

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

---

Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
Отделение материаловедения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Виброзащита прессово-штампового оборудования</b>

УДК 621.979.07:62-752

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ61	Кормилицын Алексей Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Крауиньш Петр Янович	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хапёрская Алена Васильевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Крауиньш Петр Янович	д.т.н.		

Томск – 2018 г

**ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**  
**по основной образовательной программе подготовки магистров по направлению 15.04.05**  
**«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»,**  
**профиль подготовки «Конструирование технологического оборудования», ИШНПТ ТПУ,**  
**отделение материаловедения, руководитель ООП Крауиньш П.Я.**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
<b>P1</b>	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> .
<b>P2</b>	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> .
<b>P3</b>	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> .
<b>P4</b>	<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> .
<b>P5</b>	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> .
<b>P6</b>	Внедрять и обслуживать современные высокотехнологические линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны	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> .

	здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	
<i>Универсальные компетенции</i>		
<b>P7</b>	Использовать <i>глубокие знания</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности 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> .
<b>8</b>	<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> .
<b>P9</b>	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 <i>следовать корпоративной культуре</i> 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> .
<b>P10</b>	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> .
<b>P11</b>	<i>Самостоятельно учиться</i> 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»**

---

Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки (специальность) Направление подготовки: 15.04.05  
«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**Магистерской диссертации**

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

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ61	Кормилицын Алексей Михайлович

Тема работы:

<b>Виброзащита прессо-штампового оборудования</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Объект исследования: Двухкаскадный гидроневмоамортизатор. В первый каскад произвести закачку масла давлением не менее 1 (МПа), второй каскад сделать без давления.</i>
--	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Провести информационно-аналитический обзор конструкций и устройств, которые применяются для виброзащиты. Оценить их достоинства и недостатки. На основании этого разработать принципиальную схему, расчётную схему, математическую модель.</i></p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>Принципиальная схема. Структурная схема. Построить графики перемещения и скорости от времени.</i></p>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Информационно-аналитический обзор</p>	<p>Крауиньш П.Я</p>
<p>Расчеты и аналитика</p>	<p>Крауиньш П.Я</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Хапёрская А. В</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева И. Л.</p>
<p>Английский язык</p>	<p>Степура С. Н.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Информационно-аналитический обзор</p>	

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

**Задание выдал руководитель:**

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Профессор</p>	<p>Крауиньш П.Я</p>	<p>Д.Т.Н</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8НМ61</p>	<p>Кормилицын Алексей Михайлович</p>		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8НМ61	Кормилицын Алексей Михайлович

<b>Институт</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Материаловедения</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость ресурсов принять как среднюю по г.Томску, заработную плату принять по окладу ТПУ</i>
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные организации принять 27,1%</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Потенциальные потребители результатов исследования, Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ, Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Структура работ в рамках научного исследования, Определение трудоемкости выполнения работ, Разработка графика проведения научного исследования, Расчет материальных затрат НТИ, Основная заработная плата, Дополнительная заработная плата, Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Интегральный финансовый показатель, Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки,</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Хапёрская Елена Васильевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8НМ61	Кормилицын Алексей Михайлович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8НМ61	Кормилицын Алексей Михайлович

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Материаловедения</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистратура</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»</b>

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: устройство для виброзащиты прессово-штамповочного оборудования.
--	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<b>1. Производственная безопасность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень вибрации на рабочем месте;</li> <li>– недостаточная освещенность;</li> <li>– отклонение показателей микроклимата от нормы;</li> <li>– электрический ток.</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	– анализ воздействия объекта на атмосферу ;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– возникновение ЧС – пожар на рабочем месте.</li> <li>– источники пожара: замыкание электропроводки.</li> </ul>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	– специальные правовые нормы трудового законодательства.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ61	Кормилицын Алексей Михайлович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 107 страниц , 24 таблицы , 19 источников, 25 рисунков, 2 приложения.

Ключевые слова: амортизатор, виброзащита, рукава высокого давления, вибрация, гидропневмоаккумулятор, кузнечнопрессовое оборудование.

Предметом исследования является гидравлическая система для виброзащитызданий, сооружений, персонала, генерируемого молотом или вырубными прессами большой мощности.

Цель работы: исследование устройства гашения вибрационных и ударных нагрузок, действующих на фундаменты.

В магистерской диссертации были теоретически исследованы существующие устройства виброзащиты, фундаменты технологического оборудования, проведен сопоставительный анализ их достоинств и недостатков.

В результате исследования составлены принципиальная и расчётная схемы, произведены требуемые исследования, предложена доработка уже существующего устройства, за счёт добавления второго амортизирующего каскада в виде рукавов высокого давления.

Научная новизна заключается в разработке математической модели устройства виброзащиты для прессово-штамповочного оборудования.

Степень внедрения: возможно, применять на предприятиях, где технологическое оборудование, испытывает ударные и вибрационные нагрузки.

Область применения: предприятия, применяющие технологическое оборудование, которое испытывает ударные и вибрационные нагрузки.

Экономическую эффективность устройства можно определить увеличением интенсивности гашения вибраций, возрастанием срока эксплуатации оборудования, возможностью регулировки параметров, влияющих на время восстановления системы, а также уменьшением затрат на производстве.

## СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В работе приняты следующие сокращения:

РВД - рукава высокого давления:

ВКР - выпускная квалификационная работа.

В работе приняты следующие нормативные ссылки:

- 1.ГОСТ 12.1.046-2014: Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок
2. ГОСТ 12.0.000-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
- 3.СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки // Библиотека гостей и нормативов. 2016
- 4.ГОСТ 31319-2006. Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах
5. ГОСТ 12.1.012 – 2004. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
6. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности
- 7.ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
8. ГОСТ 12.0.002-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ)
9. СП 76.13330.2016. Электротехнические устройства
10. ГОСТ ИЕС 61140-2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования
11. ГОСТ Р 22.3.12-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Средства защиты медицинские. Общие технические требования
12. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

13. Гост 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

14. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21)

15. Трудовой Кодекс Российской Федерации, статьи 91, 99, 112-113

16 . ГОСТ 12.4.024-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования

17. ГОСТ 12.4.010-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	13
<b>1. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Обзор класса оборудования.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Обзор строительных и виброизолированных фундаментов .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Обзор виброгасящих устройств.....</b>	<b>24</b>
<b>1.4 Обзор рукавов высокого давления .....</b>	<b>27</b>
1.5 Обзор регулирующих гидроаппаратов.....	29
<b>1.6 Обзор гидроаккумуляторов.....</b>	<b>33</b>
<b>2. Объект исследования.....</b>	<b>38</b>
<b>3. Расчет и Конструкция .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Принципиальная схема.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Составление математической модели .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3 Расчетная схема .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4 Исследование математической модели.....</b>	<b>44</b>
<b>3.5 Оценка параметров.....</b>	<b>45</b>
<b>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Общие сведения о научном исследовании.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2 Предпроектный анализ .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.2 Анализ конкурентных технических решений .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.3 Fast- анализ.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.4 SWOT-анализ .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3 Определения возможных альтернатив проведения научных исследований .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4 Планирование научно-исследовательских работ .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования .....</b>	<b>60</b>
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	61
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	62
<b>4.4.4 Расчет материальных затрат НТИ .....</b>	<b>64</b>
<b>4.4.5 Основная заработная плата .....</b>	<b>65</b>
<b>4.4.6 Дополнительная заработная плата научно производственного персонала .....</b>	<b>68</b>
<b>4.4.7 Отчисления во внебюджетные фонды .....</b>	<b>68</b>
<b>4.4.8 Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями .....</b>	<b>69</b>
4.4.9 Накладные расходы.....	71
4.4.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	71

4.5	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	72
4.6	Реестр рисков проекта.....	75
5.	<b>СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ</b> .....	77
5.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	77
5.2	Повышенный уровень вибрации на рабочем месте.....	78
5.3	Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	80
5.4	Отклонение показателей микроклимата от нормы.....	82
5.5	Электрический ток .....	83
5.6	Экологическая безопасность.....	84
5.7	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	85
5.8	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	86
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	87
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	88_Тос516472196
	Приложение А.....	91
	Приложение Б.....	114

## **ВВЕДЕНИЕ**

При работе современных механизмов и машин у большинства возникают вибрации, что достаточно часто встречается в промышленности и является вредным производственным фактором. Вибрация оказывает отрицательное воздействие на здоровье человека и на его работоспособность, а так же приводит к развитию вибрационной болезни, поэтому так актуальна тема максимального уменьшения вибраций на производстве.

Так как погасить вибрации полностью невозможно, необходимо снизить их до допустимых значений с помощью виброзащитных систем. В настоящее время существуют различные типы виброзащиты оборудования и персонала. Это конструкционные виброизолированные фундаменты, виброгасящие покрытия из резины, пружинные амортизаторы разных конструкций и типов. Для того что бы создать эффективную виброзащиту необходимо знать, какие именно вибрации нужно погасить. То есть, необходимо знать их амплитуду и частоту, а также уровень до которого их необходимо снизить. Для того чтобы устройство виброзащиты было наиболее эффективным необходимо определить место его установки: под фундаментом или между основанием установки и фундаментом. Ошибки при неточности исходных параметров и расчете системы могут привести к тому, что эффект от виброзащиты будет нулевым, а в худшем случае отрицательным, из-за этого система войдет в резонанс.

**Объект исследования:** устройство для виброзащиты прессово-штамповочного оборудования.

**Цель данной работы:** разработка виброзащитного устройства для прессово-штамповочного оборудования.

**Задачи исследования:**

1. Разработать конструкцию и принципиальную схему устройства;
2. Описать принцип работы устройства;
3. Разработать математическую модель устройства;
4. Провести необходимые исследования.

# 1. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

## 1.1 Обзор класса оборудования

Кузнечный молот относится к технологическим машинам ударного действия, которые пластически деформируют нагретый до ковочных температур металл.

Существует три класса молотов:

1. Малогаборитные молоты. Такие молоты позволяют ковать болванки размеров до  $100 \times 100$ . Энергия их удара составляет до 1 МДж;

2. Среднегаборитные молоты. С помощью таких молотов коуют болванки размерами до  $200 \times 200$ . Энергия удара может составлять от 1 до 2 МДж.

3. Крупногаборитные молоты. Они допускают кование болванок размеров до  $350 \times 350$ . Энергия их удара составляет от 2 до 4 МДж.

В данной работе будет рассмотрен крупногабаритный молот.

По принципу действия крупногаборитные молоты делятся на: паровоздушные, высокоскоростные и приводные. Ниже представлена таблица с их характеристиками.

Таблица 1.1 - Классификация молотов по принципу действия

Класс молота	Тип приводного устройства	Энергоноситель (рабочее тело)	Конструктивное исполнение	Технологическое назначение	Наименование молотов
Паровоздушные молоты	Групповой от котельной или компрессор	Пар, либо сжатый воздух	Шаботные	Ковка	Паровоздушные ковочные
				Горячая штамповка	Паровоздушные штамповочные
			Бесшаботные	Листовая штамповка	Паровоздушные листоштамповочные
Высокоскоростные	Индивидуальный	Газ высокого давления	Бесшаботные	Горячая штамповка	Высокоскоростные газовые
		Горючая смесь или взрывчатое вещество		Резка металла	Импульсные ножницы
				Горячая штамповка	Высокоскоростные взрывные
Приводные	Индивидуальный электропривод	Сжатый воздух	Шаботные	Свободная ковка	Пневматические ковочные
		Механические связи		Горячая штамповка	Пневматические штамповочные
		Жидкость высокого давления			Гидравлические

Опишем данные классы молотов более подробно.

Конструктивно паровоздушный молот состоит из таких элементов, как станина, на которой крепится весь рабочий узел машины. Рабочими элементами данного оборудования являются поршневая система, рабочий шток, бабка на которой крепится направляющий элемент и сам молот. (Рисунок 1.1).

Принцип работы данного оборудования основан на ударах, который наносит, молот по заготовке, закрепленной на нижней части штампа.

Важные характеристики: сила энергии кинематического типа данного молота и масса его удара. В рабочих характеристиках определяющей является масса удара, так как именно путем наносимых ударов осуществляется

штампование и деформация заготовок. Производительность данного оборудования зависит от количества ударов в минуту, производимых рабочей бабой. В зависимости от модели и конструкции молота варьируется число наносимых ударов, которое может изменяться от пятидесяти до ста ударов в минуту.

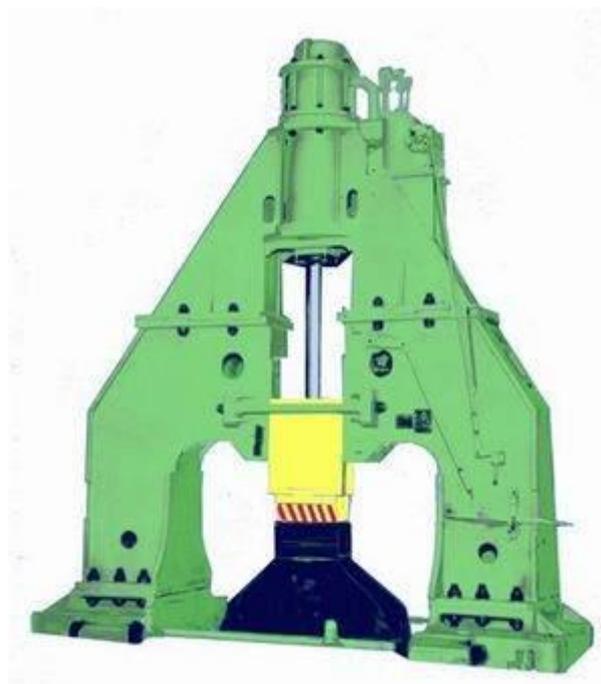


Рисунок 1.1 - Паровоздушный молот [17]

Высокоскоростные молоты относятся к машинам динамического и ударного воздействия на поковку (Рисунок 1.2). Для привода рабочих подвижных частей используют энергию расширения инертных газов, сжатых под большим давлением, взрыва горючих газовых смесей и взрывчатых веществ.

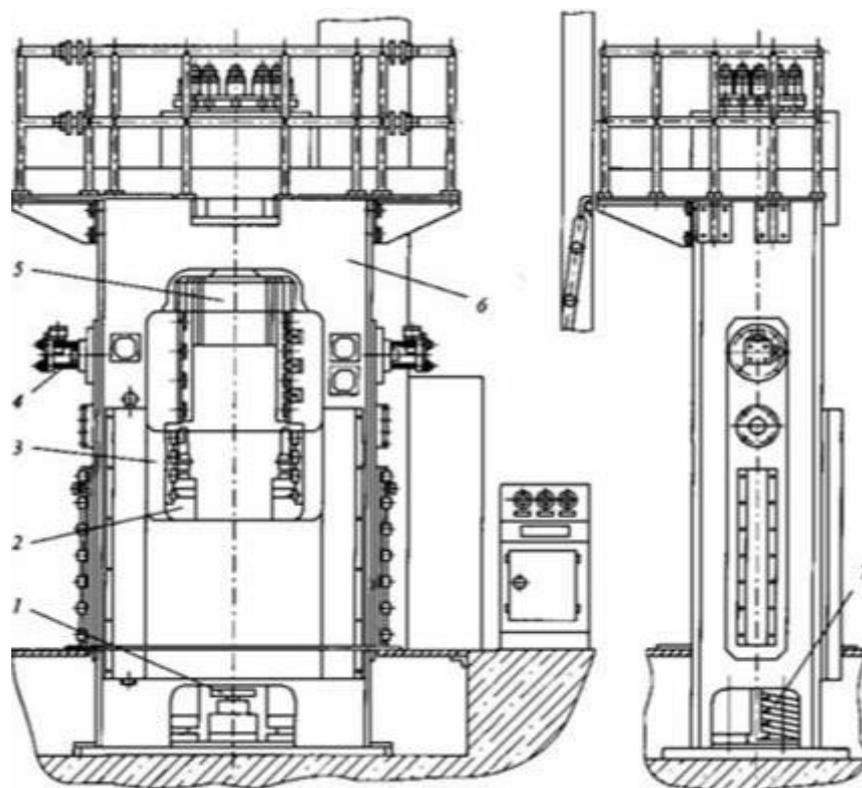


Рисунок 1.2 - Схема высокоскоростного газового молота[18]

Высокоскоростные молоты. Конструктивное исполнение таких молотов является бесшаботным, т. е. это молоты двустороннего действия. Во время рабочего хода шток с бабой и верхним штампом под действием давления газа движется вниз, а рама с нижним штампом под действием реактивных сил вверх.

Молоты такого типа имеют ряд недостатков:

- для обеспечения необходимого давления газа требуются мощные и дорогие аккумуляторные и компрессорные станции;
- механическое устройство для удержания бабы на весу сложно по конструкции и ненадежно в работе;
- отсутствует механизм предотвращения повторного удара бабы;
- необходимость возврата гидроцилиндров подъема бабы в исходное положение к моменту пуска снижает производительность молота (Рисунок 1.2).

Более экономичными и удобными в работе являются высокоскоростные молоты взрывного действия.

Приводные молоты. Приводные молоты более экономичны, чем паровые, но менее универсальны и не приспособлены к нанесению одиночных ударов. Поэтому они применяются главным образом для выполнения операций протяжки и разгонки. С увеличением веса падающих частей стоимость приводных молотов резко возрастает, и они становятся нерентабельными.

Приводные ковочные молоты можно разделить на две основные группы: механические и пневматические.

Приводные пневматические молоты бывают различных конструкций и размеров с массой падающих частей от 30 до 2000 кг. Приводные пневматические молоты просты в управлении и обслуживании. Данные молоты широко используются в кузницах, металлообрабатывающих заводах и мастерских, где их используют для изготовления широкой номенклатуры поковок.



Рисунок 1.3 - пневматический ковочный молот[19]

Для исследования был выбран крупногабаритный ковочный пневматический молот С41-2000, который показан на рисунке 1.3.

Далее представлена таблица 1.2 технические характеристики молотов серии С41.

Таблица 1.2 - технические характеристики молотов С41

Модель С41		С41-40	С41-75	С41-400	С41-750	С41-1000	С41-2000
Вес падающей части (кг.)		40	75	400	750	1000	2000
Ударная мощность (КДж)		0.53	1.0	9.5	19	27	54
Nombre de coups(fois/min)		245	210	120	105	95	80
Высота рабочей зоны (мм)		245	297	530	670	800	1000
Расстояние от оси вала до края молота (мм)		235	280	520	750	770	950
Верхняя поверхность наковальни (длина x ширина) (мм)		120x50	145x65	250x120	330x160	365x180	400x300
Нижняя поверхность наковальни (мм)		120x50	145x65	250x120	330x160	365x180	400x300
Максимальный размер заготовки	кубковая выковка (мм x мм)	52x52	75x75	220x220	270x270	290x290	350x350
	цилиндрическая выковка (диаметр) (мм).	Φ68	Φ85	Φ240	Φ300	Φ320	Φ400
Двигатель	Модель.	Y132M1-6-B3	Y160M-6-B3	Y200L-4-B3	Y280M-6-B3	Y315S-6-B3	Y315L2-6-B3
	Мощность (kW)	4	7.5	30	55	75	132
Вес молота	Основной агрегат (kg)	710	2300	8000	17000	20000	48000
	Основание молота (kg)	420	950	4800	9000	13000	24000
Габариты молота		1400x 600x 1500	1400x 800x 1853	2785x 1400x 2884	3905x 1370x 3175	4125x 1500x 3770	4200x 2300x 4390

## 1.2 Обзор строительных и виброизолированных фундаментов

Фундамент молота служит не только для установки молота и обеспечения его устойчивости во время работы, но и принимает на себя возникающие нагрузки, при эксплуатации молота. Качество фундамента влияет

на работоспособность молота, на состояние и работу другого оборудования, расположенного поблизости, а также непосредственно на персонал, находящийся вблизи работающего молота.

Фундаменты молотов делятся на две группы:

- Строительные фундаменты под шабот (опорные, жесткие);
- Виброизолированные фундаменты под шабот (фундаменты с виброзащитными устройствами).

Опорные фундаменты применяют для бесшаботных молотов. Они представляют собой железобетонный массив, в форме прямоугольного параллелепипеда залитого в глубокую яму с наличием колодцев для крепления анкерных болтов, с помощью которых крепят стойки станины молота.

Жесткие фундаменты применяют для всех типов молотов. Жесткие фундаменты под молоты проектируют в виде монолитных блоков, с углублением для шабота, в зависимости от конструкции молотов. На рисунках 1.2, 1.3, 1.4 представлены схемы жестких фундаментов.

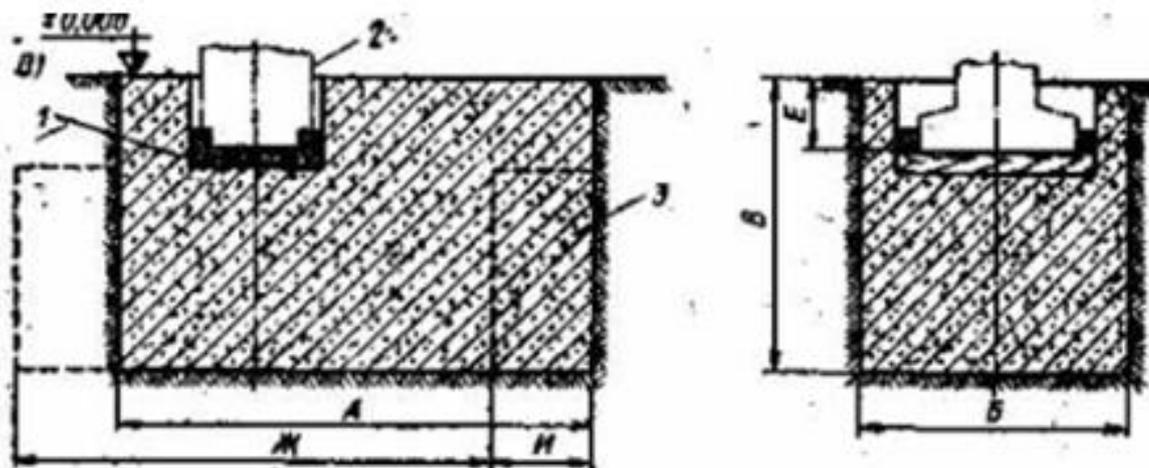


Рисунок 1.4 - Схемы фундаментов под пневматические ковочные молоты[13]:

а - жесткий фундамент, 1 - подшаботная прокладка, 2 - шабот, 3 - бетон

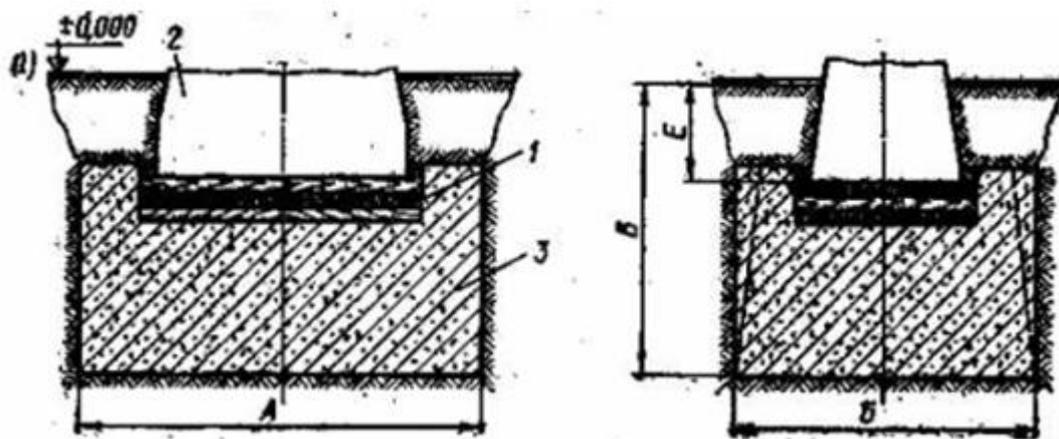


Рисунок 1.5 - Схемы фундаментов под паровоздушные штамповочные молоты[13]:

а- жесткий фундамент, 1-подшаботная прокладка, 2-шабот, 3- железобетон

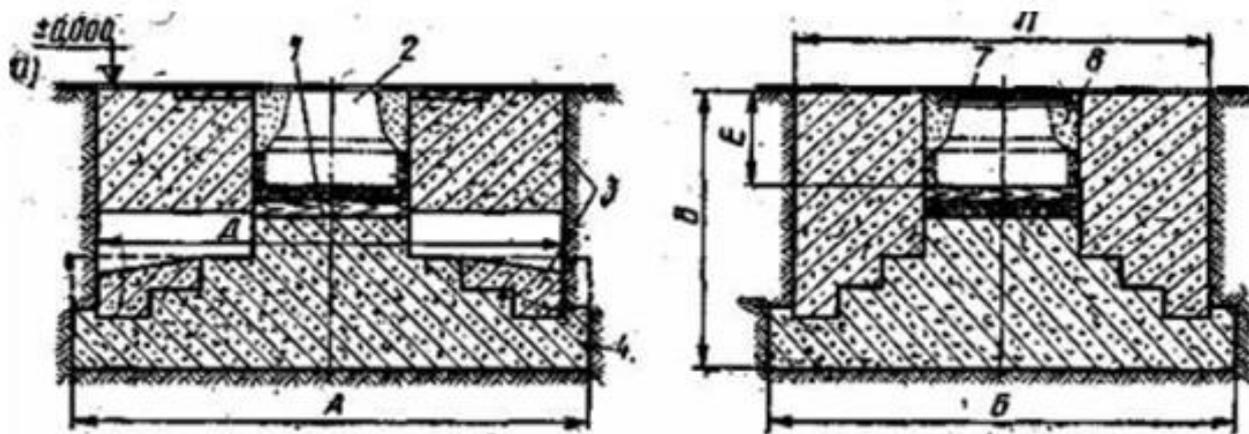


Рисунок 1.6 - Схемы фундаментов под паровоздушные ковочные молоты[13]:

а - жесткий фундамент, 1- подшаботная прокладка, 2 - шабот, 3-бетон

Далее перейдем к виброизолированным фундаментам

Виброизолированные фундаменты под шабот выполняются опорными, подвесными, и подвижными. В их конструкции шабот изолирован или имеет массивный железобетонный блок.

В виброизолированных фундаментах применяют амортизаторы и виброгасители, устанавливаемые под железобетонным блоком фундамента и опирающиеся на него железобетонный короб. В качестве амортизатора применяют, жесткие тарельчатые и кольцевые пружины, резину.

На рисунках 1.5, 1.6, 1.7 представлены схемы виброизолированных фундаментов.

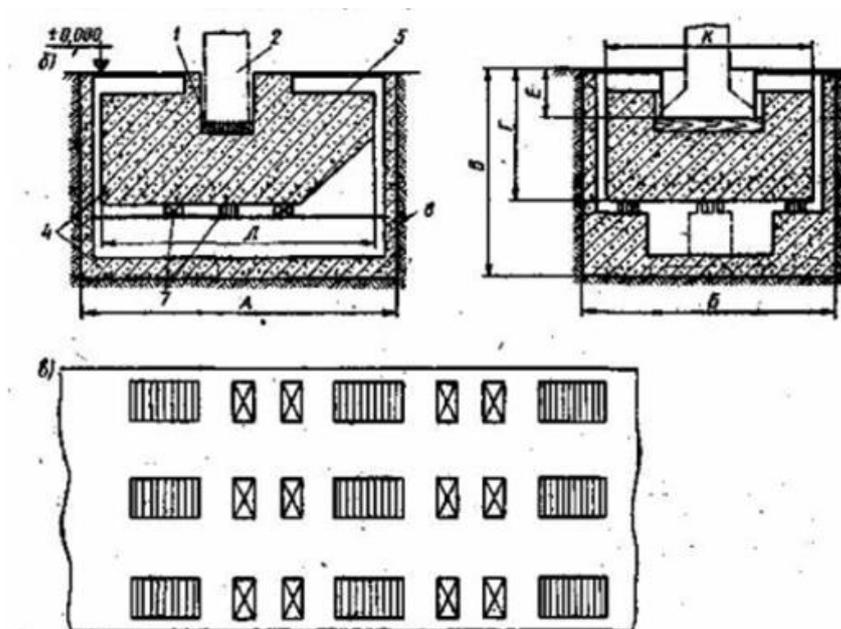


Рисунок 1.7 - Схемы фундаментов под пневматические ковочные молоты[13]:

б-виброизолированный фундамент, в-расположение виброизоляторов; 1- подшаботная прокладка, 2-шабот, 3-бетон, 4-железобетон; 5- фундаментный блок; 6 – подфундаментный короб, 7-виброизоляторы.

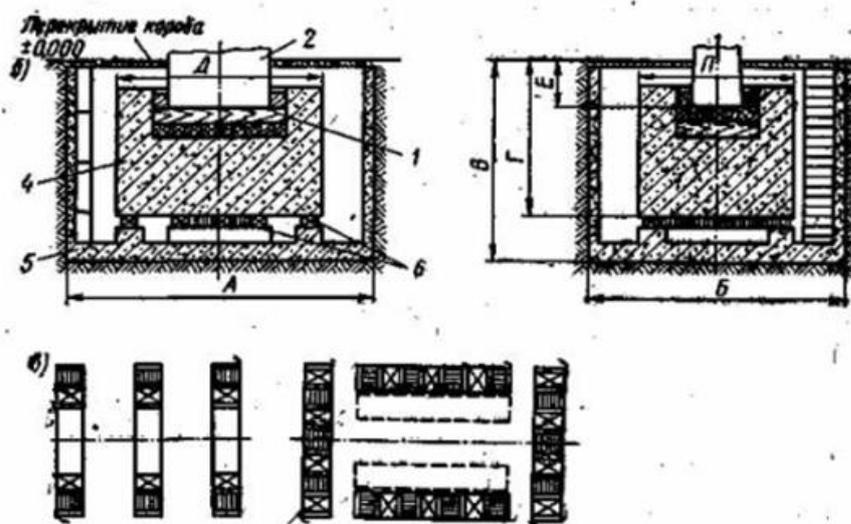


Рисунок 1.8 - Схемы фундаментов под паровоздушные штамповочные молоты[13]: б-виброизолированный фундамент, в-расположение виброизоляторов; 1-подшаботная прокладка, 2-шабот, 3- железобетон; 4- фундаментный блок; 5 – подфундаментный короб, 6-виброизоляторы.

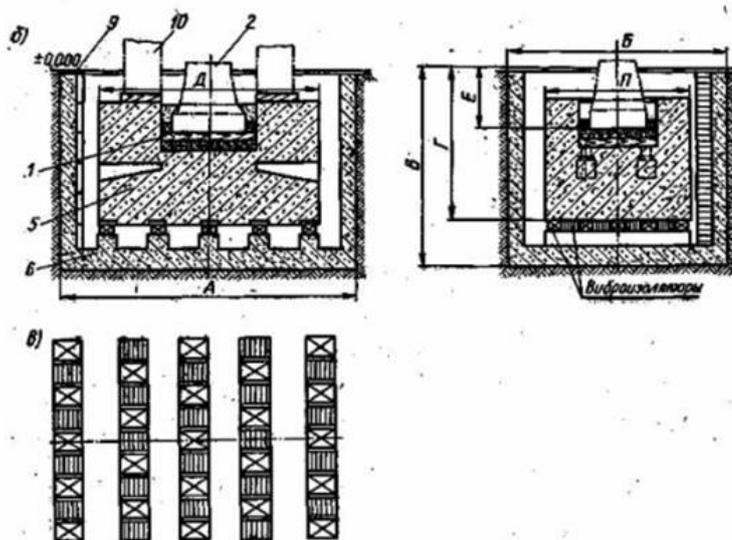


Рисунок 1.9 - Схемы фундаментов под паровоздушные ковочные молоты[13]: а- жесткий фундамент, б-виброизолированный фундамент, в-расположение виброизоляторов; 1-подшаботная прокладка, 2-шабот, 3-бетон, 4-железобетон; 5- фундаментный блок; 6 – подфундаментный короб, 7-брусья, 8- утрамбованная глина, 9-перекрытнeе корoба,10- станина молота

Виброизолированные фундаменты значительно снижают вибрации ,но жесткие фундаменты проще в изготовлении и требуют меньше материалов на свое сооружение и по сравнению с виброизолированными дешевле в 2-3 раза.

Подшаботная виброизоляция (опорная и подвесная) проще в изготовлении. (рисунок 1.10), обладающит хорошими демпфирующими свойствами.

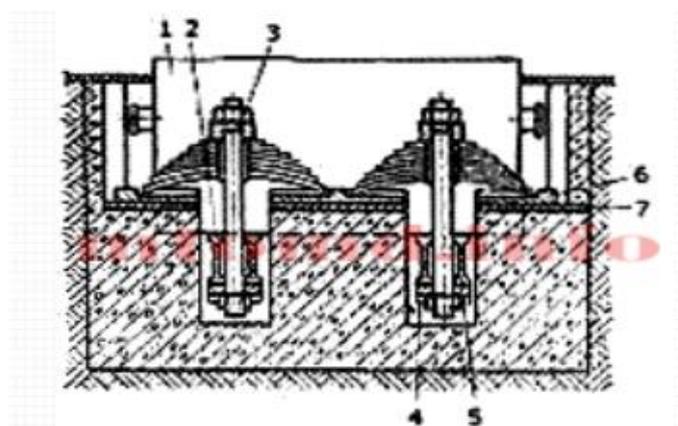


Рисунок 1.10 - Подшаботная виброизоляция[12]:

1 -шабот, 2-балка, 4- гайка, 5-замок, 6-опорная плита, 7-подкладка

Фундаменты с изоляцией инерционного блока сложны в изготовлении, в опорных конструкциях затруднено обслуживание упругих и демпфирующих элементов (рисунок 1.11).

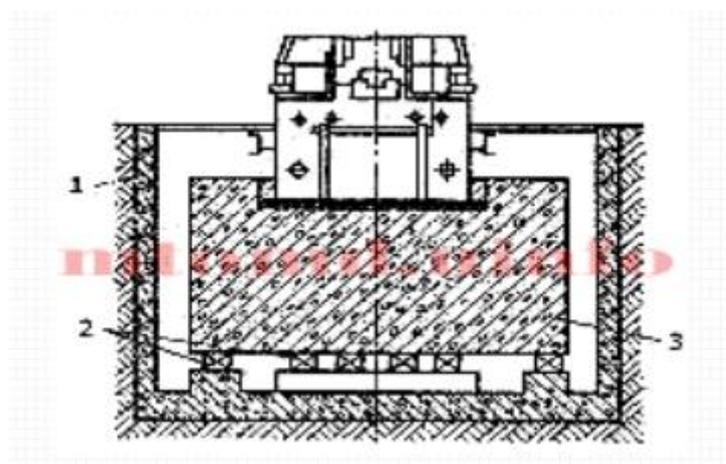


Рисунок 1.11 - Фундаменты с изоляцией инерционного блока[12]

### 1.3 Обзор виброгасящих устройств

Для крупногабаритных молотов рекомендуются пневматические или гидравлические виброгасящие устройства.

Изобретение используется для гашения ударных и вибрационных нагрузок, воздействующих на основание фундамента.

Устройство содержит корпус, размещенные в нем поршень, скрепленный с последним полый шток с компенсационной полостью, сообщенный с надпоршневой и подпоршневой полостями, и закрепленный на корпусе элемент с каналом, соединяющий надпоршневую и подпоршневую полости. Устройство также снабжено регулируемым предельным клапаном, установленным в канале, и обратным клапаном, установленным в отверстии поршня и соединяющим компенсационную и подпоршневую полости.

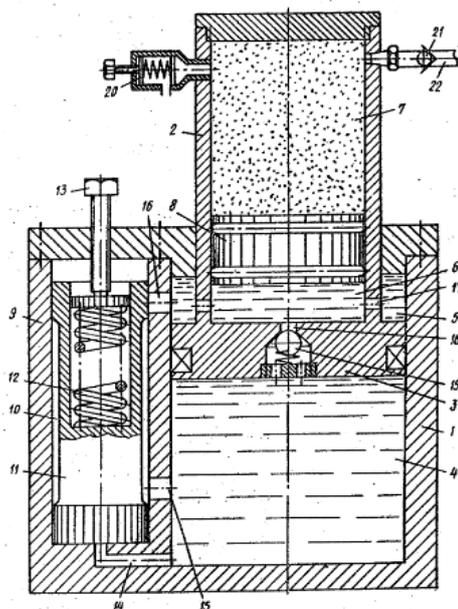


Рис.1.12 - Гидропневматическая подушка

Главный минус данной установки – это её недостаточная эффективность при переменах уровня воздействующей ударной нагрузки.

Установка является одним из средств защиты от вибраций различных объектов.

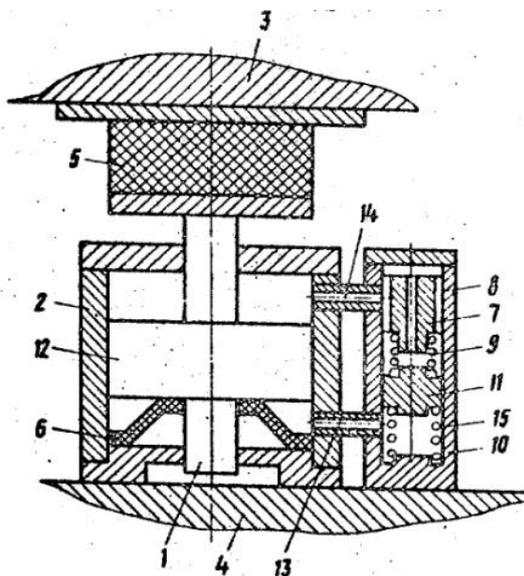


Рис.1.13 Амортизатор:

1- промежуточная масса, 2 – гидроцилиндр, 3 – объект, 4 – основание, 5 и 6 – упругие связи, 7 – гаситель колебаний (выполнен в виде поршня), 8 – осевые каналы, 9 – упругий элемент, 10 – второй гидроцилиндр, 11 и 12 – поршни, 13 и 14 – каналы, связывающие над- и подпоршневые полости, 15 – упругий элемент

Работа амортизатора происходит так: сначала усилия объекта 3 переходят в упругую связь 5 и на поршень 12, затем в рабочую область к поршню 11. Через элемент 9 к поршню 11 передаются инерционные усилия, которые развиваются в гасителе 7. Данные усилия практически совпадают с величиной усилий, действующих на тот же поршень 11 со стороны рабочей области, следовательно, получаемые усилия находятся в противофазе относительно друг друга. При снижениях амплитуды колебаний на поршне 11 влечет за собой снижение амплитуды и на поршне 12, что снижает динамические нагрузки, прикладываемые к объекту. Существует зависимость массы гасителя от площади поршня, так, чем больше площадь поршня 12, по сравнению с поршнем 11, тем меньше требуемая масса гасителя колебаний. Важным преимуществом является расположение в устройстве гасителя колебаний 7, т. к. его можно настраивать, не разбирая все устройство целиком.

Главным минусом является сравнительно малый частотный диапазон гашения колебаний. Получается такой диапазон по причине постоянного соотношения диаметров поршней и одинаковой скорости движения поршня в обоих направлениях.

Гидропневматический амортизатор содержит промежуточную массу с упругой связью, выполненную на рукавах высокого давления, сдеформированных в радиальном направлении. Промежуточная масса установлена на рукавах высокого давления, которые гидравлически связаны с гасителем колебаний. Гаситель колебаний состоит из обратного клапана и регулируемого дросселя, соединенных параллельно, а далее - с гидропневмоаккумулятором. Достигается повышение эффективности демпфирования ударной нагрузки, передаваемой на основание.

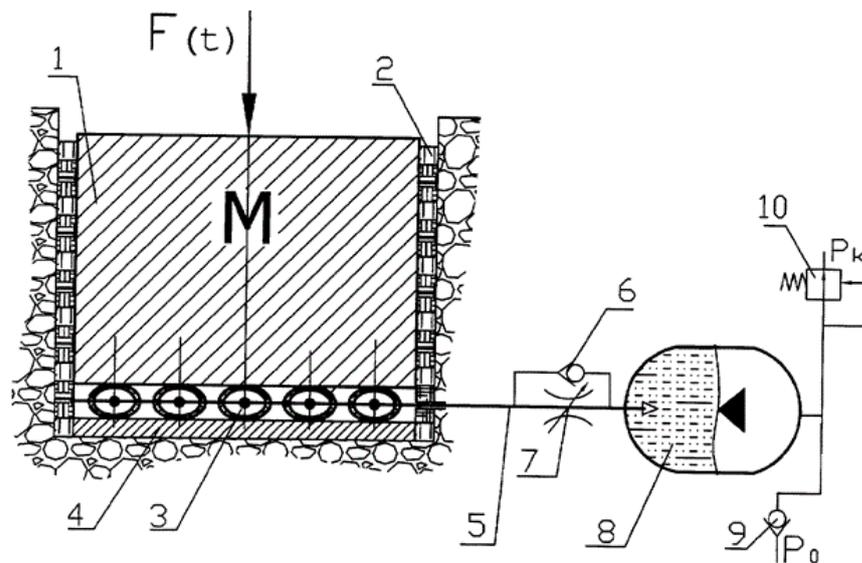


Рис.1.14 - Гидропневматический амортизатор[]

Основной недостаток возможность гашения уровня вибрации в пределах 40 дБ.

Далее рассмотрим основные конструкционные элементы гидравлического амортизатора, которые в него входят . В гидравлических устройствах для гашения вибрации используется рукава высокого давления, потому что они обладают высоким коэффициентом гибкости.

#### 1.4 Обзор рукавов высокого давления

Рукава высокого давления используются в гидравлических системах в качестве гибких трубопроводов для подачи под высоким давлением рабочих жидкостей. Рукава высокого давления представляют собой комплекс, состоящий из резинового рукава с металлической оплеткой.

Обозначения рукавов высокого давления:

Оплеточного типа:

1ST - Однослойная латунированная оплетка;

2ST - Двуслойная латунированная оплетка;

1SN - Однослойная оплетка с более тонким наружным слоем резины;

2SN - Двуслойная оплетка с более тонким наружным слоем резины;

Навивочного типа:

4SP - Четырехслойная оплетка. Для средних давлений. Оплетка в виде спиральной, стальной проволоки;

4SN - Четырехслойная оплетка. Для высоких давлений. Оплетка из особо прочной проволоки;

R12 -Четырехслойная оплетка. Для продолжительных работах при высоких температурах и среднем давлении.

R13, R12 -Многослойная оплетка (чаще всего это шестислойная). Работа при высоких нагрузках и больших давлениях. Срок службы у таких рукавов повышенный.

Подробнее рассмотрим характеристики рукавов высокого давления 1ST и 2ST.(Таблица 1.4-1.5)

1. На рисунке 1.15 показан РВД 1ST



Рисунок 1.15 - РВД 1ST[15]

Таблица 1.4 - Технические характеристики рукавов высокого давления 1ST

Номинал. D	Внутр. D	D по наруж. оплётке	Наруж. D	Рабочее давление		Разрывное давление	Радиус изгиба	Вес 1 пог. м
				атм	psi			
мм	мм	мм	мм	атм	psi	атм	мм	кг
5	4,8	9,5	11,8	250	3625	1000	90	0,19
6	6,4	1,1	13,4	225	3265	900	100	0,21
8	7,9	12,7	15,0	215	3120	850	115	0,24
10	9,5	15,1	17,4	180	2610	720	130	0,33
12	12,7	18,3	20,6	160	2320	640	180	0,41
16	15,9	21,4	23,7	130	1885	520	200	0,45
19	19,0	25,4	27,7	105	1525	420	240	0,58
25	25,4	33,3	35,6	90	1275	350	300	0,88
31	31,8	40,5	43,5	65	915	250	420	1,23
38	38,1	46,8	50,6	50	725	200	500	1,51
51	50,8	60,2	64,0	40	580	160	630	1,97

2. На рисунке 1.16 показан РВД 2ST



Рисунок 1.16 –РВД 2ST[15]

Таблица 1.5 Технические характеристики рукавов высокого давления 2ST

Номинал. D	Внутр. D	D по наруж. оплётке	Наруж. D	Рабочее давление		Разрывное давление	Радиус изгиба	Вес 1 пог. м
				атм	psi			
5	4,8	11,1	13,4	415	6020	1650	90	0,31
6	6,4	12,7	15,0	400	5805	1600	100	0,33
8	7,9	14,3	16,6	350	5080	1400	115	0,39
10	9,5	16,7	19,0	330	4790	1320	130	0,50
12	12,7	19,8	22,2	275	3990	1100	180	0,59
16	15,9	23,0	25,4	250	3625	1000	200	0,71
19	19,0	27,0	29,3	215	3120	850	240	0,86
25	25,4	34,9	38,1	165	2395	650	300	1,28
31	31,8	44,5	48,3	140	1815	500	420	2,02
38	38,1	50,8	54,6	100	1305	360	500	2,23
51	50,8	63,5	67,3	90	1160	320	630	2,86

РВД с однослойной и двухслойной латунированной оплеткой способны выдерживать высокое давление и имеют высоким коэффициентом гибкости. Для нашего устройства мы выбрали РВД с одной металлической оплеткой. Далее рассмотрим дроссели коотрые входят в состав амортизатора.

### 1.5 Обзор регулирующих гидроаппаратов

Дроссель предназначенный для создания гидравлического сопротивления потоку жидкости.

**Линейные дроссели**, в таких дросселях потери давления определяются потерями давления по длине. Изменяя длину канала, по которому движется

жидкость, можно изменить потери давления и расход через дроссель (рисунок 1.17). Основным недостатком линейного гидродросселя является зависимость его характеристики от вязкости рабочей жидкости, а следовательно, и от температуры. Из-за этой температурной нестабильности характеристики линейные гидродроссели в системах управления объемными гидроприводами практически не применяются.

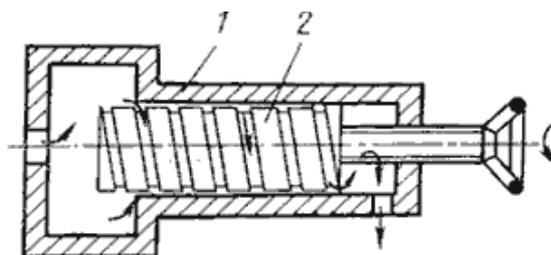


Рисунок 1.17 - Линейный дроссель:  
1 - корпус; 2 – винт

**Нелинейные дроссели** характеризуются тем, что режим движения жидкости через них турбулентный, а перепад давлений практически пропорционален квадрату расхода жидкости, поэтому такие дроссели часто называют квадратичными. В них потери давления определяются деформацией потока жидкости и вихреобразованиями, вызванными местными сопротивлениями.

В регулируемых гидродросселях наиболее часто используются игольчатые, золотниковые, клапанные, крановые, дроссели типа «сопло-заслонка». Рассмотрим конструктивные особенности этих типов гидродросселей.

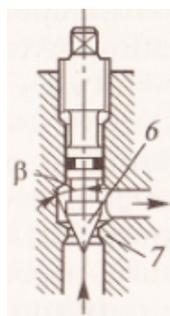


Рисунок 1.18 - Игольчатый дроссель [12]:  
6 - седло 7- запорно-регулирующий элемент

Недостатком игольчатого дросселя является то, что его запорно-регулирующий элемент не разгружен от давления в потоке жидкости, т.е. усилие, необходимое для управления, зависит от этого давления.

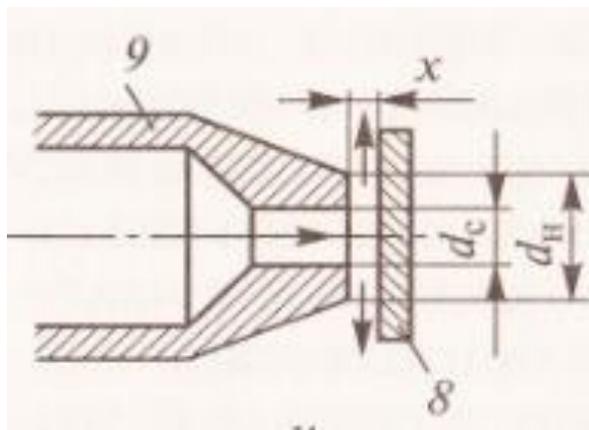


Рисунок 1.19 - Гидродроссель «сопло-заслонка»[12]:

8 - заслонка; 9- сопло

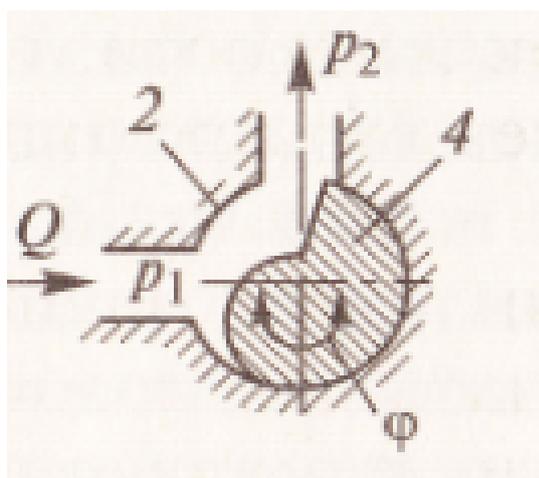


Рисунок 1.20 – Гидродроссель крановый[12]:

2 - корпуса; 4- кран

Недостатком кранового гидродросселя является использования в низконапорных гидросистемах, потому что его запорно-регулирующий элемент не разгружен от давления в потоке жидкости. Это при значительном рабочем давлении является причиной возрастания момента, необходимого для управления краном.

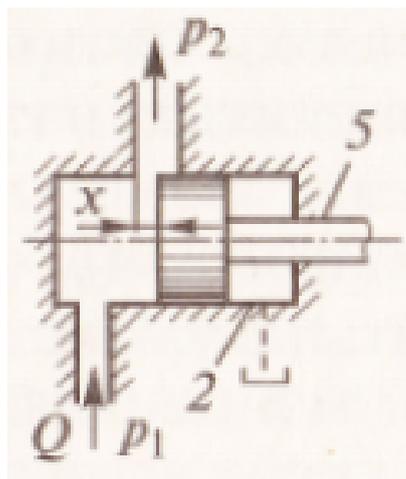


Рисунок 1.21 - Золотниковый с неразгруженным запорно-регулирующим элементом[12]: 2 - корпус; 5- кран

Недостатком является то что, запорно-регулирующий кран не разгружен от давления, поэтому усилие управления им зависит от давления в потоке жидкости.

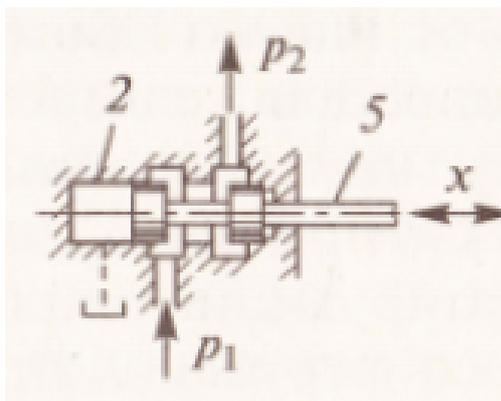


Рисунок 1.22 - Золотниковый с разгруженным запорно-регулирующим элементом[12]: 2 - корпус; 5- кран

Золотнковые гидродроссели используются в гидросистемах с низким рабочим давлением.

**Дроссель с обратным клапаном** предназначен для регулирования потока рабочей жидкости в одном направлении.

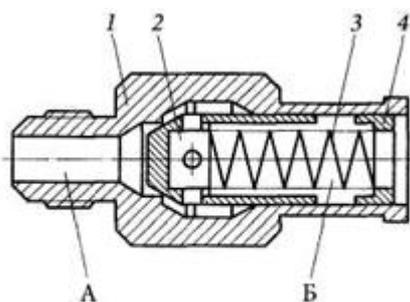


Рисунок 1.23 - Дроссель с обратным клапаном[12]:  
1 - корпус; 2- клапан; 3-пружина; 4-штулка; А-подвод; Б-отвод

В нашей конструкции будем дроссель с обратным клапаном .Далее рассмотрим гидроаккумуляторы.

## 1.6 Обзор гидроаккумуляторов

Гидроаккумулятор позволяет накапливать энергию сжатого газа или пружины и передавать её в гидросистему потоком жидкости, находящейся под давлением. Далее рассмотрим классификацию гидроаккумуляторов и их достоинства и недостатки.

Гидравлические аккумуляторы разделяются на два типа: гидроаккумуляторы с механическим накопителем и гидроаккумуляторы с пневматическим накопителем.

Гидроаккумуляторы с механическим накопителем по конструкции разделяются на две основные группы: грузовые гидроаккумуляторы и пружинные гидроаккумуляторы.

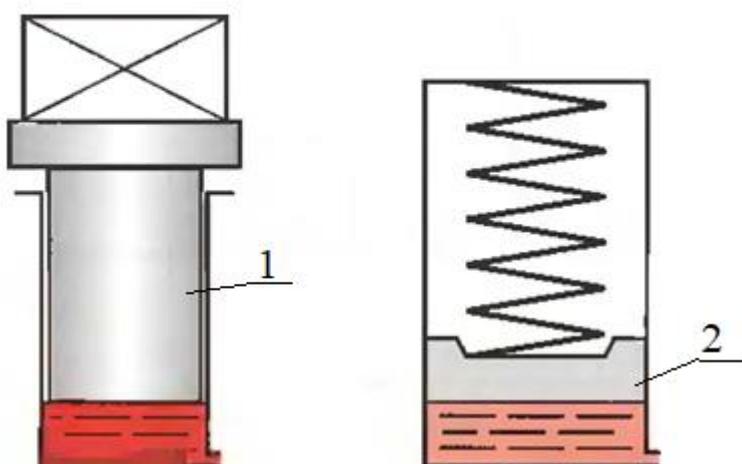


Рисунок 1.24 – Гидроаккумуляторы [16]:  
1-грузовой ; 2- пружинный

**Грузовой гидроаккумулятор** имеет ряд преимуществ :1)постоянное давление аккумулятора;2)простота конструкции;3)большой рабочий объём;4)низкая стоимость.

Недостатки грузового гидроаккумулятора: 1) низкая энергоёмкость; 2) невысокая инерционность; 3) громоздкость конструкции;

**Пружинный гидроаккумулятор** имеет преимущества: 1) простота конструкции; 2) невысокая стоимость.

Недостатки пружинный гидроаккумулятора: 1) давление зависит от характеристики и линейной деформации пружины; 2) небольшой рабочий объём.

**Пневматические гидроаккумулятор** имеет преимущества: высокая энергоёмкость при малых размерах;

Недостатки: давление аккумулятора изменяется в соответствии с процессом сжатия и расширения газа.

По конструктивному исполнению пневмогидроаккумуляторы делят на три типа: баллонные; поршневые; мембранные.

**Баллонный гидроаккумулятор** - самый распространенный тип аккумулятора на средний расход в гидроприводах быстрого действия. В

качестве разделителя среды используется резиновый баллон. Изначально баллон находится под давлением газа. Жидкостная полость соединена с системой. При увеличении давления в системе, баллон сжимается, вбирая в аккумулятор некоторое количество жидкости. При уменьшении давления сжатый газ вытесняет жидкость обратно в систему. Устанавливаются обычно вертикально или горизонтально. Полость жидкости должна находиться снизу. Работать могут в диапазоне температуры от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ . Каучуковый баллон по мере износа может быть заменен на новый.



Рисунок 1.25 - Баллонный гидроаккумулятор[16]

**Поршневой гидроаккумулятор** - простота конструкции обеспечивает ему сравнительно небольшую стоимость по сравнению с возможностью работать на больших объёмах (до 600 литров). Принцип работы такой же, как и у баллонного, с той лишь разницей, что в качестве разделительной среды используется металлический поршень. От материала уплотнений в поршне зависит среда и температура, с которой совместимы гидроаккумуляторы.

В связи со своими особенностями, поршневой аккумулятор имеет свои преимущества, по сравнению с остальными. Вот некоторые из них:

1. Высокое соотношение между давлением зарядки газа и максимальным рабочим давлением жидкости;

2. Экономичное решение использования газовых резервных баллонов для систем с низкой разницей давлений;
3. Возможны низкие скорости потока. Ограничение: максимальная скорость поршня;
4. Экономия мощности;
5. Высокий уровень эффективности гидравлической установки;
6. Отсутствие возникновения внезапного падения давления газа при износе уплотнений;
7. Компактность;
8. Контроль объема жидкости по всей длине хода поршня, например, с помощью электрического конечного выключателя.



Рисунок 1.26 - Поршневой гидроаккумуляторы[16]

**Мембранный аккумулятор** - ввиду своих небольших размеров, используется чаще всего там где, требуется моментальное высвобождение энергии при небольших размерах (например, станки или мобильная техника). Диапазон вместимости рабочей жидкости варьируется от 0,75 до 4 литров, допустимая рабочая температура от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ . Принцип работы схож с поршневым аккумулятором, только в качестве разделителя сред применяется каучуковая мембрана. Различают два типа мембранных аккумуляторов: со сварным и разборным корпусом. В сварной конструкции мембрана запрессована в кольцевой паз внутри корпуса, а специальная технология

обеспечивает минимальный нагрев во избежание повреждений мембраны при сварке. В этом заключается отличие от разборной мембраны, где верхняя и нижняя части корпуса соединены посредством резьбы. Такое устройство позволяет заменять мембрану, не меняя корпус.

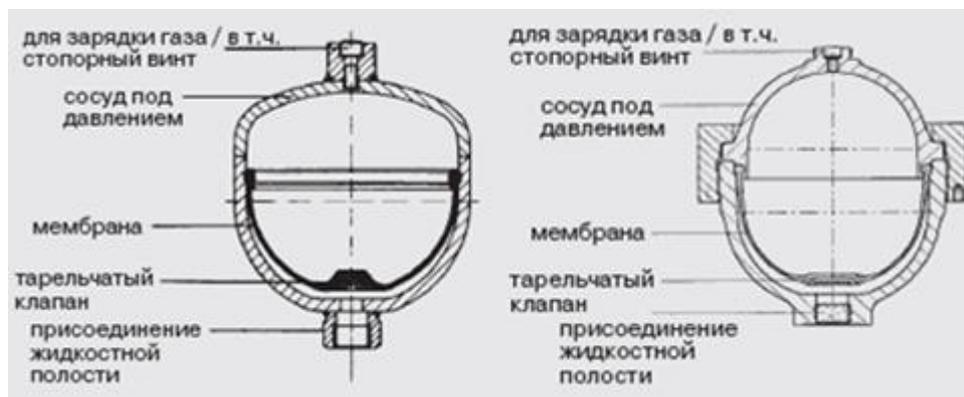


Рисунок 1.27 - Мембранный аккумулятор[16]

В нашей конструкции будем применять мембранный аккумулятор.

## **2. Объект исследования**

Объектом исследования является гидравлическое устройство для виброзащиты прессово-штамповочного оборудования.

Изобретение относится к области машиностроения для гашения вибрационных и ударных нагрузок, воздействующих на основание фундамента. В ходе рассмотрения строительных фундаментов и устройств виброзащиты современной разработкой является «гидропневматический амортизатор». Потому что в этом устройстве возможно регулировать параметр жёсткости за счёт изменения вязкого трения. Имеется недостаток возможность гашения уровня вибрации в пределах 40 дБ. Зная данные недостатки необходимо увеличить диапазон гашения вибраций, за счет конструкторской доработки. Для устранения данных недостатков предложена модель с добавлением второго пассивного амортизирующего каскада из рукавов высокого давления, устанавливаемого под фундамент молота.

### 3. Расчет и Конструкция

#### 3.1 Принципиальная схема

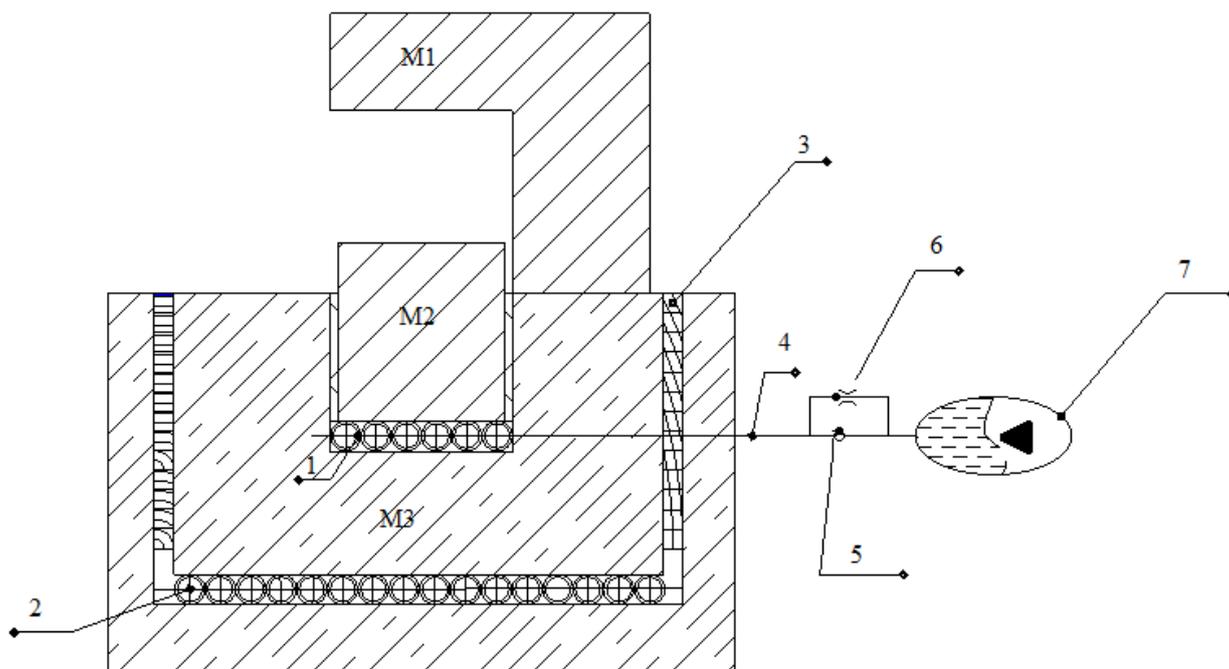


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема устройства виброзащиты прессово-штамповочного оборудования:  $M_1$ - масса станка;  $M_2$ -масса шабота;  $M_3$ -масса фундамента

Устройство состоит из массы шабота  $M_2$  которая перемещается в направляющих промежуточной массы фундамента  $M_3$  с воздействующей на неё массой станка  $M_1$ . Между массой станка  $M_1$  и массой фундамента  $M_3$  установлена упругая связь 1, между основанием и промежуточной массой фундамента  $M_3$  установлена упругая связь 2. Полости упругих связей 1 сделаны из рукавов высокого давления, заполнены жидкостью и соединены с трубопроводом 4, параллельно включающим установленные обратный клапан 6 и регулируемый дроссель 5 и соединён с Гидропневмоаккумулятор 10.

Устройство работает следующим образом. При воздействии силы  $F(t)$  объекта на массу шабота  $M_2$ , энергия воздействия от усилия  $F(t)$  передвигается в направляющих и деформирует рукава высокого давления (1). Жидкость из

полостей рукавов высокого давления (1) передвигается по трубопроводу (4), обратному клапану (5) поступает в гидропневмоаккумулятор (7), при этом давление  $P_0$  система поддерживает, потому что сжимаемость жидкости во много раз меньше сжимаемости газа. Величины перемещение будут увеличиваться до того, пока величина значения амплитудного воздействующего усилия  $F(t)$  будет равна или меньше усилия рукавов высокого давления, сформированных в радиальном направлении.

Далее сила  $F(t)$  снижается, а жидкость перемещается из гидропневмоаккумулятора (7) по дросселю 6 далее поступает в полость сформированных рукавов высокого давления с малой скоростью. Энергия  $F(t)$  гасится на дросселе (6).

Данное виброзащитное устройство состоит из двух циклов: 1 цикл осадка, 2 цикл подъем.

На основании принципиальной схемы создана 3D модель. На рисунке 3.2 виртуальная 3D модель.

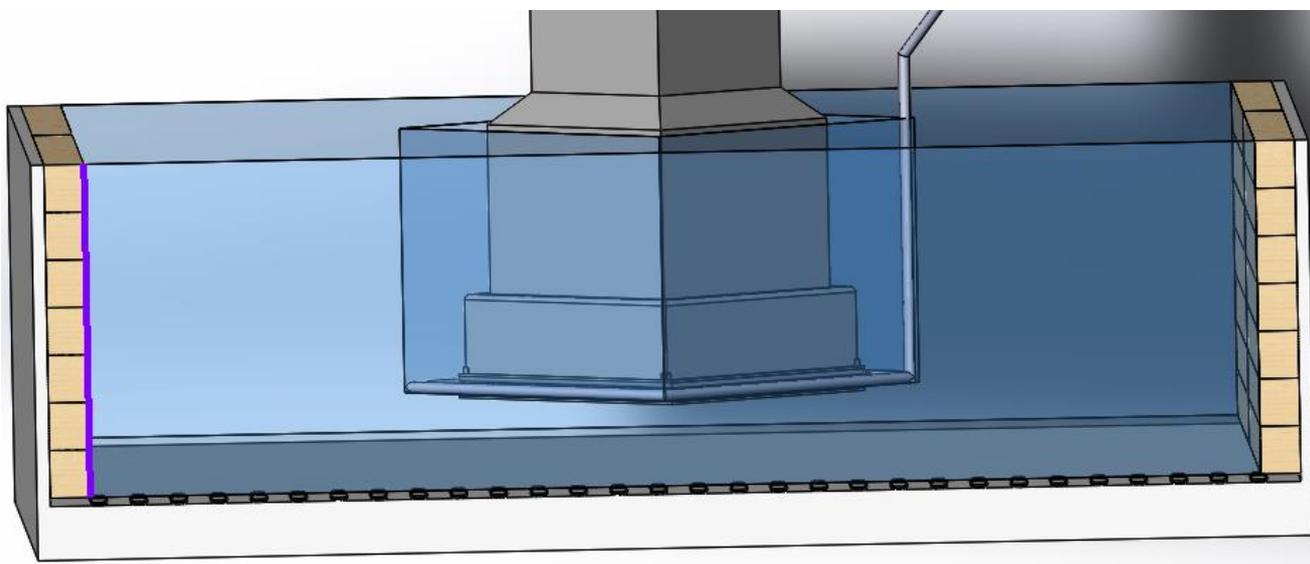


Рисунок 3.2 - Виртуальная 3D модель

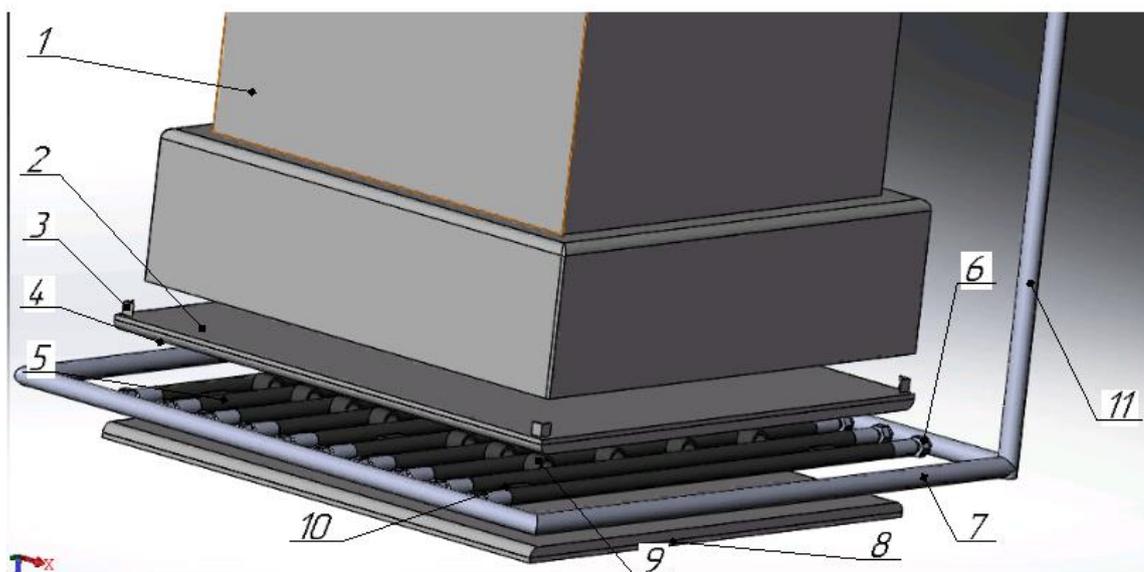


Рисунок 3.3 – Сборочная компоновка виртуальной 3D модели

Конструкция первого каскада состоит из шабота 1 который устанавливается на металлический лист 2 и фиксируется уголком 3 от перемещения в горизонтальной плоскости. Шабот 1 с металлическим листом 2 устанавливается на лист 4 который устанавливается на поверхность РВД 5, концы которых соединены с одним концом штуцера 6. Штуцеры 6 соединяются с гидравлическим трубопроводом 7 при помощи сварки, из трубопровода 7 отходит гидравлический трубопровод 10 который соединен с обратным клапаном и дросселем которые соединены с Гидропневмоаккумулятором . Рукава высокого давления 5 вместе во всей конструкции устанавливается на металлический лист 8. Трубопровод 7 и металлический лист 8 основанием устанавливается на металлический каркас, который фиксируется бетоном со всех сторон. Для фиксирования шабота между рукавами высокого давления 5 перпендикулярно укладываются небольшие куски РВД 9 и между РВД 5 в нескольких местах укладываются резиновые прокладки.

### 3.2 Составление математической модели

В данном разделе рассматривается математическое моделирование и исследование динамических процессов амортизатора для определения

оптимального режима работы. Для исследования устройства динамики необходимо знать коэффициент жесткости и коэффициент демпфирования, массу каждого узла исследуемой системы.

### 3.3 Расчетная схема

Составим расчётную схему устройства (рис.3.4)

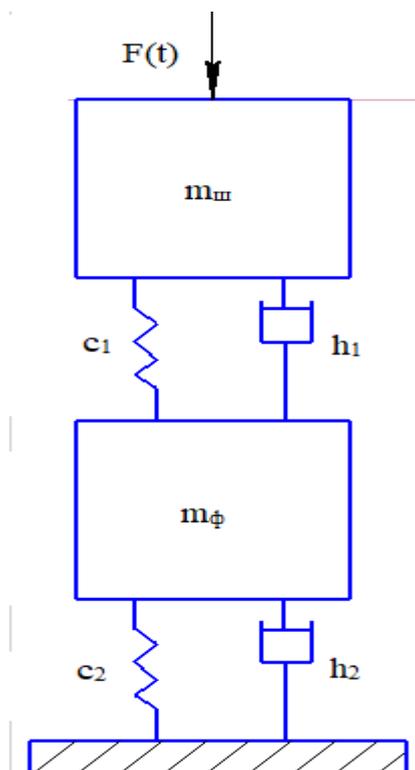


Рисунок 3.4 - Расчётная схема:

$c_1$  -упругая система первого каскада;  $c_2$ -упругая система второго каскада ;  
 $m_{ш}$ -масса шабота, $m_{ш}=(m_1)$ ;  $m_{ф}$  -масса фундамента, $m_{ф}=(m_2)$ ;  $h_1$  - трение в дросселе первого каскада;  $h_2$  - трение в деревянных направляющих второго каскада.

Под воздействием веса падающих частей молота  $F(t)$  масса шабота  $m_{ш}$  начинает двигаться с ускорением, возникает сила  $F_{инерции} = a_1 \cdot m_{ш}$ . На вязком элементе первого каскада  $h_1$  возникает сила  $F_{трения}$  пропорциональная разности скоростей  $V_1 - V_2$  и действует на массу шабота  $m_{ш}$  и на массу фундамента  $m_2$ ,  $F_{трения} = h_1 \cdot (V_1 - V_2)$ . Рукава высокого давления  $c_1$  сжимается возникает  $F_{упругости}$  пропорциональная разности перемещений массы шабота  $m_{ш}$  и массы фундамента  $m_2$  и действует на оба тела  $F_{упругости} = c_1 \cdot (x_1 - x_2)$ . Под внешним

воздействию веса падающих частей молота масса шабота  $m_1$  жёсткость рукавов высокого давления  $c_1$  и вязкого трения каскада  $h_1$  масса фундамента  $m_2$  начинает двигаться с ускорением возникает сила  $F_{инерции2} = m_ф \cdot a_2$ . На элементе второго каскада  $h_2$  возникает  $F_{трения}$  пропорциональная скорости  $F_{трения} = h_2 \cdot V_2$ . Рукава высокого давления  $c_2$  сжимается, возникает сила упругости  $F_{упругости}$  пропорциональная перемещению к массе фундамента  $m_ф$ ,  $F_{упругости} = c_2 \cdot X_2$ .

Расставим силы, действующие на систему. Для этого рассмотрим отдельно силы, действующие на первое (Рис. 3.5) и второе (Рис. 3.6) тела.

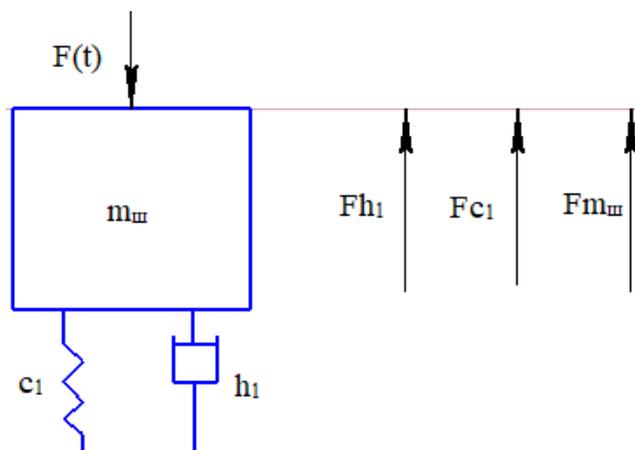


Рисунок 3.5 - Силы, действующие на первое тело

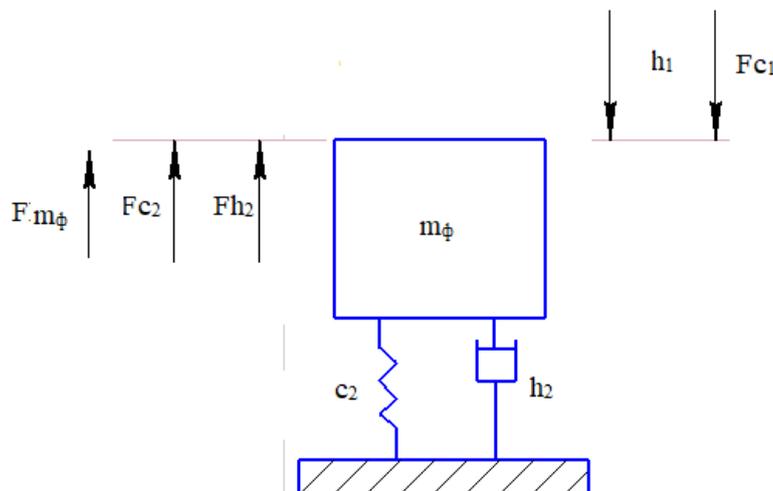


Рисунок 3.6 - Силы, действующие на второе тело

Исходя из схемы (Рис. 3.5), составим уравнение баланса сил:

$$F_{(t)} = F_{h1} + F_{c1} + F_m \tag{1}$$

$$F_{(t)} = m_1 * a_1 + c_1 * (x_1 - x_2) + h_1 * (v_1 - v_2) \quad (2)$$

Так же по аналогии составляем уравнения для тела  $m_2$  (Рис. 3.6):

$$F_{m2} + F_{h2} + F_{c2} = F_{h1} + F_{c1}, \quad (3)$$

$$m_2 * a_2 + h_2 * v_2 + c_2 * x_2 = h_1 * (v_1 - v_2) + c_1 * (x_1 - x_2), \quad (4)$$

Математическая модель имеет следующий вид:

$$\begin{cases} a_1 m_{ш} + h_1 (V_1 - V_2) + c_1 (x_1 - x_2) = F(t); \\ a_2 m_{ф} + h_2 V_2 + c_2 x_2 = h_1 (V_1 - V_2) + c_1 (x_1 - x_2); \end{cases} \quad (5)$$

### 3.4 Исследование математической модели

Составим схему математической модели

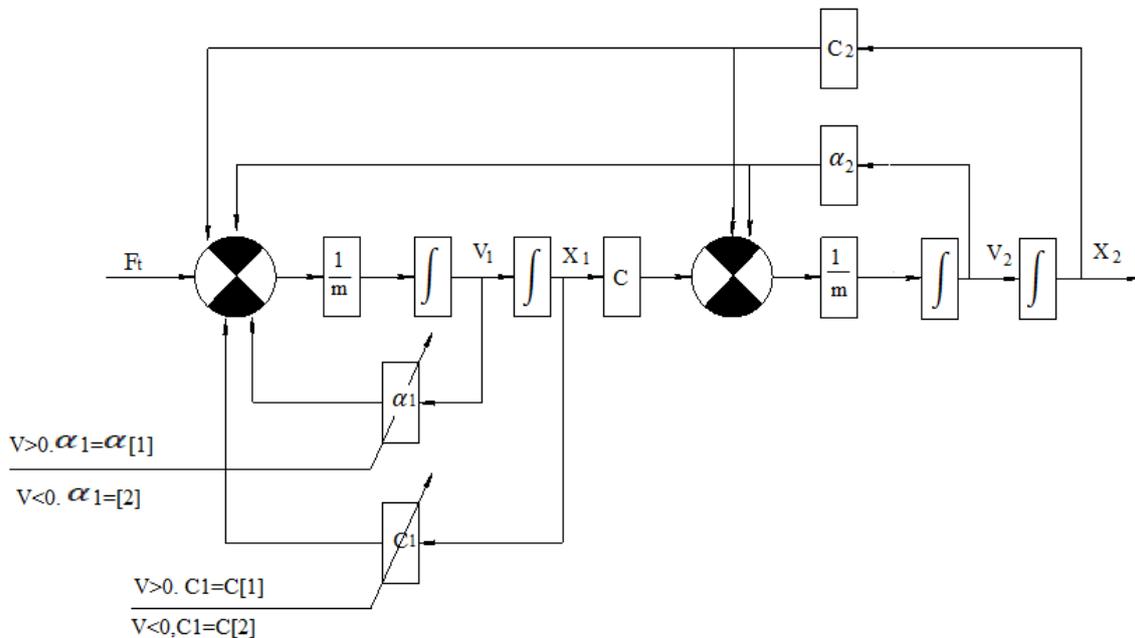
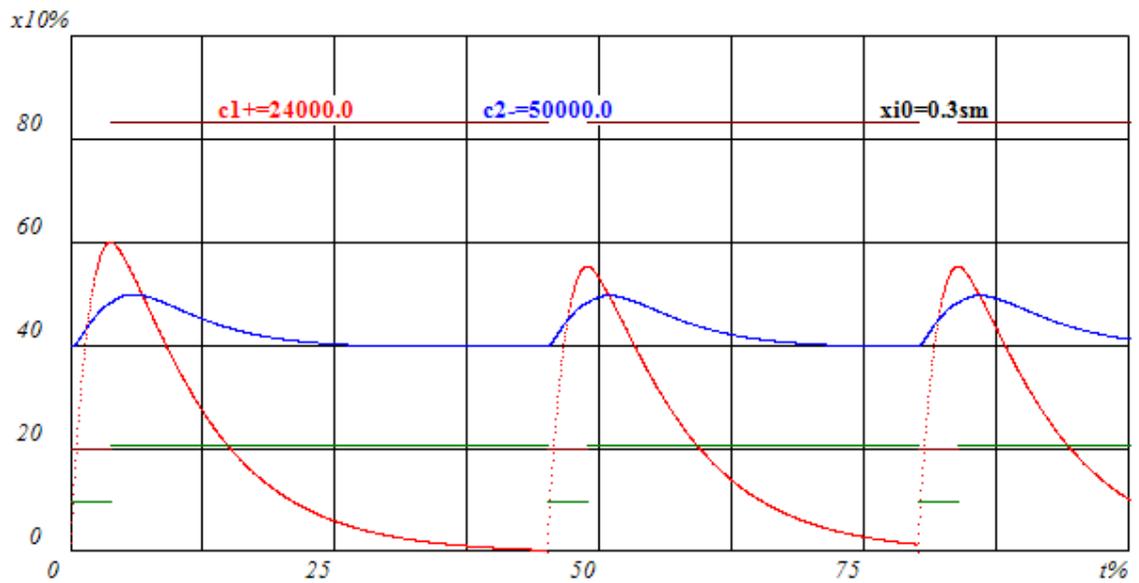


Рисунок 3.7 - Структурная схема двухмассовой системы

Алгоритм решения математической модели в программной среде PascalABC представлен в Приложении Б. Метод исследования – метод Рунге-Кутты.

Построим графики перемещения, скорости. Выбираем оптимальные параметры амортизатора и получаем следующие результаты:



$m_1=24.0; m_2=70.0; c_1=24000.0; a_1=1210.0; c_2=100000.0; a_2=5000.0; v_1=12.0; t_0=1.00 \text{ sec}$

На рисунке 3.8 - Восстановление системы при действующем импульсе

### 3.5 Оценка параметров

Были выбраны конструктивные параметры на основании моделирования:

Масса шабота:  $M_1=24000 \text{ кг}$ ;

Масса станка:  $M_2 = 70000 \text{ кг}$ ;

Собственная жёсткость РВД на первом каскаде  $C_0=15 \text{ кг/см}^2$ ;

Собственная жёсткость РВД на втором каскаде  $C_0=20 \text{ кг/см}^2$ ;

Внутренний диаметр  $d=32 \text{ мм}$ ;

Длина РВД  $l=1300 \text{ мм}$ ;

Давление в шланге  $P_0=10 \text{ атм}$ .

В результате исследования установлено ,что для массы первого каскада шабота  $M_1=24000 \text{ кг}$  приемлемыми параметрами сопротивления  $\alpha$  и жёсткость  $c$  является:

Для  $\alpha_1=(610-2000 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2)$ ,  $c_1=(20000-28000 \text{ кгс/см}^2)$  – диапазон в режиме осадки.

Для  $\alpha_2=(45000-60000 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2)$ ,  $c_1=(4500-5500 \text{ кгс}/\text{см}^2)$  – диапазон в режиме восстановления.

Диапазон диаметра отверстия в дросселе  $d_{др}=(10-15\text{мм})$ .

Для второго каскада значения  $\alpha_2$  и  $c_1$  остаются неизменными.

Масса фундамента. Рассчитаем объём фундамента:

$$V_{\phi} = 4,2 \cdot 2,3 \cdot 3,39 = 42,4 \text{ м}^3 \quad (6)$$

Масса одного кубометра бетона  $\approx 2500$  (кг).

$$42,4 \cdot 2500 = 106000 \text{ (кг)}$$

Следует учесть, что на фундаменте соответственно стоит молот:

$$M_{\phi} = 106000 + 48000 = 15400 \text{ кг} \quad (7)$$

Определим жесткость первого каскада при первом цикле (при осадке):

$$C_1 = C_0 \cdot L_{\text{под}} + \frac{\pi}{2} \cdot P_0 \cdot L_{\text{под}} \quad (8)$$

где  $C_0$  – собственная жесткость шланга;

$C_1$  – жесткость шланга с учетом давления;

$P_0$  – давление в аккумуляторе;

$L_{\text{под}}$  - длина поджатого участка.

$$L_{\text{под}} = \frac{M_1}{(C_0 + \frac{\pi}{2} \cdot P_0)} = \frac{24000}{(20 + \frac{\pi}{2} \cdot 10)} = 781 \text{ мм берем } 900 \text{ мм} \quad (9)$$

$$C_1 = C_0 \cdot L_{\text{под}} + \frac{\pi}{2} \cdot P_0 \cdot L_{\text{под}} = 15 \cdot 90 + \frac{\pi}{2} \cdot 10 \cdot 90 = 2763 \text{ кг/см} \quad (10)$$

Рассчитаем суммарные потери которые определяются по формуле 11:

$$\Delta P_{\Sigma} = \lambda \cdot \frac{L}{d_{др}} \cdot \rho \left( \frac{S}{f_{тр}} \right) \cdot \frac{v^2}{2} \quad (11)$$

где  $V$  - 14 см/с;

$$\lambda = 0,003;$$

$\rho=0,85\text{г/см}^3$  - плотность жидкости.

$f_{\text{тр}}$ - площадь трубы

$d_{\text{др}}$ - диаметр отверстия в дросселе

Определим площадь трубы по формуле 12:

$$f_{\text{тр}} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad (12)$$

$$f_{\text{тр}} = \frac{\pi}{4} \cdot 7^2 = 38,5 \text{ см}^2$$

Определим площадь РВД по формуле:

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad (13)$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot 3,2^2 = 8 \text{ см}^2$$

Вычисляем суммарные потери:

$$\Delta P_{\Sigma} = \lambda \cdot \frac{L_{\varepsilon}}{d_{\text{др}}} \cdot \rho \left( \frac{S}{f_{\text{тр}}} \right)^2 \cdot \frac{v^2}{2} = 0,003 \cdot \frac{750}{1,5} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{8}{38,5} \right)^2 \cdot \frac{14^2}{2} = 4 \quad (13)$$

Где, диаметр отверстия в дросселе  $d_{\text{др}} = 1,5\text{см}$

$$L_{\varepsilon} = L_{\text{шланга}} + L_{\text{трубы 1,2}} + L_{\text{трубы 3}} = 130 + 320 + 300 = 750 \text{ см}$$

Вычисляем силу потерянную трением, для этого необходимо умножить на площадь РВД:

$$F = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{др}}} \cdot \rho \left( \frac{S^3}{f_{\text{тр}}^2} \right) \cdot v^2 \quad (14)$$

$$\frac{d\Delta P}{dv} = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{др}}} \cdot \rho \cdot \left( \frac{S^3}{f_{\text{тр}}^2} \right) \cdot v \quad (15)$$

$$\frac{d\Delta P}{dv} = \alpha_1 \quad (16)$$

$$\alpha_1 = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{др}}} \cdot \rho \cdot \left( \frac{S^3}{f_{\text{тр}}^2} \right) \cdot v \quad (17)$$

$$\alpha_1 = 0.003 \cdot \frac{90}{1.5} \cdot 0.85 \cdot \left(\frac{8^3}{0.38^2}\right) \cdot 12 = 2400 \text{ кг/с}$$

Определим жесткость при втором цикле (восстановление) по формуле (18)

$$C_2 = C_0 \cdot L + \frac{s^2 \cdot E}{W_0} \quad (18)$$

$W_0 = (40-80)$ - объём трубопроводов

E-модуль упругости (100...5000)

$$C_2 = C_0 \cdot L + \frac{s^2 \cdot E}{W_0} = 10 \cdot 90 + \frac{8^2 \cdot 5000}{40} = 67600$$

Определим  $\alpha_2$  при втором цикле (восстановление) по формуле (19):

$$\Delta P_{др} = \frac{F_0^3}{K_{др}^2 \cdot f_{др}^2} \cdot v^2 \quad (19)$$

$$K_{др} = 0.72$$

$$\frac{d\Delta P}{dv} = \frac{F_0^3}{K_{др}^2 \cdot f_{др}^2} \cdot v$$

$$\frac{d\Delta P}{dv} = \alpha_2$$

$$\frac{d\Delta P}{dv} = \frac{F_0^3}{K_{др}^2 \cdot f_{др}^2} \cdot v$$

$$\alpha_2 = \frac{F_0^3}{K_{др}^2 \cdot f_{др}^2} \cdot v$$

$$\alpha_2 = \frac{F_0^3}{K_{др}^2 \cdot f_{др}^2} \cdot v = \frac{0.34^3}{0.72^2 \cdot 8.71^2} \cdot 14 = 3.2$$

Определим жесткость второго каскада

$$C_2 = C_0 \cdot L_{под} \quad (20)$$

$$L_{под} = \frac{M_2}{C_0} = \frac{14800}{15} = 986,6 \text{ см}$$

$$C_2 = C_0 \cdot L_{под} = 15 \cdot 98 = 14700$$

$L_{под}$  - длина поджатого участка

## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Общие сведения о научном исследовании**

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. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д. Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;

- определение возможных альтернатив проведения научных исследований; планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

## 4.2 Предпроектный анализ

### 4.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

Целевой рынок: машиностроительные компании и заводы.

		Применяемые устройства на различных заводах		
		Пружинные амортизаторы	Однокаскадные амортизаторы	Двухкаскадные амортизаторы
Размер заводов	Средние			
	Крупные			

  
 Южноуральский  
 механический завод

  
 Сибмотор

Рисунок 4.2 – Карта сегментирования рынка по использованию

По данной карте сегментирования рисунок 1 видно, что крупные заводы используют распространённые устройства для защиты от вибрации. Внедрение в крупную компанию нового устройства будет затруднено, поэтому наиболее целесообразно внедрение в среднюю компанию.

### 4.2.2 Анализ конкурентных технических решений

Так как внедрение устройства предполагается произвести в компании средней величины, то целесообразно произвести анализ предлагаемого

устройства с уже используемыми устройствами. Основным конкурентом является амортизатор с пневмоаккумулятор.

Таблица 4.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентно способность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
1	2	3	5	6	7
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1.Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	4	0,5	0,4
2.Удобство эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
4.Энергоэкономичность	0,04	3	2	0,12	0,08
3.Надежность	0,1	5	4	0,5	0,4
4.Уровень шума	0,05	5	3	0,25	0,15
5.Безопасность	0,1	5	5	0,5	0,5
6.Простота эксплуатации	0,1	5	4	0,5	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1.Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	0,5	0,5
2.Уровень проникновения на рынок	0,03	4	5	0,12	0,15
3.Цена	0,1	5	4	0,5	0,4
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
5.Послепродажное обслуживание	0,04	4	4	0,16	0,16
6.Срок выхода на рынок	0,04	1	2	0,04	0,08
Итого	1	55	50	4,49	4,07

По оценочной карте видно, что модернизированное устройство является конкурентоспособным, так как по многим показателем превосходит своего конкурента. Главным достоинством данного устройства является его надежность и простота эксплуатации.

#### 4.2.3 Fast- анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и

дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

Проведение FAST-анализа предполагает шесть стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;

3. Определение значимости выполняемых функций объектом;

4. Анализ стоимости функций выполняемых объектом исследования;

Выбор объекта FAST-анализа.

Объектом исследования является разработка виброзащитного устройства для защиты зданий, сооружений, персонала, генерируемого молотом или вырубными прессами большой мощности.

Главной функцией для виброзащитного устройства является гашение вибрации.

Таблица 4.2 - Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Гидравлический амортизатор	-		X		
Рукава высокого давления	20	Упругий элемент		X	
Трубопровод	1	Подача жидкости			X
Обратный клапан	1	Недопущения изменения направления потока жидкости		X	
Регулируемый дросель	1	Регулирование режима потока жидкости		X	

На первом этапе необходимо построить матрицу смежности функции (табл. 4.3).

Таблица 4. 3- Матрица смежности

	Упругий элемент	Подача жидкости	Недопущения изменения направления потока жидкости	Регулирование режима потока жидкости
Упругий элемент	=	>	>	>
Подача жидкости	>	=	<	<
Недопущения изменения направления потока жидкости	<	<	=	>
Регулирование режима потока жидкости	<	>	>	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая.

Второй этап связан в преобразованием матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций (табл. 4.4).

Таблица 4.4-Матрица количественных соотношений функций

	Упругий элемент	Подача жидкости	Недопущения изменения направления потока жидкости	Регулирование режима потока жидкости	Итого
Упругий элемент	1	1,5	1,5	1,5	5,5
Подача жидкости	1,5	1	0,5	0,5	4,5
Недопущения изменения направления потока жидкости	1,5	1,5	1	1,5	5,5
Регулирование режима потока жидкости	1,5	1,5	1,5	1	5,5
					$\Sigma = 21$

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Определяем значимость каждой функции:

Упругий элемент:  $5,5/21=0,26$

Подача жидкости:  $4,5/21=0,21$

Недопущения изменения направления потока жидкости:  $5,5/21=0,26$

Регулирование режима потока жидкости:  $5,5/21=0,26$

Таблица 4.5 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Гидравлический амортизатор	-	-	-	-	-	-	-
Рукава высокого давления	20	Упругий элемент	-	2	263	180	443
Трубопровод	1	Подача жидкости	-	1	120	180	300
Обратный клапан	1	Недопущения изменения направления потока жидкости	-	1	3400	180	3580
Регулируемый дроссель		Регулирование режима потока жидкости		1	2000	180	2180
							$\Sigma$ 6503

Определим относительные затраты на функцию:

Упругий элемент:  $443/6503=0,06$

Подача жидкости:  $300/6503=0,04$

Недопущения изменения направления потока жидкости:  $3580/6503=0,55$

Регулирование режима потока жидкости:  $2180/6503=0,33$

Информация об объекте, собранная в рамках предыдущих стадий, обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы:

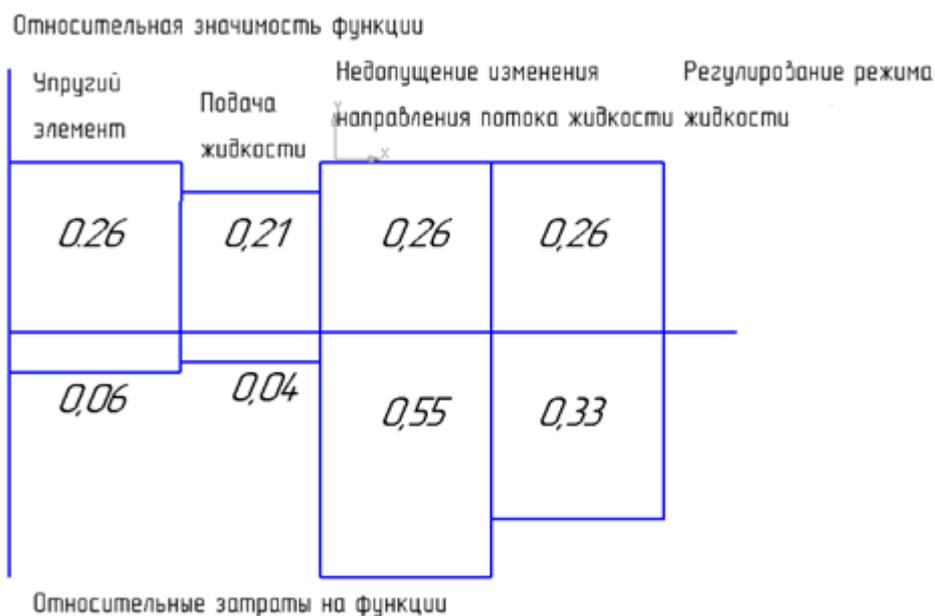


Рисунок 4.3 – Функционально-стоимостная диаграмма

Согласно вышеприведенной диаграмме, видно рассогласование по 1, 2, 3, 4 пунктам. Для оптимизации функций можно предложить следующие шаги:

- оптимизации технических параметров;
- оптимизации параметров надежности;

В конечном счете результатом проведения FAST-анализа высокотехнологической и ресурсоэффективной разработки должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигаемое путем:

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат;
- уменьшения затрат при сохранении уровня качества;
- сокращения затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня;
- повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления. Область применения диаграммы:

- Выявление причин возникновения проблемы;
- Анализ и структурирование процессов на предприятии;
- Оценка причинно-следственных связей.

Построение диаграммы начинают с формулировки проблемной области/темы, которая является объектом анализа и наносится на центральную горизонтальную стрелку диаграммы. Затем выявляются факторы/группы факторов, влияющие на объект анализа. Часто, для выявления таких факторов используется прием 6М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- сырье, материалы, комплектующие (Material);
- технология проведения работ (Method);
- средства измерения и методы контроля (Measurement);
- производственная среда (Media).

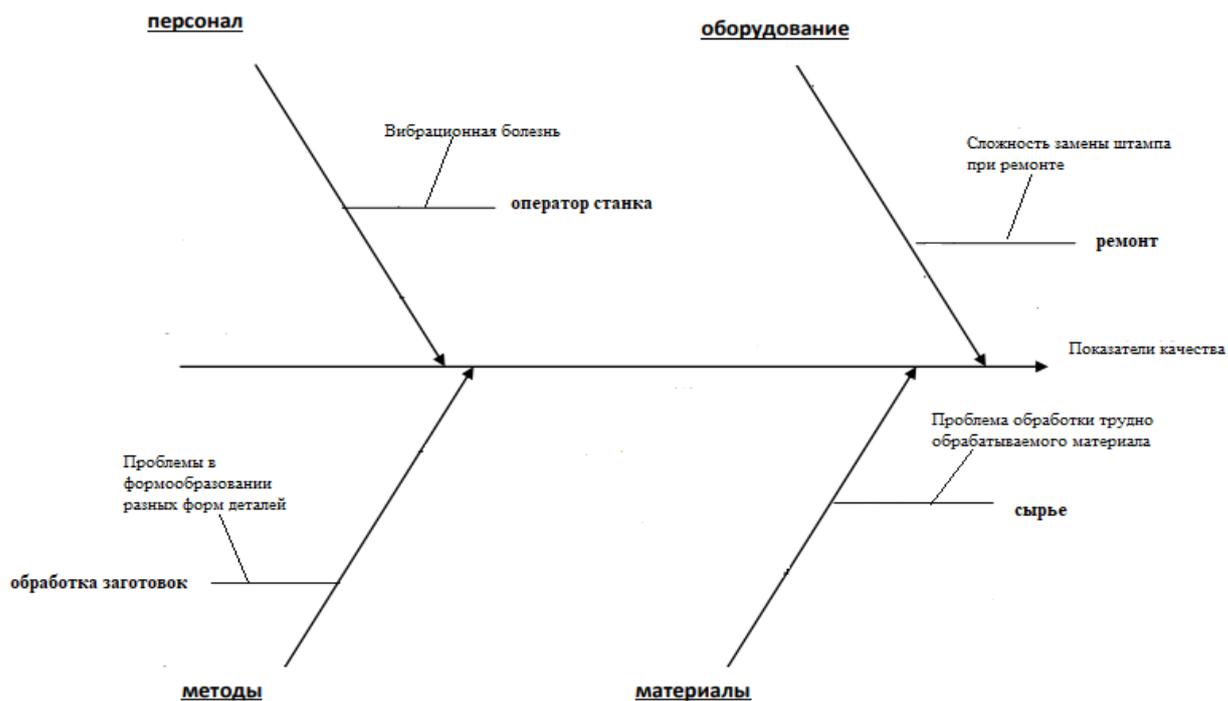


Рисунок 4.4 - диаграмма Исикавы

#### 4.2.4 SWOT-анализ

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. 6- Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявления экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей Квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл3. Отсутствие инженеринговой компании, способность построить производство под ключ</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования</p>
--	--	---

		для проведения испытания опытного образца Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующий, используемые при проведении научного исследования
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, использований</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>У4 Введения дополнительных государственных требований ук сертификации продукции</p> <p>У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>		

Таблица 4.7- Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	+	+	+	+	+
	В2	+	+	-	-	+
	В3	-	+	-	-	-

Таблица 4.8- Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	V1	-	-	+
	V2	+	+	+
	V3	0	0	0

Таблица 4.9- Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	0	-
	У2	+	-	+	+	-
	У3	0	0	0	0	0

Таблица 4.10 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	+
	У2	+	0	+
	У3	+	0	0

### 4.3 Определения возможных альтернатив проведения научных исследований

При изготовлении данного устройства возможны два варианта исполнения. Эти варианты представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Морфологическая матрица для гидропневмоамортизатора

	1	2
А, Каскад 1	Гидроаккумулятор	Рукава высокого давления
Б. Каскад 2	Пневмоаккумулятор	Рукава высокого давления

A1B1- Исполнение 1

A2B2- Исполнение 2

Проект разбивается на этапы выполнения, для распределение задач с целью распределения заработной платы.

### 4.4 Планирование научно-исследовательских работ

#### 4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 4.12. Перечень этапов и распределение исполнителей

Основные этапы		Описание работы	Должность исполнителя
Постановка целей и задач		Постановка цели и задач которые необходимо выполнить для достижения цели	Руководитель
Разработка технического задания		Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований		Проведение литературного и патентного обзора	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования		Составление принципиальной схемы	Студент
		Выполнение расчетов	Студент
		Построение 3D модели устройства	Студент
		Создание математической модели согласно ТЗ	Студент
Разработка технологической документации		Исследование математической модели в программной среде	Студент
Оформление отчета		Оформление пояснительной записки по результатам исследования	Студент

Таблица 4.13. Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	2	3
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Разработка и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 40%
Поиск аналогов и обсуждение их достоинств и недостатков	НР, И	НР – 20% И – 100%
Составление принципиальной схемы	НР, И	НР – 20% И – 100%
Построение 3D модели устройства	И	И – 100%
Создание математической модели согласно ТЗ	И	И – 100%
Проведение исследований	НР, И	НР – 20% И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для выполнения перечисленных в таблице 4.13 работ требуются специалисты:

- инженер «И» – в его роли действует исполнитель ВКР;
- научный руководитель «НР».

#### 4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max i}}{5}, \quad (20)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (21)$$

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

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

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

Таблица 4.14. Ожидаемое время выполнения работы

Основные этапы			$t_{ож}$ , чел.-дн.
Разработка технического задания		Составление и утверждение технического задания	3,2
Выбор направления исследований		Изучение материалов по теме	9,8
		Проведение патентного обзора	3,8
Теоретические и экспериментальные исследования		Составление принципиальной схемы	3,2
		Выполнение расчетов	3,2
		Построение 3D модели устройства	7
		Создание математической модели согласно ТЗ	9,8
		Исследование математической модели в программной среде	9,8
Оформление отчета		Заполнение пояснительной записки	4,6
Итого:			54,4

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

#### 4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Строится график проведения научного исследования в форме диаграммы Ганта.

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, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (22)$$

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

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

$k_{кал}$  - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (23)$$

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.

Результаты расчетов приведены в табл. 4.15.

Таблица 4.15. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_p$	Длительность работ в календарных днях $T_k$
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$			
Составление и утверждение ТЗ			3,2	Руководитель	3,2	5
Изучение материала по теме		4	9,8	Студент	9,8	15
Проведение патентного обзора			3,8	Студент	3,8	6
Составление принципиальной схемы			3,2	Студент	3,2	5
Выполнение расчетов			3,2	Студент	3,2	5
Построение 3D модели устройства		0	7	Студент	7	10
Создание математической модели согласно ТЗ		4	9,8	Студент	9,8	15
Исследование математической модели в программной среде		4	9,8	Студент	9,8	15
Заполнение пояснительной записки			4,6	Студент	4,6	7

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 105 - 14} = 1,49$$

Таблица 4.16 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	$T_k$	Продолжительность выполняемых работ							
			М		Апрел			Май		
			арт	ь						
Составление и утверждение технического задания	Руководитель		■							
Изучение материалов по теме	Студент	5	■	■						
Проведения патентного обзора	Студент				■					
Составление принципиальной схемы	Студент					■				
Построения расчётной схемы	Студент						■			
Выполнения расчётов	Студент	0						■		
Исследование математической модели	Студент	5							■	
Оформление статьи	Студент	5								■
Заполнение пояснительной записки	Студент									■

#### 4.4.4 Расчет материальных затрат НИ

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

#### Расчёт материальных затрат НИ

Расчёт материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (24)$$

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

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг., м., м<sup>2</sup> и т. д);

$Ц_i$ - цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг.,руб/м.,руб/м<sup>2</sup> и т. д);

$k_T$  –коэффициент, учитывающий транспортно- заготовительные расходы.

Таблица 4.17 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед.,руб	Затраты на материалы	
		Исп. 1	Исп. 2		Исп. 1	Исп. 2
РВД	м	6	6	263	1728	1728
РВД	м	13	13	115	1495	1495
Соединительная магистраль	м	2	2	120	240	240
Гидроаккумулятор	шт	1	-	6000	6000	-
Пневмоаккумулятор	шт	-	1	7000	-	7000
Дроссель	шт	1	1	2000	2000	2000
Обратный клапан	шт	1	1	3400	3400	3400
Масло	л	3	5	110	330	550
Итого расходы на материалы					11730	12950

#### 4.4.5 Основная заработная плата

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, выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30% от тарифа ил оклада.

Таблица 4.18- Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел,-дн	Заработная плата на один чел.- дню.,	Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	3,2	1580,61	5057,95
2	Изучение материалов по теме	Студент	9,8	287,7	2819,46
3	Проведения патентного обзора	Студент	3,8	287,7	1093,26
4	Построение расчётной схемы и математической модели	Студент	3,2	287,7	920,64
5	Построение расчётной схемы и математической модели	Студент	3,2	287,7	920,64
6	Выполнение расчетов	Студент	7	287,7	2013,9
7	Исследование математической модели	Студент	9,8	287,7	2819,46
8	Оформление статьи	Студент	9,8	287,7	2819,46
9	Заполнение пояснительной записки	Студент	4,6	287,7	1323,42

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (25)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (26)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (27)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

M- количество месяцев работы без отпуска в течении 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;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. Таблица 18.

Таблица 4.20- Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней -выходные дни -праздничные дни	106 14	106 14
Потери рабочего времени -отпуск -невыходы по болезням	48 -	48 -
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	198

$$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{30244,32 \cdot 10,4}{198} = 1588,59 \text{ руб.} - \text{ заработная плата}$$

руководителя за 1 день4;

$$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{5111,68 \cdot 11,2}{198} = 289,14 - \text{ заработная плата студента за 1 день.}$$

$$Z_{\text{осн1}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1588,59 \cdot 3 = 4765,77 - \text{ руководитель;}$$

$$Z_{\text{осн2}} = 298,14 \cdot 51 = 14746,14 - \text{ студент.}$$

$$З_{зп1} = 4765,77 + 714,86 = 5480,37. \text{ –руководитель;}$$

$$З_{зп2} = 14746,14 + 2211,92 = 16958,06. \text{ – студент.}$$

#### **4.4.6 Дополнительная заработная плата научно производственного персонала**

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:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (28)$$

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

$$З_{доп1} = 0,15 \cdot 4765 = 714,96 \text{руб. –руководитель.}$$

$$З_{доп2} = 0,15 \cdot 15035,28 = 2211,92. \text{ – студент.}$$

#### **4.4.7 Отчисления во внебюджетные фонды**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (29)$$

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

На 2016 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 ставки -27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме таблица 4.21.

Таблица 4.21- Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	4765,77	714,86
Студент-дипломник	14746,14	2211,92
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	27,1%
Итого	1485,25+4595,63=6080,88	

#### **4.4.8 Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями**

Данные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

1) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями. К работам и услугам производственного характера относятся:

- выполнение отдельных операций по изготовлению продукции, обработке сырья и материалов;
- проведение испытаний для определения качества сырья и материалов;
- контроль за соблюдением установленных регламентов технологических и производственных процессов;
- ремонт основных производственных средств;
- поверка и аттестация измерительных приборов и оборудования, другие работы (услуги) в области метрологии и прочее.

- транспортные услуги сторонних организаций по перевозкам грузов внутри организации (перемещение сырья, материалов, инструментов, деталей, заготовок, других видов грузов с базисного (центрального) склада в цехи (отделения) и доставка готовой продукции на склады хранения, до станции (порта, пристани) отправления).

2) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями (в т.ч. находящимися на самостоятельном балансе опытными (экспериментальными) предприятиями по контрагентским (соисполнительским) договорам на создание научно-технической продукции, головным (генеральным) исполнителем которых является данная научная организация).

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договор с контрагентами или субподрядчиками.

В таблице 4.22 представлены исполнители операций по слесарным операциям.

Таблица 4.22- Исполнители операций

№ п/п	Профессия	Количество деталей	Количество работников	Разряд рабочего
2	Инженер	28	1	2

Для сборки гидropневматического амортизатора необходимо собрать в необходимой последовательности 28 элементов. Заказ будет выполняться в лаборатории ТПУ. Оклад инженера 7936т.р. На выполнение работ отводится 2дня. Подсчитаем зарплату за 2 дня рабочего. Результаты расчетов представлены в таблице 4.23. Заработная плата рассчитывается по методике из разд.5.4.6, отчисления во внебюджетные фонды по методик.

Таблица 4.23- Оплата труда сторонних исполнителей

Исполнители	Заработная плата, руб.
Инженер	892,81
Отчисления во внебюджетные фонды	267,84
Итого	1160,65

$$З_{\text{дн}} = \frac{7936 \cdot 11,2}{223} = 398,58$$

$$З_{\text{осн}} = 398,58 \cdot 2 = 797,16 \text{ руб.} - \text{основная зарплата инженера}$$

$$З_{\text{зп}} = 797,16 + 797,16 \cdot 0,12 = 892,81 - \text{зарплата инженера}$$

$$З_{\text{внеб}} = 30\% \cdot 892,81 = 267,84 \text{ руб.} - \text{внебюджетные отчисления инженера}$$

#### 4.4.9 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:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (30)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

#### 4.4.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.24.

Таблица 4.24- Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	11730	12950	Пункт
2 .Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	19511,91	19511,91	Пункт
3 .Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	2926,78	2926,78	Пункт
4 .Отчисления во внебюджетные фонды	6080,88	6080,88	Пункт
5 .Контрагентские расходы	1160,65	1160,65	Пункт
6 .Накладные расходы	9363,71	9363,71	16% от суммы ст. 1-5
7 .Бюджет затрат НТИ	50773,93	51993,93	Сумма ст. 1-6

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (31)$$

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

$\Phi_{pi}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

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).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{67886,93}{69302,13} = 0,979$$

– интегральный финансовый показатель разработки первого использования.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{69302,13}{69302,13} = 1$$

– интегральный финансовый показатель разработки второго использования.

Интегральный показатель ресурс эффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad . \quad (32)$$

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурс эффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 4.25.

Таблица 4.25 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1 Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	5
2 Долговечность в использовании	0,3	5	5
3 Регулировка	0,1	5	5
4 Переналадка	0,1	5	5
5 Надежность	0,1	4	3
ИТОГО	1	4,85	4,7

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 = 4,85$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 = 4,7$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп1}^{финп}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{исп2}^{финп}} \text{ и т. д.} \quad (33)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,85}{0,979} = 4,95, I_{исп.2} = \frac{4,7}{1} = 4,7.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности, вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта таблица 4.26 и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (34)$$

Таблица 4.26-Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,979	1
2	Интегральный ресурсоэффективности показатель разработки	4,85	4,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,95	4,7
4	Сравнительная Эффективность вариантов исполнения	Исп1/Исп2=1,05	Исп2/Исп1=0,94

Из таблицы 4.26 видно, что наиболее эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи по многим показателям является исполнение 1.

#### 4.6 Реестр рисков проекта

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

Таблица 4.27- Реестр рисков

№	Риск	Потенциально е воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияни е риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска
1	Внешний	Отсутствие спроса на новые технологии производства	3	3	Среднее	-
2	Внешний	Ограничения на экспорт технологии	4	4	высокое	-
3	Технически й	Введения дополнительных государственных требований	1	1	низкое	Заключается трудовой договор, в котором прописываются обязанности сторон
4	Организац ионный	Несвоевременное финансовое обеспечение	3	3	среднее	-

		научного исследования со стороны государства				
--	--	---	--	--	--	--

## **5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

В данном разделе диссертации рассматриваются вопросы выполнения требований к безопасности труда, промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. Объектом исследования является гидравлическая система для виброзащиты зданий, сооружений, персонала, генерируемого молотом или вырубными прессами большой мощности. Изобретение относится к области машиностроения для гашения ударных и вибрационных нагрузок, воздействующих на основание фундамента.

Вибрация является наиболее распространенным вредным производственным фактором в промышленности. Она может оказывать отрицательное воздействие на работоспособность и здоровье человека, а так же приводить к развитию вибрационной болезни.

Воздействие вибрации на организм человека. Тело человека рассматривается как сочетание масс с упругими элементами, имеющими собственные частоты.

Исходя из вышеизложенных проблем, была предложена тема для защиты диссертации «Виброзащита пресси-штампового оборудования». В данной работе рассматривается двухкаскадный гидропневматический амортизатор, позволяющий снизить вибрации, передаваемые основанию оборудования, которые могут негативно влиять на окружающее оборудование и людей. Данный амортизатор планируется устанавливать под фундамент и шабот кузнечно-прессового оборудования.

### **5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Анализ вредных факторов при эксплуатации объекта исследования. В процессе работы устройства могут возникнуть физические опасные и вредные производственные факторы. Физические опасные и вредные производственные факторы [2]:

- повышенный уровень вибрации и шума на рабочем месте;

- недостаточная освещенность;
- отклонение показателей микроклимата от нормы;
- электрический ток.

Таблица 5.1. Опасные и вредные факторы оператора кузнечно-прессового оборудования

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.3.026-81)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Удар штампа об шабот.	1. Повышенный уровень вибрации на рабочем месте; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Отклонение показателей микроклимата от нормы	1. Электрический ток.	1. Параметры уровня вибрации устанавливаются: ГОСТ 12.1.012-90 [3]; ГОСТ 31319-2006 [4]; ГОСТ 12.1.012 – 2004 [5]. 2. Параметры освещенности устанавливаются: ГОСТ Р 55710-2013 [7]. 3. Параметры микроклимата устанавливаются Гост 12.1.005-88 [14]. 4. Параметры электрического тока устанавливаются ГОСТ ИЕС 61140-2012 [11].

## 5.2 Повышенный уровень вибрации на рабочем месте

К повышенному уровню вибрации приводят неисправности: выход из строя рукавов высокого давления, несвоевременная смазка подвижных частей станка.

Организм человека по-разному реагирует на вибрацию разного уровня. Вибрация создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие, способен увеличивать содержание в крови гормонов стресса даже во время сна. Уровни вибрации (дБ):

- Нормальный уровень вибрации: до 20-25 дБ.
- Повышенный уровень вибрации: 40-45 дБ.
- Вредный уровень вибрации: 60-65 дБ.
- Опасный уровень вибрации: более 80 дБ.

Вибрации уровня 80-95 дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию суставов и тела (виброблезнь). Повышенные вибрации приводит к психологическому дискомфорту работника, вызывает поражение нервной системы и суставов.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в ГОСТ 12.1.012-90 [3]. Относится к вибрации 3 категории - технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин или передающейся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

В работе применяются коллективные методы защиты оператора от действия уровня вибрации на организм человека.

- рациональное размещение специального оборудования устройства;
- оптимальные режимы работы молота.

Для уменьшения вибрации необходимо своевременно проводить ремонт штампа, производить смазывание трущихся поверхностей, В разработанном устройстве уменьшение вибрации происходит из-за гашения вибрации за счет двухкаскадного гидropневматического амортизатор .

Наиболее распространенным и эффективным мероприятием по уменьшению вредной вибрации, передающейся строительным конструкциям и на рабочие места [5], является виброизоляция машин и оборудования возбуждающих колебания, при которых динамическая нагрузка, передающаяся опорной конструкции, уменьшается в несколько раз. Колебания конструкции уменьшаются. При правильно выполненной виброизоляции уменьшается также вибрация виброизолируемой машины. Для снижения вибрации машины до допустимых уровней в отдельных случаях применяют фундаментный блок, увеличивающий массу изолируемой установки.

Фундаментный блок под виброизолируемой машиной устраивают также в случаях, когда:

- корпус машины имеет недостаточную жесткость;

- размещение виброизоляторов непосредственно на корпусе машины конструктивно затруднено;
- изолируется агрегат, состоящий из отдельных машин на общем постаменте.

Для достижения эффекта виброизоляция должна быть рассчитана. Применение виброизоляции без расчетов может привести в отдельных случаях к увеличению вибрации машин и опорных конструкций. Индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами [16], рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками [17].

### **5.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. Таким образом, становится очевидно, что неправильное освещение представляет значительную угрозу для здоровья работников.

Освещение рабочего места оператора станка имеет большое значение. Задачи организации освещённости рабочих мест следующие: уменьшение напряжения и утомляемости органов зрения.

Освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и

образование резких теней. Особенно важно обеспечить искусственное освещение оператора молота и фронта работ перед ним.

Допустимые значения освещенности рабочих зон станка нормируется стандартом [7].

Нормы освещенности  $E_{экс}$  и равномерности освещенности  $U_0$  в зоне зрительной работы независимо от плоскости нормирования (горизонтальной, вертикальной или наклонной), коэффициента пульсации освещенности  $K_{п}$ , объединенного показателя дискомфорта UGR и общего индекса цветопередачи  $R_a$  ИС для различных помещений и вида зрительной работы приведены в таблице 1.

Таблица-5.2 показатели освещенности

Наименование помещения, зрительной работы и вида деятельности	$E_{экс}$ , лк	$U_0$ , не менее	$K_{п}$ ,%, не более	UGR, не более	$R_a$ , не менее
Открытая ковка (штамповка)	200	0.60	20	25	80
Штамповка с понижением температуры	300				

Защита оператора молота от недостаточной освещенности. Нормальная освещённость достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

В цехе и возле молота устанавливается искусственное освещение, достигается путем установки внешних и внутренних световых приборов. Подробные описания установки световых приборов приведены в ГОСТ Р 55710-2013

Для защиты от ультрафиолетового излучения применяются светозащитные очки. Для защиты кожи применяется защитная одежда, рукавицы.

## 5.4 Отклонение показателей микроклимата от нормы

Микроклимат рабочей зоны оператора определяется действующими на организм человека показателями:

- температуры
- влажности
- скорости движения воздуха.

Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье.

Температура на рабочем месте оператора важный показатель комфортности. Если в цехе оператора молота установлена некачественная отопительная система, то оператор будет постоянно страдать от переохлаждений, подвергаться частым простудам, инфекционным заболеваниям и т.д [13].

Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к перегреву организма, а пониженные показатели температуры, при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной переохлаждения.

Недостаточная влажность, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами.

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём.

Таблица 5.3 - показатели микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		Оптимальная граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Оптимальная граница	Допустимый максимум	Оптимальная	Допустимый максимум
Холодный	Тяжелая	16-18	19	13	40-60	75	0,3	Не более 0,5
Теплый	Тяжелая	18-20	26	15	40-60	75 (при 24 °С и ниже)	0,4	0,2-0,6

В условиях неблагоприятного микроклимата нарушение в функционировании этих систем может сопровождаться ухудшением здоровья и самочувствия, и усугубляется воздействием на организм других вредных факторов: шума, вибраций, освещенности.

Для нормализации показателей микроклимата в цехе должны применяться средства защиты: отопление и вентиляция воздуха [13].  
Индивидуальные средства защиты: специальная одежда и обувь.

Анализ выявленных опасных факторов при эксплуатации устройства.

## 5.5 Электрический ток

Поражение электрическим током возникает при соприкосновении с электрической цепью, в которой присутствуют источники напряжения или источники тока, способные вызвать протекание тока по попавшей под напряжение части тела. Минимальная величина тока, которую способен почувствовать человек составляет 1 мА[9].

При повышении тока более 1 мА человек начинает чувствовать себя некомфортно, возникают болезненные сокращения мышц, при увеличении тока до 13-15 мА возникает судорожное сокращение мышц, контролировать свою мышечную систему человек уже не в состоянии и собственными силами не может разорвать контакт с источником тока. Действие электрического тока более 30 мА приводит к параличу мышц органов дыхания, в результате чего

человек может задохнуться. Главным показателем электрооборудования молота является напряжение электродвигателя.

Для защиты от поражения электрического тока необходимо устанавливать технические средства защиты: электрическое разделение сети, защитное заземление, защитное отключение[10]. Необходимо соблюдать рекомендации по технике безопасности.

Поломка устройства. Если на металлических частях станка обнаружено: напряжение, нагревание или плавление корпуса, искрение электрооборудования, обрыв питающего кабеля, необходимо остановить работу, доложить о случившемся. Без указаний руководителя к работе приступать запрещено.

## **5.6 Экологическая безопасность**

При исследовании воздействия устройства на окружающую среду было выявлено, что основным источником загрязнения атмосферы и литосферы является пролив масла в случае выхода из строя рукавов высокого давления, что способно оказывать негативное влияние на здоровье человека и окружающую природную среду.

Анализ воздействия объекта на атмосферу. Разработанное устройство в процессе работы не оказывает влияния на атмосферу. Однако при испарении смазывающей жидкости в процессе трения или хранения выделяются незначительные синтетические масла. Данное химическое соединение, попадая в атмосферу, образует еще более токсичные соединения. Основными загрязнителями атмосферы являются химические вещества. Помимо синтетических масел при испарении в атмосферу попадает пары тяжелых металлов, которые распространяются по воздуху, вступая в химические реакции с другими элементами, тем самым создают не высокую угрозу для живых организмов.

Для защиты атмосферы от испарения смазывающей жидкости

устанавливают специальные герметические конструкции, которая не

позволяет распространяться химической реакции в атмосфере. Таким образом, все химические реакции происходят внутри специальной конструкции.

### **5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

При эксплуатации устройства, возможны следующие ЧС: возникновение пожара. Возгорание устройства практически невозможно, однако возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами: возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электро-соединений и электрораспределительных щитов.

Для защиты и уменьшения вреда жизни и здоровья, из за пожара необходимо выполнять комплекс профилактических мероприятий, направленных на предупреждение или устранение пожара [8].

К пожарно-профилактическим мероприятиям относятся [11]:

- надзор за выполнением правил технической эксплуатации устройства;
- проверка наличия и исправности первичных средств пожаротушения;
- прохождение противопожарного инструктажа.

При возникновении пожара нужно, прежде всего, вызвать пожарную команду, обеспечить полную эвакуацию людей из помещения, где возник пожар и принять меры по ликвидации пожара с помощью первичных средств пожаротушения.

В случае неисправности устройства или аварии необходимо её устранить и сообщить в соответствующие службы. "Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности". В соответствии с правилами [12] разработанное устройство, относится к наименее опасной категории с пониженной пожароопасностью, потому что оно не имеет горючих веществ и все рабочие узлы, и материалы находятся в относительно холодном состоянии

[12].

## **5.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

При осуществлении трудовой деятельности между работником и работодателем заключается трудовой договор, в котором прописываются обязанности сторон, а также права работника. Документом, определяющим трудовые отношения между работником и работодателем, является трудовой кодекс. В течение рабочего времени оператор станка должен исполнять свои трудовые обязанности в соответствии с условиями трудового договора, правилами внутреннего трудового распорядка организации и графиком работы. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Для операторов, работающих по календарю шестидневной рабочей недели с одним выходным днем - 7 часов, а для работающих по календарю пятидневной рабочей недели с двумя выходными днями, нормальная продолжительность ежедневной работы не может превышать 8 часов[15].

Привлечение работодателем работника к сверхурочной работе допускается с его письменного согласия предусмотрены статьей 99 ТК РФ. Сверхурочные работы не должны превышать четырех часов в течение двух дней подряд.

Каждому работнику для поддержания сил и здоровья необходим перерыв для отдыха и питания. Такой перерыв не может быть больше 2 часов и меньше 30 минут. Работа в нерабочие праздничные дни допускается в случаях, предусмотренных статьей 112 ТК РФ.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен информационно-аналитический обзор конструкций и устройств, которые применяются для виброзащиты, была исследована динамика устройства виброзащиты прессово-штампового оборудования в программе PascalABC.

В работе рассмотрели принципиальную схему, составили математическую модель и систему уравнений. Рассчитали вязкое трение обеспечиваемое дросселем и жесткость шлангов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дерюшева В.Н. Модели пневмогидравлического ударного узла с учётом свойств формирователя импульса и нагрузки: дис. ... канд. техн. наук – Томск, 2009. – 178 с.
2. Елисеев С.В. и др. Двухкаскадное устройство для гашения вибраций. Авт. св-во. № 540081 (СССР). Бюлл. изобрет. 1979. - № 3.
3. Елисеев С.В., Засядко А.А. Виброзащита и виброизоляция как управление колебаниями объектов. Моделирование. Иркутск:ИрГУПС. - 2004. - №1. - 20-29 с.
4. Елисеев С.В., Нерубенко Г.П. Динамические гасители колебаний. Новосибирск: Наука, 1982. 144 с.
5. Засядко А.А. Теоретические и экспериментальные исследования управления движением механических колебательных систем.
6. Засядко А.А. Технология автоматизированного проектирования, исследования и расчета виброзащитных систем. Моделирование. Иркутск: ИрГУПС. - 2004. - №3. - С. 20-26. 15. Ивович В.А., Онищенко В.Я. Защита от вибраций в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
7. Карпунин М. Г., Майданчик Б. И. Основы функциональностоимостного анализа: Учебное пособие. М.: Энергия, 1980. - 175 с.
8. Крауиньш, П. Я. Исследование гидравлического амортизатора с переменной структурой. Иркутск, 1978. - 114-120 с.
9. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
10. Куцубина Н.В. Виброзащита технологических машин и оборудования лесного комплекса [Текст]: монография / Н.В. Куцубина, А.А. Санников. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. – 212 с.

11. Ревкин А.И. Инженерные вопросы радиогигиены при проектировании и эксплуатации источников излучения. – М.: МЭИ, 1987. – 58 с.

12. Гидродроссели, регулируемые, с обратным клапаном  
<http://remgidro.ru/remont-gidroraspredelitelej/gidrodrosseli-tipy-vidy> .

13. Фундамент молота. Конструкции фундаментов.  
<http://www.mtomd.info/archives/815>

14. Фундаменты под оборудование кузнечных цехов.  
<https://studfiles.net/preview/5994650/page:8/>

15. Рукава высокого давления (РВД). Обозначение. Виды.  
<http://mechanicinfo.ru/rukava-vysokogo-davleniya-rvd-oboznachenie-vidy/>

16. Типы гидроаккумуляторов.  
<http://www.hydac.com.ru/article-hydroaccumulators.html>

17. Станки по металлу и дереву  
<http://stankiexpert.ru/stanki/kuznechnye-stanki/kuznechnye-moloty.html>

18. Высокоскоростные газовые молоты  
<http://www.tehnoinfo.ru/kuznechnoeoborudovanie/103.html>

19. Молот кузнечный ковочный пневматический.  
<http://samstal.ru/products/43/118>



## Приложение А

Раздел  
Английская часть

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8НМ61	Кормилицын Алексей Михайлович		

Консультант кафедры АРМ

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Крауиньш Петр Янович	д.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Степура С. Н.	к.ф.н.		

# 1. INFORMATIONAL AND ANALYTICAL REVIEW

## 1.1. The equipment class review

The forging hammer refers to the percussive action technological machines that plastically deform the metal heated up to the forging temperatures.

There are three classes of the hammers:

4. Small-sized hammers. Such hammers provide forging of the workpieces of the sizes up to 100×100. Their impact energy is up to 1 MJ;

5. Medium-sized hammers. Such hammers are used to forge the workpieces of the sizes up to 200×200. Their impact energy may be from 1 to 2 MJ;

6. Large-sized hammers. They provide forging of the workpieces of the sizes up to 350×350. Their impact energy is from 2 to 4 MJ.

Figure 1.1 shows the large-sized pneumatic forging hammer C41-2000 selected for the research.

Hammer class	Type of drive unit	Energy (working body)	Constructive performance	Technological appointment	Name hammers
Steam Air Hammers	Group from the boiler room	Steam or compressed air	Shabotnye	Forging	Steam-air Forging
				Hot stamping	Steam-air stamping
			Reckless	Sheet stamping	Steam-air sheet-stamping
High speed	or compressor	High-pressure gas	Reckless	Hot stamping	High-speed gas
				Cutting of metal	Pulse shears
		Combustible mixture or explosive		Hot stamping	High-speed explosive
Hammer class	Individual	Compressed air	Shabotnye	Free forging	Pneumatic forging

		Mechanical connections		Hot stamping	Pneumatic stamping
		High pressure liquid			Hydraulic

We describe these classes of hammers in more detail.

Structurally, the steam-air hammer consists of such elements as a frame, on which the whole working unit of the machine is fixed. The working elements of this equipment are the piston system, the working rod, the headstock on which the guide element and the hammer itself is fixed. (Figure 1.1).

The principle of operation of this equipment is based on the impacts that the hammer strikes on the workpiece fixed to the bottom of the diemportant characteristics: the kinematic energy of a given hammer and the mass of its impact. In the performance characteristics, the impact mass is the defining one, since it is precisely by the applied impacts that the workpieces are stamped and deformed. The productivity of this equipment depends on the number of beats per minute produced by a working woman. Depending on the model and design of the hammer, the number of strikes varies, which can vary from fifty to one hundred beats per minute.

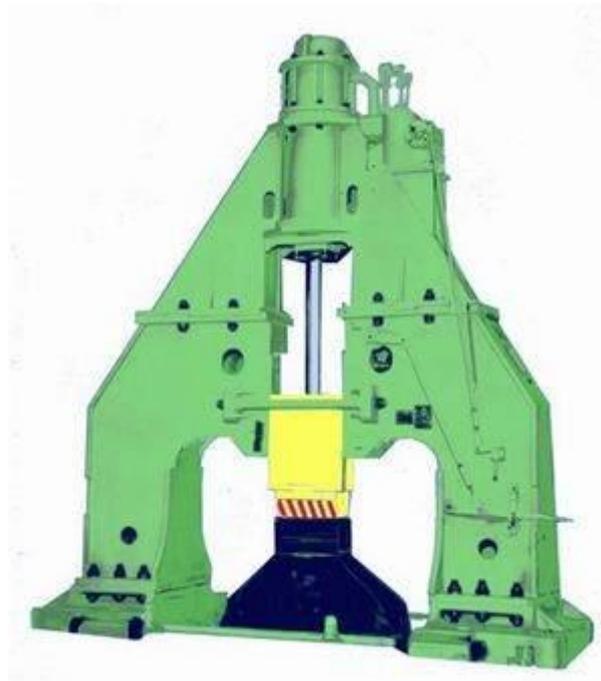


Figure 1.1 Steam-air hammer[17].

High-speed hammers refer to machines for dynamic and impact on forgings (Figure 1.2). To drive working mobile parts, the energy of expansion of inert gases compressed under high pressure, explosion of combustible gas mixtures and explosives is used.

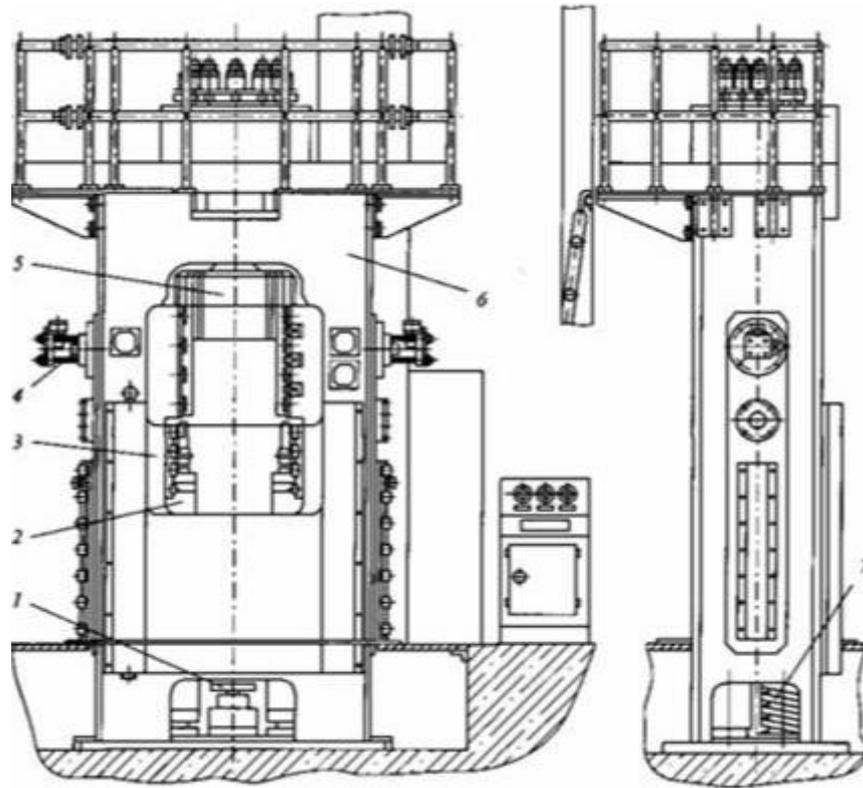


Figure 1.2 High-speed gas hammer scheme[18]

High-speed hammers. The design of such hammers is unmaintainable, that is, they are hammers of two-sided action. During the working stroke, the rod with the woman and the upper die moves under the action of the gas pressure, and the frame with the lower die under the action of the reactive forces upwards.

Hammers of this type have a number of drawbacks:

Hammers of this type have a number of drawbacks:

- To provide the necessary gas pressure, powerful and expensive battery and compressor stations are required;
- The mechanical device for holding a woman in weight is difficult in design and unreliable in operation;
- there is no mechanism to prevent a second blow of the woman;

- the need to return the hydraulic cylinders of the lifting of the woman to the starting position by the time of starting reduces the performance of the hammer (Figure 1.2).

More economical and convenient in work are high-speed hammers of explosive action.

Drive hammers. Driving hammers are more economical than steam hammers, but less versatile and not adapted to apply single shocks. Therefore, they are used mainly for carrying out pulling and stripping operations. As the weight of the falling parts increases, the cost of drive hammers increases sharply, and they become unprofitable.

Drive forging hammers can be divided into two main groups: mechanical and pneumatic.

Drive pneumatic hammers come in various designs and sizes with a mass of falling parts from 30 to 2000 kg. Drive pneumatic hammers are easy to operate and maintain. These hammers are widely used in smithies, metal processing plants and workshops, where they are used to produce a wide range of forgings.



Further, table 1.1 “Technical characteristics of the hammers” is presented[19].

Figure 1.1 shows the large-sized pneumatic forging hammer C41-2000 selected for the research.

Table 1.1. Technical characteristics of the hammers

Model C41		C41-40	C41-75	C41-400	C41-750	C41-1000	C41-2000
The weight of the falling part (kg.)		40	75	400	750	1000	2000
Shock power (kJ)		0.53	1.0	9.5	19	27	54
Nombre de coups(fois/min)		245	210	120	105	95	80
Height of a working zone (mm)		245	297	530	670	800	1000
Distance from a shaft axis to edge of a hammer (mm)		235	280	520	750	770	950
Maximum amount of preparation	cup vykovka (mm x mm )	52x52	75x75	220x220	270x270	290x290	350x350
	cylinder vykovka (diameter) (mm)	Φ68	Φ85	Φ240	Φ300	Φ320	Φ400
Engine	Model	Y132M1-6-B3	Y160M-6-B3	Y200L-4-B3	Y280M-6-B3	Y315S-6-B3	Y315L2-6-B3
	Power (kW)	4	7.5	30	55	75	132
Hammer weight	main assembly (kg)	710	2300	8000	17000	20000	48000
	Hammer basis (kg)	420	950	4800	9000	13000	24000
Hammer dimensions		1400x 600x 1500	1400x 800x 1853	2785x 1400x 2884	3905x 1370x 3175	4125x 1500x 3770	4200x 2300x 4390

## 1.2. The review of the building and anti-vibration foundations

The hammer foundation is used not only to install the hammer and provide its fixity during the work but also to take the loads appearing during the use of the hammer. The foundation quality influences the efficiency of the hammer, the state and work of another equipment located close to it as well as the staff being close to the working hammer.

The foundations of the hammers can be divided into two groups:

- Building foundations under the anvil (supporting, rigid);
- Anti-vibration foundations under the anvil (foundations with the vibration protection devices).

Supporting foundations are used for the counterblow hammers. They are ferroconcrete massifs in the form of the rectangular parallelepipeds poured into the deep pits having the wells for the fixation of the anchor bolts used to fix the bars of the hammer frame.

Rigid foundations are used for all the types of hammers. The rigid hammer foundations are designed in the form of the monolithic blocks having a cavity for the anvil, depending on the construction of the hammers. Figures 1.2, 1.3, and 1.4 present the schemes of the rigid foundations.

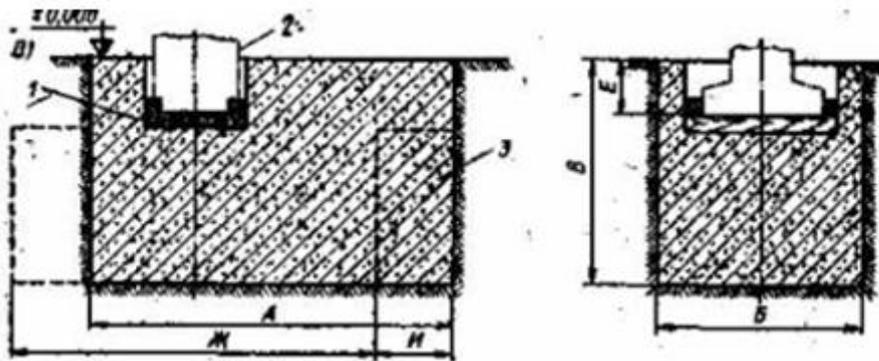


Fig. 1.2. Schemes of the foundations under the pneumatic forging hammers[13]: a – rigid foundation, 1 – gasket under the anvil, 2 – anvil, 3 – concrete.

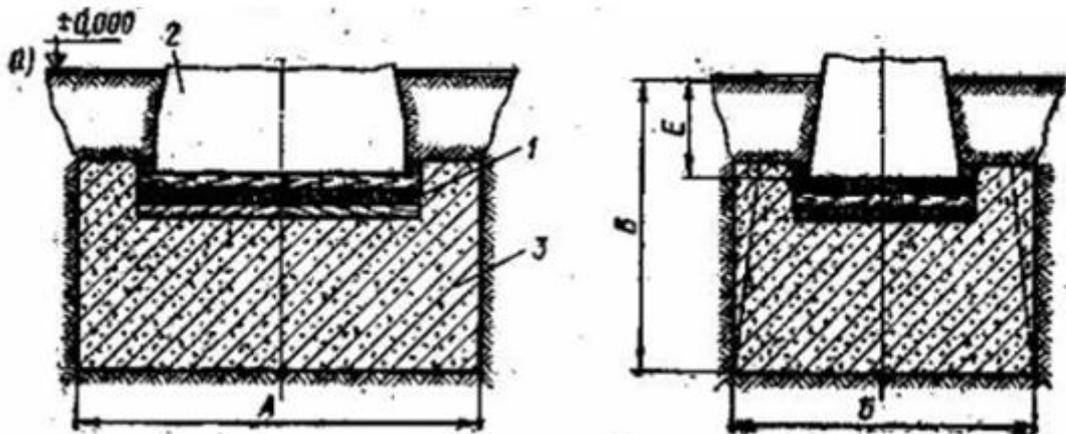


Fig. 1.3. Schemes of the foundations under the steam stamping hammers[13]:  
a – rigid foundation, 1 – gasket under the anvil, 2 – anvil, 3 – ferroconcrete

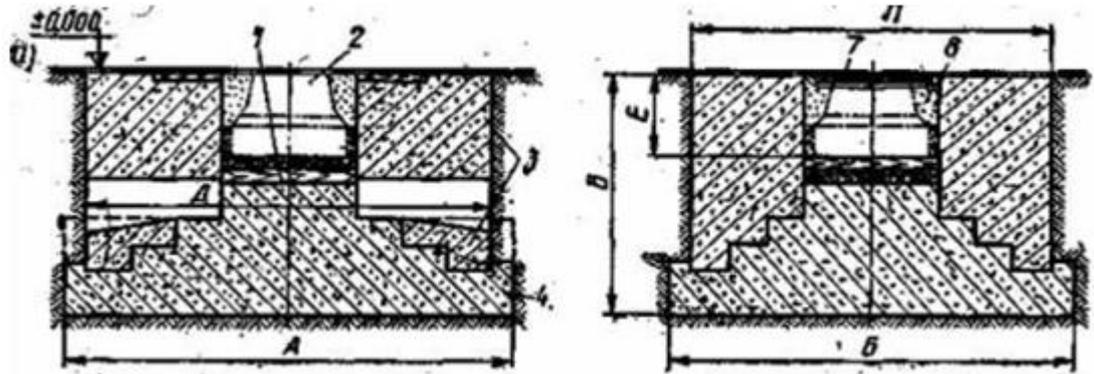


Fig. 1.4. Schemes of the foundations under the steam forging hammers: a – rigid foundation, 1 – gasket under the anvil, 2 – anvil, 3 – concrete

The anti-vibration foundations under the anvil can be made as supporting, suspended, and mobile ones. In their construction, the anvil is isolated or has a massive ferroconcrete block.

Shock absorbers and vibration dampers installed under the ferroconcrete block of the foundation and leaning on its ferroconcrete box are used in the anti-vibration foundations. Figures 1.2b, 1.3b, and 1.4b present the schemes of the anti-vibration foundations.

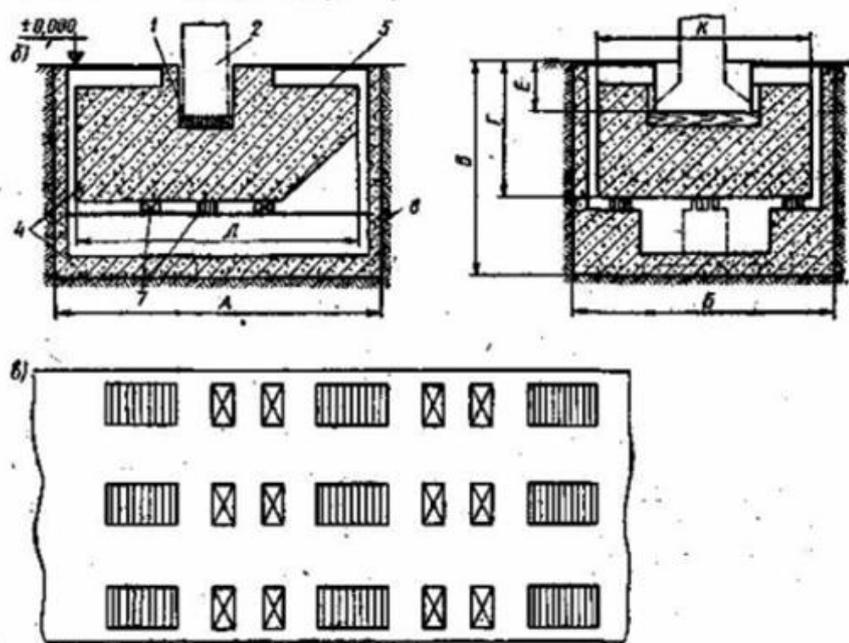


Fig. 1.5. Schemes of the foundations under the pneumatic forging hammers[13]: a, b – anti-vibration foundation, c – location of the vibration isolators; 1 – gasket under the anvil, 2 – anvil, 3 – concrete, 4 – ferroconcrete, 5 – foundation block, 6 – box under the foundation, 7 – vibration isolators.

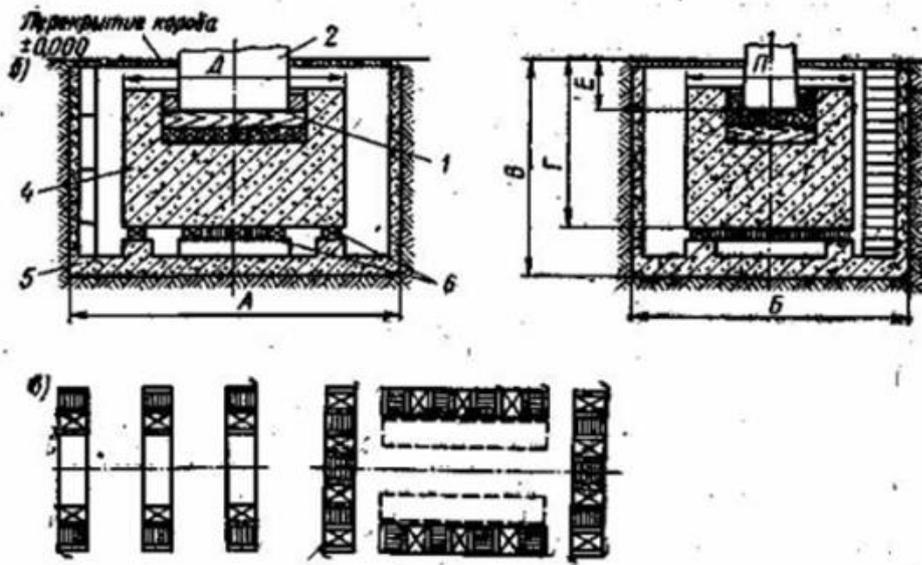


Fig. 1.6. Schemes of the foundations under the steam stamping hammers: a, b – anti-vibration foundation, c – location of the vibration isolators; 1 – gasket under the anvil, 2 – anvil, 3 – ferroconcrete, 4 – foundation block, 5 – box under the foundation, 6 – vibration isolators.

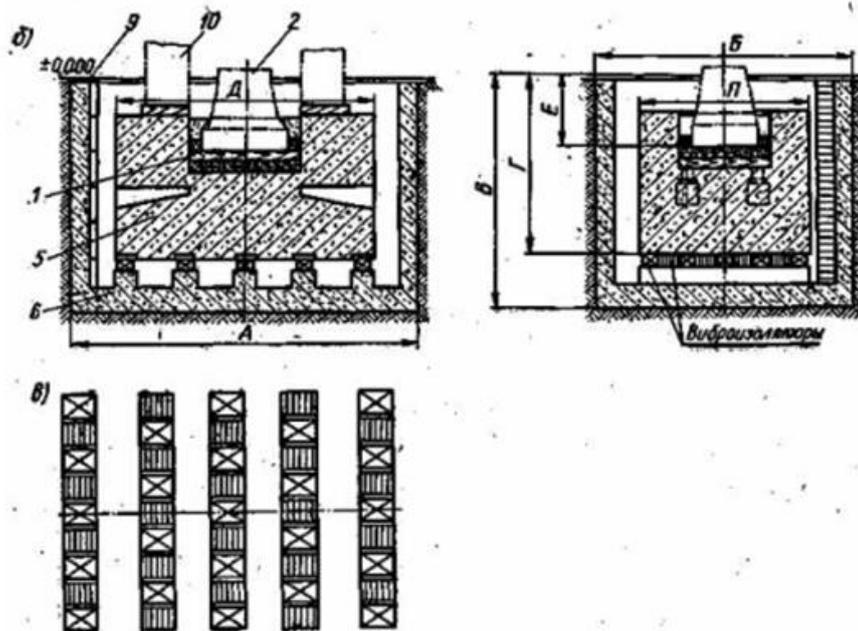


Fig. 1.7. Schemes of the foundations under the steam forging hammers[13]: b – anti-vibration foundation, c – location of the vibration isolators; 1 – gasket under the anvil, 2 – anvil, 3 – concrete, 4 – ferroconcrete, 5 – foundation block, 6 – box under the foundation, 7 – beams, 8 – rammed clay, 9 – overlapped boxes, 10 – hammer frame.

The rigid disc and ring springs, rubber are used as the shock absorbers.

The anti-vibration foundations reduce vibrations considerably; however, the rigid foundations require the simpler production and fewer materials for the construction, have a price 2 – 3 times lower in comparison with the anti-vibration foundations. The production of the vibration isolation (supporting and suspended) under the anvil is simpler. It is possible to use the packs of the leaf springs (picture 1.5) having good damping properties.

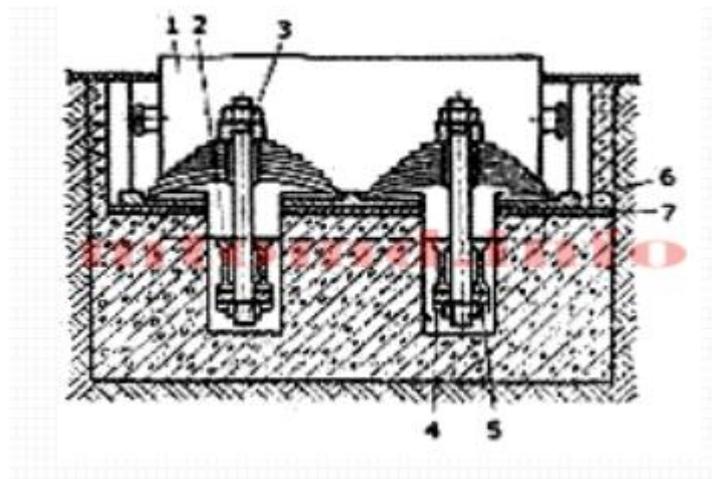


Fig. 1.8. Vibration isolation under the anvil[14]

1 – anvil, 2 – beam, 4 – nut, 5 – lock, 6 – base plate, 7 – lining.

The foundations with the isolation of the inertial block require the complicated production; the maintenance of the elastic and damping elements in the support structures is difficult (Fig. 1.6).

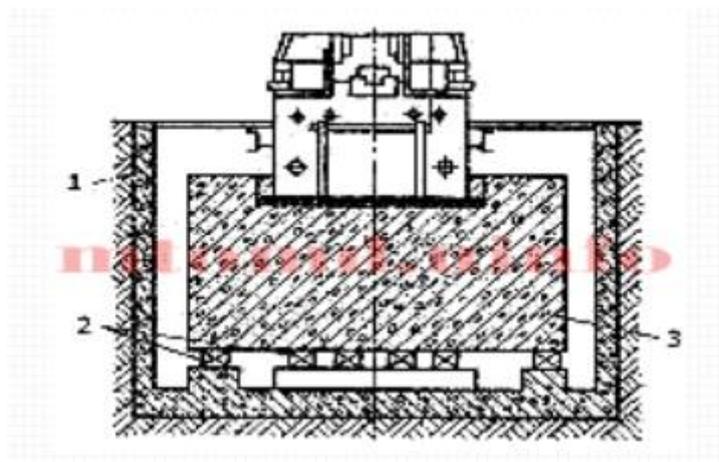


Fig. 1.9. The foundations with the isolation of the inertial block[14]

It is recommended that the pneumatic or hydraulic vibration damping devices and the supporting spring vibration isolation systems should be used for the large-sized hammers.

### 1.3 Overview of vibration damping devices

For large-sized hammers, pneumatic or hydraulic vibration damping devices are recommended.

The invention is used to extinguish the shock and vibration loads acting on the base of the foundation.

The device comprises a body, a piston arranged therein, a hollow rod fastened to the latter with a compensation cavity, communicating with the piston and sub-piston cavities, and an element with a channel connected to the body, connecting the piston and sub-piston cavities. The device is also provided with an adjustable limit valve installed in the channel and a check valve installed in the piston orifice and connecting the compensation and sub-piston cavities.

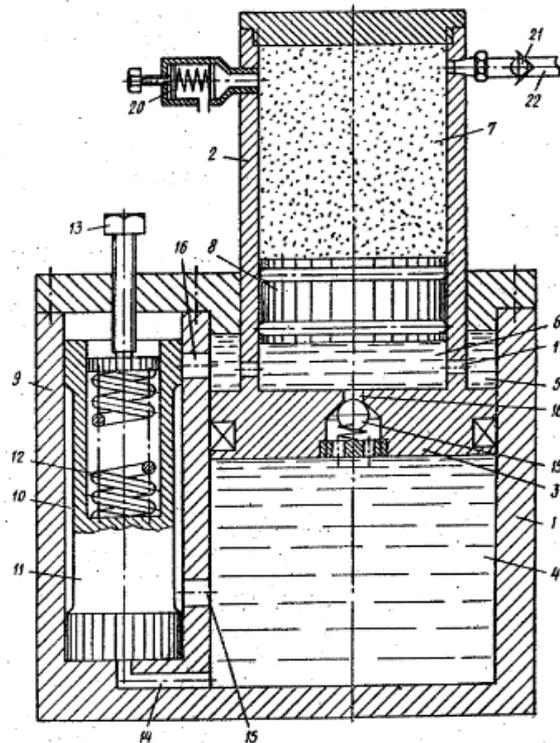


Fig.1.10 Hydro-pneumatic cushion

The main disadvantage of this installation is its insufficient efficiency in case of changes in the level of the impact load.

Installation is one of the means of protection against vibrations of various objects.

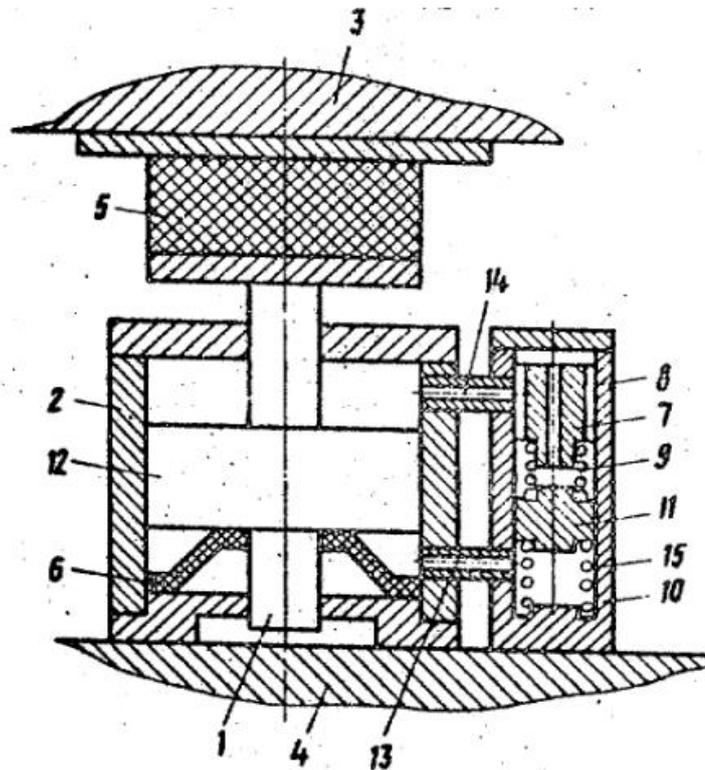


Fig.1.11 Shock absorber.

1 - intermediate mass, 2 - hydraulic cylinder, 3 - object, 4 - base, 5 and 6 - elastic connections, 7 - vibration damper (made in the form of a piston), 8 - axial channels, 9 - elastic element, 10 - second hydraulic cylinder, 11 and 12 - pistons, 13 and 14 - the channels connecting the over- and sub-piston cavities, 15 - the elastic element.

The work of the shock absorber is as follows: first the forces of the object 3 go into the elastic coupling 5 and the piston 12, then into the working area to the piston 11.

Through the element 9, the inertia forces are transmitted to the piston 11, which develop in the absorber 7.

These forces practically coincide with the magnitude of the forces acting on the same piston 11 from the side of the working region, hence, the forces obtained are in antiphase with respect to each other. With a decrease in the amplitude of the oscillations on the piston 11, a decrease in the amplitude of the piston 12 also takes place, which reduces the dynamic loads applied to the object. There is a dependence of the mass of the absorber on the area of the piston, so, the larger the area of the piston 12, in comparison with the piston 11, the smaller the required mass of the

damper. An important advantage is the arrangement of the oscillator 7 in the device, since it can be adjusted without disassembling the entire device.

The main disadvantage is the relatively small frequency range of vibration damping. This range is obtained because of the constant ratio of the piston diameters and the same piston speed in both directions.

The hydropneumatic shock absorber contains an intermediate mass with an elastic coupling made on high-pressure sleeves deformed in the radial direction. The intermediate mass is installed on high-pressure hoses that are hydraulically connected to the vibration dampener.

The vibration damper consists of a check valve and an adjustable throttle, connected in parallel, and then with a hydropneumatic accumulator. An increase in the efficiency of damping of the shock load transmitted to the base

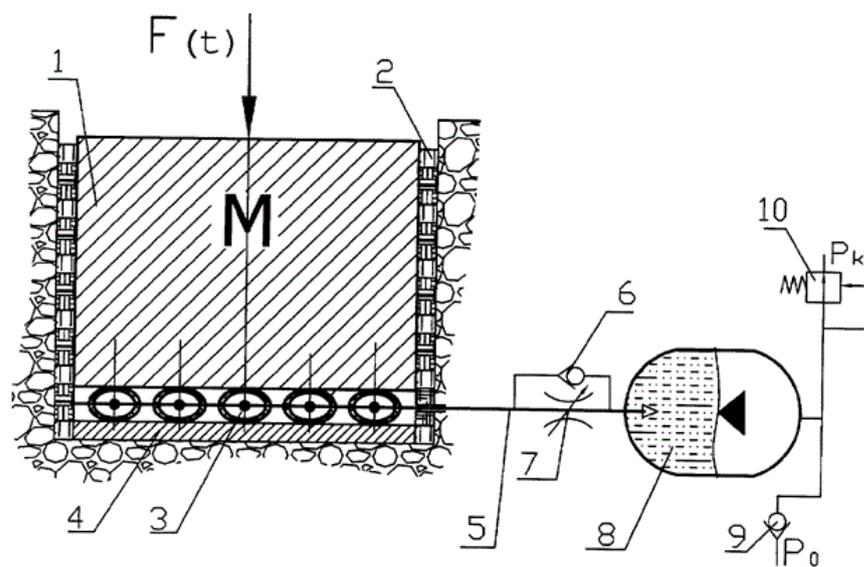


Fig.1.12 Hydropneumatic shock absorber.

The main disadvantage is the possibility of damping the vibration level within 40 dB.

Next, consider the main structural elements of the hydraulic shock absorber, which it includes. In hydraulic vibration-proofing devices, high-pressure hoses are used because they have a high coefficient of flexibility.

#### 1.4 Overview of high-pressure hoses

High pressure hoses are used in hydraulic systems as flexible pipelines for supplying high pressure working fluids. High pressure hoses are a complex consisting of a rubber hose with a metal braid.

Designations of high pressure hoses:

Braided type:

1ST - Single-layer brass braid;

2ST - Double-layer brass braid;

SN - Single-layer braid with a thinner outer layer of rubber;

2SN - Double-layer braid with a thinner outer layer of rubber;

Coiling type:

4SP - Four-layer braid. For medium pressures. Braid in the form of a spiral, steel wire;

4SN - Four-layer braiding. For high pressures. Braid made of extra strong wire;

R12 - Four-layer braid. For continuous work at high temperatures and medium pressure.

R13, R12 - A multi-layer braid (most often it's a six-layer). Work at high loads and high pressures. The service life of such hoses is increased.

Let's take a closer look at the characteristics of high-pressure hoses 1ST and 2ST. (Table 1.4-1.5)

1. Figure 1.13 shows the 1ST

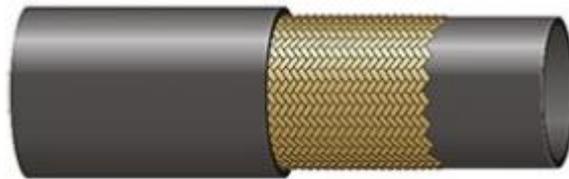


Figure 1.13-RVD 1ST

Table 1.4 Specifications of high-pressure hoses 1<sup>ST</sup> [15]

Номинал. D	Внутр. D	D по наруж. оплётке	Наруж. D	Рабочее давление		Разрывное давление	Радиус изгиба	Вес 1 пог. м
				атм	psi			
5	4,8	9,5	11,8	250	3625	1000	90	0,19
6	6,4	11,1	13,4	225	3265	900	100	0,21
8	7,9	12,7	15,0	215	3120	850	115	0,24
10	9,5	15,1	17,4	180	2610	720	130	0,33
12	12,7	18,3	20,6	160	2320	640	180	0,41
16	15,9	21,4	23,7	130	1885	520	200	0,45
19	19,0	25,4	27,7	105	1525	420	240	0,58
25	25,4	33,3	35,6	90	1275	350	300	0,88
31	31,8	40,5	43,5	65	915	250	420	1,23
38	38,1	46,8	50,6	50	725	200	500	1,51
51	50,8	60,2	64,0	40	580	160	630	1,97

2. Figure 1.14 shows the 2ST



Figure 1.14-HPT 2ST Table 1.5 Specifications of high-pressure hoses 2ST[15]

Номинал. D	Внутр. D	D по наруж. оплётке	Наруж. D	Рабочее давление		Разрывное давление	Радиус изгиба	Вес 1 пог. м
				атм	psi			
5	4,8	11,1	13,4	415	6020	1650	90	0,31
6	6,4	12,7	15,0	400	5805	1600	100	0,33
8	7,9	14,3	16,6	350	5080	1400	115	0,39
10	9,5	16,7	19,0	330	4790	1320	130	0,50
12	12,7	19,8	22,2	275	3990	1100	180	0,59
16	15,9	23,0	25,4	250	3625	1000	200	0,71
19	19,0	27,0	29,3	215	3120	850	240	0,86
25	25,4	34,9	38,1	165	2395	650	300	1,28
31	31,8	44,5	48,3	140	1815	500	420	2,02
38	38,1	50,8	54,6	100	1305	360	500	2,23
51	50,8	63,5	67,3	90	1160	320	630	2,86

RVD with single-layer and double-layer brass braid are able to withstand high pressure and have a high coefficient of flexibility. For our device, we chose a WFD with one metal braid. Next, consider the coils that are part of the shock absorber.

### 1.5. Overview of the control valves

Throttle designed to create a hydraulic resistance to the flow of liquid.

Linear chokes, in such throttles, pressure loss is determined by the pressure loss along the length. Changing the length of the channel along which the fluid moves, you can change the pressure loss and flow through the throttle (Figure 1.15). The main disadvantage of the linear hydrodroplet is the dependence of its characteristics on the viscosity of the working fluid, and consequently on the temperature. Because of this temperature instability, the characteristics of linear hydro-generators in control systems of volumetric hydraulic drives are practically not used.

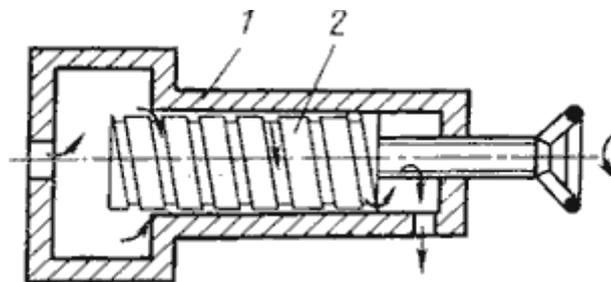


Figure 1.15 Linear throttle; 1 - housing; 2 - the screw.

Nonlinear chokes are characterized by the fact that the fluid flow mode through them is turbulent, and the pressure difference is practically proportional to the square of the fluid flow, therefore such chokes are often called quadratic ones. In them, the pressure loss is determined by the deformation of the fluid flow and the vortex formation caused by local resistances.

In the regulated hydro-generators, the most commonly used needle, spool, valve, crane, throttles type "nozzle-заслонка." Let us consider the design features of these types of hydrodrokes.

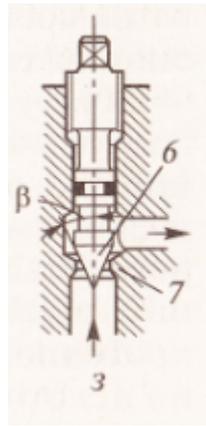


Figure 1.16 Needle Throttle:  
6 - seat 7 - locking and regulating element.

The disadvantage of the needle choke is that its shut-off element is not unloaded from the pressure in the flow of liquid, i.e., the force required for control depends on this pressure.

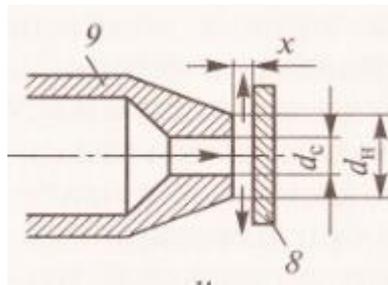


Figure 1.17 - Hydrostake "nozzle-damper":  
8 - damper; 9 - the nozzle.

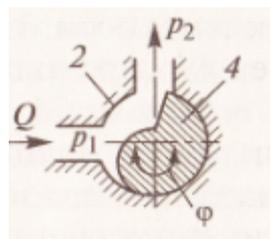


Figure 1.18 - crane:  
2 - shell; 4-tap

The disadvantage of the crane hydrotroiler is its use in low-pressure hydraulic systems, because its shut-off and regulating element is not unloaded from the pressure in the flow of liquid. This, with a significant operating pressure, is the reason for the increase in torque required to control the crane.

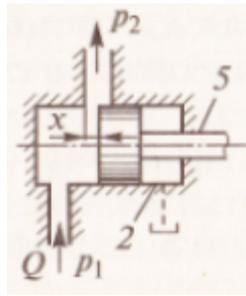


Figure 1.19 slide valve with unloaded shut-off element; 2 - housing; 5-tap

The disadvantage is that the shut-off valve is not unloaded from the pressure, so the control effort depends on the pressure in the liquid flow.

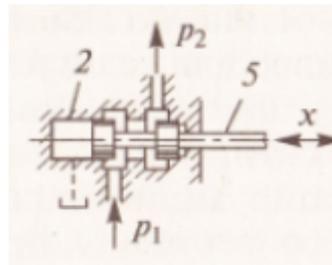


Figure 1.20 slide valve with unloaded shut-off element: 2 - body; 5-tap

Gold-plated hydrosensors are used in hydraulic systems with low operating pressure.

The throttle with check valve is designed to regulate the flow of working fluid in one direction.

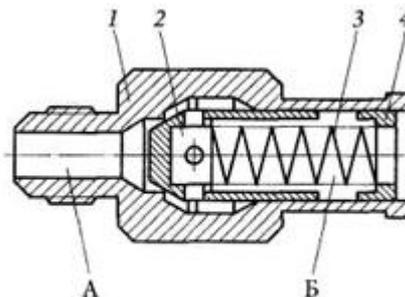


Figure 1.21 Throttle with check valve: 1 - body; 2- the valve; 3-spring; 4-bushing; A-supply; B-tap

In our design, we will have a choke with a non-return valve. Next, consider the hydraulic accumulators.

## 1.6. Overview of accumulators

The accumulator allows you to accumulate the energy of a compressed gas or a spring and transfer it to the hydraulic system with a stream of pressurized fluid. Next, consider the classification of hydroaccumulators and their advantages and disadvantages.

Hydraulic accumulators are divided into two types: hydraulic accumulators with mechanical storage and hydraulic accumulators with pneumatic storage.

Hydraulic accumulators with mechanical storage are divided into two main groups according to the design: cargo accumulators and spring accumulators.

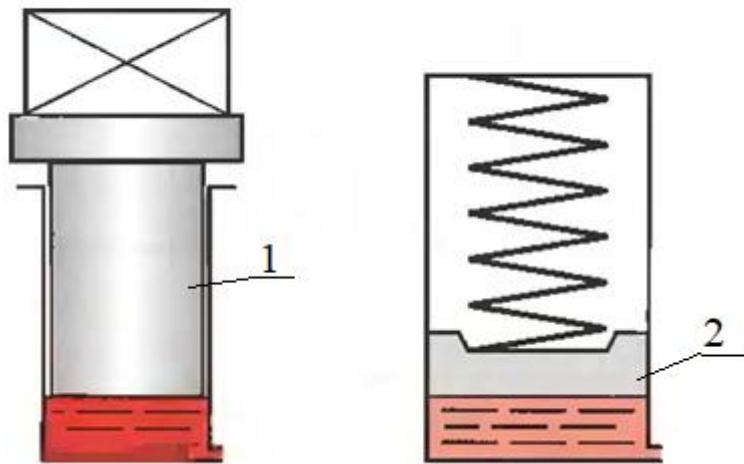


Figure 1.22 Accumulators: 1-cargo; 2- spring;

The cargo accumulator has several advantages:

- 1) constant pressure of the battery,
- 2) simplicity of design,
- 3) large working volume,
- 4) low cost.

Disadvantages of cargo storage:

- 1) low energy consumption;
- 2) low inertia;
- 3) bulkiness of the structure;

The spring accumulator has the following advantages:

- 1) simplicity of design;

2) low cost.

Disadvantages of the spring accumulator:

1) the pressure depends on the characteristics and linear deformation of the spring, 2) a small working volume;

The pneumatic accumulator has the following advantages: high energy intensity at small dimensions;

Disadvantages: the battery pressure changes in accordance with the process of compression and expansion of the gas.

According to the design, the pneumohydraulic accumulators are divided into three types: balloon; piston; membrane.

Balloon accumulator - the most common type of battery for the average flow in hydraulic actuators of fast action

As a medium separator, a rubber cylinder is used. Initially, the cylinder is under gas pressure. The liquid cavity is connected to the system. With increasing pressure in the system, the balloon is compressed, taking in the battery a certain amount of liquid. As the pressure decreases, the compressed gas displaces the liquid back into the system. They are usually installed vertically or horizontally. The cavity of the liquid should be on the bottom. Work can in the temperature range from  $-50^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$ . As a result of wear, the rubber cylinder can be replaced with a new one.



Figure 1.23 Balloon accumulator.

Reciprocating hydraulic accumulator - the simplicity of the design provides it with a relatively low cost compared to the ability to work on large volumes (up to 600 liters). The principle of operation is the same as for a balloon, with the only difference being that a metallic piston is used as the separation medium. The medium and the temperature with which the hydraulic accumulators are compatible depend on the seal material in the piston.

In connection with its features, the piston battery has its advantages, compared to the rest. Here are some of them:

1. high ratio between the charge pressure of the gas and the maximum working pressure of the liquid; 2. Economical solution for the use of gas reserve cylinders for systems with low differential pressures; 3. Low flow rates are possible. Limitation: maximum piston speed; 4. economy of power; 5. high level of efficiency of hydraulic installation; 6. the absence of a sudden drop in gas pressure when the seals are worn; 7. compactness; 8. Controlling the volume of the liquid along the entire stroke length of the piston, for example, by means of an electric limit switch.



Figure 1.24 Reciprocating hydraulic accumulators

Membrane battery - due to its small size, is used most often where there is a need for instant energy release at small sizes (for example, machines or mobile equipment). The range of capacity of the working fluid varies from 0.75 to 4 liters, the permissible operating temperature is from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+80^{\circ}\text{C}$ . The principle of

operation is similar to a piston battery, only as a medium separator is used a rubber membrane. There are two types of membrane batteries: a welded and dismountable body. In the welded structure, the membrane is pressed into the annular groove inside the housing, and a special technology ensures minimum heating to avoid damage to the membrane during welding. This is in contrast to the demountable membrane, where the upper and lower parts of the body are connected by thread. This device allows you to replace the membrane without changing the case.



Figure 1.25 Membrane battery  
In our design, we will use a membrane battery.

## Приложение Б

Программа вычисления математической модели в Pascal ABC.

```
Program Dvuxkaskad;  
Uses GraphABC;  
var k1,k2,k3,k4,g1,g2,g3,g4,  
l1,l2,l3,l4,p1,p2,p3,p4:double;  
dt,t,t0,x1,x2,v1,v2,x10,v10,  
m1,m2,c1,c2,a1,a2:double;  
xn,yn,dx,dy,l,ax,bx:integer;  
i,ii:longint;  
tx,ty:byte;  
s,s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7:String;  
cc1,a1: array[0..2] of double;  
function f1(x,y: double):double;  
begin  
f1:=(c1*x2 -c1*x1-a11*v1+a11*v2)/m1; {dv/dt}  
end:{f1}  
function f2(y:double):double;  
begin  
f2:=y; {dx1/dt}  
end:{f2}  
function f3(x,y: double):double;  
begin  
f3:=(c1*x1 - c2*x2-a12*v2+a11*v1)/m2; {dv/dt}  
end:{f1}  
function f4(y:double):double;  
begin  
f4:=y; {dx2/dt}  
end:{f2}  
begin  
SetWindowSize(800,600);  
SetWindowCaption('Виброзащита Молота: ');  
Font.Name := 'Times New Roman';  
Font.Style := fsItalic;  
Font.Size := 10;  
Font.Color := clBlack;  
xn:=90;  
yn:=340;  
dx:=70;  
dy:=55 ;  
ty:=TextHeight('M');  
  
for var j:=0 to 5 do
```

```

for var k:=0 to 8 do
begin ax:= xn+dx*k;bx:=yn-dy*j;
  DrawRectangle(xn,yn,ax,bx);
  if k=8 then begin
    case j of
      0:s=' 0';
      1: s:=' 20';
      2:s:=' 40';
      3: s:=' 60';
      4: s:=' 80';
      5: s:='x10%';
    end; {case}
    TextOut(xn-2*ty,yn-ty-dy*j,s);
  end;
  if j=5 then begin
    case k of
      0:s=' 0';1,3,5,7:s='';
      2: s:='25';
      4:s:='50';
      6: s:='75';
      8: s:='t%';
    end; {case}
    TextOut(xn-ty+dx*k,yn+2,s);
  end;
end;

{Data}
m1:=24;c1:=24000; al1:=610;
m2:=70;c2:=100000; al2:=10000;
cc1[1]:=24000; a1[1]:=610;
cc1[2]:=50000; a1[2]:=4000;
cc1[0]:=c1;a1[0]:=al1;
x10:=0.3; v1:=12;
dt:=0.0005; ii:=2000; t0:=dt*ii;
v10:=v1;
Str(x10:2:1,s);
TextOut(xn+ty div 2+dx*6,yn-5*dy+2*ty,'xi0='+s+'sm');
Str(cc1[1]:2:1,s);
TextOut(xn+ty div 2+dx*1,yn-5*dy+2*ty,'c1+='+s);
Str(cc1[2]:2:1,s);
TextOut(xn+ty div 2+dx*3,yn-5*dy+2*ty,'c1-='+s);
Str(c1:2:1,s);Str(al1:2:1,s1);
Str(c2:2:1,s2);Str(al2:2:1,s3);
Str(m1:2:1,s4);Str(m2:2:1,s5);

```

Str(t0:2:2,s6);Str(v10:2:1,s7);

{End Data}

### **Repeat**

Inc(i); t:=t+dt;

k1:=dt\*f1(x1,v1);

g1:=dt\*f2(v1);

l1:=dt\*f3(x2,v2);

p1:=dt\*f4(v2);

k2:=dt\*f1(x1+k1/2,v1+g1/2);

g2:=dt\*f2(v1+g1/2);

l2:=dt\*f3(x2+l1/2,v2+p1/2);

p2:=dt\*f4(v2+p1/2);

k3:=dt\*f1(x1+k2/2,v1+g2/2);

g3:=dt\*f2(v1+g2/2);

l3:=dt\*f3(x2+l2/2,v2+p2/2);

p3:=dt\*f4(v2+p2/2);

k4:=dt\*f1(x1+k3/2,v1+g3/2);

g4:=dt\*f2(v1+g3/2);

l4:=dt\*f3(x2+l3/2,v2+p3/2);

p4:=dt\*f4(v2+p3/2);

v1:=v1+(k1+2\*k2+2\*k3+k4)/6;

x1:=x1+(g1+2\*g2+2\*g3+g4)/6;

v2:=v2+(l1+2\*l2+2\*l3+l4)/6;

x2:=x2+(p1+2\*p2+2\*p3+p4)/6;

**if** v1<0 **then** c1:=cc1[2] **else** c1:=cc1[1];

**if** v1<0 **then** a1:=a1[2] **else** a1:=a1[1];

**if** (i=900) **or** (i=1600) **then**

**begin** v1:=12;x1:=0;v2:=0;x2:=0; **end**;

{View}

SetPenWidth(3);

PutPixel(xn+trunc(8\*dx\*(i/(ii))),yn-trunc(5\*dy\*x1/x10),clred);

PutPixel(xn+trunc(8\*dx\*i/ii),yn-2\*dy-trunc(5\*dy\*x2/x10),clblue);

PutPixel(xn+trunc(8\*dx\*i/ii),yn-trunc(0.5\*dy\*c1/cc1[0]),clGreen);

PutPixel(xn+trunc(8\*dx\*i/ii),yn-trunc(0.51\*dy\*a1/a1[0]),clDarkRed);

{End View}

**Until** i >=ii;

{Font.Name := 'Times New Roman';

Font.Style := fsBold;

Font.Size := 12;

```
Font.Color := clred;  
TextOut(xn+dx+2*ty,yn+ty-dy*5,'X');  
Font.Color := clgray;  
TextOut(xn+5*dx+ty,yn+ty-dy*5,'V-X');  
Font.Color := clgreen;  
TextOut(xn+dx+2*ty,yn+ty-dy*2,'V');}
```

```
Font.Name := 'Times New Roman';  
Font.Style := fsNormal;  
Font.Size := 13;  
Font.Color := clgreen;  
TextOut(xn-4*ty,yn+2*ty,'m1='+s4+'; m2='+s5+'; c1='+s+  
    '+'; al1='+s1+'; c2='+s2+'; al2='+s3+'; v1='+s7+'; t0='+s6+' sec');  
end.
```