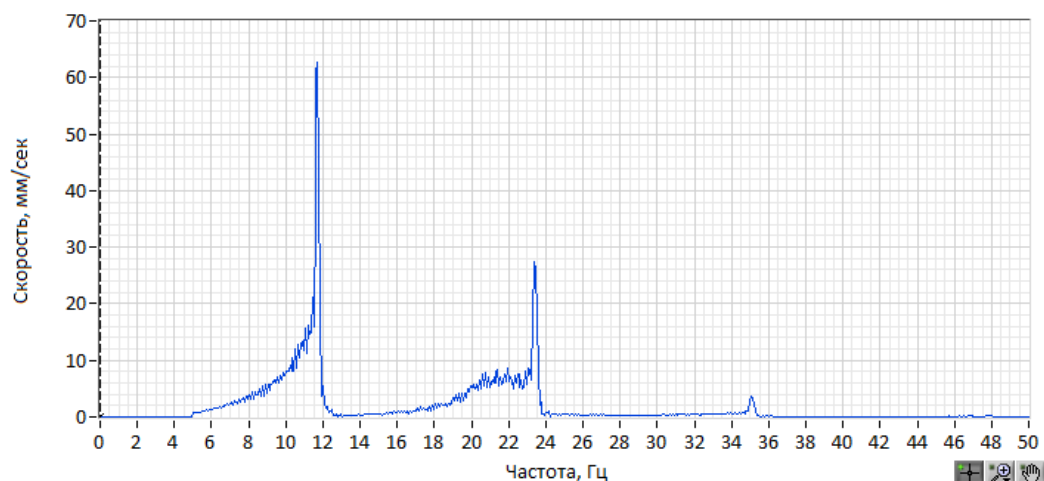


Рисунок 27 – График зависимости скорости от частоты с 1 датчика при давлении 30 МПа, без прокладки

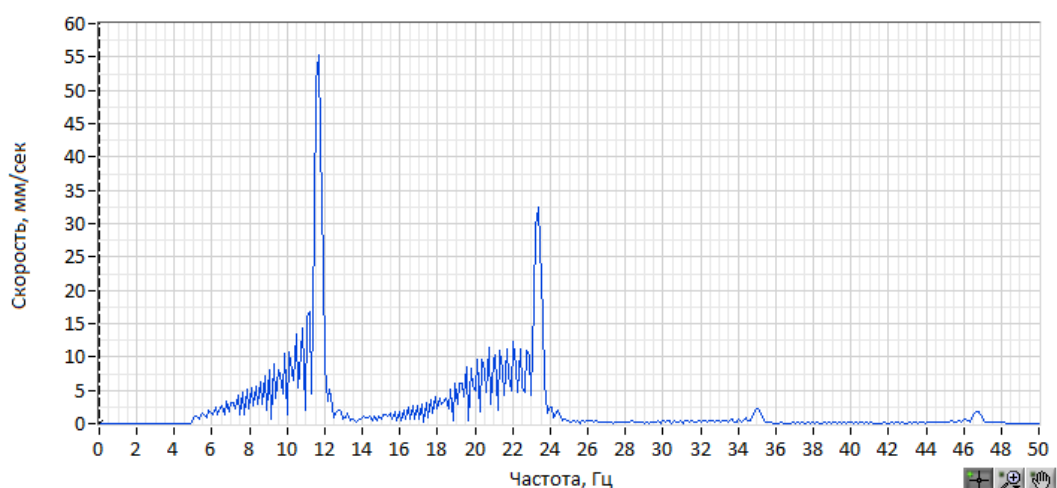


Рисунок 28 – График зависимости скорости от частоты с 1 датчика при давлении 40 МПа, без прокладки

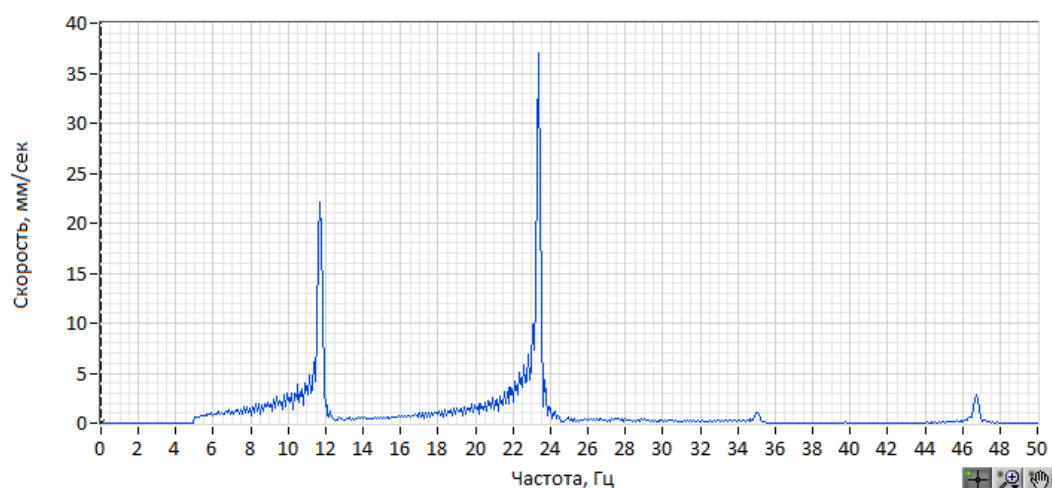


Рисунок 29 – График зависимости скорости от частоты с 1 датчика при давлении 30 МПа, с прокладкой 5 мм

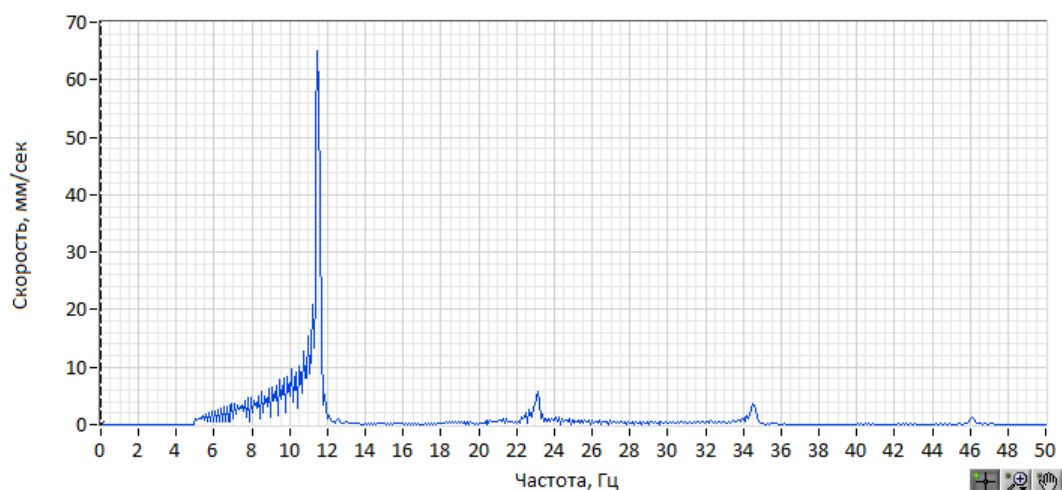


Рисунок 30 – График зависимости скорости от частоты с 1 датчика при давлении 40 МПа, с прокладкой 5 мм

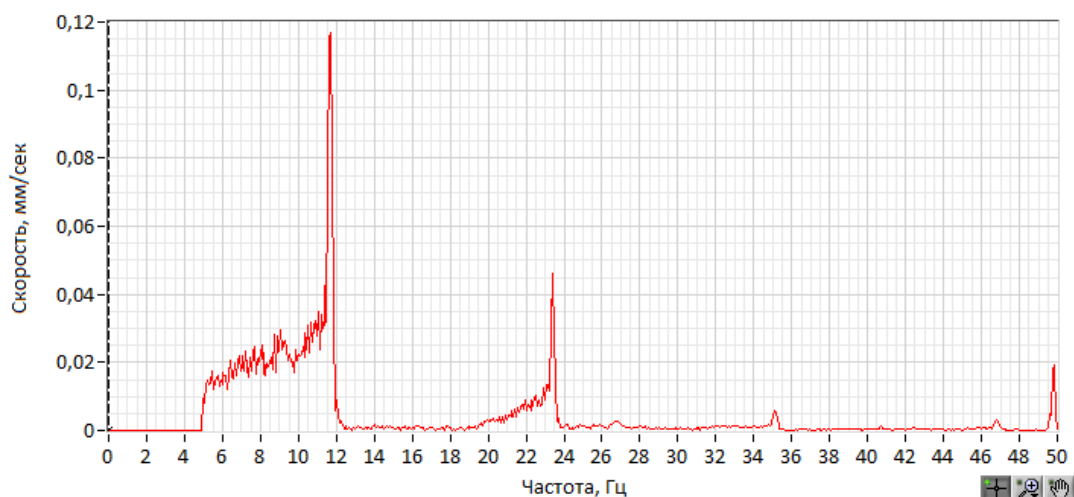


Рисунок 31 – График зависимости скорости от частоты со 2 датчика при давлении 30 МПа, без прокладки

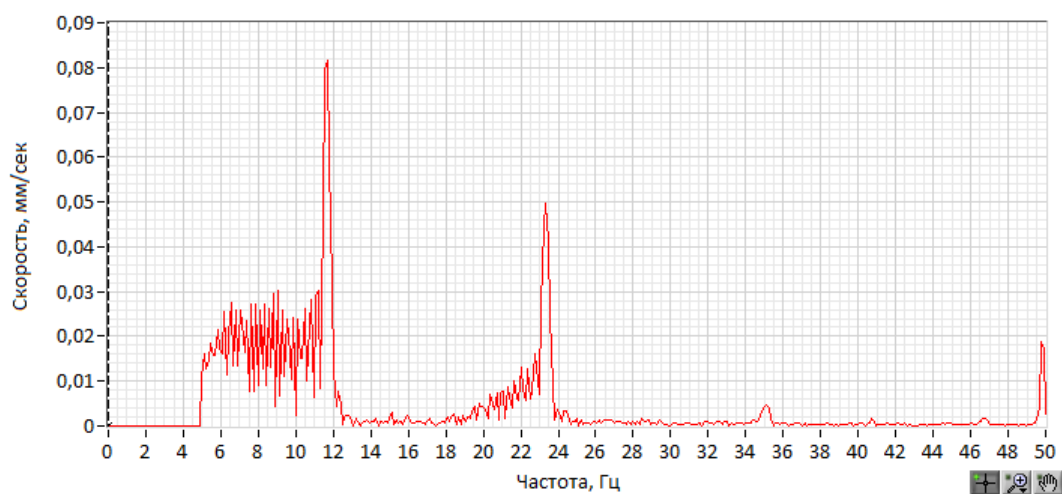


Рисунок 32 – График зависимости скорости от частоты со 2 датчика при давлении 40 МПа, без прокладки

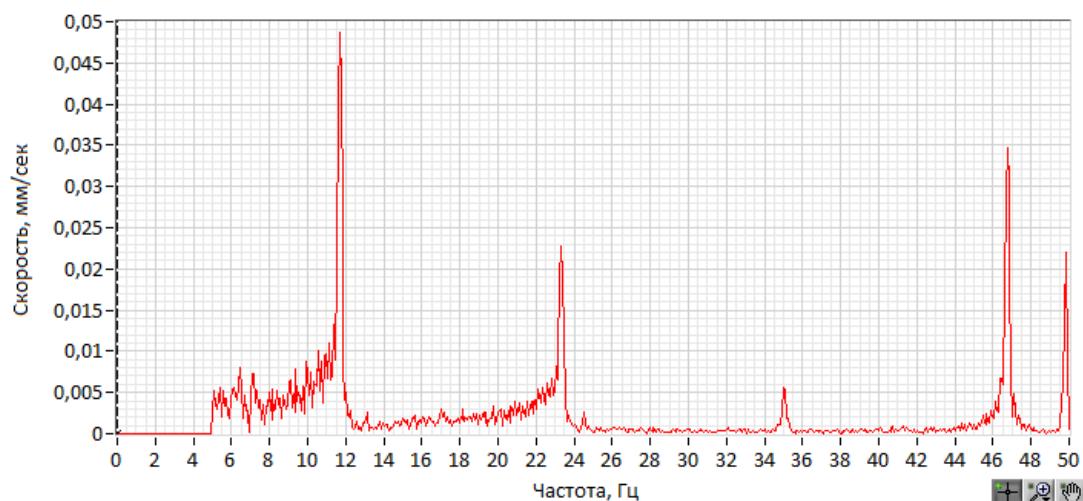


Рисунок 33 – График зависимости скорости от частоты со 2 датчика при давлении 30 МПа, с прокладкой 5 мм

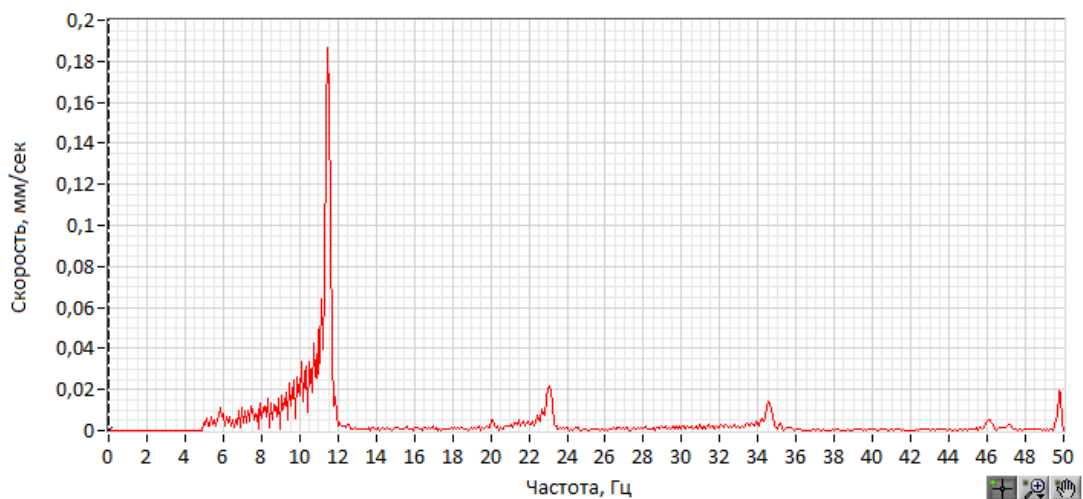


Рисунок 34 – График зависимости скорости от частоты со 2 датчика при давлении 40 МПа, с прокладкой 5 мм

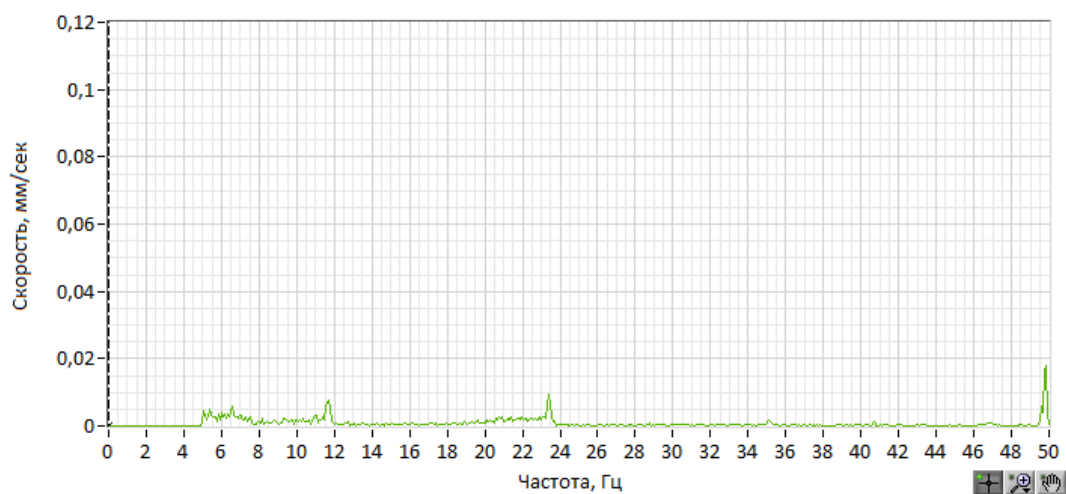


Рисунок 35 – График зависимости скорости от частоты с 3 датчика при давлении 30 МПа, без прокладки

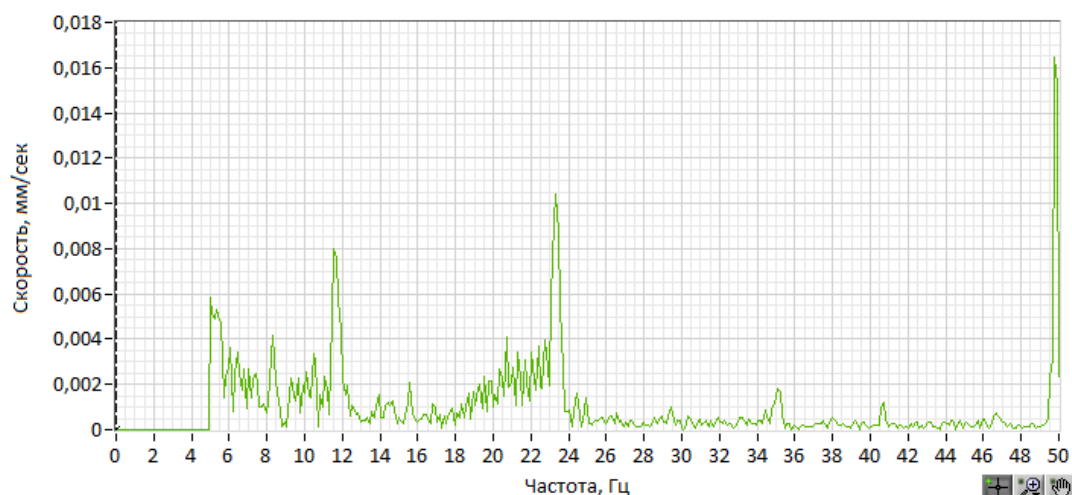


Рисунок 36 – График зависимости скорости от частоты с 3 датчика при давлении 40 МПа, без прокладки

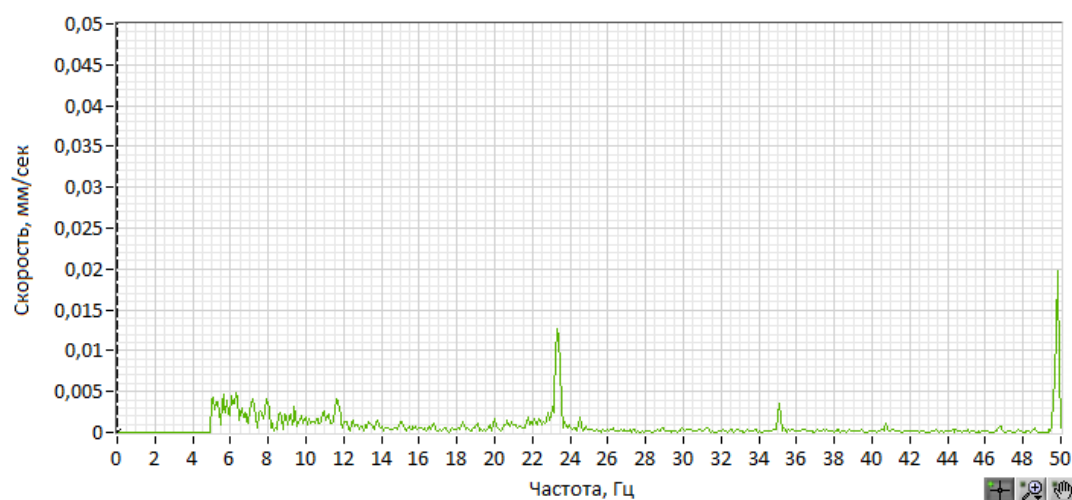


Рисунок 37 – График зависимости скорости от частоты с 3 датчика при давлении 30 МПа, с прокладкой 5 мм

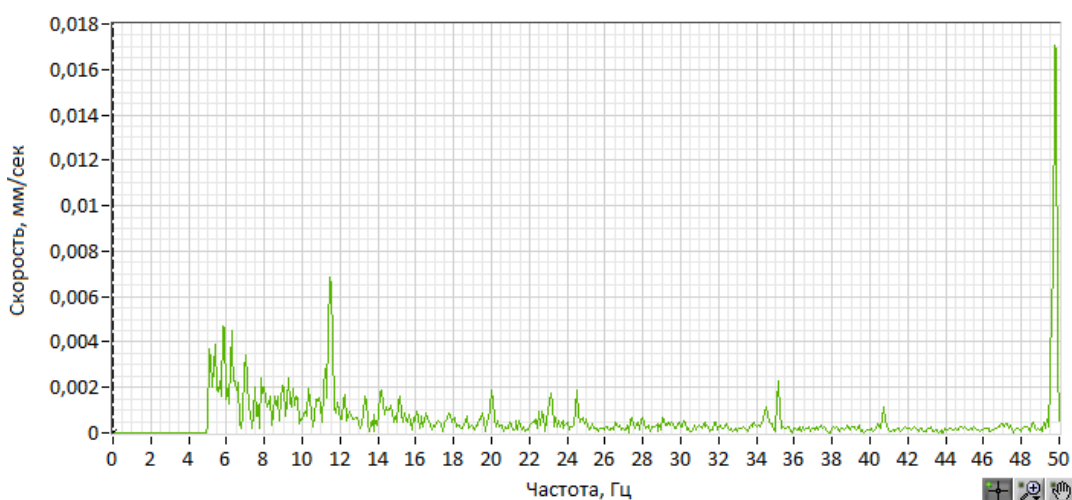


Рисунок 38 – График зависимости скорости от частоты с 3 датчика при давлении 40 МПа, с прокладкой 5 мм

Анализируя полученные графики можно сказать, что прослеживается четная гармоника с шагом 12 Гц. Значения перемещения и скорости с трех датчиков с изменением давления без прокладки и с прокладкой изменяются по зависимости, показанной на рисунках ниже.

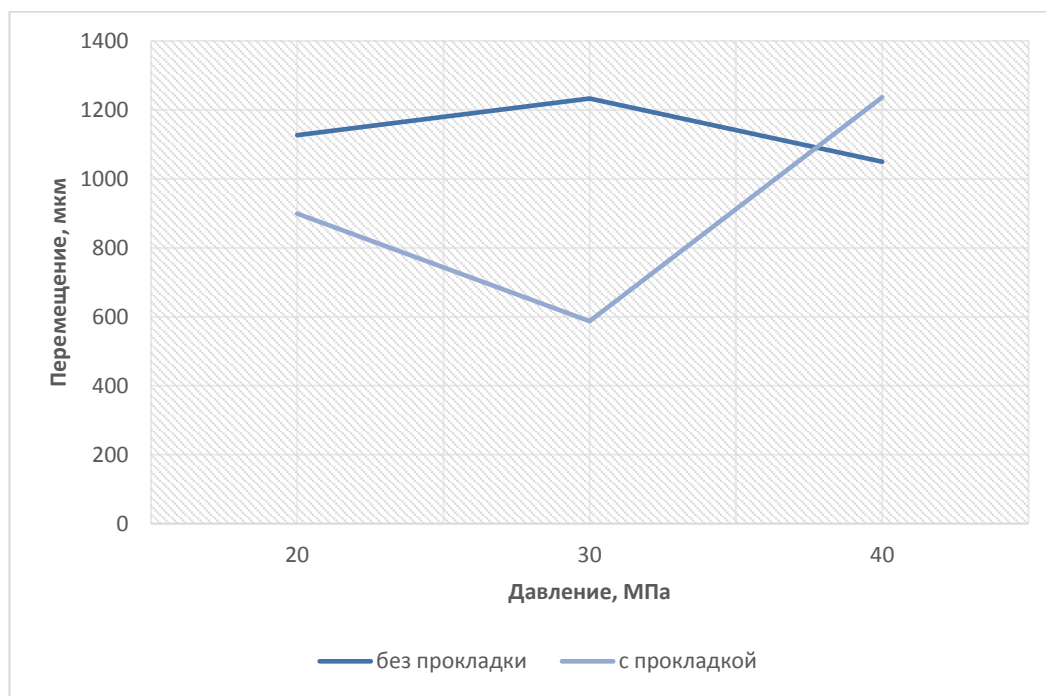


Рисунок 39 – График зависимости перемещения от давления с 1-го датчика

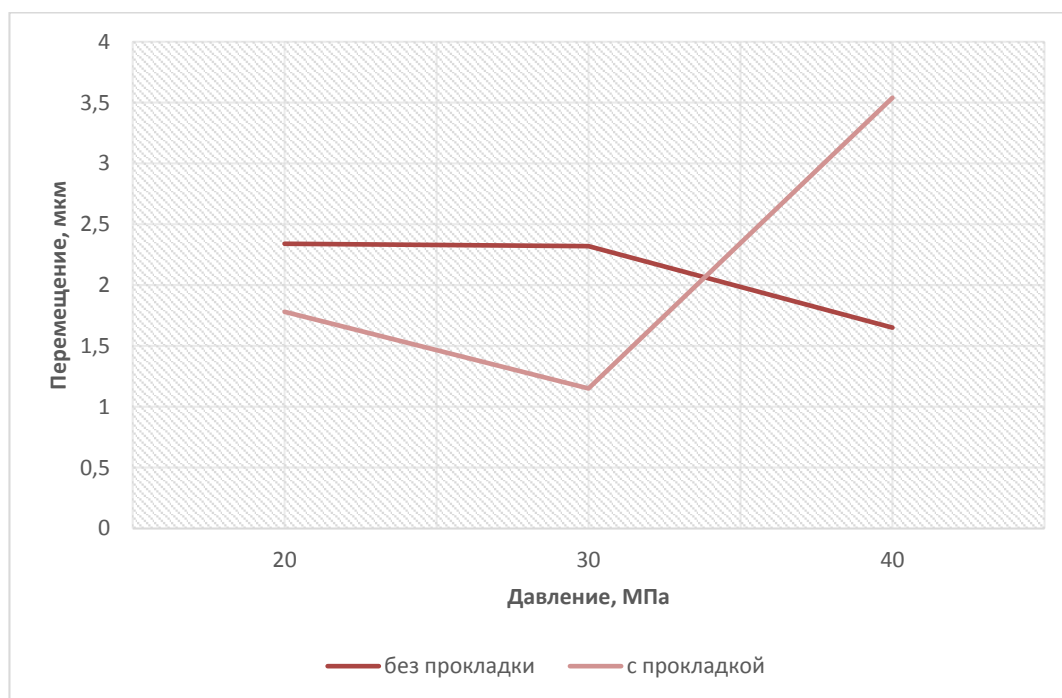


Рисунок 40 – График зависимости перемещения от давления со 2-го датчика

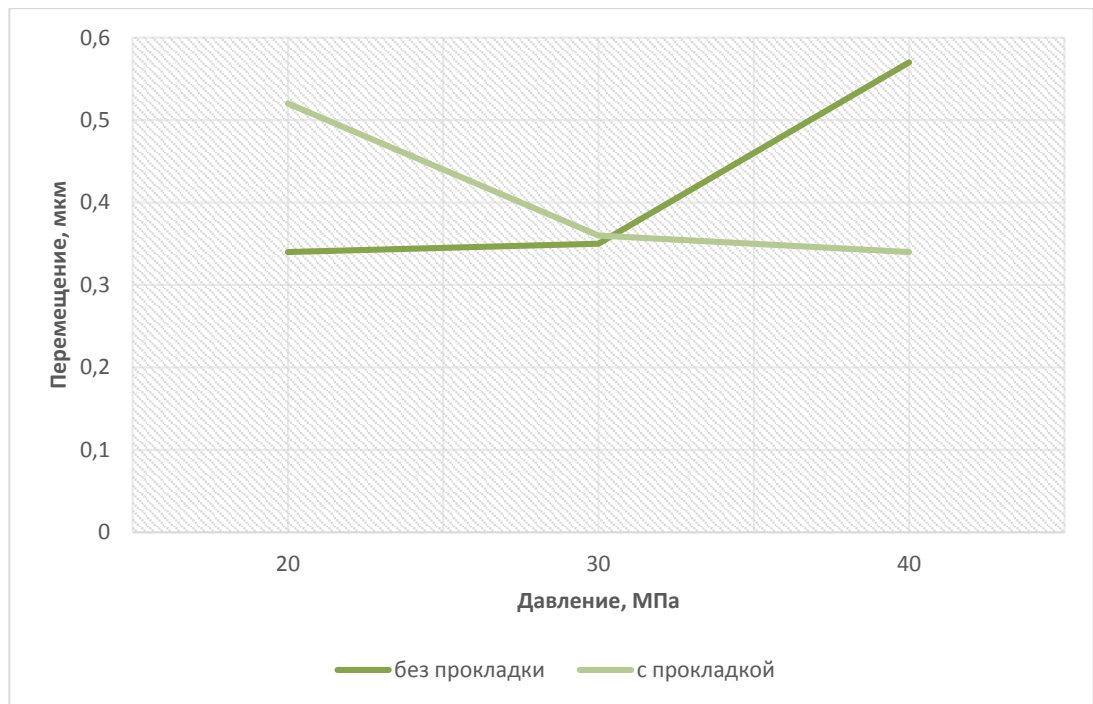


Рисунок 41 – График зависимости перемещения от давления с 3-го датчика

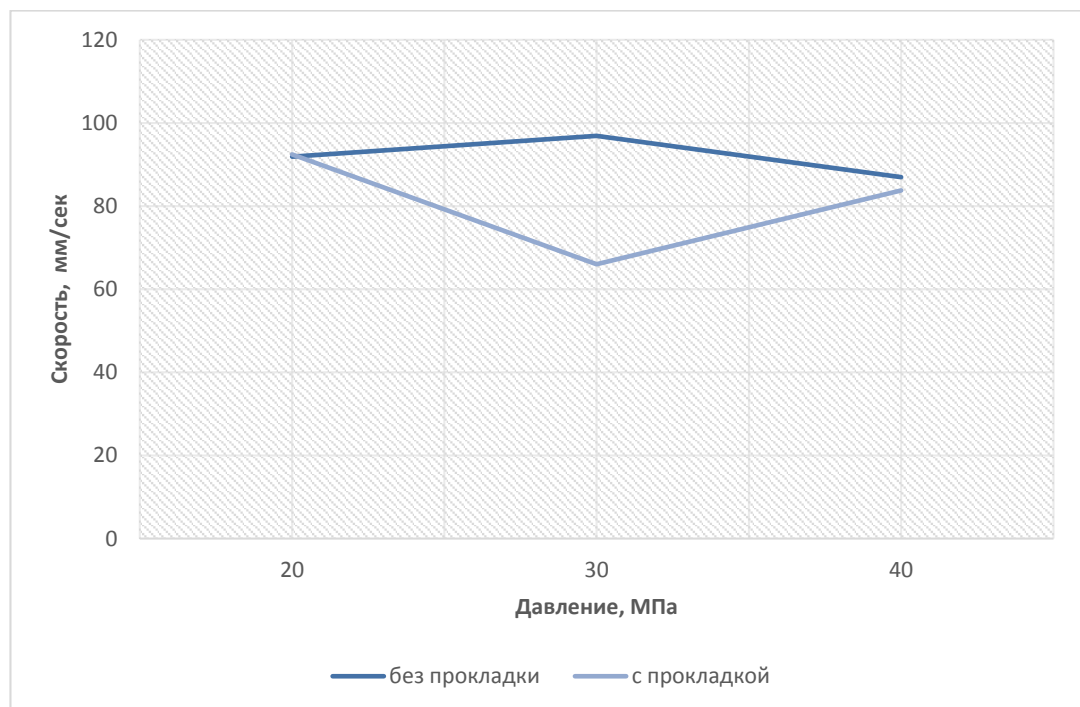


Рисунок 42 – График зависимости скорости от давления с 1-го датчика

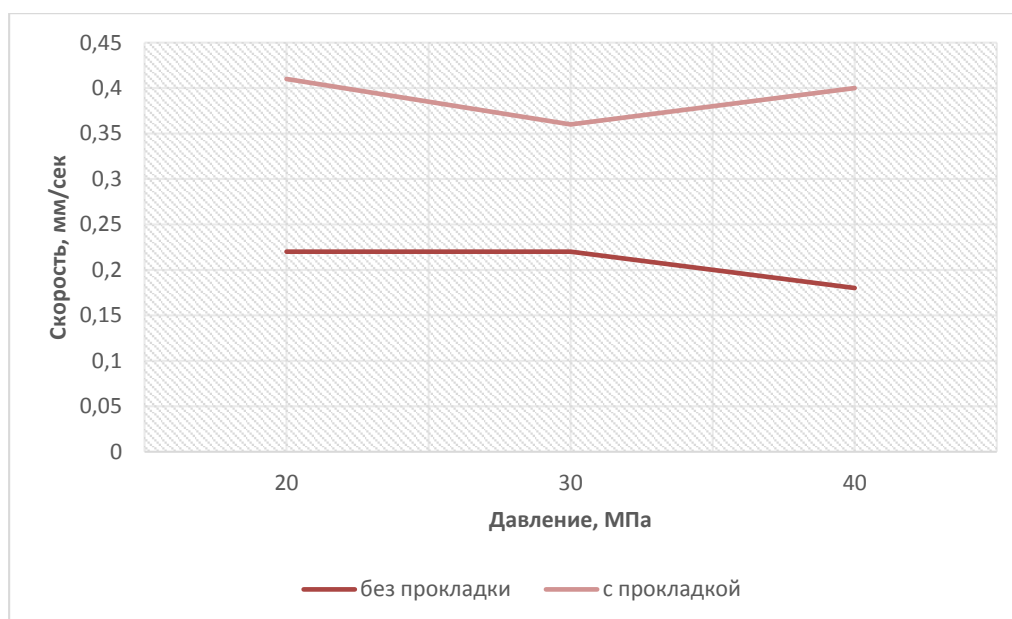


Рисунок 43 – График зависимости скорости от давления со 2-го датчика

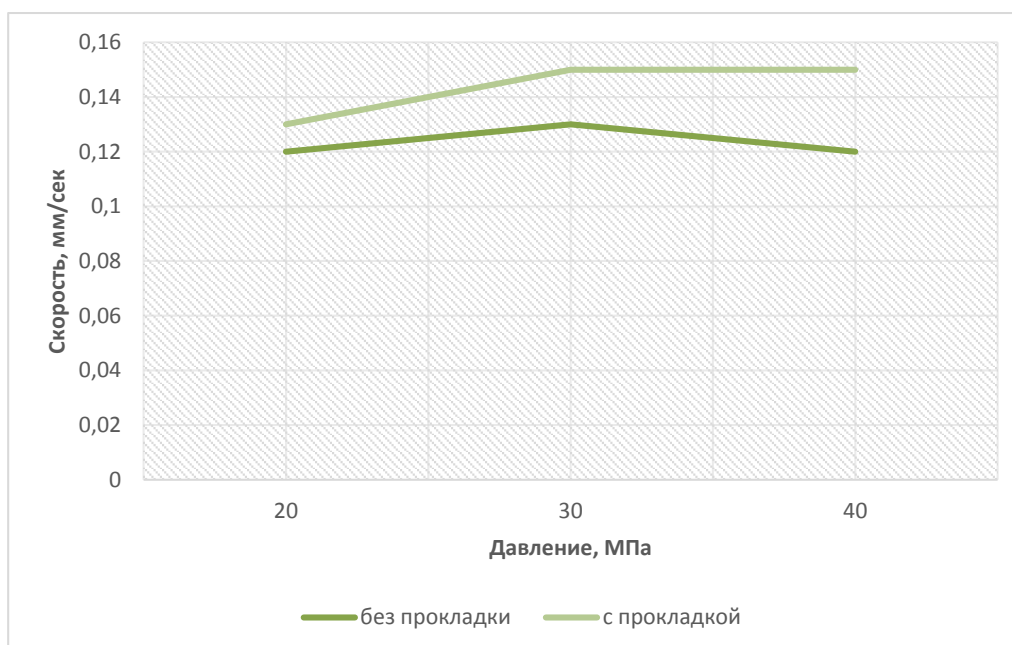


Рисунок 44 – График зависимости скорости от давления с 3-го датчика

По полученным графикам прослеживается уменьшение перемещения и скорости по двум датчикам, установленным на промежуточном теле и на основании с применением резиновой прокладки, выступающей в роле амортизатора. В данном случае производилась защита основания от воздействия вибрации. Соответственно и при обратной задаче, когда необходимо защитить технологическое оборудование от воздействия на него вибрации поступающей от фундамента, эффект будет положительным.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;

- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

Целевой рынок: машиностроительные производства.

		Отрасли машиностроения			
		Тяжелое машиностроение	Среднее машиностроение	Общее машиностроение	Отрасли по производству точных машин, механизмов приборов и инструментов
Устройства защиты	Виброопоры, виброизоляторы				
	Гидравлические системы защиты от вибрации				

Рисунок 45 – Карта сегментирования рынка по использованию средств защиты от вибрации

По данной карте сегментирования видно, что амортизатор с вихревым стабилизатором скорости возврата, относящийся к гидравлическим системам защиты от вибрации, будет продаваться в отрасли среднего машиностроения, а

также в отрасли по производству точных машин, механизмов приборов и инструментов.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На рынке аналогом амортизатора с вихревым стабилизатором скорости возврата является устройство данного типа с применением обратного клапана вместо вихревого элемента. Поэтому анализ конкурентов будем проводить с амортизатором с применением обратного клапана.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{кл}	К _ф	К _{кл}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Регулирование диапазона гашения	10	10	3	100	30
2. Быстродействие	10	10	5	100	50
3. Удобство в эксплуатации	5	3	3	15	15
4. Надежность	10	9	5	90	50
5. Безопасность	8	7	7	56	56
6. Переналадка	10	8	4	80	40
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	10	8	7	80	70
2. Уровень проникновения на рынок	5	2	4	10	20
3. Цена	8	5	7	40	56
4. Предполагаемый срок эксплуатации	10	9	5	90	50
5. Послепродажное обслуживание	9	8	3	72	27
6. Срок выхода на рынок	5	2	3	10	15
Итого	100	81	56	743	479

По оценочной карте видно, что амортизатор с вихревым стабилизатором скорости возврата по многим показателем превосходит своего аналога. Главным достоинством данного устройства является его надежность, переналадка, быстродействие и возможность регулирования диапазона гашения.

3.1.3 SWOT-анализ

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

Таблица 4 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Регулировка диапазона гашения, возможность настройки устройства на различные частоты вибрации. С2. Переналадка, возможность адаптации к различным станкам. С3. Быстродействие, уменьшение времени восстановления системы. С4. Простота эксплуатации. С5. Надежность, способность долгое время обходиться без ремонта, в связи с отсутствием подвижных элементов.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Более высокая себестоимость. Сл2. Продукт не продавался.
Возможности: В1. Быстрое продвижение на рынок.	В1С1С2С3С5 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами данного устройства.	В1Сл2 – может не быть быстрого продвижения на рынок так как ранее продукт не продавался, и потребители не знают о нем.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Кризис		У2Сл1 – из-за более высокой себестоимости могут возникнуть проблемы с продажей данного устройства.

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	-	+

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	В1	-	-

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	0	-

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1	Сл2
	У1	0	+
	У2	+	0

3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования.

Таблица 9 – Морфологическая матрица для амортизатора с вихревым стабилизатором скорости возврата

	1	2
А. Исполнительный элемент	Вихревой элемент	Обратный клапан
Б. Регулирующий элемент	Дроссель	Дроссель

Варианты решения задачи:

А1Б1 – исполнение 1.

А2Б2 – исполнение 2.

а. Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб		Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение литературно-патентного обзора	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Составление принципиальной схемы устройства	Студент
	5	Составление принципиальной схемы потерь	Студент
	6	Расчет потерь	Студент
	7	Составление расчетной схемы	Студент
	8	Составление математической модели	Студент
	9	Исследование математической модели	Студент
	10	Написание статьи	Студент
Проведение ОКР			
Оформление отчета	11	Заполнение пояснительной записки	Студент

3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (7)$$

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

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

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (8)$$

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

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

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

Таблица 11 – Ожидаемое время выполнения работы

Основные этапы	№ раб		$t_{ож}$, чел.-дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	1,4
Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	3,4
	3	Проведение литературно-патентного обзора	3,8
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Составление принципиальной схемы устройства	3,8
	5	Составление принципиальной схемы потерь	2,4
	6	Расчет потерь	2,8
	7	Составление расчетной схемы	1,8
	8	Составление математической модели	2,8
	9	Исследование математической модели	18,8
	10	Написание статьи	18,8
Проведение ОКР			
Оформление отчета	11	Заполнение пояснительной записки	4,8
Итого:			63,2

Расчет продолжительности одной работы не является необходимым, т.к. на каждой работе задействован один исполнитель, то есть $T_p = t_{ож}$.

3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (9)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (10)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;
 $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;
 $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 12).

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_p		Длительность работ в календарных днях T_k		
	t_{min}		t_{max}		$t_{ож}$							
	Исп. 1	Исп. 1	Исп. 1	Исп. 1	Исп. 1	Исп. 1						
Составление и утверждение ТЗ	1		2		1,4		Руковод.		1,4		2	

Изучение материала по теме	3	4	3,4	Студент	3,4	5
Проведение литературно-патентного обзора	3	5	3,8	Студент	3,8	6
Составление принципиальной схемы устройства	3	5	3,8	Студент	3,8	6
Составление принципиальной схемы потерь	2	3	2,4	Студент	2,4	4
Расчет потерь	2	4	2,8	Студент	2,8	4
Составление расчетной схемы	1	3	1,8	Студент	1,8	7
Составление математической модели	2	4	2,8	Студент	2,8	3
Исследование математической модели	18	20	18,8	Студент	18,8	28
Написание статьи	18	20	18,8	Студент	18,8	28
Заполнение пояснительной записки	4	6	4,8	Студент	4,8	7

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 15} = 1,48$$

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _k	Продолжительность выполнения работ										
				Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2											
2	Изучение материалов по теме	Студент	5											
3	Проведение литературно-патентного обзора	Студент	6											
4	Составление принципиальной схемы устройства	Студент	6											
5	Составление принципиальной схемы потерь	Студент	4											
6	Расчет потерь	Студент	4											
7	Составление расчетной схемы	Студент	7											
8	Составление математической	Студент	3											

	модели													
9	Исследование математической модели	Студент	28											
10	Написание статьи	Студент	28											
11	Заполнение пояснительной записки	Студент	7											



- Руководитель



- Студент

3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i} , \quad (11)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	
Гидроцилиндр	шт.	1	1	12173	12173	12173	12173	
Аккумулятор гидравлический	шт.	1	1	10890	10890	10890	10890	
Дроссель	шт.	1	1	1968	1968	1968	1968	
Вихревой элемент	шт.	1	1	5000	2364	5000	2364	
Пружина	шт.	1	1	200	200	200	200	
Шланги высокого давления	м	1	1	120	120	120	120	
Масло	л	1	1	110	110	110	110	
Итого						30461	278 25	582 86

3.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн	Заработная плата на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу, руб.
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	1,4	1588,5	2223,9
2	Изучение материалов по теме	Студент	3,4	497,9	1692,8
3	Проведение литературно-патентного обзора	Студент	3,8	497,9	1892
4	Составление принципиальной схемы устройства	Студент	3,8	497,9	1892
5	Составление принципиальной схемы потерь	Студент	2,4	497,9	1194,9
6	Расчет потерь	Студент	2,8	497,9	1394,1
5	Составление расчетной схемы	Студент	1,8	497,9	896,2
6	Составление математической модели	Студент	2,8	497,9	1394,1
7	Исследование математической модели	Студент	18,8	497,9	9360,5
8	Написание статьи	Студент	18,8	497,9	9360,5
11	Заполнение пояснительной записки	Студент	4,8	497,9	2389,9

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (12)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (13)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (14)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 16).

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	105	105
- праздничные дни	15	15
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезням	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	198

$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{30244 \cdot 10,4}{198} = 1588,5$ руб. – заработная плата руководителя за 1 день;

$Z_{\text{дн2}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{9481 \cdot 10,4}{198} = 497,9$ руб. – заработная плата студента за 1 день.

$$З_{\text{осн1}} = 1588,5 \cdot 1,4 = 2223,9 \text{ руб. – руководитель;}$$

$$З_{\text{осн2}} = 497,9 \cdot 63,2 = 31467,2 \text{ руб. – студент.}$$

$$З_{\text{зн1}} = 2223,9 + 2223,9 \cdot 0,15 = 2557,5 \text{ руб. – руководитель;}$$

$$З_{\text{зн2}} = 31467,2 + 31467,2 \cdot 0,15 = 36187,3 \text{ руб. – студент.}$$

3.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (15)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{\text{доп1}} = 0,14 \cdot 2557,5 = 358 \text{ руб. – руководитель.}$$

$$З_{\text{доп2}} = 0,14 \cdot 31467,2 = 4405,4 \text{ руб. – студент.}$$

3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (16)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (табл. 17).

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, р.уб.
Руководитель проекта	2557,5	358
Студент-дипломник	36187,3	4405,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	27,1%
Итого	11790,7	

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 27,1\% \cdot (2557,5 + 358) = 790,1 \text{ руб.} - \text{руководитель}$$

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 27,1\% \cdot (36187,3 + 4405,4) = 11000,6 \text{ руб.} - \text{студент-дипломник}$$

3.4.5 Накладные расходы

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

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (17)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

¹ Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	
1. Материальные затраты НТИ	30461	27825	Пункт 3.3.4.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	38744,8	38744,8	Пункт 3.3.4.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4763,4	4763,4	Пункт 3.3.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	11790,7	11790,7	Пункт 3.3.4.4
5. Накладные расходы	13721,6	13299,8	16 % от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НТИ	99481,5	96423,7	Сумма ст. 1- 5

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 18). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

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

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

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

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

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{99481,5}{99481,5} = 1$ - интегральный финансовый показатель разработки первого исполнения.

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{99481,5}{96423,7} = 0,989$ - интегральный финансовый показатель разработки второго исполнения.

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (19)$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 31).

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Быстродействие	0,25	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	5
3. Стоимость	0,15	4	5
4. Переналадка	0,10	5	4
5. Надежность	0,20	5	3
6. Материалоемкость	0,15	5	4
ИТОГО	1		

$$I_{p-ucn1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 4,85;$$

$$I_{p-ucn2} = 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 = 3,85.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-ucn1}}{I_{финр.1}}, \quad (20)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,85}{1} = 4,85,$$

$$I_{исп.2} = \frac{3,85}{0,989} = 3,89.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (22)$$

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,989
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	4,85	3,89
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Исп1/Исп2=1,24	Исп2/Исп1=0,80

В ходе выполнения данного раздела ВКР был определен целевой рынок, на который будет поставляться гидравлический амортизатор при его производстве. Произведен анализ конкурентов из которого видно, что данное устройство является конкурентоспособным. Рассчитаны материальные затраты на изготовление данного устройства, затраты по основной и дополнительной заработной плате, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы, на основании которых составлен бюджет затрат на НИО. Произведена сравнительная эффективность разработки на основании интегрального показателя эффективности. Из таблицы 20 видно, что наиболее эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи по всем показателям является исполнение 1.

4. Социальная ответственность

4.1 Ценность научного исследования (разработки) для производства и общества

Виброизоляция — уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний этому объекту от источника колебаний. Виброизоляция осуществляется посредством введения в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины — источника колебаний — к основанию или смежным элементам конструкции; эта упругая связь может также использоваться для ослабления передачи вибраций от основания на человека, либо на защищаемый агрегат.

В связи с вышеперечисленным для защиты диссертации на соискание ученой степени магистра была выбрана тема «Гидравлические системы защиты технологического оборудования от общей вибрации».

Устройство, рассматриваемое в работе, называемое амортизатором с вихревым стабилизатором скорости возврата позволит защитить прецизионное оборудование от негативных влияний, возникающих при работе других станком, поскольку такие вибрации могут нарушать технологический процесс и отрицательно сказываться на качестве выпускаемой продукции. Гидравлический амортизатор планируется устанавливать под высокоточное оборудование, где ведется обработка деталей с высокими требованиями по точности размеров и качеству поверхности.

Так же данную технологию можно применить и для защиты людей. Повышение уровня колебаний на рабочем месте человека-оператора обусловлено увеличением рабочих и транспортных скоростей тракторов и машинно-тракторных агрегатов. Увеличение массы тракторов и машинно-тракторных агрегатов привело к снижению их собственной частоты, которая стала соизмерима с собственной частотой наиболее важных органов человека. Все эти факторы оказывают неблагоприятное воздействие на человека и значительно снижают производительность его труда. Поэтому одним из

условий, обеспечивающих комфортность на рабочем месте человека-оператора, является применение эффективных средств виброзащиты.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 воздействие вибрации на человека классифицируется следующим образом:

По способу передачи вибрации на человека различают:

- общую вибрацию, передающуюся на тело сидящего или стоящего человека через опорные поверхности;

- локальную вибрацию, передающуюся через руки человека.

Примечание. К общей вибрации не относится вибрация, передающаяся на предплечья и на ноги сидящего человека, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, относится к локальной вибрации.

По источнику возникновения вибраций различают:

- локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями);

- локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей);

- общую вибрацию I категории - транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах прицепных и самоходных машин, транспортных средств при движении по агрофонам и дорогам (в том числе при их строительстве), по местности;

- общую вибрацию II категории - транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, горных выработок, промышленных площадок;

- общую вибрацию III категории - технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Общую вибрацию категории III по месту действия подразделяют на следующие типы:

а) на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

б) на рабочих местах в столовых, на складах, бытовых, дежурных и других производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;

в) на рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, учебных пунктов, лабораторий, вычислительных центров, здравпунктов, конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда;

-общую вибрацию в жилых помещениях и общественных зданиях от внешних источников;

-общую вибрацию в жилых помещениях и общественных зданиях от внутренних источников.

Нормируемый диапазон частот для общей вибрации устанавливается в виде октавных или 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,6; 80,0 Гц.

Гидравлический амортизатор можно использовать при защите от общей вибрации I, II, III (а) категории. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 предельно допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест при длительности вибрационного воздействия 480 мин. (8 ч) приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Предельно допустимые параметры вибрации

Наименование показателя, единица измерения	Класс (подкласс) условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ 80	> 80 - 85	> 85 - 95	> 95 - 105	> 105 - 115	> 115
Вибрация локальная, эквивалентный корреktированный уровень виброускорения, дБ	≤ 126	> 126 - 129	> 129 - 132	> 132 - 135	> 135 - 138	> 138
Вибрация общая, эквивалентный корреktированный уровень виброускорения, дБ, Z	≤ 115	> 115 - 121	> 121 - 127	> 127 - 133	> 133 - 139	> 139
Вибрация общая, эквивалентный корреktированный уровень виброускорения, дБ, X, Y	≤ 112	> 112 - 118	> 118 - 124	> 124 - 130	> 130 - 136	> 136

Вибрационные воздействия на рабочем месте тракториста обусловлены взаимодействием колес или гусениц трактора с рельефом поля, дороги, а также взаимодействием сельскохозяйственных орудий с почвой. Основные низкочастотные случайные колебания остова трактора составляют 0,5 ... 10 Гц.

В результате перехода тракторов (МТЗ-50, Т-40, Т-74 и ДТ-75) на более высокие скорости (6... 9 км/ч) повысился уровень вибраций на рабочем месте оператора. Ухудшение условий труда на этих тракторах отрицательно сказалось на самочувствии трактористов, текучести кадров и других социологических факторах.

В экскаваторах колебания имеют низкую частоту в диапазоне до 12 Гц. Причем характер распределения колебаний близок к нормальному и имеет максимум при частоте 4... 5 Гц. На основных частотах колебаний амплитуда составляет около 0,4 мм. При этом основным виброопасным направлением является вертикальное, когда допустимая норма вибрационного воздействия может увеличиваться в 2 ... 3 раза.

Широкое применение сборного железобетона связано с использованием высокоэффективной формовочной техники. Основными формовочными агрегатами при производстве железобетонных конструкций являются бетоноукладчики и виброплощадки. Для нормальной эксплуатации этих машин необходимо применять шумо и виброзащитные системы. Последние позволяют в значительной степени снизить вибрационное воздействие этих агрегатов на обслуживающий персонал. Для бетонной стяжки наибольшие амплитуды вибрации имеют место при частоте около 24 Гц, а для мостика машиниста — при частоте около 16 Гц.

Условия труда в кабинах современных автомобилей характеризуются наличием комплекса неблагоприятных факторов: вибрации, повышенного уровня шума, неблагоприятного микроклимата наличием токсических веществ и т. д. Эти факторы способствуют развитию ряда заболеваний и приводят к преждевременному утомлению водителей.

Вибрация является одной из основных причин неудовлетворительных условий труда в кабинах автомобилей. После 7... 8 ч работы у водителей автомобилей наблюдается замедление зрительно-двигательной реакции, число запаздывающих реакций на движущийся объект, уменьшение числа опережающих реакций и снижение пропускной способности зрительного анализатора. Утомление, обусловленное воздействием вибраций в диапазоне частот 1,4... 2,8 Гц, приводит к изменению также других органов водителей.

Производительность труда и функциональное состояние человека-оператора в основном зависят от интенсивности вибрации в диапазоне 1 ... 30 Гц, в котором находятся основные резонансные частоты организма человека-оператора. Установлено, что наиболее опасные резонансы организма человека-оператора и его максимальная чувствительность к вертикальным виброускорениям находятся в диапазоне частот 2 ... 8 и 16 ... 30 Гц.

Данные, полученные разными экспериментаторами, показывают, что человек-оператор не испытывает неприятных ощущений при частоте 1 ... 2 Гц. В диапазоне частот 5... 10 Гц человек-оператор начинает испытывать неприятные ощущения, а в диапазоне частот 6... 15 Гц снижается острота зрения и способность вести зрительное наблюдение.

Отмеченные явления объясняются тем, что отдельные органы человека-оператора имеют свои резонансные частоты, при которых колебания достигают максимальных значений.

Ноги и руки оператора имеют резонансные частоты в пределах 2... 8 Гц в зависимости от напряжения мышц, а живот с кишечником— частоты 2...3 Гц в зависимости от массы человека и напряжения мышц живота. Грудная клетка имеет резонансные частоты в пределах 2... 12 Гц. Резонансные явления челюстей и щек в зависимости от напряжения мышц наблюдаются при частотах 4... 27 Гц. Глаза имеют несколько резонансных частот, при которых человек-оператор ощущает снижение разрешающей способности глаз: 5, 14 ... 22 и 26 ... 30 Гц. Появление резонанса глаз отмечается также на частотах, близких к 70 Гц. Мозг человека имеет резонансную частоту, близкую к 10 Гц. Голова при

возбуждении со стороны сиденья может совершать вертикальные и угловые движения. Кивательные движения головы имеют резонансную частоту примерно 2 Гц, а вертикальные 8... 27 Гц в зависимости от напряжения мышц шеи. На низкочастотные колебания реагирует и вестибулярный аппарат человека. Симптомы морской болезни проявляются при частоте 0,5... 1,3 Гц. Резонансные частоты имеют и внутренние органы человека. Например, резонансная частота сердца составляет около 10 Гц, желудка — около 2... 3 Гц, а почек — 6... 8 Гц. Резонансная частота поясничной части позвоночника, находится в диапазоне 4... 14 Гц а резонансная частота таза — в диапазоне 4 ... 6 Гц [28].

Отмечено, что амплитуда колебаний рук, ног и плечей зависит от того, находятся руки и ноги в свободном состоянии или опираются на какой-либо предмет. Например, при установке кистей рук на штурвал при частоте резонансных колебаний плеч около 15... 20 Гц, амплитуда снижается в несколько раз.

Для защиты как физиологического, так и функционального состояния организма человека, а также для обеспечения комфортности на рабочем месте необходимо установить гидравлический амортизатор под сиденье.

На рисунке 46 показан один из возможных вариантов пассивной подвески сиденья с электрически управляемым гидроамортизатором.

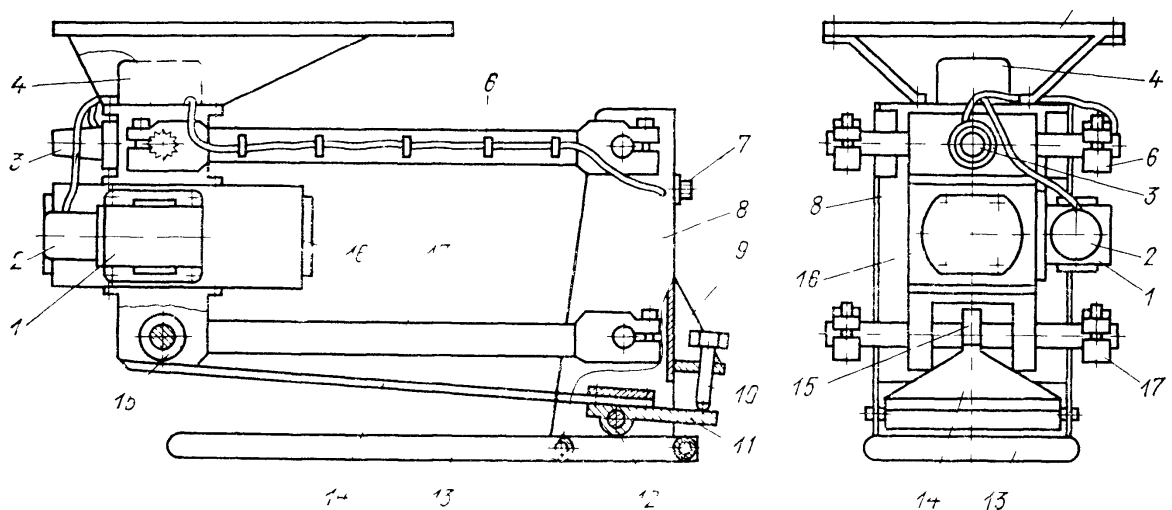


Рисунок 46 – Схема пассивной подвески сиденья с гидроамортизатором, управляемым автоматически по электрическим каналам

На рисунке не показано сиденье с оператором, но подвеска условно находится в нейтральном относительно основания положении. Каркас 5 связан с основанием 13 с помощью параллелограммного направляющего механизма с рычагами 6 и 17. При нейтральном положении подвижных частей относительно основания эти рычаги расположены горизонтально. Такое расположение рычагов параллелограммного механизма позволяет существенно снизить горизонтальные перемещения объекта виброзащиты в продольном направлении, присущие всем параллелограммным механизмам, которые используют в направляющих аппаратах виброзащитных систем.

На рисунке 47 *а, б* показаны примеры присоединения гидроцилиндров исполнительных механизмов к виброзащитным системам с параллелограммными направляющими механизмами.

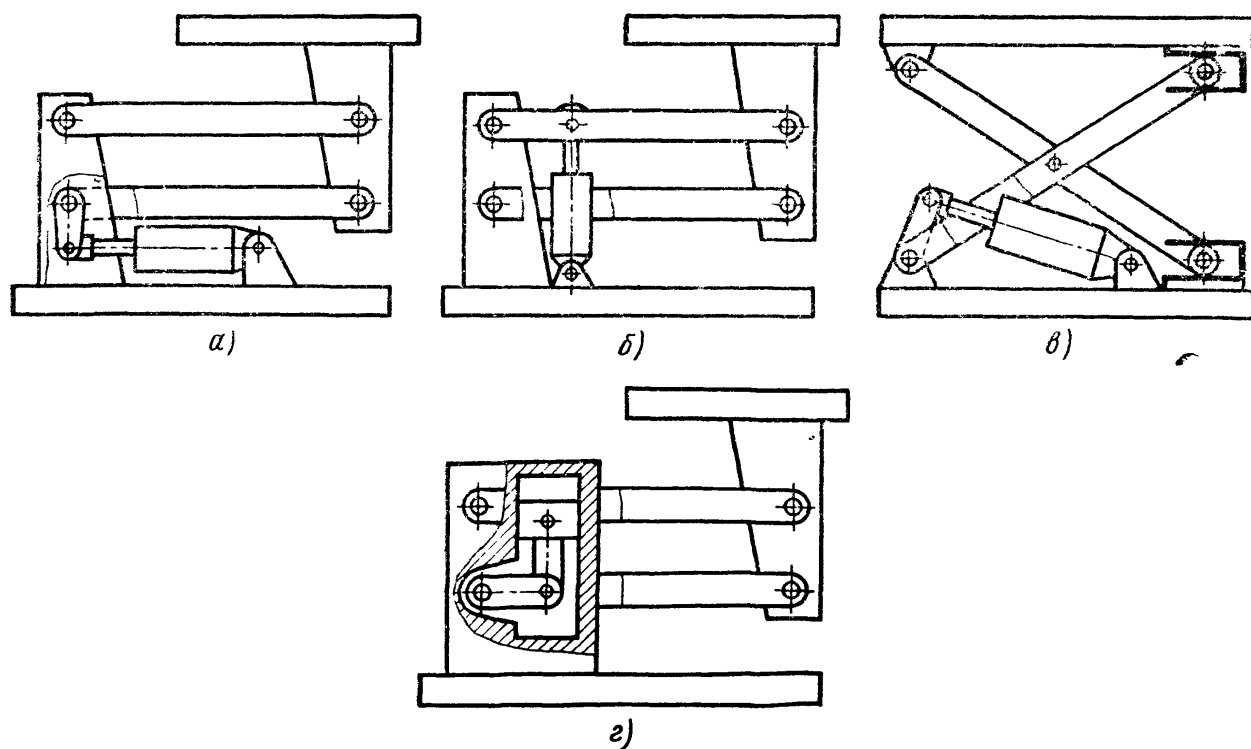


Рисунок 47 – Примеры присоединения гидроцилиндров исполнительных механизмов к направляющим механизмам виброзащитных систем

Применение горизонтально расположенного гидроцилиндра (рис. 00, *а*) обусловлено его большими габаритами. В качестве шатуна служит гидроцилиндр. На рисунке 47 *в* приведен пример присоединения

гидроцилиндра с ограничением по скорости к направляющему механизму ножничного типа.

При этом подразумевается, что принципы, заложенные в системы виброзащиты сидений операторов, несложно перенести и на системы подпрессоривания постов, кабин и остовов машин.

4.2 Социальная ответственность работодателя

Исследования по данной тематике проводятся в Томском политехническом университете, который помимо обеспечения компьютерными классами с необходимым программным обеспечением для исследования математических моделей, также предоставляет лабораторию. В данном случае это лаборатория гидравлики (расположенная в 16а корпусе), в которой можно собрать реальное устройство и сравнить данные с полученными при помощи компьютерного моделирования.

Все компьютеры, на которых проводятся исследования, оснащены двумя мониторами, что в свою очередь очень удобно и повышает производительность труда студентов. Работа компьютеров сопровождается выделением тепла, согласно нормам, СанПиН 2.2.2.542-96 ЭВМ, стоящие в кабинете, требуют поддержания температуры и влажности воздуха в определенных пределах: от 22 до 25 °С при влажности 60%, такой микроклимат благоприятен для человека. Обычно температура в помещении поддерживается по принципу холодно/жарко. Если жарко, открывается форточка или окно. В ТПУ для обеспечения комфортной работы студентов, компьютерные классы оснащены кондиционерами.

4.3. Анализ опасных и вредных факторов

4.3.1. Производственный шум

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. При повышенном действии шума затрудняется разборчивость речи, снижается работоспособность, ухудшается слух человека. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Основным источником шума в кабинете являются вентиляторы блоков питания ЭВМ. Уровень шума колеблется от 35 до 40дБА. По СанПиН 2.2.2.542-96 при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА. Следовательно, можно считать, что кабинет соответствует выше указанным нормам.[11]

4.3.2. Электромагнитные и электростатические поля

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Электромагнитные излучения очень низкой и сверхнизкой частоты, создаваемые компьютерами и другими бытовыми электроприборами, несомненно, влияют на здоровье человека, здесь ученые и защитники прав потребителей пока не пришли к единому мнению.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и

сердечно-сосудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия. Обратимость функциональных сдвигов не является беспредельной и определяется интенсивностью, длительностью излучения и индивидуальными особенностями организма.[25]

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц.[4] Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа IBM PC Pentium IV со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,3 В/м; поверхностный потенциал составляет 430 В.

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч(100мкР/ч).[4]. Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год. Анализ радиационно-гигиенических характеристик некоторых отечественных телевизионных приемников показывает, что мощность дозы даже на расстоянии 10 см от экрана не превышает предельных значений.

4.3.3.Опасные факторы

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. [11] По опасности электропоражения кабинет относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с

землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако, возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетокующим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- защитное отключение;
- зануление;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

4.4 Эргономический анализ трудового процесса

4.4.1 Микроклимат

Проведя анализ габаритных размеров кабинета, рассмотрим микроклимат в этом помещении. В качестве параметров микроклимата рассмотрим лишь температуру и влажность воздуха.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемых оконных проемов (форточек), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основной ее недостаток заключается в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СанПиН 2.2.2.542-96 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м^3 [11]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42м^3 , из этого следует, что дополнительной вентиляции не требуется.

ЭВМ, стоящие в кабинете требуют поддержания температуры и влажности воздуха в определенных пределах: от 22 до 25°C при влажности 60%, такой микроклимат благоприятен для человека.

В действительности о поддержании микроклимата заботятся мало. Температура в помещении поддерживается по принципу холодно/жарко. Если жарко, открывается форточка или окно.

4.4.2. Освещение

Выбор типа светильника производится с учетом следующих основных факторов:

- требуемое количество освещения;
- безопасность эксплуатации;
- удобство;

- экономичность.

Для определения необходимого количества ламп и выбора их типа ниже произведен расчет общего искусственного освещения люминесцентного освещения.

Тип светильника: ОД – мощность ламп 2 х 40 Вт, размеры: Длина=1230, Ширина=266.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами, м:

H – высота помещения;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c$ – высота светильника над полом, высота подвеса;

h_p – высота рабочей поверхности над полом, зависит от рабочей позы: «сидя» 0,6-1,1 м, «стоя» -1,5 м;

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h = 1,4$.

L – расстояние между соседними светильниками или рядами:

$L(a) = \lambda \cdot h = 3$ м – расстояние между рядами;

$L(a)/3 = 1$ м – расстояние от стен до светильника;

$L(b) = 0,5$ м – расстояние между светильниками в ряду;

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Приняв свет светильника $h_c = 0,5$ м и $\lambda = 1,4$ (для ОД) получаем:

(h - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью)

$$h = H - h_p - h_c \quad (23)$$

$$h = 3,5 - 0,6 - 0,5 = 2,4 \text{ м}$$

(L – расстояние между светильниками)

$$L = h \cdot \lambda \quad (24)$$

$$L = 2,4 \cdot 1,4 = 3,36 \text{ м}$$

$$L/3 = 1,12 \text{ м}$$

Таким образом, размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду необходимо установить 5 светильников типа ОД мощностью 40Вт (с длиной 1,23м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 40 см. План размещения светильников показан на рисунке 48.

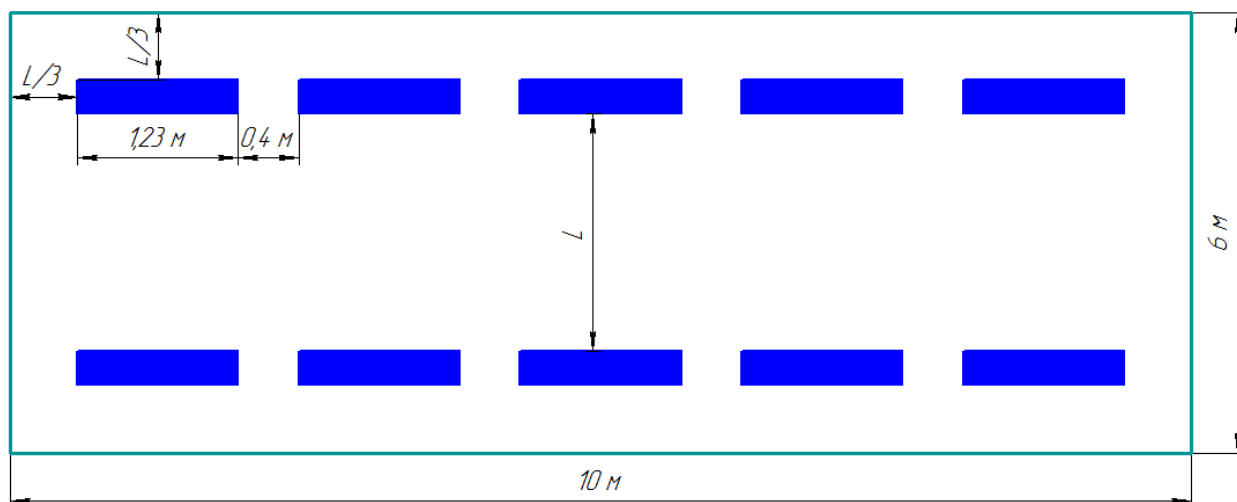


Рисунок 48 – План размещения светильников

Основные требования и значения нормируемой освещённости рабочих поверхностей изложены в СНИП 23-05-95. Выбор освещённости осуществляется в зависимости от размера объекта различения (толщина линии, риски, высота буквы), контраста объекта с фоном, характеристики фона.

Нормируемая освещенность для заданных работ равна $E=200$ лк.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z / n \cdot \eta, \quad (25)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНИП 23-05-95, лк;

S – площадь освещаемого помещения, m^2 ;

K_z – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли (табл. 6);

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{\text{ср.}} / E_{\text{min.}}$.

Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n .

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = S / h(A+B) = (10 \cdot 6) / (2,4 \cdot (10+6)) = 1,6 \quad (26)$$

Коэффициенты отражения при выбранных параметрах: состояние потолка (побеленный) $\rho_n=70\%$, состояние стен (свежепобеленные с окнами без штор), $\rho_{\text{ст}}=50\%$.

При сопоставлении полученного значения индекса помещения и коэффициентов отражения с данными таблицы «Коэффициентов использования светового потока светильников с люминесцентными лампами», получаем η – коэффициент использования светового потока равным 0,55.

Считаем световой поток группы люминесцентных ламп светильника:

$$\Phi = 200 \cdot (10 \cdot 6) \cdot 1,5 \cdot 1 / 20 \cdot 0,55 = 1785 \text{ Лм}$$

По таблице [15] выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 30Вт с потоком 1800 Лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq \frac{1800 - 1785}{1800} \cdot 100\% \leq +20\%$$

$$-10\% \leq 0,8\% \leq +20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 20 \cdot 40 = 800 \text{ Вт}$$

Таблица 22 – Нормированное значение минимальной освещенности

Характеристика зрительной работы	Искусственное освещение		
	Освещенность, лк		
	при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения
	всего	в том числе от общего	
Средней точности: размер объекта различения свыше 0,5 до 1 мм	750 – 400	200	300 – 200
Малой точности: размер объекта различения свыше 1 до 5 мм	400	200	300 – 200

4.5 Разработка мер защиты от опасных и вредных факторов

Меры защиты от опасных и вредных факторов производства делятся на технические и организационные. К ним относится защита от вредного воздействия облучения. При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- согласно СанПиН 2.2.2.542-96 [11] для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы –при 8- часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;
- должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

В кабинете мониторы расположены по периметру задней поверхностью к стенам, все мониторы расположены на отдельных столах. Поэтому можно считать, что расположение компьютеров удовлетворяет требованиям СанПиН.

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной

санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

4.6 Пожарная безопасность

Пожар в помещении наносит материальный ущерб, а также существует вероятность угрозы жизни и здоровья людей, находящихся в нем.

В кабинете имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники, освещения и работы оборудования. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать дополнительным источником распространения возгорания.

Данное помещение относится к категории Д (наличие твердых сгораемых вещей) [22].

Необходимо в производственных помещениях проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильными размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

1. Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
2. Обучение персонала правилам техники безопасности;
3. Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

1. Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;

2. Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
3. Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, обесточивающий весь кабинет, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на достигаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей

4.7 Охрана окружающей среды

Безотходная технология является наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий. Под понятием «безотходная технология» следует понимать комплекс мероприятий в технологических процессах, от обработки сырья до использования готовой продукции [24]. В результате чего сокращается до минимума количество вредных выбросов и уменьшается воздействие отходов на окружающую среду до приемлемого уровня. Все отходы должны сортироваться и накапливаться для дальнейшей переработки. В этот комплекс мероприятий входят:

- создание и внедрение новых процессов получения продукции с образованием наименьшего количества отходов;
- разработка различных типов бессточных технологических систем и водооборотных циклов на базе способов очистки сточных вод;
- разработка систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы;
- создание территориально-промышленных комплексов, имеющих замкнутую структуру материальных потоков сырья и отходов внутри комплекса.

Достигнуты успехи в области создания и внедрения безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач. Поэтому до всестороннего внедрения безотходной технологии важными направлениями экологизации промышленного производства считаются:

- совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду;
- замена токсичных отходов на нетоксичные;
- замена не утилизируемых отходов на утилизируемые;
- применение пассивных методов защиты окружающей среды.

Пассивные методы защиты окружающей среды включают комплекс мероприятий по ограничению выбросов промышленного производства с последующей утилизацией или захоронением отходов. К их числу относятся:

- очистка сточных вод от примесей;
- очистка газовых выбросов от вредных примесей;
- рассеивание вредных выбросов в атмосфере;
- глушение шума на путях его распространения;

- мероприятия по снижению уровней инфразвука, ультразвука и вибраций на пути их распространения;
- экранирование источников энергетического загрязнения окружающей среды;
- захоронение токсичных и радиоактивных веществ.

Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий ученых многих специальностей. Особое значение имеет количественная оценка последствий загрязнения окружающей среды и, в первую очередь, ущерба, причиняемого населению страны.

Потребление электроэнергии является одной из наиболее серьезных проблем охраны окружающей среды. С увеличением компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличивается и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то, и другое не обходится без нарушения экологической обстановки.

Рост энергопотребления влечет за собой такие экологические нарушения, как:

- изменение климата – накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект);
- загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами;
- загрязнение водного бассейна Земли;
- опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов;
- изменение ландшафта Земли.

Как уже было сказано выше, важным фактором охраны окружающей среды является водопотребление. Объем водопотребления определяется количеством работников в соответствии с СНиП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен литературно-патентный обзор устройств для гашения вибрации с использованием гидравлических систем.

На основе анализа литературно-патентного обзора были выявлены достоинства и недостатки регулирующей гидроаппаратуры, на основании которых в основу исследуемого устройства был принят вихревой усилитель потока жидкости. Составлена и описана принципиальная схема устройства, произведен расчет потерь. В работе приведены графики исследования математической модели и реального устройства.

В разделе социальная ответственность описана ценность научного исследования (разработки) для производства и общества.

Защита оборудования в данном случае положительно скажется на затратах производства, ведь брак в производстве и выход из строя оборудования, то есть его простой, несет большие финансовые затраты.

Вследствие снижения вибрации при возрастании скорости различных транспортных, строительных, дорожных, сельскохозяйственных и других машин увеличиваются предельные скорости, что приводит к значительным уменьшениям потерь транспортного времени.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96, гидравлический амортизатор можно использовать при защите от общей вибрации I, II, III (а) категории.

Учитывая вышесказанное можно с уверенностью сказать, что данная разработка несет собой ценный вклад, как для здоровья людей, так и для производства.

При выполнении исследований по данной тематике работая за компьютером необходимо соблюдать определенные правила. Главным, из которых является правильно оборудованное рабочее место, наличие защитного монитора и хорошая освещенность. Так же особое внимание следует уделить безопасности при работе с электрооборудованием, предназначенным для

питания вычислительной техники и освещения. Для этого необходимо использовать защитное заземление, зануление и защитное отключение. Безопасность является комплексной системой, мер по защите человека и среды его обитания от опасностей формируемых конкретной деятельностью.

Произведен анализ конкурентов, из которого видно, что данное устройство является конкурентоспособным. Рассчитаны материальные затраты на изготовление данного устройства, затраты по основной и дополнительной заработной плате, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы, на основании которых составлен бюджет затрат на НИИ. Произведена сравнительная эффективность разработки на основании интегрального показателя эффективности.

Список используемых источников

1. Алимов, О. Д. Гидравлические виброударные системы/ О. Д. Алимов, С. А. Басов; под ред. Э. Э. Лавендела. — М. : Наука, 1990. — 350,[1] с. : ил.; 22 см. — Библиогр.: с. 316-329. — ISBN 5-02-006641-9.
2. Андрееenko П.Н., Дмитриенко В.В., Леховицер А.Г. Вихревой усилитель. Авт.свид.СССР №894217 кл. F 15с 1/14 по заявке от 02.04.1980 — Бюлл.изобр., 1981, №48.
3. Андрееenko П.Н., Дмитриенко В.В., Стеценко Ю.Н. Вихревой усилитель. Авт.свид.СССР №842239 кл. F 15с 1/08 по заявке от 02.04.1980 — Бюлл.изобр., 1981, №24.
4. Андрееenko П.Н., Запорожец В.П., Кныш С.В. Вихревой клапан. Авт. Свид.СССР №941705 кл. F 16с 1/04 по заявке от 06.11.1980 — Бюлл.изобр., 1982, №25.
5. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. — М.: Наука, 1981. — 568 с.
6. Бабицкий, В. И . Теория виброударных систем. Приближенные методы / В. И. Бабицкий. — М. : Наука, 1978. — 352 с. : ил. — Библиогр.: с. 341-349. — Указ. имен. и предм.: с. 350-352.
7. Башта, Т. М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика : учебное пособие / Т. М. Башта. — М. : Машиностроение, 1972. — 320 с.
8. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: - М.: «Машиностроение», 1982.-423с.
9. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В. Белова. — М.: Высшая школа, 2002. — 357с.
10. Вопросы виброзащиты и вибротехники : Межвузовский сборник научных трудов / НЭТИ. — Новосибирск : Изд-во НЭТИ, 1990. — 131 с. : ил. — Библиогр. в конце статей.
11. Гигиенические требования к ВДТ, ПЭВМ и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2.542 – 96. — М., 1996

12. Горбунов, В. Ф. Исследование вибрации и виброизоляции ручных машин ударного действия / В. Ф. Горбунов // Западно-Сибирский совет по координации и планированию научно-исследовательских работ по техническим и естественным наукам : межвузовский сб. тр. — 1966. — Вып. 5. — С. 91-92
13. Дерюшева В.Н., Модели пневмогидравлического ударного узла с учетом свойств формирователя импульса и нагрузки: дис. канд. техн. наук — Томск, 2009. — 178 л.
14. Залмазон Л.А. Исследование характеристик вихревого струйного элемента с входным дросселем. — Автоматика и телемеханика, 1980, №8, с.173-178.
15. Ильинский, В. С. Защита аппаратов от динамических воздействий/ В. С. Ильинский . — М. : Энергия, 1970. — 320 с. : ил. — Библиогр.: с. 317 — 318.
16. Иоппа А.В., Разработка напорного гидроклапана на базе струйных вихревых элементов: дис. канд. техн. наук — Томск, 1988. — 150 л.
17. Киселев, П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев ; под ред. В. Д. Журина. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1961. — 352 с. : ил. + черт. — Алф. указ.: с. 350-352.
18. Коловский, М. З. Нелинейная теория виброзащитных систем / М. З. Коловский. — М. : Наука, 1966. — 318 с. : ил. — Библиогр.: с. 314 — 317.
19. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
20. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
21. Мишенков, Г. В. Прикладные задачи виброударозащиты аппаратов, машин и оборудования : учебное пособие для студентов вузов / Г. В Мишенков, Е. В. Позняк, В. Е. Хроматов ; Московский энергетический институт (Технический университет) (МЭИ (ТУ)) ; под ред. В. П.

- Чиркова. — М. : Изд. дом МЭИ, 2006. — 152 с. : ил. — 75 – летию Московского энергетического института (технического университета) посвящается. — Библиографический список: с. 150 – 152. — ISBN 5 – 903072 – 14 – 3.
22. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
 23. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
 24. Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991.
 25. Ревкин А.И. Инженерные вопросы радиогигиены при проектировании и эксплуатации источников излучения. – М.: МЭИ, 1987. – 58с.
 26. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
 27. Федосова В.Д. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных задач по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск, ТПУ, 1991. – 25с.
 28. Чупраков Ю.И. Гидравлические системы защиты человека-оператора от общей вибрации. – М.: Машиностроитель, 1987. – 224 с.: ил.
 29. Электрогидравлические следящие системы / В. А. Хохлов, В. Н. Прокофьев, Н. А. Борисова и др.; под ред. В. А. Хохлова. — М.: Машиностроение, 1971. — 431 с. : ил. — Библиогр.: с. 422-428.
 30. Model of Hydraulic Rotary Control Valve for Control of Pneumohydraulic Impact Unit [Electronic resource] / V. N. Deryusheva [et al.] // Key Engineering Materials: Scientific Journal. — 2016. — Vol. 685: High Technology: Research and Applications 2015 (HTRA 2015). — [P. 365-369].

Приложения

The main part

Description of the schematic diagram of the shock absorber with a vortex return speed stabilizer

A shock absorber with a vortex return speed stabilizer will be used for protecting against the whole body vibration of high-precision turret lathe machine with CNC HAAS SL-20, shown in the figure A1.



Figure A1 – Turret lathe machine with CNC HAAS SL-20

The shock absorber with a vortex stabilizer in the speed of return of power is a hydraulic actuator in which the actuator (output) reproduces (monitors) the law of motion of the governing body (sign), for which the system has continuous communication between its output and input elements, which is called feedback. . Feedback occurs when the misalignment between the control action (input) and response (output signal). Figure A2 is a schematic diagram of a shock absorber for damping vibration transmitted through the Foundation.

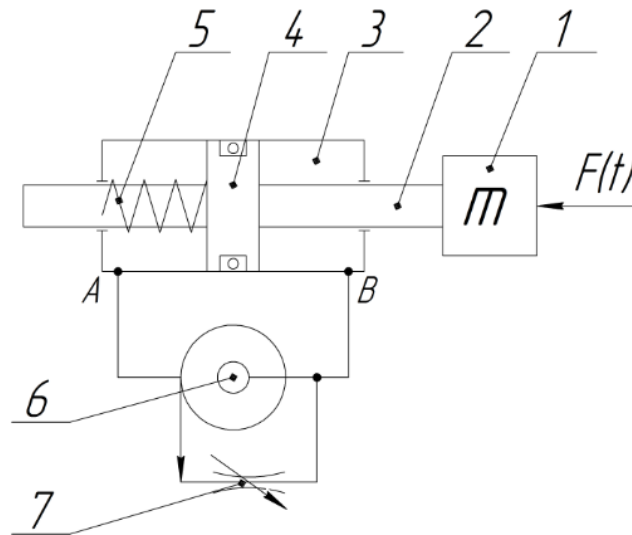


Figure A2 – Schematic diagram of the shock absorber with a vortex speed return stabilizer

1 – mass; 2 – rod; 3 – hydraulic cylinder; 4 – piston; 5 – spring; 6 – the vortex element; 7 – choke.

The device operates as follows: under the action of external force $F(t)$, the mass 1 begins to move, moving the piston 4 to the left, compressing the spring 5. The oil, contained in the left cavity of the hydraulic cylinder, flows without resistance through the vortex element 7 into the right cylinder chamber. Then the spring 5 starts to rotate the weight 1 to the original position. Oil from the right hydraulic cylinder chamber 2, flowing through the vortex element 6, begins to swirl. The vortex element has a property of shifting by the hysteresis loop shown in figure A3.

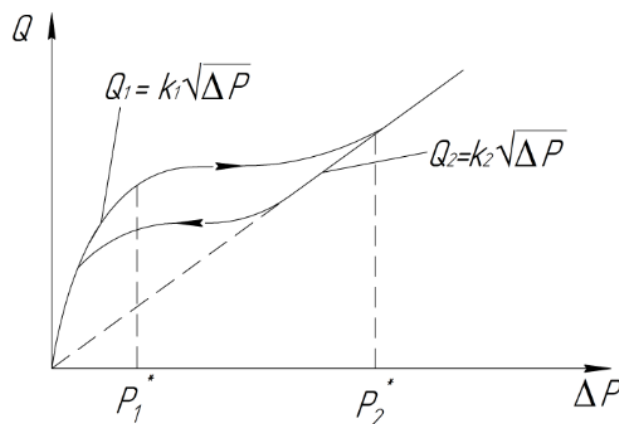


Figure A3 – Hysteresis loop

That is, at low speeds of moving the piston 4, the system has a low resistance that changes according to the law $Q_1 = k_1 \sqrt{\Delta P}$. With increasing the speed, the

resistance is sharply increased and changed according to the law $Q_2 = k_2 \sqrt{\Delta P}$. Parameters of switching the pressure P_1^* and P_2^* on the hysteresis loop are configured by the choke 7.

Calculation of losses

When drawing up the mathematical models, the losses are neglected or accepted as the constant value.

Let us analyze what losses occur in the operation mode of the considered absorber with the vortex return speed stabilizer, the loss data are provided in figure A4:

1. Losses arising in the annular gap between the piston and the cylinder walls;
2. Losses arising in the windows of the draining of the hydraulic cylinder;
3. Losses arising in the vortex element
4. Losses arising in the choke;

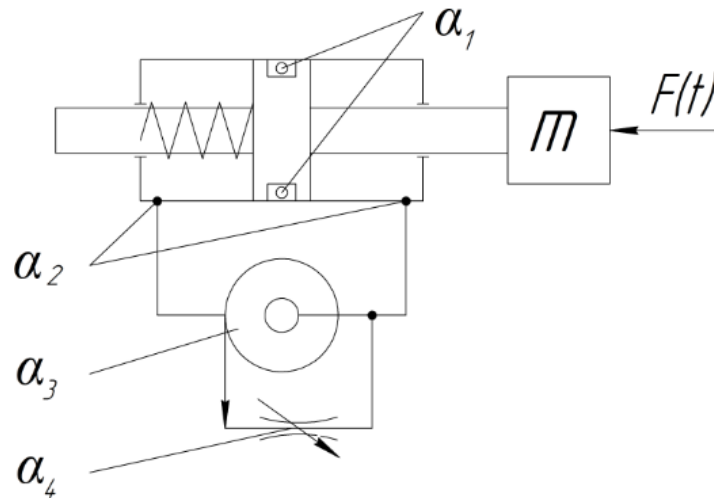


Figure A4 – Schematic diagram of the losses occurring in the absorber
 α_1 – losses that occur in the gap between the piston and the cylinder walls; α_2 – losses in the windows of the draining of the hydraulic cylinder; α_3 – losses in the vortex element; α_4 – losses in the choke.

We make an assumption: in view of the fact that the losses described in points 1-3 are small in comparison with the losses occurring in the vortex element, they can be ignored.

We calculate the losses occurring in the vortex element. We express the viscosity coefficient $\alpha_{v.e}$ using the design parameters of the absorber.

It is known that the liquid flow in the vortex element is determined by the formula:

$$Q_{v.e} = \mu \cdot f_{v.e} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \sqrt{p_{v.e} - p_{eps}}},$$

where $Q_{v.e} = V_1 \cdot S_k$ is the liquid flow rate in the cavity of the vortex element (we accept the values taken from the pressure-flow curve, given in the figure A5), cm^3/s ;

V_1 – is the piston speed, m/s ;

$S_c = S_p - S_s$ – the area of contact of the piston with the liquid, cm^2 ;

$S_p = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 2^2 = 12,56$ – the piston area, cm^2 ;

$S_s = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,7^2 = 1,5$ – the rod area, cm^2 ;

$\mu = 0,65$ – the flow coefficient;

$f_{v.e}$ – the area of the passage section of the vortex element, cm^2

$\rho = 0,85$ – the density of liquid for oil APH-10, g/cm^3 ;

$p_{v.e}$ – the pressure in the cavity of the vortex element, Pa;

$p_{eps} = 303975$ – the pressure in the accumulator, Pa.

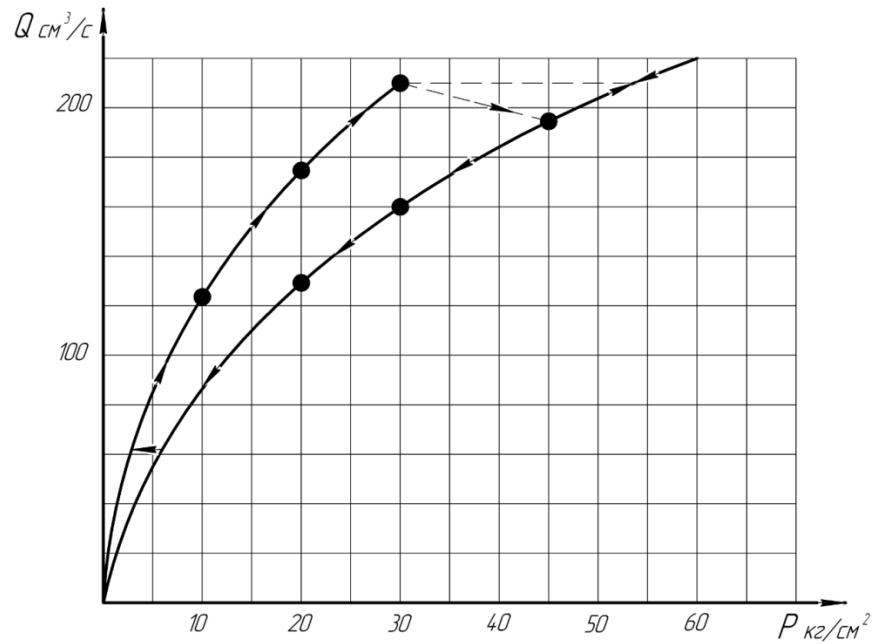


Figure A5 – Pressure-flow curve

From the liquid flow formulas, we express the passage section area of the vortex element:

$$f_{v.e1} = \frac{Q}{\mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_{v.e} - p_{eps}}} = \frac{210}{0,65 \cdot \sqrt{\frac{2}{850}} \cdot \sqrt{2941995 - 303975}} =$$

$$= \frac{210}{0,65 \cdot 1,53 \cdot 1624,2} = 0,13 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_{v.e1} = \left(\frac{S_K}{\mu \cdot f_{v.e}} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \left(\frac{11,06 \cdot 10^4}{0,65 \cdot 0,13} \right)^2 \cdot \frac{850}{2} = 0,71 \text{ MPa}$$

$$f_{v.e2} = \frac{Q}{\mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_{v.e} - p_{eps}}} = \frac{130}{0,65 \cdot \sqrt{\frac{2}{850}} \cdot \sqrt{2026500 - 303975}} =$$

$$= \frac{130}{0,65 \cdot 1,53 \cdot 1312} = 0,099 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_{v.e2} = \left(\frac{S_K}{\mu \cdot f_{v.e}} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \left(\frac{11,06}{0,65 \cdot 0,099} \right)^2 \cdot \frac{0,85}{2} = 0,013 \text{ MPa}$$

Composition of the calculation model

Under the influence of external force $F(t)$ shown in figure A6, the mass m starts to move, it is counteracted by the inertia force, which is described by the formula:

$$F_{in} = c \cdot x$$

Under the mass action m in the elastic and viscous elements, there is the elastic force and the friction force directed to the side opposite to the motion of the mass m , which are described by formulas:

$$F_{rsl} = c \cdot x$$

$$F_{fr} = m \cdot a$$

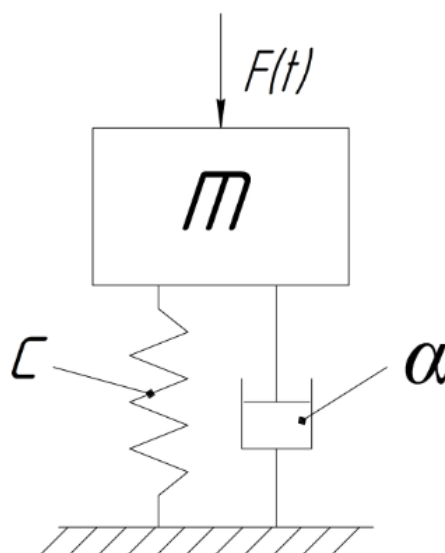


Figure A6 – The calculation model of a shock absorber with a vortex return speed stabilizer

Drawing up the mathematical model

Vibration abatement methods are based on the research of oscillations of real mechanical systems or their physical models and on the analysis of the equations describing the oscillation process in such systems.

Let us consider the mechanical system with one degree of freedom with stiffness c and friction α , presented in figure A6. The force F impacts on the system. When determining the main directions for vibration abatement, one should be limited to the analysis of the equations of forced oscillations of such a system. In this case, the oscillation equation is as follows:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + \alpha \cdot \frac{dx}{dt} + c \cdot x = F(t)$$

where

- m – the system mass, kg;
- s – stiffness coefficient, N/m;
- x – the current value of vibration displacement, m;
- $\frac{dx}{dt}$ – the current value of vibration velocity, m/s;
- $\frac{d^2x}{dt^2}$ – current value of vibration acceleration, m/s²;
- α – coefficient of resistance (friction), N·s/m;

F – force acting on the system, N.

After replacing $\frac{dx}{dt} = V$, $\frac{d^2x}{dt^2} = a$, we get an equation of the form:

$$m \cdot a + \alpha \cdot V + c \cdot x = F$$

Research of the mathematical model

After creating a mathematical model, we investigate it in the software product PascalABCNET. We will construct the graphs of displacement, velocity and acceleration. Figure A7 presents a graph of displacement, velocity and acceleration when the flow vortex amplifier is absent. From this graph we see that the piston movement speed is constant, and it means that the liquid flow rate is constant. The recovery time of the system is $t=0,165$ s.

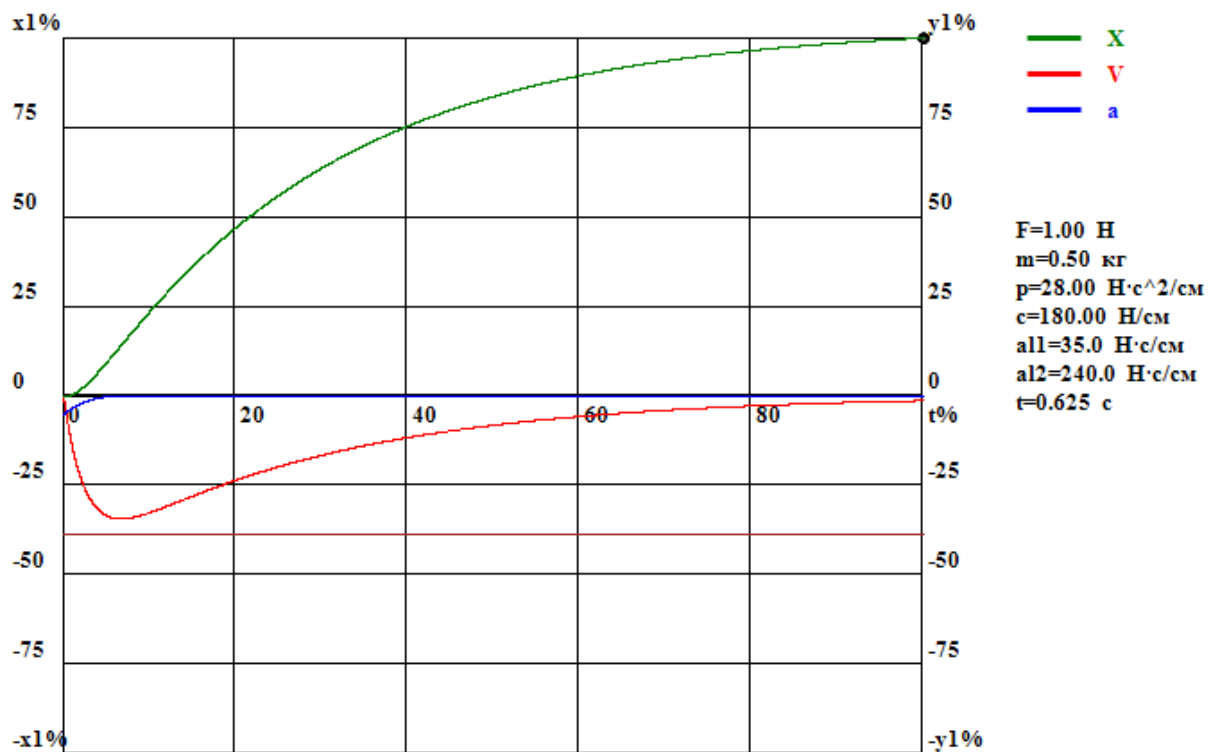


Figure A7 – The graph of the displacement, velocity and acceleration in the absence of a flow vortex amplifier

Figure A8 shows a graph of variance for displacement, velocity and acceleration, when there is a flow vortex amplifier in the system. From this graph, we see that the speed is changed when reaching the adjusted pressure on the throttle, i.e. the flow rate varies by the hysteresis loop shown in figure A3. The recovery time of the system is $t=0,112$ s.

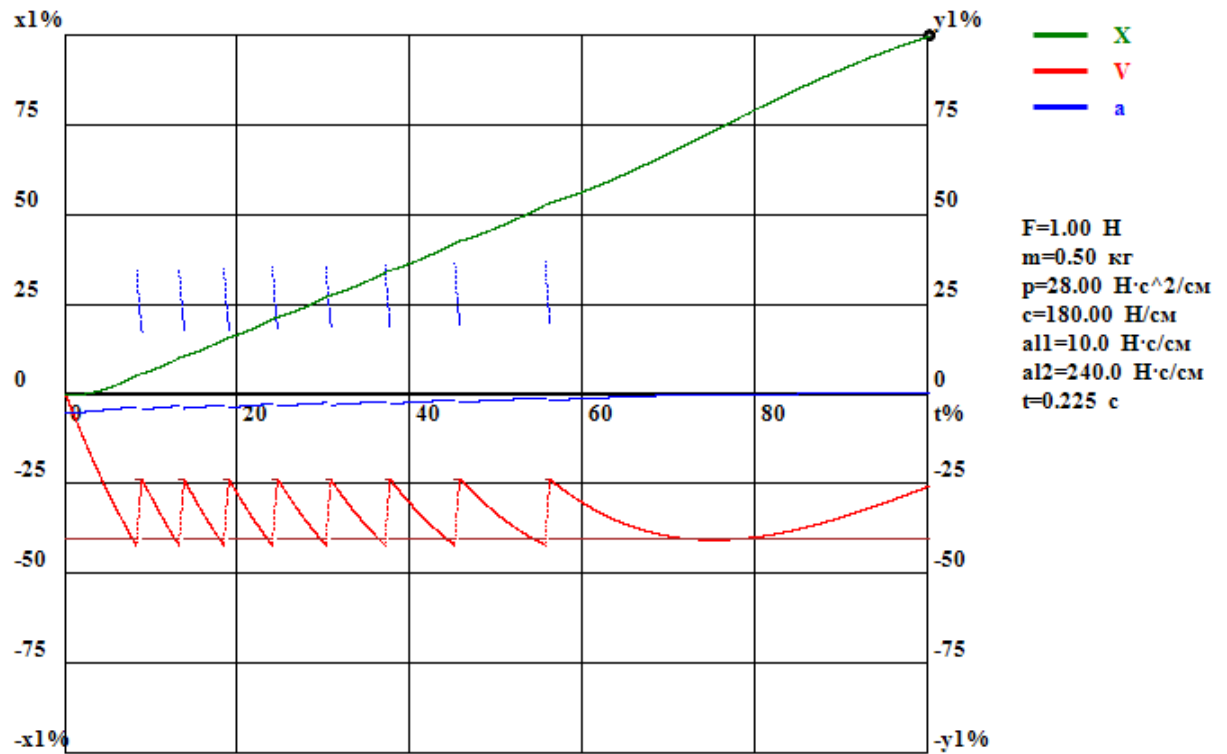


Figure A8 – The graph of displacement, velocity and acceleration if a flow vortex amplifier is included in the system

Analyzing the results presented in figures A7, A8, one can state that due to the flow vortex amplifier, the system recovery time was reduced from 0,625 up to 0,225, this corresponds to the purpose of this study.

Приложение Б

```
Program Vixrivrazh;  
Uses GraphABC;  
var k1, k2, k3, k4, x1, x0, dt:double;  
    g1, g2, g3, g4, y0, y1, c, dd, m, p, y00, y01, x00, al1, al2, al, F,Q:double;  
    k, xn, yn, dx, dy, l, nx, ny, kx, ky, ax, by:integer;  
    tx, ty:byte;ch:char;  
    i, ii:longint;  
    s, s1:String;  
    {Define F()}  
function f1(x,y:double):double;  
begin  
    f1:=(F-p-al*y-c*x)/m; {x=x,y=v}  
end;{f1}  
function f2(y:double):double;  
begin  
    f2:=y; {y=v}  
end;{f2}  
    {End define F()}  
begin  
    {Data}  
    dt:=0.00005; F:=1; Q:=F; {sec, kg}  
    m:=0.5; p:=28; c:=180; {kg, kg*sec^2/sm, kg/sm}  
    y00:=0.48; y01:=0.84; {sm/sec} {0.08...0.2; 0.2...0.5}  
    al1:=35; al2:=240; {kg*sec/sm} {1...180; 240...550}  
    ii:=12500; Ch:=#27; dd:=(F-p)/c;  
    {End Data}  
    {Caption; Screen}  
    ax:=960; by:=600;  
    SetWindowSize(ax,by);  
    SetWindowCaption('Амортизатор с вихревым стабилизатором скорости  
возврата');  
    Font.Name:='Times New Roman';  
    Font.Style:=fsBold;  
    Font.Size:= 10;  
    Font.Color:=clBlack;  
    xn:=ax div 5;  
    yn:=by div 2;  
    dx:=ax div 10;  
    dy:=by div 12 ;  
    tx:=2*TextWidth('M');  
    ty:=TextHeight('M');
```

```

for i:=0 to 5 do
for k:=8 downto 0 do
begin
    DrawRectangle(xn,yn,xn+dx*i, yn+dy*4-dy*k);
if k=8 then
begin
case i of
    0:s:='0'; 1:s:='20';
    2:s:='40'; 3:s:='60';
    4:s:='80'; 5:s:='t%';
end;
    TextOut(xn+3+dx*i,yn+3,s);
end;
if i=0 then
begin
case k of
    0:s:='-x1%'; 1:s:='-75';
    2:s:='-50'; 3:s:='-25';
    4:s:='0'; 5:s:='25';
    6:s:='50'; 7:s:='75';
    8:s:='x1%';
end;
    TextOut(xn-tx+dx*i,yn+dy*4-dy*k-ty,s);
end;
if i=5 then
begin
case k of
    0:s:='-y1%'; 1:s:='-75';
    2:s:='-50'; 3:s:='-25';
    4:s:='0'; 5:s:='25';
    6:s:='50'; 7:s:='75';
    8:s:='y1%';
end;
    TextOut(xn+3+dx*i,yn+dy*4-dy*k-ty,s);
end;
if (i=0) and(k=8) then
repeat
case l of
    0:begin Str(F:3:2,s);s:='F='+s+' H';end;
    1:begin Str(m:2:2,s);s:='m='+s+' kr'; end;
    2:begin Str(p:2:2,s);s:='p='+s+' H·c2/cm';end;
    4:begin Str(al1:2:1,s);s:='al1='+s+' H·c/cm';end;
    6:begin Str(dt*ii:1:3,s);s:='t='+s+' c';end;
    5:begin Str(al2:2:1,s);s:='al2='+s+' H·c/cm';end;

```



```

3:begin Str(c:2:2,s);s:='c'+s+' H/cm';end;
end;
TextOut(xn+19*tx+dx*i,yn+dy*6-dy*k+(l)*ty,s);
inc(l);
until l=7;l:=0;
end;
{repeat
case l of
0:s:=' dv/dt= (F-p - al*v)/m';
1:s:='dx/dt= v';
2:s:='if (y1<0) and(abs(y1)<y00) then al:=al1';
3:s:='if (y1<0) and(abs(y1)>y01) then al:=al2';
end;
Font.Style:=fsNormal;
Font.Color:=clBlue; Font.Size:= 12;
TextOut(xn+1,yn+4*dy+3+ty*l,s);
inc(l);
until l=4; l:=0;}
{End Screen}
{Solver}
x0:=0.0;
y0:=0.0;
for i:=1 to ii do
begin
k1:=dt*f1(x0,y0);
g1:=dt*f2(y0);
k2:=dt*f1(x0+k1/2,y0+g1/2);
g2:=dt*f2(y0+g1/2);
k3:=dt*f1(x0+k2/2,y0+g2/2);
g3:=dt*f2(y0+g2/2);
k4:=dt*f1(x0+k3,y0+g3);
g4:=dt*f2(y0+g3);
y1:=y0+(k1+2*k2+2*k3+k4)/6;
x1:=x0+(g1+2*g2+2*g3+g4)/6;
x0:=x1;
y0:=y1;
if y1>0 then al:=0;
if (y1<0)and(abs(y1)<y00) then al:=al1;
if (y1<0) and (abs(y1)>y01) then al:=al2;
PutPixel(xn+round(5*dx*i/ii),
yn-trunc(4*dy*y1/2), clred);
PutPixel(xn+round(5*dx*i/ii),
yn-trunc(4*dy*x1/dd), clGreen);
PutPixel(xn+round(5*dx*i/ii),

```

```

        yn-trunc(0.004*dy*((k1+2*k2+2*k3+k4)/6)/dt), clBlue);
    PutPixel(xn+round(5*dx*i/ii),
        yn+ dy div 2 -trunc(dy*(al-400)/350), clBrown);
    SetPenWidth(2);
if i>20 then F:=0; {F*dt*(i=10...30) - Force* time}
{if i=420 then write(y1:2:2); } { test yi=0 ?}
if i in [0..20] then begin circle(xn+round(5*dx),
yn-trunc(4*dy*F/Q),2);
end;
end;
    {End Solver}
    Font.Color:=clGreen;
    SetPenWidth(3);
    SetPenColor(clGreen);
    MoveTo(730, 100);
    LineTo(760, 100);
    TextOut(775, 93, 'X');

    Font.Color:=clRed;
    SetPenWidth(3);
    SetPenColor(clRed);
    MoveTo(730, 120);
    LineTo(760, 120);
    TextOut(775, 113, 'V');

    Font.Color:= clBlue;
    SetPenWidth(3);
    SetPenColor(clBlue);
    MoveTo(730, 140);
    LineTo(760, 140);
    TextOut(775, 133, 'a');
end.

```