

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
 Отделение школы Отделение машиностроения (ОМШ)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Экспериментальный стенд для виброобратки деталей сложной конфигурации
УДК <u>621.81:621.9.048.6</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ01	Русин Александр Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Гаврилин А.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 15.04.05 Машиностроение	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Мартюшев Н.В.	к.т.н.		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять <i>глубокие естественнонаучные и математические знания</i> для создания нового технологического оборудования и машин.	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК2, 3). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современного машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой новых изделий с использованием системного анализа и моделирования объектов машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5-9). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	<i>Разрабатывать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-15-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Проводить теоретические и модельные исследования в области машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК16). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P6	Внедрять и обслуживать современные высокотехнологические линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ОК-2, ПК-9, ПК-11, 12, 13, 14). Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Универсальные компетенции		
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> для <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО (ОПК-4, ПК2, ПК-3, ПК-13, ПК-14, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-3, ОПК-4, ПК-13, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК18). Критерий 5 АИОР (п. 2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВО (ОК-2). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.05 Машиностроение
Отделение школы Отделение машиностроения (ОМШ)

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Н.В. Мартюшев
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ01	Русин Александр Александрович

Тема работы:

Экспериментальный стенд для виброобработки деталей сложной конфигурации	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 38-25/с от 07.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Выполнить литературный обзор. 2. Выполнить обзор патентных решений. 3. Выполнить обзор существующих устройств и методов для виброобработки деталей 4. Предложить принципиальную схему исследуемого устройства. 5. Исследовать зависимость основных вибрационных характеристик на процесс виброобработки. 6. Выполнить 3Д модель устройства с целью определить количество узлов в которых возникает вибрация. 7. Составить математическую модель для устройства. 8. Провести исследования математической модели устройства.
---------------------------------	---

	9. Провести исследования математической модели и сравнить результаты с резальными измерениями. 10. Сделать теоретические выводы по результатам исследования.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Обзор существующих патентных решений. 2. Разработка принципиальной схемы устройства. 3. Исследование зависимости основных вибрационных характеристик на процесс виброобработки.
Перечень графического материала	Презентация, выполненная в MS Power Point.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Татьяна Гавриловна, доцент ОСГН, к.э.н.
«Социальная ответственность»	Антоневич Ольга Алексеевна, доцент, к.б.н.
"Иностранный язык"	Зяблова Наталия Николаевна, доцент, к.ф.н
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Сущность метода виброобработки деталей	
Принципиальная схема и принцип работы устройства	
Проведение экспериментов на проектируемом стенде	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Гаврилин А.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ01	Русин Александр Александрович		

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 15.04.05 Машиностроение

Отделение школы Отделение машиностроения

Период выполнения 2020/2021 – 2021/2022 учебные года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.11.2020	Обзор источников информации	10
29.11.2020	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
30.06.2021	Проведение инженерных расчетов, разработка конструкции объекта	20
25.12.2021	Разработка плана исследования и его проведения, интерпретация результатов исследования	20
14.05.2022	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
14.05.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Иностранный язык»	10
20.05.2022	Оформление ВКР и презентационных материалов	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Гаврилин А.Н.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 15.04.05 «Приборостроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Мартюшев Н.В.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 120 с., 42 рис., 35 табл., 25 источника, 3 прил.

Ключевые слова: вибрация; виброударные системы; динамическое воздействие; вибрационные характеристики; вибрационная обработка.

Объектом исследования является экспериментальный стенд для виброобработки деталей сложной конфигурации.

Цель работы – ознакомиться с существующими методами виброобработки, спроектировать экспериментальный стенд для виброобработки деталей сложной конфигурации, провести анализ влияния вибрационных характеристик на процесс виброобработки, спроектировать математическую модель стенда.

В процессе работы произведен литературный обзор и выполнен анализ влияния вибрационных характеристик на процесс виброобработки.

Степень внедрения: машиностроение, финишные операции изготовления детали.

Область применения: изготовление детали с большими требованиями поверхностного слоя

Экономическая эффективность/значимость работы: благодаря анализу влияния вибрационных характеристик на процесс виброобработки, проектированию экспериментального стенда и его математической модели, возможно получить станок для улучшения качества поверхности детали, что приведет к уменьшению времени на финишную операцию. Простота процесса позволяет без трудностей справиться с процессом виброобработки не имея специальных навыков.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Вибрационная обработка – это метод механической обработки деталей и заготовок в абразивной среде при воздействии на среду или изделие механических колебаний.

Вибрация - это механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, виброскорость, виброускорение, виброперемещение.

ПО – программное обеспечение;

SWOT анализ – S-сильные стороны, W-слабые стороны, О-возможности, Т-угрозы.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
3. СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
4. ГОСТ 30494 – 2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
5. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
6. СНиП 23 – 05 – 95. «Естественное и искусственное освещение».
7. ГОСТ 12.0.002 – 2014. «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».
8. ГОСТ 12.1.019 – 2017 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
9. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. «Пожарная безопасность».

Оглавление

Введение.....	12
1 Информационно-аналитический обзор.....	13
1.1 Сущность метода виброобработки деталей.....	13
1.2 Анализ существующих конструкций.....	14
1.2.1 Механическая виброабразивная деталей.....	14
1.2.2 Электрохимическая виброабразивная обработка деталей.....	15
1.2.3 Магнитно-виброабразивная обработка деталей.....	16
1.2.4 Ударно-импульсная виброабразивная обработка деталей.....	17
2 Объекты и методы исследования.....	18
2.1 Принципиальная схема и принцип работы устройства.....	20
2.2 Проведение экспериментов на проектируемом стенде.....	22
2.2.1 Зависимость съема металла от амплитуды колебаний.....	22
2.2.2 Зависимость съема металла от частоты колебаний.....	24
2.2.3 Зависимость съема металла от времени.....	25
2.2.4 Зависимость съема металла от вида абразивной крошки.....	26
2.2.5 Зависимость съема металла от СОЖ.....	28
2.3 3D модель экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации.....	29
3 Расчеты и аналитика.....	32
3.1 Метод математического моделирования.....	32
3.2 Цель исследования.....	33
3.3 Методика проведения исследования.....	35
3.4 Подбор и расчет параметров для проведения исследования.....	36
3.5 Составление математической модели.....	38

3.6 Структурная схема для расчета одномассовой схемы	39
4 Результаты проведенного математического моделирования	40
4.1 Результаты с предварительным расчетом параметров.....	40
4.2 Результаты реальных испытаний.....	42
4.3 Сравнением результатов, полученных при математическом моделировании и реальными измерениями.....	46
4.4 Спектральный анализ.....	46
4.5 Амплитудно-фазовые частотны характеристики.....	47
4.6 Описание результатов математического моделирования	50
Вывод по разделу	51
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....	53
Введение.....	54
5.1 Анализ конкурентных технических решений	54
5.2 SWOT-анализ	55
5.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	59
5.4 Определение трудоемкости выполнения работ	60
5.5 Разработка графика проведения проектирования.....	61
5.6 Цели и результат исследования	64
5.7 Организационная структура проекта	65
5.8 Бюджет исследовательской работы.....	66
5.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	72
5.10 Оценка сравнительной эффективности исследования	77
Вывод по разделу	80

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	82
Введение.....	84
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	85
6.2 Производственная безопасность.....	88
6.3 Анализ выявленных вредных и опасных факторов	90
6.4 Экологическая безопасность	97
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	99
Выводы по разделу	100
Список литературы.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ А	107
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Гидравлическая Схема.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Спецификация.....	118

Введение

Надежность и ресурс силовых двигателей современных летательных аппаратов, их двигателей и агрегатов в процессе эксплуатации обеспечивается не только рациональной конструкцией деталей и высоким качеством материалов, применяемых для их изготовления, но в значительной мере определяются качеством обработанных поверхностей, которые зависят от принятой технологии изготовления.

Технические условия изготовления силовых деталей предусматривают снятия дефектных слоев, обеспечения низкой шероховатости поверхности и технологических концентраторов напряжений, обеспечиваемых, как правило, чистовыми и финишными операциями. Так как многие детали отличаются сложностью форм, финишные или чистовые виды обработки на металлорежущих станках в большинстве случаев оказываются практически невозможными. Поэтому при выполнении финишных операций значительный объем шлифовальных и полированных работ выполняется вручную с помощью абразивных полировальных кругов, закрепляемых на пневматических фортунах.

При этом ручные операции не обеспечивают стабильного качества поверхностного слоя. Механизировать выполнение отделочных операций можно путем применения объемной виброабразивной обработки, которая находит все больше применение в отечественном и зарубежном машиностроении.

Надежность и долговечность работы машин и механизмов в значительной мере определяется качеством обработки деталей, технологией их производства, поэтому становятся понятными высокие требования, предъявляемые к финишным операциям, которые, в основном, ответственны за формирование качества поверхности деталей. В этой связи задача технологического обеспечения функциональных параметров качества обрабатываемых деталей является актуальной.

1 Информационно-аналитический обзор

1.1 Сущность метода виброобработки деталей

Сущность метода вибрационной обработки заключается в том, что обрабатываемые детали и обрабатывающая абразивная среда помещаются в контейнер, которому сообщаются гармонические колебательное движение. Благодаря силам, вызванным вибрацией, абразивная крошка легко перемещается в рабочей среде попадая в труднодоступные места обрабатываемой детали, и как результат выполняя обработку всех ее поверхностей. В ходе взаимного прикосновения абразивной крошки и обрабатываемой детали в рабочей среде происходит обработка последней путем микроударов и как следствие снятия тонких частиц металла с поверхности обрабатываемой детали благодаря пластическому деформирования металла.

В ходе работы вибрации, рабочая среда (обрабатываемые детали, абразивная крошка и т.д.) приобретает следующий характер движения: поступательное и вращательное, поэтому масса абразивных гранул совершает вращательное движение по определенным траекториям. На траекторию движения абразивной среды будет влиять форма контейнера, а также расположение несбалансированных грузов относительно контейнера.

Производительность и качество работы вибрационного станка зависит от следующих важных условий работы:

- характер движения рабочей среды рабочей среды;
- сила микроударов абразивной крошки в рабочей среде
- температура в зоне микроударов и средняя температура в рабочей среде

Вибрационная обработка широко используется для выполнения таких операций, как очистка от окалины, коррозии, нагара и других загрязнений литых, штампованных и термообработанных деталей. Она с успехом применяется на операциях удаления облоя и заусенцев, скругления острых кромок и получение радиусов, шлифования и полирования сложнофасонных поверхностей. Ударный характер воздействия рабочей среды по поверхностям детали способствует

повышению микротвердости слоя металла и созданию в нем сжимающих остаточных напряжений, а также уменьшает или полностью ликвидирует концентраторы напряжения.

1.2 Анализ существующих конструкций

Известны различные системы виброабразивной обработки деталей такие как: механическая, электрохимическая, магнитно-виброабразивная, ударно-импульсная. Рассмотрим описание каждого вида систем более подробно.

1.2.1 Механическая виброабразивная деталей

Рассмотрим работу вибрационного станка с U-образным контейнером (рисунок 1.2.1.1). Обрабатываемые детали загружаются в рабочий контейнер 1, заполненный абразивными гранулами. Контейнер смонтирован на подвижной раме, которая соединена с пружинами 6 и 10. Под подвижной рамой в соединении с ней расположен вал 7 с несбалансированными грузами 8. Контейнер с платформой, а также жестко присоединенные к ней части вибровозбудителя принято называть рабочим органом.

Движение контейнера происходит под действием возмущающей силы вибратора, которая возникает при вращении неуравновешенной массы (с эксцентриком), вращающейся с угловой скоростью. Контейнер с платформой, а также жестко присоединенные к ней части вибровозбудителя принято называть рабочим органом.

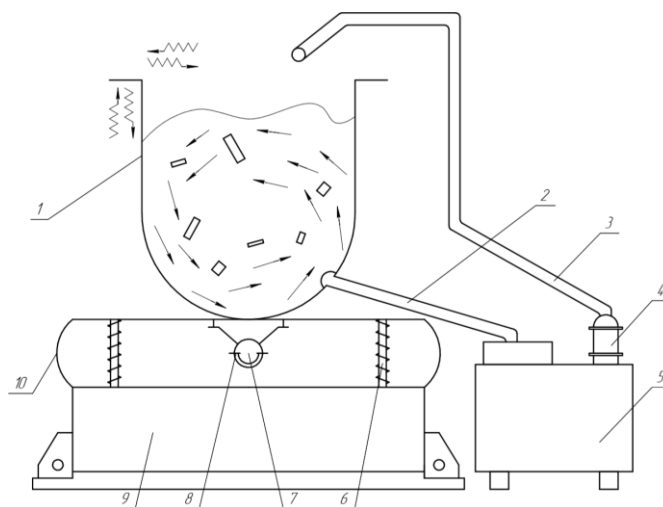


Рисунок 1.2.1.1 - Схема вибрационного станка: 1 – контейнер; 2 – сливной шланг; 3 – шланг подачи раствора; 4 – насос; 5 – бак отстойник; 6 – спиральная пружина; 7 – вал с несбалансированными грузами; 8 – груз; 9 – рама; 10 – ленточная пружина.

1.2.2 Электрохимическая виброабразивная обработка деталей

В последнее время появилось, и широко внедряются в промышленность разновидности процесса вибрационной обработки, направленные на увеличение производительности. К ним относится виброабразивная электрохимическая обработка деталей (рисунок 1.2.2.1). Сущность разновидности процесса электролитического виброабразивного состоит в дополнении обычного виброабразивного шлифования процессом электролитической обработки. Обрабатываемая деталь закрепляется на манипуляторе с необходимым характером движения и погружается в вибрирующую абразивную среду, увлажненную электролитом требуемого состава. Детали, являющиеся анодом, соединены через токосъемное кольцо и меднографитовые щетки с положительным зарядом источника тока, а электролит (катод) с отрицательным. При включении источника тока происходит электролитическое (анодное) растворение поверхностного слоя обрабатываемой детали и непрерывное механическое удаление зернами абразива продуктов анодного растворения. Интенсивность съема металла возрастает в 5-7 раз.

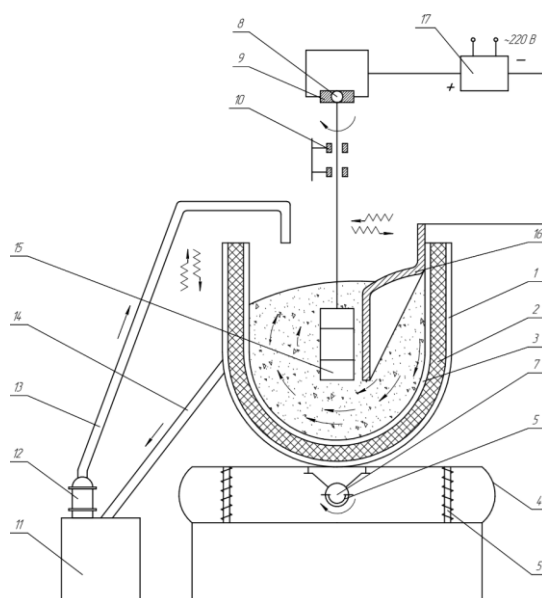


Рисунок 1.2.2.1 - Схема процесса электрохимического виброабразивной обработки: 1 – обшивка контейнера стальная; 2 – резиновая облицовка; 3 – внутренняя облицовка из нержавеющей стали; 4 – ленточная пружина; 5 – спиральная пружина; 6 – груз; 7 – вал с несбалансированным грузом; 8 – токосъемное кольцо; 9 – щетки меднографитовые; 10 – текстолитовые подшипники; 11 – бак с электролитом; 12 – насос; 13 – шланг подачи электролита; 14 – шланг отлива электролита; 15 – набор обрабатываемых деталей; 16 – катод; 17 – выпрямитель

1.2.3 Магнитно-виброабразивная обработка деталей

Одной из разновидностей обработки является магнитно-виброабразивная обработка (рисунок 1.2.3.1), сущность которой заключается в том, что на объем вибрирующего рабочего контейнера накладывается магнитное поле, наведенное электромагнитами и направленное вдоль оси циркуляционного движения рабочей среды. Контейнер при это выполняется из диамагнитного материала: нержавеющей сталь, дюралюминий и др.

Рабочая среда под действием вибрации интенсивно перемешивается, а обрабатываемые детали удерживаются магнитным полем, что исключает возможность забоин на обрабатываемых поверхностях. Путем переключения электромагнитов деталям, возможно, сообщаться осциллирующее движение, что позволяет интенсифицировать процесс вибрационной обработки. С помощью магнитного поля можно управлять расположением и движением деталей в процессе обработки.

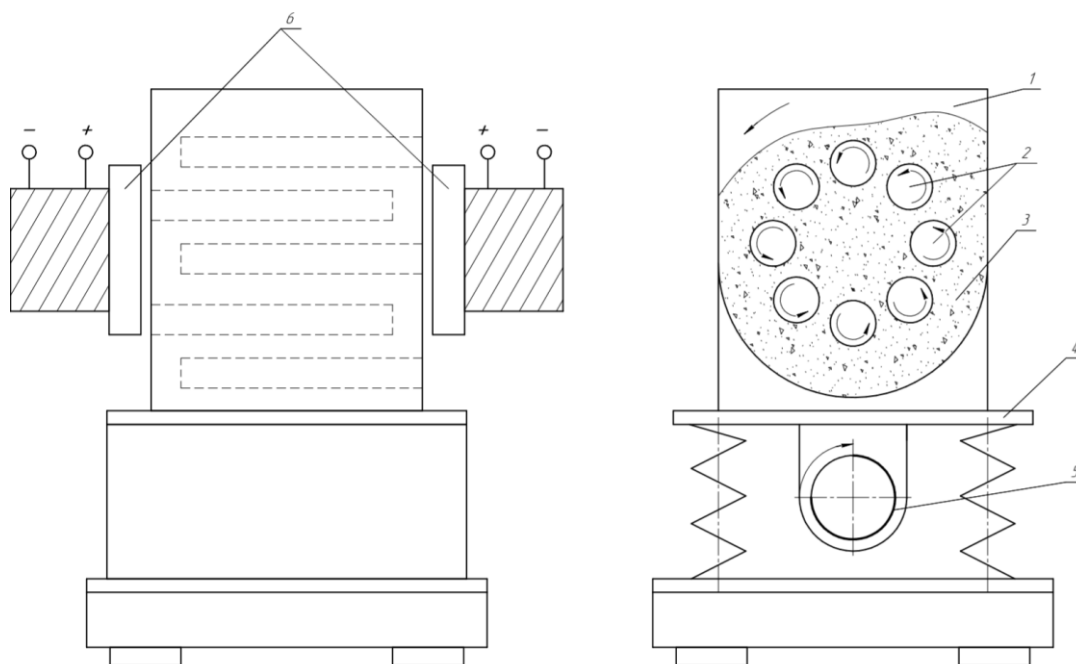


Рисунок 1.2.3.1. - Схема устройства для магнитно-виброабразивной обработки: 1 – контейнер; 2 – ферромагнитные детали; 3 – рабочая среда; 4 – подвижная платформа; 5 – вибратор; 6 – электромагниты

1.2.4 Ударно-импульсная виброабразивная обработка деталей

Другой из разновидностей вибрационного упрочнения деталей является устройство ударно-импульсной обработки деталей (рисунок 1.2.4.1). Работа этого устройства осуществляется следующим образом. Гибкая нить 1 через систему блоков соединена с механизмом возвратно-поступательного движения, который состоит из качающейся кулисы 6, кулачка 7, редуктора 8, и двигателя 9. На гибкой нити расположены жесткие площадки 2, 3, 4. В камере 5 располагаются обрабатываемые детали, а на площадке 3 – рабочие частицы. При перемещении кулис вниз жесткая площадка движется вертикально вверх с ускорением. В верхнем положении площадки рабочие частицы, получив высокую начальную скорость, наносят на поверхность детали многократные удары, тем самым упрочняя поверхностный слой металла.

Этот способ упрочнения деталей имеет целый ряд преимуществ по сравнению с дробеструйным упрочнением. Основные преимущества состоят в том, что рабочие частицы нет необходимости собирать и отправлять в рабочую камеру. Рабочие частицы получают одинаковую скорость и воздействуют на поверхность всей массой.

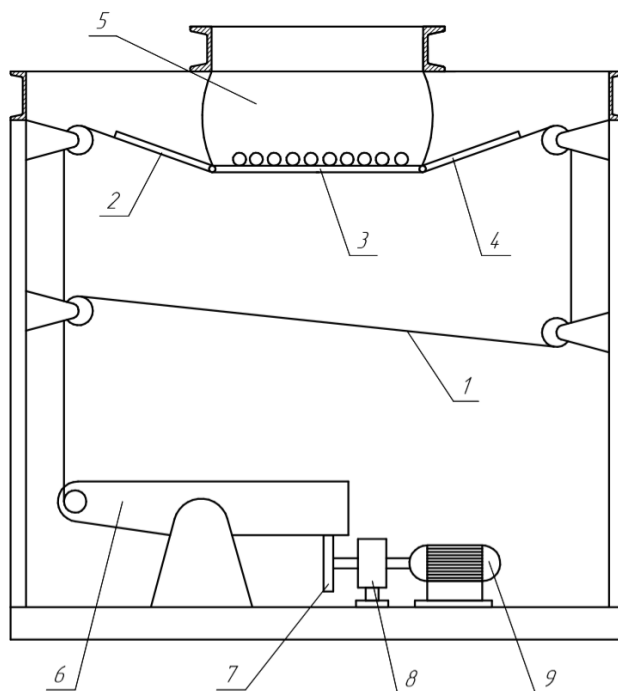


Рисунок 1.2.4.1 - Принципиальная схема устройства для вибрационной ударно-импульсной обработки деталей: 1 – гибкая нить; 2, 3, 4 – жесткие площадки; 5 – рабочая камера; 6 – кулиса; 7 – кулачок; 8 – редуктор; 9 – двигатель

2 Объекты и методы исследования

Объект исследования: экспериментальный стенд для виброобработки деталей сложной конфигурации. Система представляет собой гидравлическую схему с рабочей средой, в котором, благодаря вибрационным силам, обрабатываемые детали контактируют с абразивной крошкой, и как следствие происходит мельчайший съём металла с поверхности обрабатываемых деталей

Предмет исследования: Параметры съема металла с поверхности обрабатываемых деталей

Актуальность: Надежность и долговечность работы машин и механизмов в значительной мере определяется качеством обработки деталей, технологией их производства, поэтому становятся понятными высокие требования, предъявляемые к финишным операциям, которые, в основном, ответственны за формирование качества поверхности деталей. В этой связи задача технологического обеспечения функциональных параметров качества обрабатываемых деталей является актуальной.

Научная новизна: Исследование параметров вибрации принципиально нового устройства для демпфирования вибрации, возникающей от технологического оборудования, с целью дальнейшего применения результатов исследований в машиностроительной отрасли.

Исследование процесса виброобработки нового устройства для съема металла с поверхности обрабатываемых деталей, возникающего от технологического оборудования, с целью дальнейшего применения результатов исследований в машиностроительной отрасли.

Цель работы: Исследование процесса виброобработки деталей.

Задачи, решаемые в данной работе:

- Выполнить литературный обзор.
- Выполнить обзор патентных решений.
- Выполнить обзор существующих устройств для виброобработки деталей сложной конфигурации.
- Предложить принципиальную схему исследуемого устройства.

- Выбрать методику расчета параметров устройства.
- Определить методы исследования.
- Выполнить 3Д модель устройства с целью определить количество узлов в которых возникает вибрация.
- Составить математическую модель для устройства.
- Провести исследования математической модели устройства.
- Провести исследования математической модели с существующим аналогом и сравнить результаты с исследуемым устройством.
- Сделать теоретические выводы по результатам исследования.

Методы исследования: В качестве метода исследования выбран расчетный метод. Этот метод включает в себя теоретическое исследование, что позволяет точно оценивать и анализировать полученные данные.

Расчетный метод будем использовать, как в ключе расчетов, производимых вручную, так и в математических программах. Метод, применяемый при использовании математических программ - математическое моделирование работы устройства и возникновение процесса вибрации.

2.1 Принципиальная схема и принцип работы устройства

Гидравлическая схема (рис 2.1.1) представляет собой элемент технической документации, на котором с помощью условных обозначений показана информация об элементах гидравлической системы, и взаимосвязи между ними. Схема состоит из рабочей камеры 1, вентиля 2, манометра 3 и 8, насоса 4, клапана 5 и 9, бака 6 и 12, нереверсивного насоса 11, дросселя 10, гидромотора 7 и подшипникового вибровозбудителя 13, гибкий шланг 14.

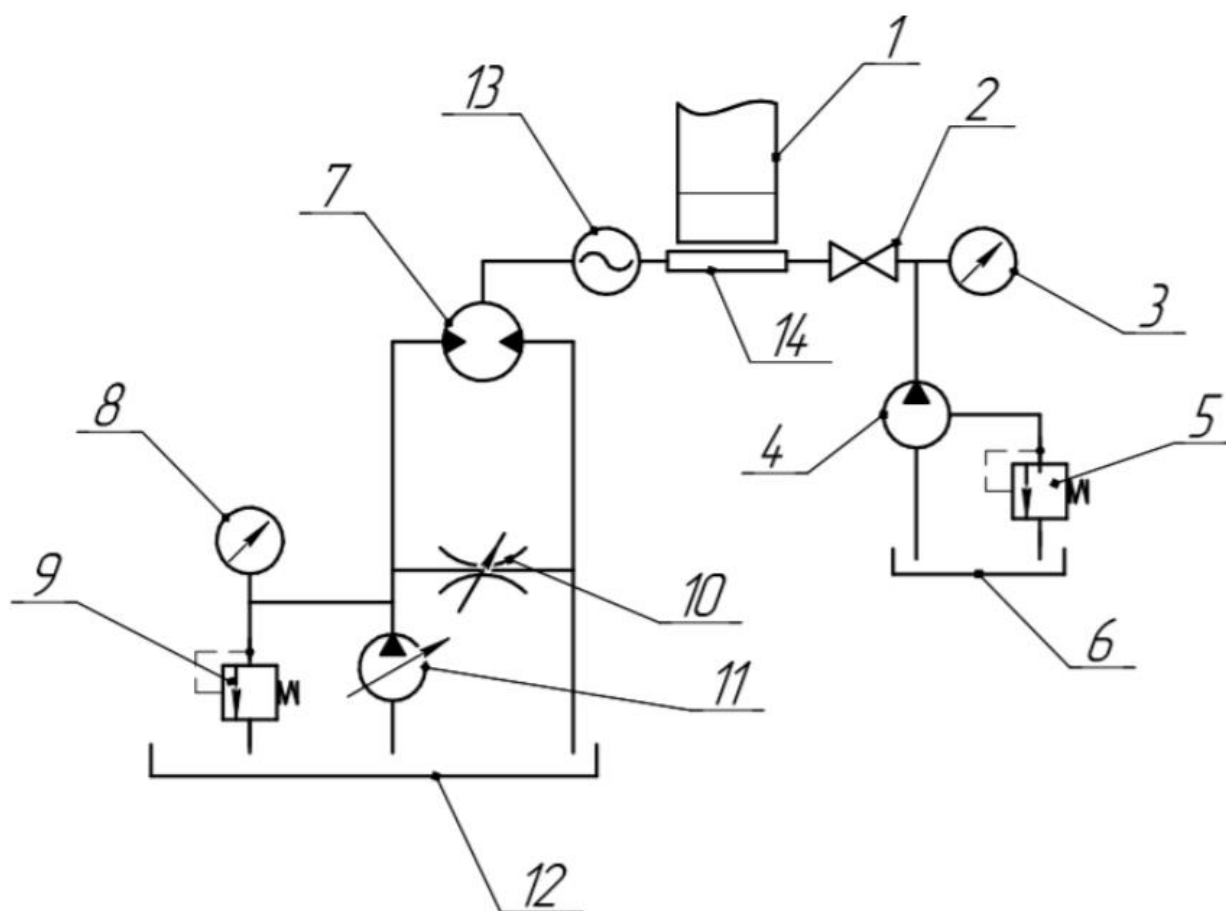


Рис 2.1.1 - Гидравлическая схема стенда

Благодаря насосу 4 происходит накачивание рабочей жидкости из бака в гибкий шланг 14. Во время работы гидромотор 7, вращает эксцентричный подшипник вибровозбудителя 13. Благодаря его работе происходит движение его поршня, который находится в гибком шланге 14. Благодаря эксцентричности подшипника движение поршня в гибком шланге происходит рывками, что ведет за собой возвратно поступательно движение бака 1. То есть регулирование

амплитуды вибраций происходит благодаря изменению объема рабочей жидкости в гибком шланге 14.

Помимо амплитуды возможно регулирование частоты вибрации (рис 2.1.2). Гидронасос 11 получает рабочую жидкость из бака 12, после по каналам жидкость проходит к гидромотору 7, вал которого заставляет вращаться вал вибровозбудителя с помощью шпоночного соединения. То есть гидравлический насос преобразовывает энергию механического типа в гидравлическую, а гидромотор в свою очередь действует противоположно, создавая из энергии гидравлической механическую. То есть регулирование 32 частоты вибраций происходит благодаря изменению расхода через гидронасос 11.

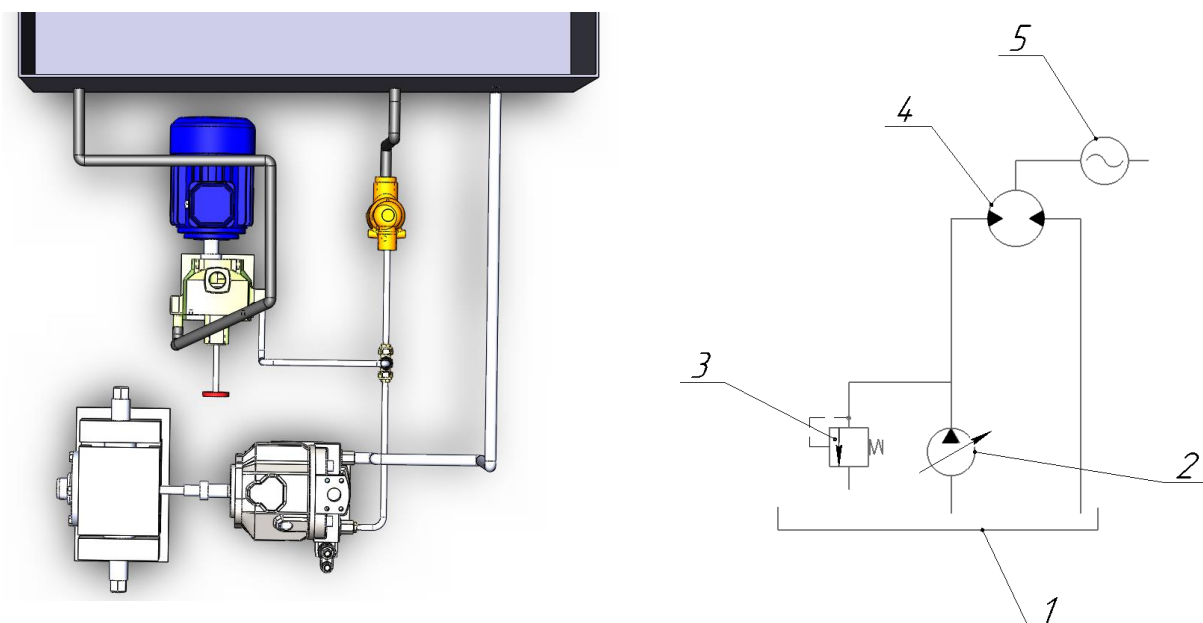


Рис 2.1.2 - Регулировка частоты вибрации

Рассмотрим подробную схему установки и работы рабочей камеры (рис 2.1.3). Рабочая камера 1, установлена на балке 4, которая жестко зафиксирована на одном из концов с помощью шарнира 5. За счет пружины 3 и шланга 2, проходящего под пружиной, рабочая камера 1 совершает колебательное движения что приводит к движению абразивов и заготовок внутри камеры.

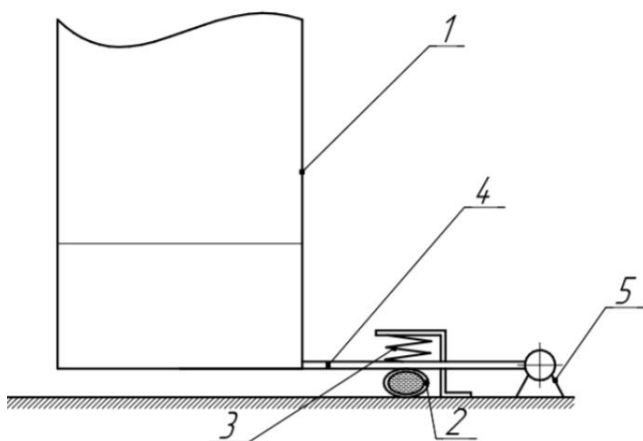


Рис 2.1.3 - Подробная схема установки и работы рабочей камеры

Регулирование амплитуды вибраций происходит благодаря изменению объема рабочей жидкости в гибком шланге 14, посредством работы насоса 4. Чем больше жидкости в гибком шланге 14, тем выше амплитуда.

2.2 Проведение экспериментов на проектируемом стенде

Производительность процесса, как известно, характеризуется количеством обработанных деталей в единицу времени. Производительность виброобработки зависит от режимов вибрирования (время, амплитуда и частота), характеристики и размеров рабочей среды, материала обрабатываемых деталей, их веса и формы, соотношения обрабатываемых деталей и рабочей среды, в определенной степени производительность характеризуется количеством одновременно обрабатываемых деталей и объемом рабочей камеры. Проведем эксперименты для составления зависимости процесса виброобработки от условия работы вибростенда.

2.2.1 Зависимость съема металла от амплитуды колебаний

В ряды случаев производительность вибрационной обработки целесообразно оценивать по интенсивности съема металла. Чем сильнее мы увеличиваем амплитуду вибрации, тем сильнее растет сила микроударов и как следствие увеличивается количество снимаемого материала в результате ударов абразивной крошки и обрабатываемой детали.

Ниже показана зависимость съема металла от амплитуды колебаний для некоторых материалов показана на рисунке 2.2.1.1 [2]. Уравнение, характеризующие зависимость $Q - A$ имеет вид: $Q = Ak \pm b$, где k и b коэффициенты, определяемые из таблиц.

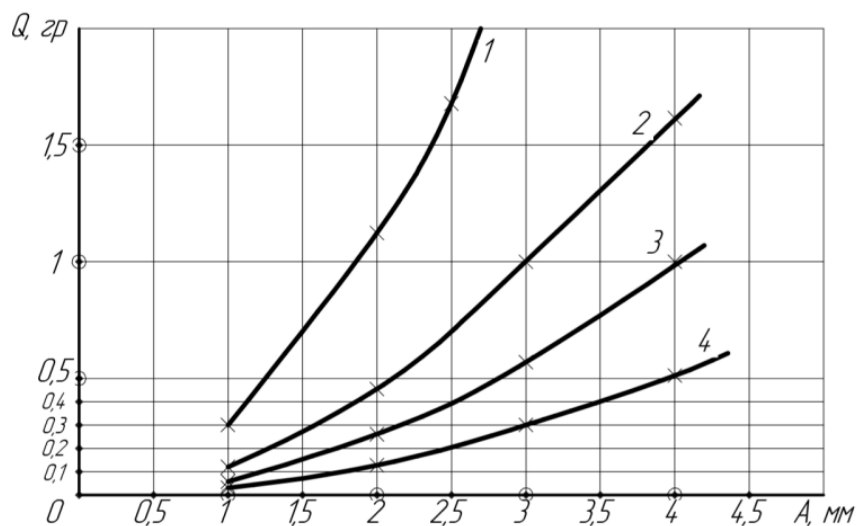
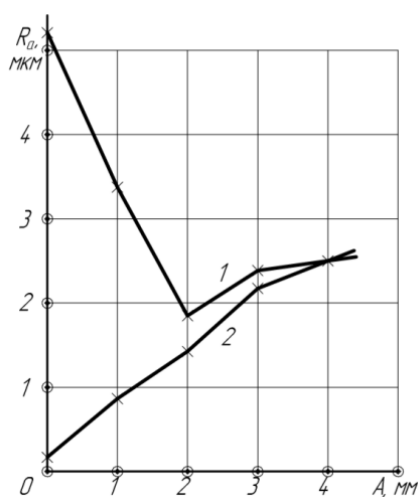
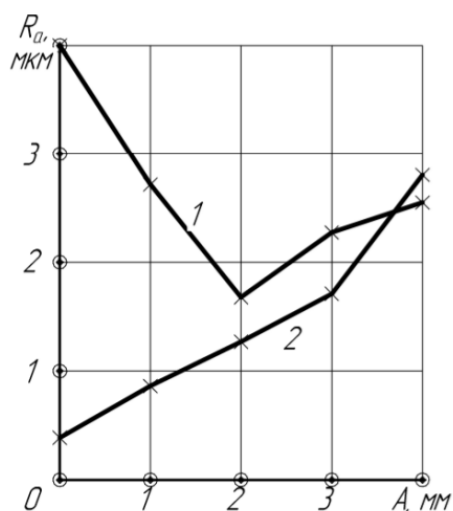


Рисунок 2.2.1.1 - Зависимость съема металла от амплитуды колебаний некоторых материалов: 1 – бабит Б-83; 2 – бронза Бр. 014; 3 – чугун СЧ 12-28; 4 – сталь У10А (закаленная).

На величину микронеровностей, образующихся в процессе виброобработки, оказывают влияние режимы вибрирования (амплитуда и частота колебаний). Наиболее существенные изменения высоты микронеровностей происходит при изменении амплитуды колебаний. Большим значениям амплитуды колебаний соответствует более грубая обработка. На рисунке 2.2.1.2 представлена зависимость шероховатости обрабатываемой поверхности от амплитуды колебаний ($Ra - A$) для некоторых материалов с различной исходной шероховатостью [2]. Следует так же отметить заметное влияния исходной высоты микронеровностей на конечный результат при работе с малыми амплитудами ($A = 1 \div 2$ мм). Из приведённых зависимостей видно, что характер зависимостей видно, что характер зависимости $Ra - A$ для шлифованных и фрезерованных поверхностей различен. В первом случае изменение Ra пропорционально изменению A .



а)



б)

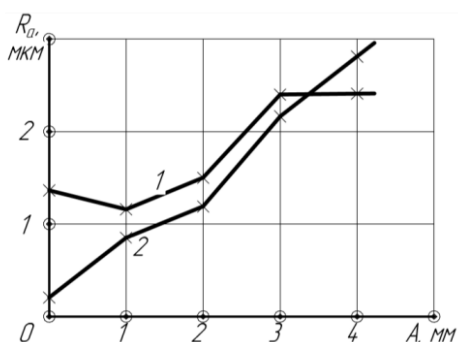


Рис 2.2.1.2 - Зависимость
шероховатости поверхности
от амплитуды колебаний: а –
сталь 45; б – чугун СЧ 12-28; в
– бронза Бр. 014; 1 – после
фрезерования, 2 – после
шлифования

2.2.2 Зависимость съема металла от частоты колебаний

Следующим фактором влияющих на процесс виброобработки является частота колебаний. Как мы знаем, частота — это количество колебаний в единицу времени, исходя из этого чем больше частота, тем больше количество ударов получит поверхность обрабатываемой детали и как следствие растет съем металла. Как можно заметить на рис 2.2.2.1 количество снимаемого материала повышается до определенного значения колебания, а далее производительность процесса практически не изменяется.

В ходе лаборантах опытов, было выявлено, что тем больше частота виброобработки, тем сильнее начинает вращаться вся рабочая среда. Отсюда можно сделать вывод, что помимо повышения количества микроударов об поверхность обрабатываемых деталей происходит перемешивание рабочей

среды, что так же влияет на производительность процесса виброобработки и съёма металла в целом.

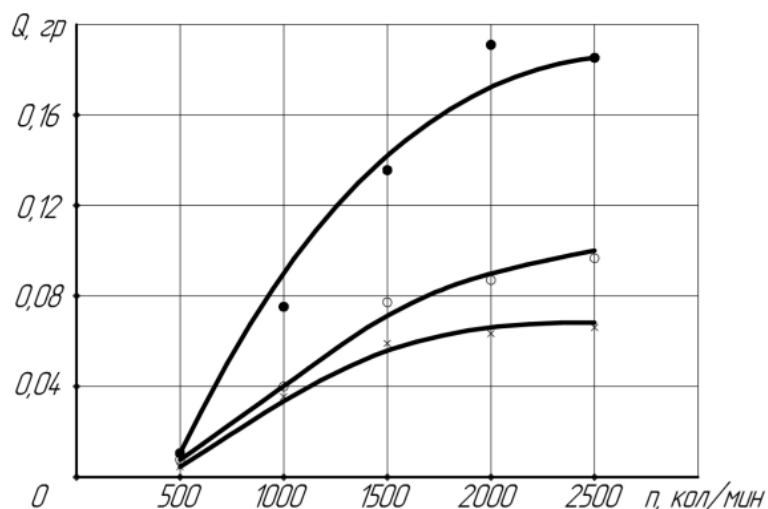


Рисунок 2.2.2.1 - Зависимость объема металла от частоты колебаний. Условия обработки: абразив Э16СТЗБ грануляции 20 – 40 мм, $A = 2$ мм, $t = 1.5$ ч; - бронза Бр 014; - алюминий Ал 3; - сталь Ст

2.2.3 Зависимость съема металла от времени

Следующим не менее важным фактором, влияющим на процесс виброобработки является время обработки. В ходе проведения опытов (таблица 3.1.3.1) было установлено, что съём металла на протяжении 9 часов происходит достаточно равномерно. Однако в первые часы работы есть небольшое увеличение съёма металла, что связано с удалением грубых неровностей.

Таблица 2.2.3.1 - Зависимость съема металла от времени при обработке стали 45 в течении 9 часов

Операция	Съем металла в г за время t в ч								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,135	0,22	0,32	0,40	0,47	0,54	0,50	0,65	0,73
2	0,125	0,24	0,34	0,41	0,48	0,55	0,615	0,685	0,745
3	0,100	0,26	0,38	0,45	0,52	0,61	0,663	0,733	0,793
Средний съем металла	0,120	0,24	0,346	0,42	0,49	0,66	0,623	0,689	0,756
Часовой съем металла	0,120	0,120	0,106	0,074	0,07	0,076	0,057	0,066	0,067

2.2.4 Зависимость съема металла от вида абразивной крошки

Важной составляющей перед виброобработкой является определения одного из самых главных составляющих рабочей среды – выбор абразивной крошки, так как ее выбор зависит от характера обрабатываемых деталей и влияет на производительности процесса. На рис 3.1.4.1 показана основная квалификация видов абразивной крошки.

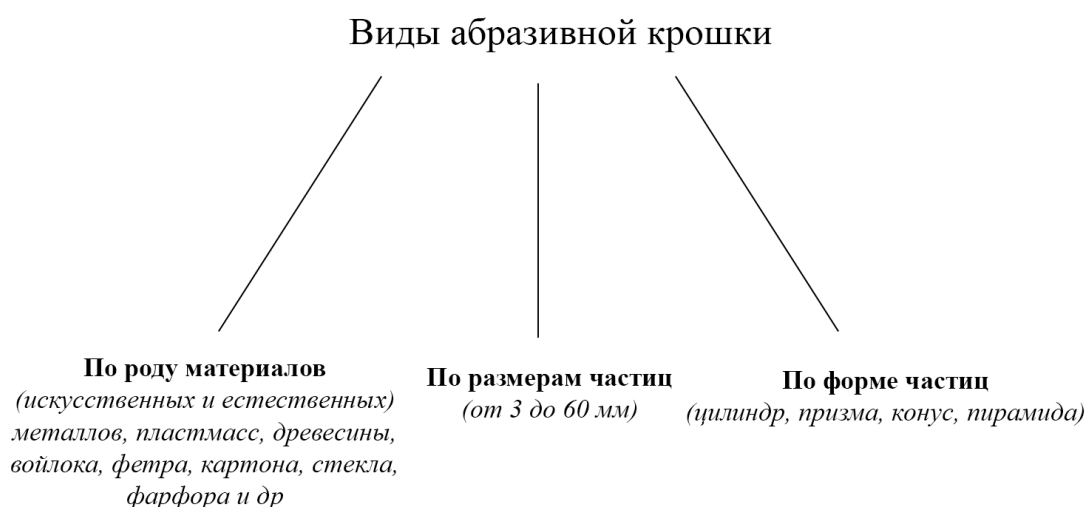


Рис 2.2.4.1 - Основная квалификация видов абразивной крошки

Рабочая среда в процессе работы выполняет несколько основных функций:

- обработка поверхностей деталей: сьем микронеровностей путем микроударов и пластического деформирования
- предотвращения взаимного соударения обрабатываемых деталей

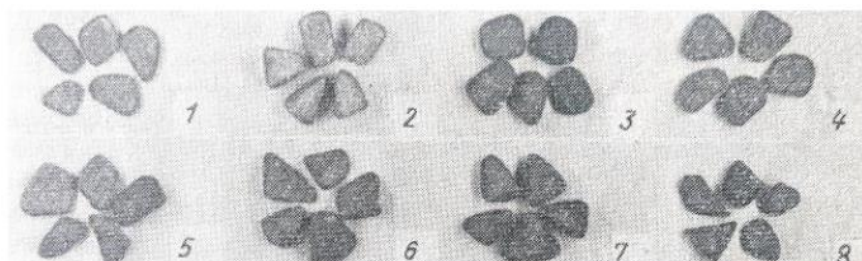


Рис 2.2.4.2 - Виды абразивной крошки: 1 – ЭБ8СТ1К; 2 – ЭБ25СТ1К; 3 – ЭБ40СТ1К; 4 – ЭБ63СТ1К; 5 – ЭБ40СМ1К; 6 – ЭБ40СТ1Б; 7 - ЭБ40СТ1В; 8 – ЭБ40ВТК

При выборе состава рабочей среды необходимо учитывать характер выполняемой операции; материал, форму и размеры обрабатываемой детали. При выполнении сравнительно грубых операций (удаление грубых заусенцев, грубое шлифование и т.п.), когда требуется большая работа резания и высокая стойкость абразива, применяется крупнозернистая абразивная крошка твердости и наиболее крупной грануляции.

Галтовочный материал	Применение
Твердый наполнитель	Удаление заусенцев, грубое шлифование
Галька, фарфоровая крошка	Удаление мелких заусенцев, скругление кромок
Металлические предметы (дробь, рубленая проволока)	Очистка литья от остатков формовочных материалов
Стальные игольчатые ролики	Удаление облоя на деталях их пластмасс

Таблица 2.2.4.1 – Примеры галтовочных материалов и их применения

На рисунке 3.1.4.3 дана зависимость шероховатости поверхности Ra от зернистости абразивной крошки для некоторых материалов. [2]

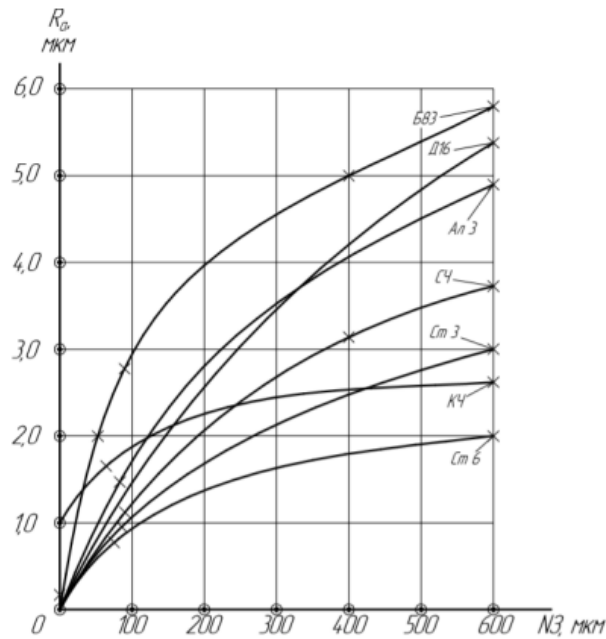


Рис 2.2.4.3 - Зависимость шероховатости поверхности Ra от зернистости абразивной крошки

2.2.5 Зависимость съема металла от СОЖ

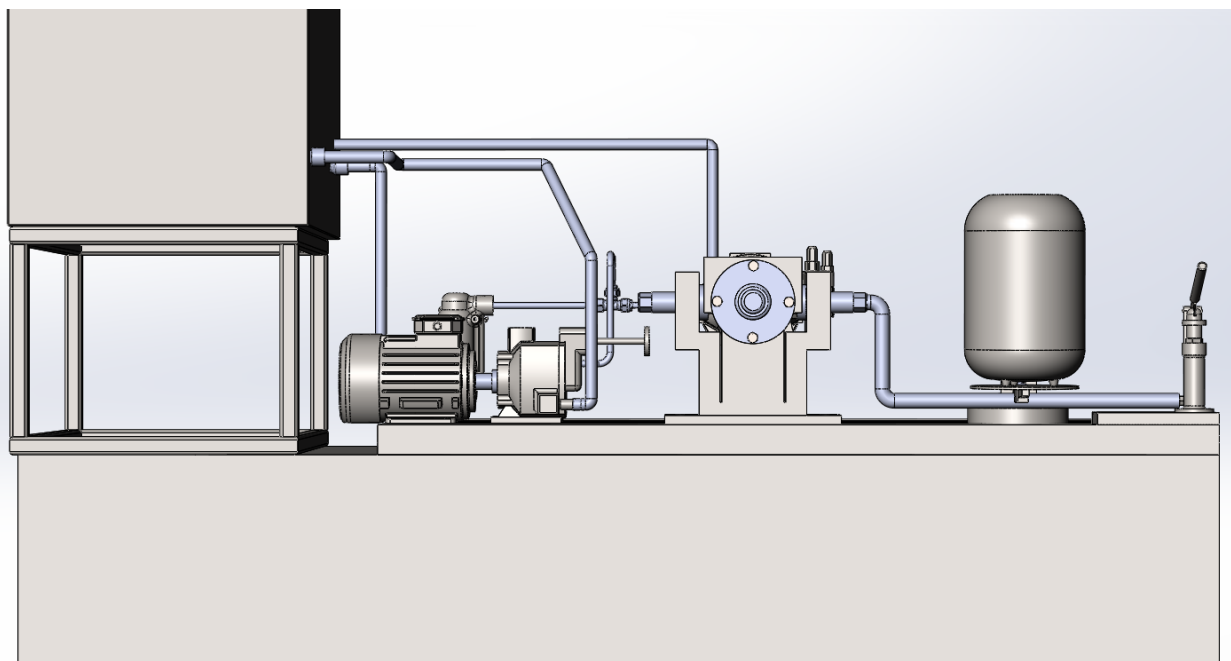
Еще одним не менее важным составляющим рабочей среды, которые влияет на благоприятную работу вибрационного станка и процесса в целом является жидкий наполнитель (СОЖ), которая выполняет следующие задачи:

- очищение от продуктов износа обрабатываемых деталей
- предотвращения взаимного соударения обрабатываемых деталей
- равномерное распределение обрабатываемых деталей в рабочей среде
- снижение температуры в зоне микроударов и не только
- увеличение производительности процесса виброобратки в целом
- улучшение поверхностей деталей (антикоррозия и т п)

СОЖ	Применение
Щелочь	Применяется как антикоррозионное средство, а также как средство, ускоряющее процесс обработки черных металлов. Для цветных металлов щелочные растворы не применяются.
Кислоты	Применяются в растворах как средство для травления поверхности металла. Наиболее часто кислотные растворы слабой концентрации применяются на операциях очистки от калины. Так же добавляют для шлифование металлов.

Таблица 2.2.5.1 – Примеры СОЖ и их применения

2.3 3D модель экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации



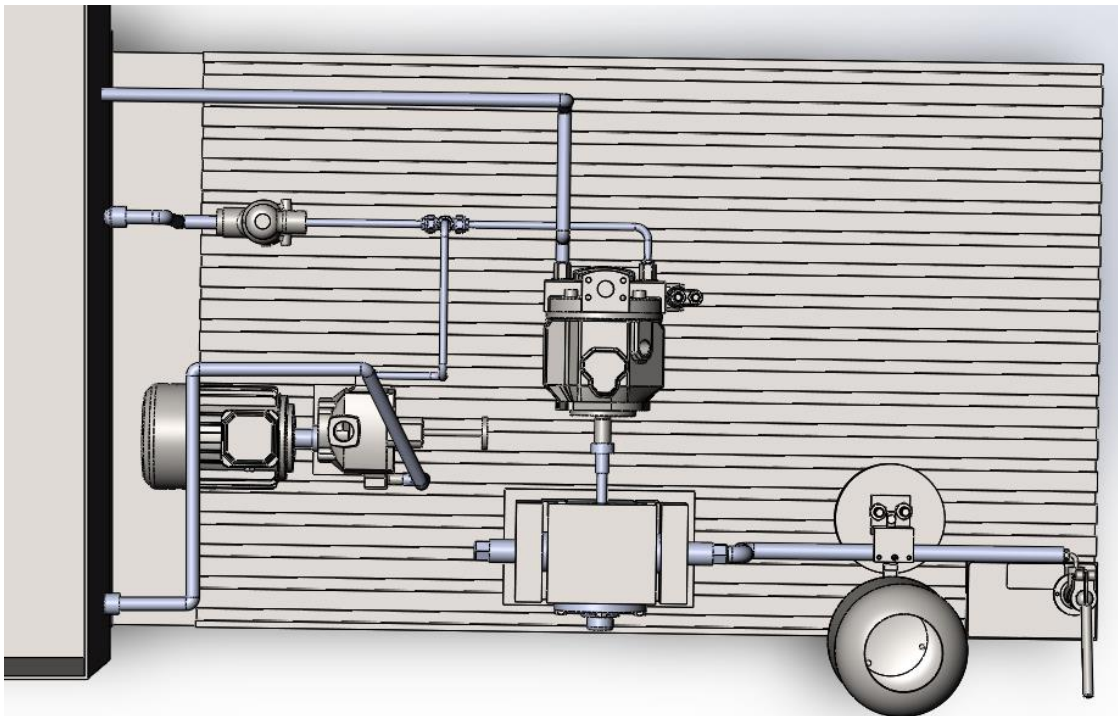
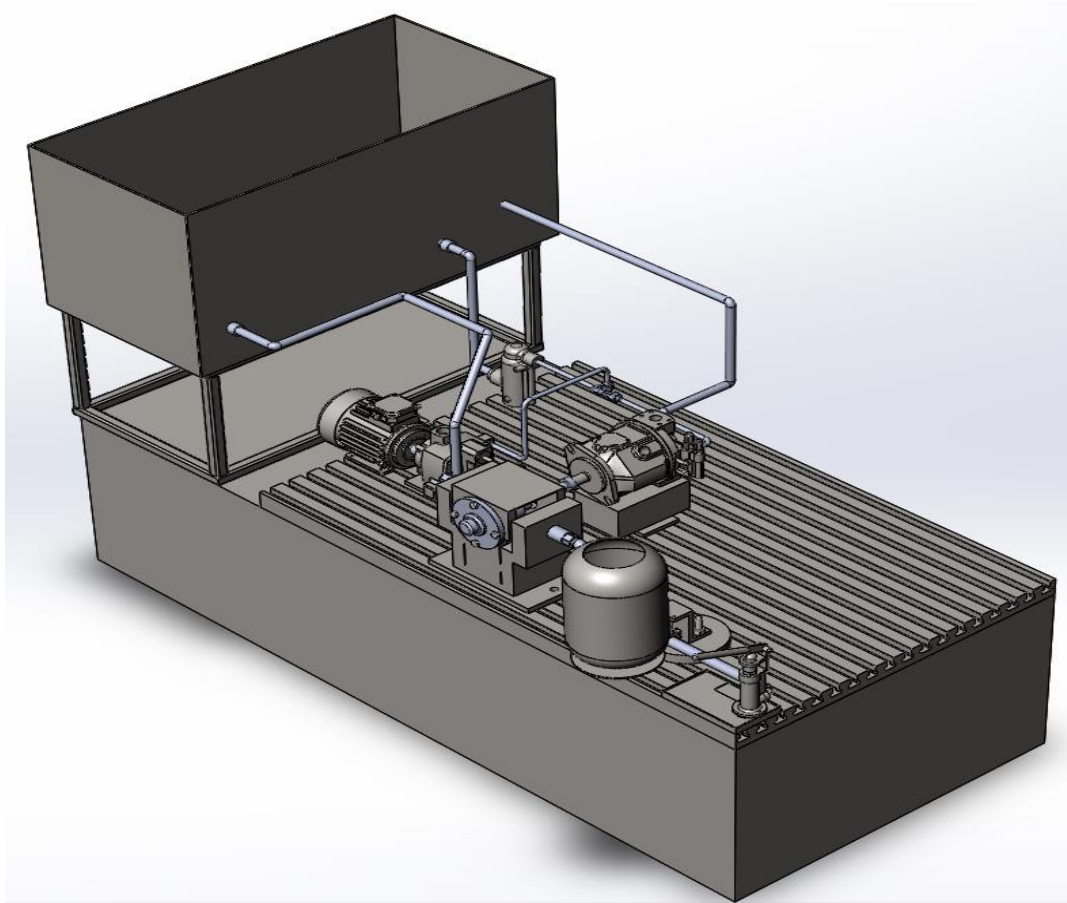




Рис 2.3.1 - 3D модель и реальное фото стенда

3 Расчеты и аналитика

3.1 Метод математического моделирования

В современном мире математическое моделирование – это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов. Можно сказать, математическое моделирование даст возможность получения информации об объекте путем проведения экспериментов с его моделью, и оптимизировать различные параметры. Существует различные программы для математического моделирования. В ходе выпускной работы были использованы: программное обеспечение Matlab для моделирования и исследование одномассовой динамической системы.

3.2 Цель исследования

Цель исследования:

Необходимо исследовать работу экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации.

Гидравлическая схема экспериментального стенда (рис. 3.2.1) представляет собой элемент технической документации, на котором с помощью условных обозначений показана информация об элементах гидравлической системы, и взаимосвязи между ними. Схема состоит из рабочей камеры 1, вентиля 2, манометра 3 и 8, насоса 4, клапана 5 и 9, бака 6 и 12, нереверсивного насоса 11, дросселя 10, гидромотора 7 и подшипникового вибровозбудителя 13, гибкий шланг 14.

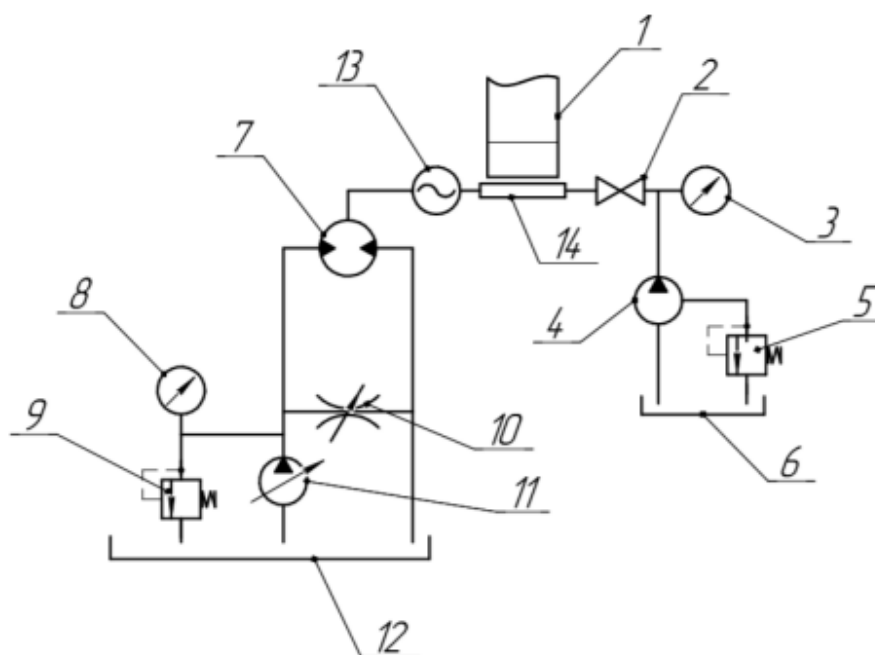


Рис. 3.2.1 – Гидравлическая схема стенда

Благодаря насосу 4 происходит накачивание рабочей жидкости из бака в гибкий шланг 14. Во время работы гидромотор 7, вращает эксцентричный подшипник вибровозбудителя 13. Благодаря его работе происходит движение его поршня, который находится в гибком шланге 14. Благодаря эксцентричности подшипника движение поршня в гибком шланге происходит рывками, что ведет за собой возвратно поступательное движение бака 1. То есть регулирование

амплитуды вибраций происходит благодаря изменению объема рабочей жидкости в гибком шланге 14.

Помимо амплитуды возможно регулирование частоты вибрации. Гидронасос 11 получает рабочую жидкость из бака 12, после по каналам жидкость проходит к гидромотору 7, вал которого заставляет вращаться вал вибровозбудителя с помощью шпоночного соединения. То есть гидравлический насос преобразовывает энергию механического типа в гидравлическую, а гидромотор в свою очередь действует противоположно, создавая из энергии гидравлической механическую. То есть регулирование частоты вибраций происходит благодаря изменению расхода через гидронасос 11.

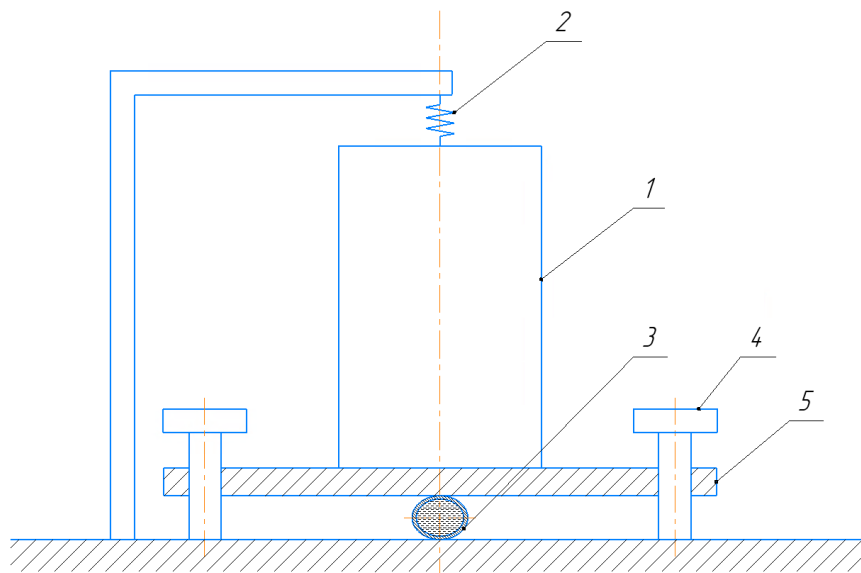


Рис. 3.2.2 - Подробная схема установки и работы рабочей камеры

Рассмотрим подробную схему установки и работы рабочей камеры (рис. 3.2.2). Рабочая камера 1, установлена на балке 5, движение которой ограничивают упоры 4. За счет работы пружины 2 и возврата поступательного движения шланга 3, рабочая камера 1 совершает колебательные движения что приводит к движению абразивов и заготовок внутри камеры.

Составим схему экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации и расставим силы:

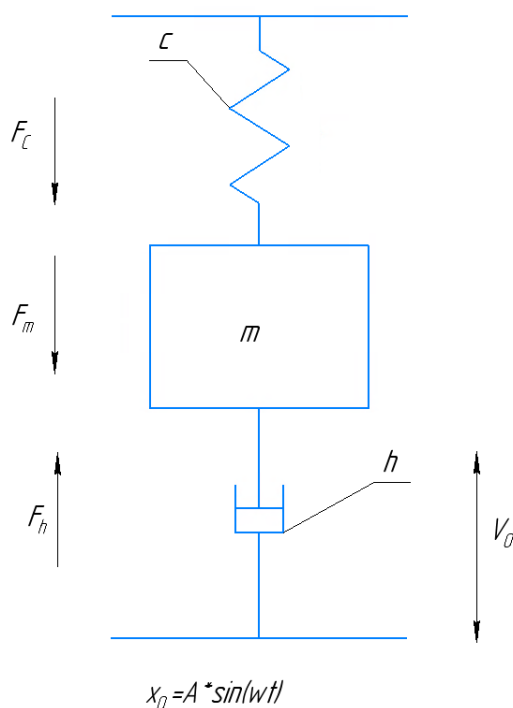


Рис 3.2.3 – Схема экспериментального стенда с расстановкой сил

Составные части и характеристики	
m	Масса бака + масса обрабатываемых деталей + масса абразивов.
h	коэффициент демпфирования
c	коэффициент жесткости

3.3 Методика проведения исследования

Провести исследование динамики одномассовой системы в среде Matlab Simulink. Получить модель с оптимальными параметрами.

Для достижения поставленной цели работы необходимо решить следующие задачи:

1. Построить математическую модель динамической одномассовой системы в среде **Matlab**.
2. Проанализировать результаты. Определить оптимальные параметры.
3. Провести спектральный анализ. Диагностировать систему с использованием спектральных характеристик.
4. Исследовать амплитудно-фазовые частотные характеристики системы.

5. Построить структурную схему для одномассовой системы в среде **Simulink**.

3.4 Подбор и расчет параметров для проведения исследования

Подбор параметров жесткости для экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации осуществляется в соответствии с формулами.

Для начала необходимо понять и рассчитать из чего складывается масса системы. Она складывается из массы балки на которой находится бак и другие компоненты, масса самого бака, масса обрабатываемые детали, и масса абразивные частицы, которые обрабатывают детали при вибрации. Таким образом можно записать что:

$$m_{\text{общ}} = m_{\text{балка}} + m_{\text{бак}} + m_{\text{д}} + m_{\text{абр}}$$

где:

$m_{\text{балка}}$ — масса балки;

$m_{\text{бак}}$ — масса бака;

$m_{\text{д}}$ — масса деталей;

$m_{\text{абр}}$ — масса абразивных частиц

Задаем известные параметры для расчета общей массы системы.

$$m_{\text{общ}} = 2 + 1 + 2 + 1 = 6 \text{ кг}$$

Таким образом для корректной работы экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации принимаем следующие значение массы: $m_{\text{общ}} = 6 \text{ кг}$

Далее необходимо понять и рассчитать из чего складывается жёсткость системы. Она складывается из суммы жёсткости пружины и жёсткости шланга на длине шланга. Таким образом можно записать что:

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{шL}} + C_{\text{пр}}$$

где $C_{\text{шL}}$ — собственная жесткость шланга на длине L ;

$C_{\text{пр}}$ — жесткость пружины

Собственная жесткость шланга на длине L

$$C_{шL} = C_{сеч} \cdot L$$

где $C_{сеч}$ – жесткость шланга в сечении;

L – длина шлангов.

Задаем известные параметры для расчета параметров жесткости.

$$C_{сеч}=8750 \text{ Н/м}, L=320 \text{ мм}, C_{пр}=150 \text{ Н/м}$$

Принимаем жесткость шланга в сечении $C_{сеч} = 8750 \text{ Н/м}$.

$$C_{шL} = 8750 \cdot 0.32 = 2700 \text{ Н/м}$$

$$C_{общ} = 2700 + 150 = 2850 \text{ Н/м}$$

Таким образом для корректной работы экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации принимаем следующие значения жесткости системы: $C_{общ} = 2850 \text{ Н/м}$

Коэффициент трения h физической модели устройства характеризуется наличием вязкого трения. Коэффициент вязкого трения для данного устройства можно рассчитать исходя из коэффициента затухания, который является стандартной величиной для подобных шарниров.

$$\zeta = \frac{h}{2 \cdot \sqrt{c \cdot m}}$$

где ζ - коэффициент затухания, безразмерная величина $\zeta=0.025$ [4];

h - приведенный коэффициент трения устройства;

c - приведенный коэффициент упругости устройства.

Выразим из формулы коэффициент и посчитаем его численное значение.

$$h = \zeta \cdot 2 \cdot \sqrt{c \cdot m}$$

Подставим все данные в уравнение, получим коэффициент демпфирования:

$$h = 0.025 \cdot 2 \cdot \sqrt{2850 \cdot 6} = 124.7 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$$

Приведенный коэффициент вязкого трения устройства принимаем равным $h = 125 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$. Запишем вычисленные параметры жесткости в таблицу 3.4.1.

Таблица 3.4.1. Параметры жесткости экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации

Масса m , кг	Коэффициенты жесткости C , Н/м	Коэффициенты трения h , Н·(с/м ²)
6	2850	125

3.5 Составление математической модели

Расстановка сил

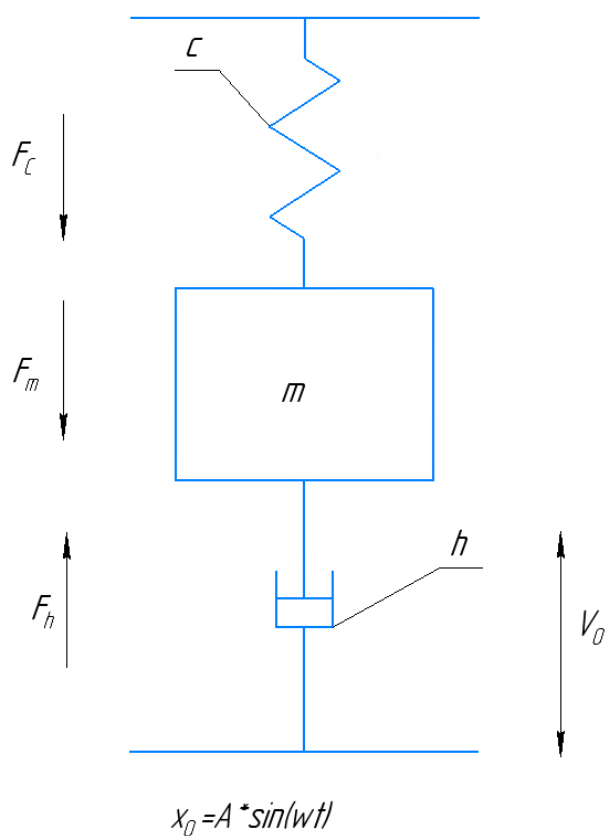


Рис 3.5.1 – Схема экспериментального стенда с расстановкой сил

Со стороны пола подается вибрация, которая возникает в связи с работой упругого шланга.

Растягивая пружину с жесткостью c , появляется противоположенная сила инерции F_m , сила демпфирования F_h , сила жесткости F_c .

Уравнение баланса для первого тела:

$$F_h - F_c = F_m$$

Распишем силы, действующие на систему:

$$h \cdot (v_0 - v) - c \cdot x = m \cdot a$$

Составим системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v \\ \frac{dv}{dt} = \frac{h \cdot (v_0 - v) - c \cdot x}{m} \end{cases}$$

3.6 Структурная схема для расчета одномассовой схемы

Современные пакеты визуального компонентного моделирования используют один из методов представления информации об исследуемой системе – структурное (блочное) моделирование. В данной работе рассмотрим структурное моделирование.

Структурным моделированием называется техника моделирования, основанная на использовании моделей в виде блоков, для которых определены входы и выходы. Соответственно, блоки рассматриваются как преобразователи входных сигналов в выходные.

Составим структурную схему динамической одномассовой системы. Входным параметром в данной структурной схеме является внешняя воздействия X_0 , тело с массой m начинает двигаться и появляется сила инерции Fm , поделим Fm на массу m , получаем ускорения a . Далее интегрируем ускорения и получаем скорость v . После чего интегрируя скорость, получаем перемещения x .

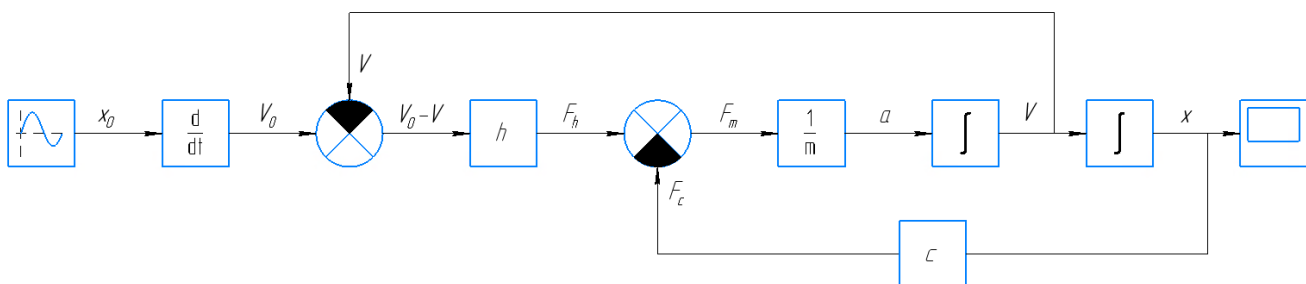


Рис. 3.6.1 - Структурная схема

4 Результаты проведенного математического моделирования

4.1 Результаты с предварительным расчетом параметров

Проведем исследования при заданных параметрах, рассчитанных выше.

В качестве образцов были использованы цилиндры дюралюминия Д16Т в разном количестве для изменения показателей массы:

- 1) Цельные цилиндры размерами $\varnothing 20 \times 40$ мм в количестве 2 шт ($m_d = 2$)
- 2) Цельные цилиндры размерами $\varnothing 20 \times 40$ мм в количестве 4 шт ($m_d = 4$)
- 3) Цельные цилиндры размерами $\varnothing 20 \times 40$ мм в количестве 6 шт ($m_d = 6$)



Рис 4.1.1 - Образцы для виброобработки

Расчет виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 2$ представлен на рисунке 4.1.2

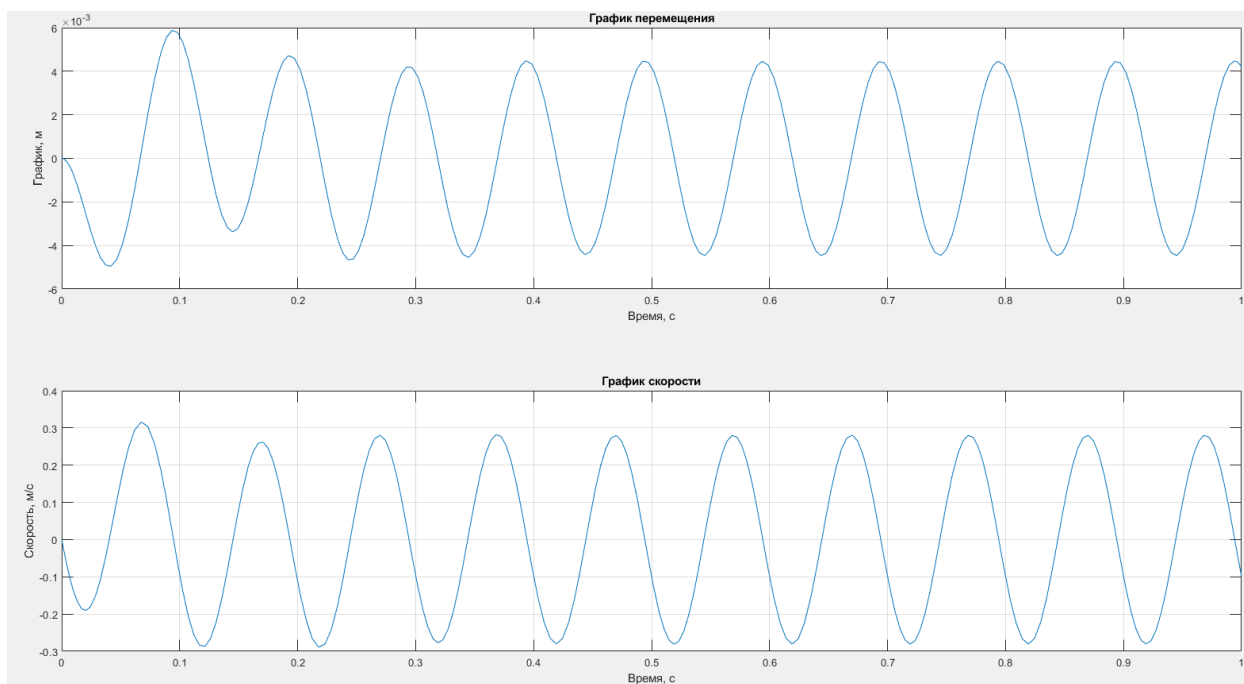


Рис 4.1.2 - Графики виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 2$

Исходя из полученных результатов расчета (рис 4.1.2) видно, что при заданных параметрах экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации максимальное значение виброперемещения составило 0,004 м, а виброскорости 0,26 м/с. Скачок в начале графики связан с включением стенда, в этот период максимальное значение виброперемещения составило 0,006 м, а виброскорости 0,3 м/с

Расчет виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 4$ представлен на рисунке 4.1.3

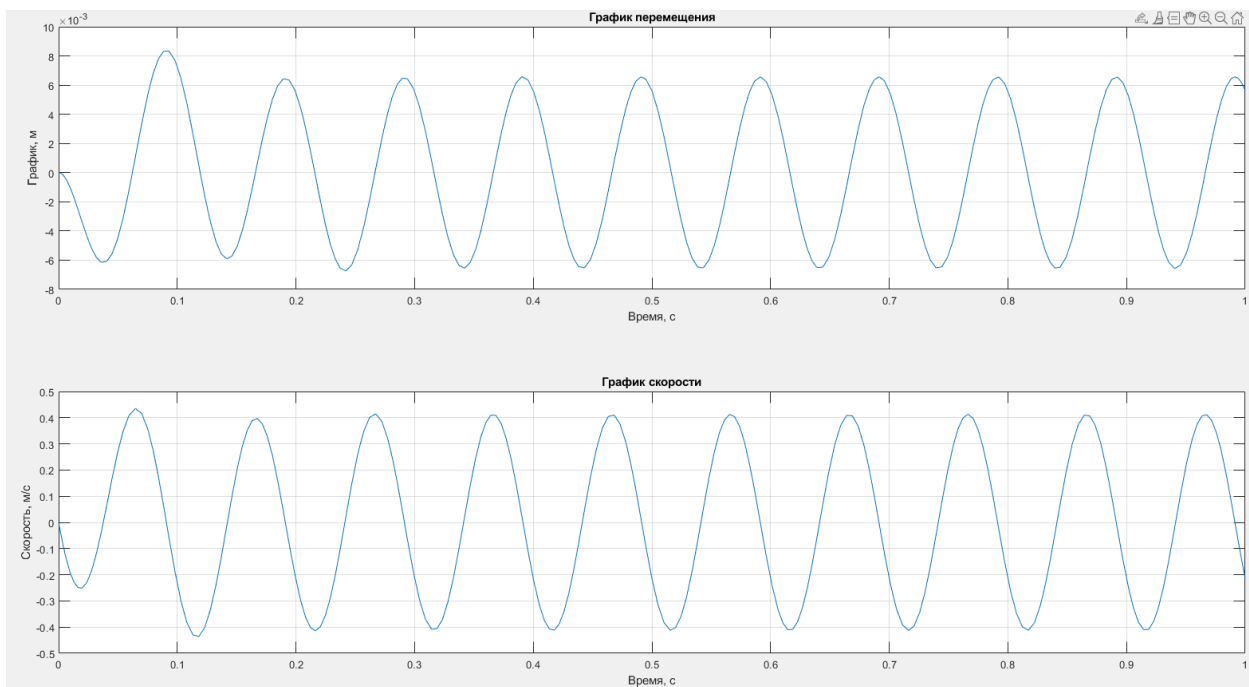


Рис 4.1.3 - Графики виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 4$

Исходя из полученных результатов расчета (рис 4.1.3) видно, что при заданных параметрах экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации максимальное значение виброперемещения составило 0,0065 м, а виброскорости 0,004 м/с. Скачок в начале графики связан с включением стенда, в этот период максимальное значение виброперемещения составило 0,008 м, а виброскорости 0,42 м/с

Расчет виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 6$ представлен на рисунке 4.1.4

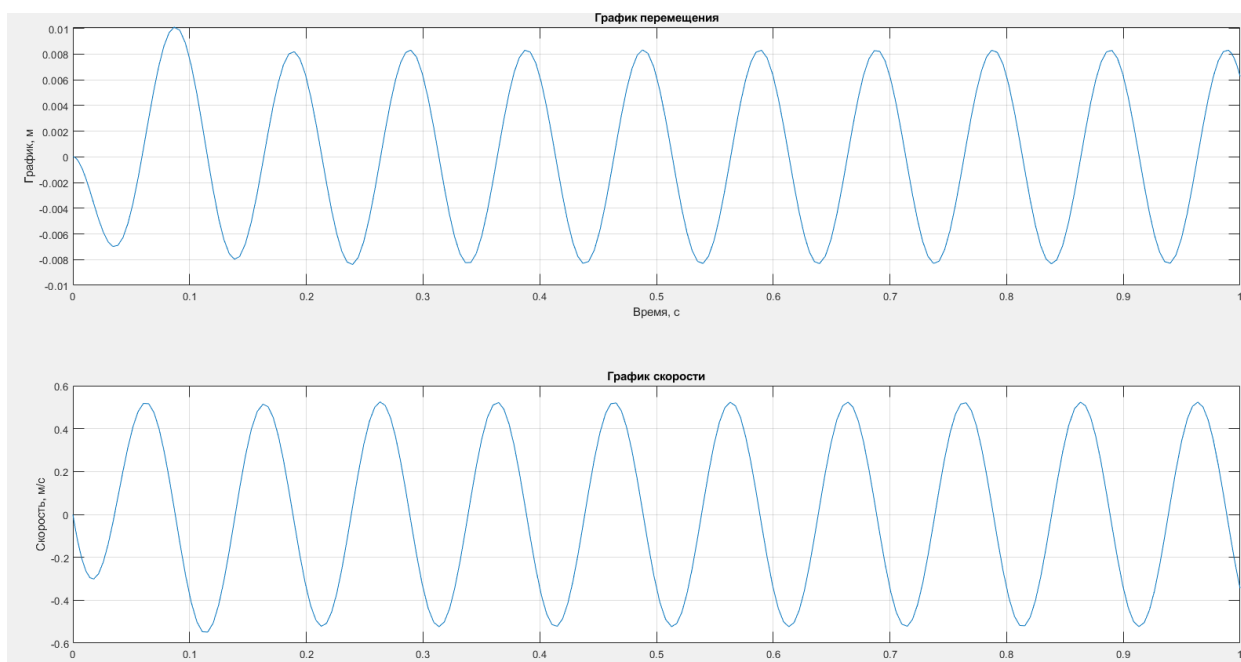


Рис 4.1.4 График виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 6$

Исходя из полученных результатов расчета (рис 4.1.4) видно, что при заданных параметрах экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации максимальное значение виброперемещения составило 0,008 м, а виброскорости 0,4 м/с. Скачок в начале графики связан с включением стенда, в этот период максимальное значение виброперемещения составило 0,006 м, а виброскорости 0,4 м/с

4.2 Результаты реальных испытаний

Проведем реальные исследования на экспериментальном стенде для виброобработки деталей сложной конфигурации с уже известной нам массой деталей, загруженных в бак и другими ранее заданными параметрами.

Для достоверности и точности полученных данных, датчики были расположены на внешней части бака в котором находились обрабатываемые детали и абразивные частицы.

Полученный график значений виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 2$ представлен на рисунке 4.2.1

График перемещений

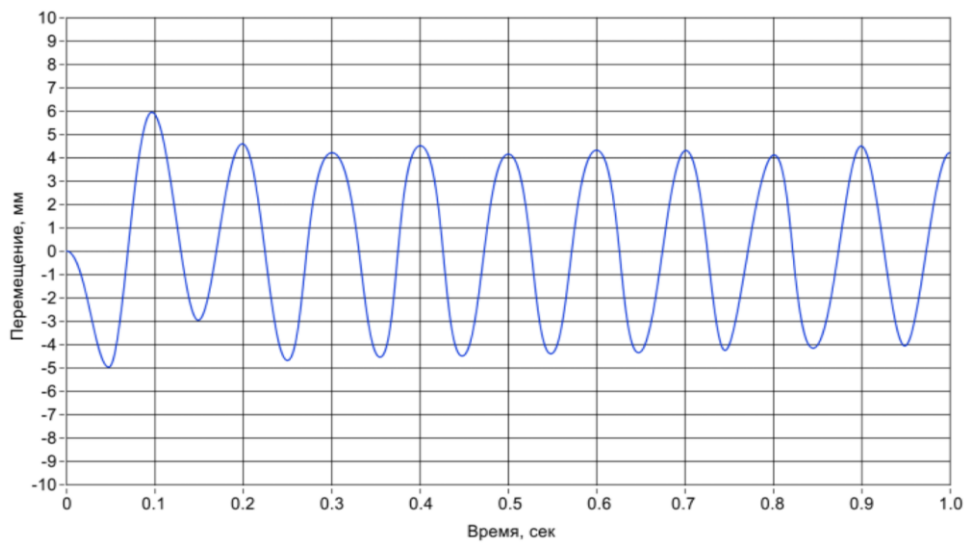


График скорости

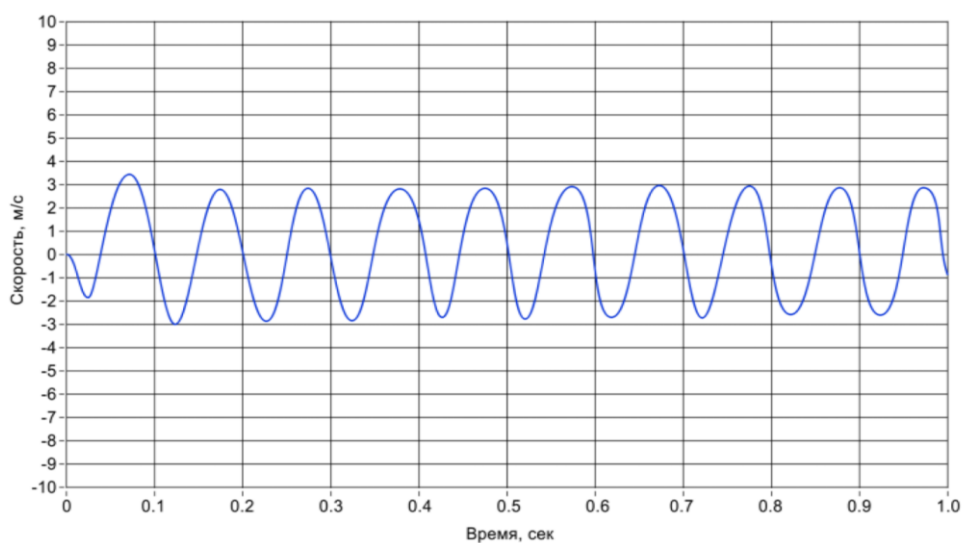


Рис 4.2.1 - Графики виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 2$

Исходя из полученных результатов расчета (рис 4.2.1) видно, что при заданных параметрах экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации максимальное значение виброперемещения составило 0,004 м, а виброскорости 0,26 м/с. Скачок в начале графики связан с включением стенда, в этот период максимальное значение виброперемещения составило 0,006 м, а виброскорости 0,3 м/с

Расчет виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 4$ представлен на рисунке 4.2.2

График перемещений

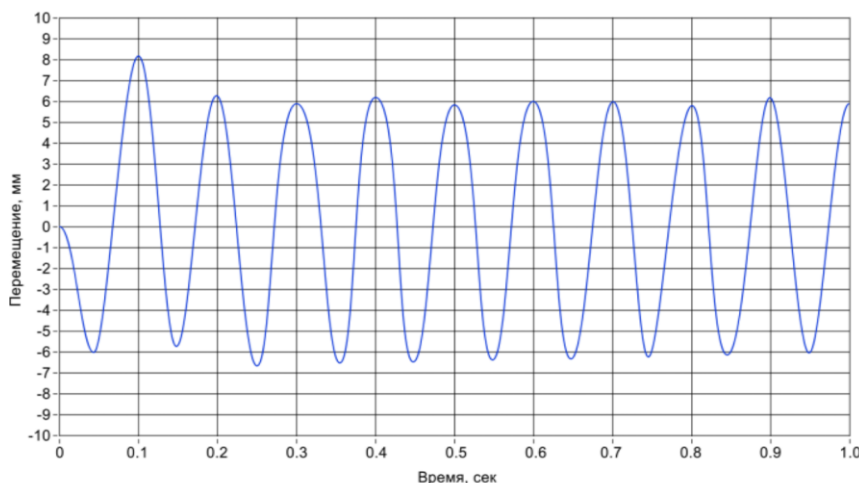


График скорости

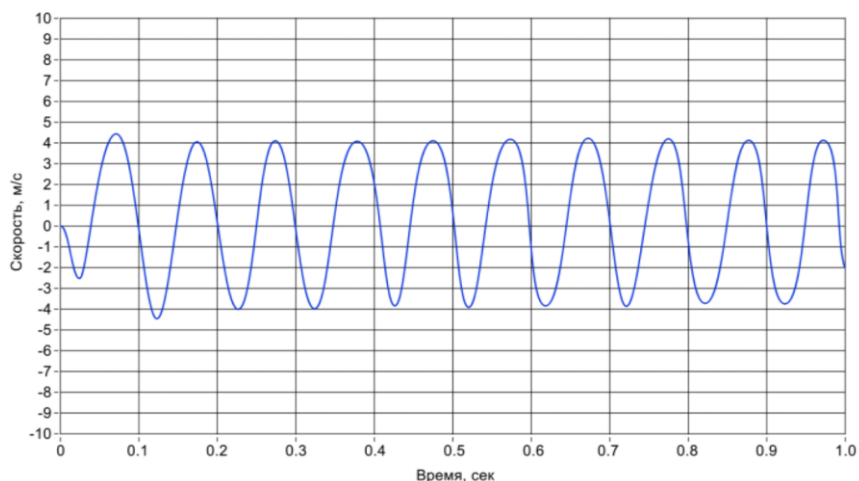


Рис 4.2.2 - Графики виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 4$

Исходя из полученных результатов расчета (рис 4.2.2) видно, что при заданных параметрах экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации максимальное значение виброперемещения составило 0,0065 м, а виброскорости 0,4 м/с. Скачок в начале графики связан с включением стенда, в этот период максимальное значение виброперемещения составило 0,008 м, а виброскорости 0,42 м/с

Расчет виброперемещения и виброскорости при использовании $m_d = 6$ представлен на рисунке 4.2.3

График перемещений

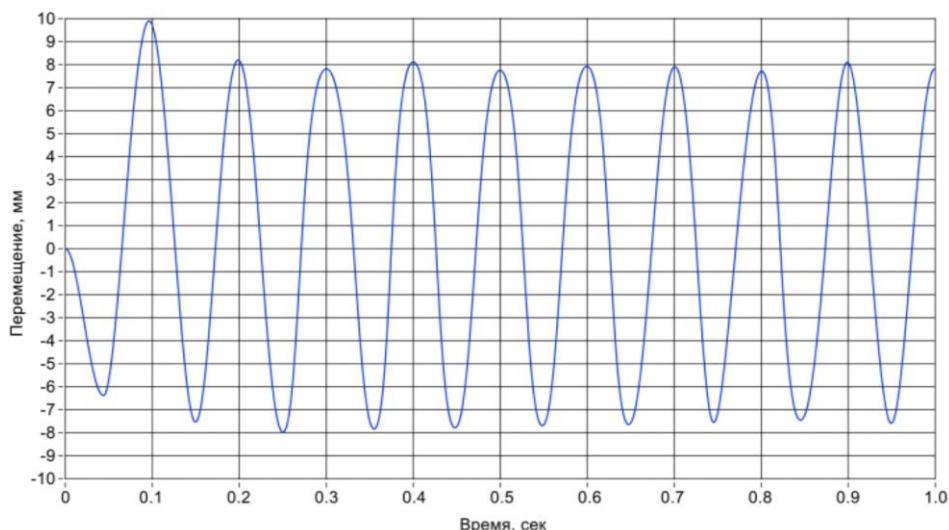


График скорости

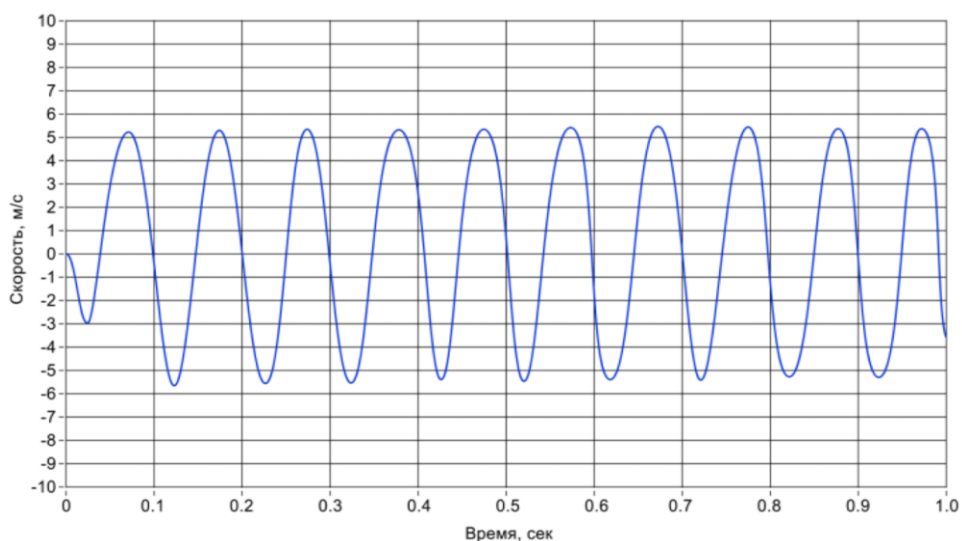


Рис 4.2.3 Графики виброперемещения и виброскорости при использовании

$$m_d = 6$$

Исходя из полученных результатов расчета (рис 4.2.3) видно, что при заданных параметрах экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации максимальное значение виброперемещения составило 0,008 м, а виброскорости 0,4 м/с. Скачок в начале графики связан с включением стенда, в этот период максимальное значение виброперемещения составило 0,006 м, а виброскорости 0,4 м/с

4.3 Сравнением результатов, полученных при математическом моделировании и реальными измерениями

Рассмотрим и сравним полученные результаты при математическом моделировании и реальными условиями. Как видим из графиков результаты двух исследований практически не отличаются друг от друга, что говорит о правильном составлении математической модели экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации. Однако существует незначительная погрешность, которая могла быть связана с условиями окружающей среды, методов измерения, нестабильность диагностируемого объекта и т.д.

Масса, кг	Математическая модель		Реальная установка	
	Перемещение, м	Скорость, м/с	Перемещение, м	Скорость, м/с
$m_d = 2$	0,00412	0,2534	0,00496	0,2765
$m_d = 4$	0,00645	0,3432	0,00785	0,4156
$m_d = 6$	0,00874	0,4743	0,00932	0,5346

4.4 Спектральный анализ

Под низкочастотными подразумевают колебания, находящиеся в частотном диапазоне 0,2 – 5 Гц. Наиболее часто встречаются на практике колебания основания на частотах 0,5 – 2 Гц.

Определим собственную частоту колебаний системы и внешнюю частоту воздействия для разных масс.

Для $m_1 = 2$ кг

$$w_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m_1}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{2850}{2}} = 6,011 \text{ Гц}$$

Для $m_2 = 4$ кг

$$w_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m_2}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{2850}{4}} = 4,2504 \text{ Гц}$$

Для $m_3 = 6$ кг

$$w_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m_3}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{2850}{6}} = 3,4705 \text{ Гц}$$

При таких значениях собственной и внешней частоты колебаний экспериментальный стенд для виброобработки деталей сложной конфигурации будет эффективно обрабатывать детали.

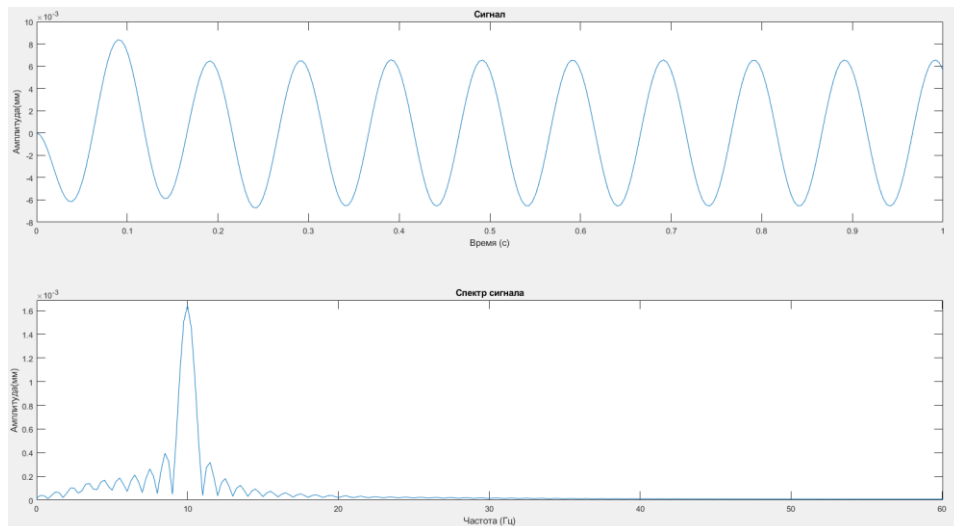


Рис 4.4.1 – Графики спектра частот экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации

По результатам исследования можно сделать вывод, что внешняя частота колебаний не должна быть близка по значению к частоте собственных колебаний системы, так как возникает явление резонанса.

4.5 Амплитудно-фазовые частотны характеристики

Для построения амплитудно-фазовые частотные характеристики в среде **Matlab** необходимо найти передаточную функцию динамической одномассовой системы следующим образом:

Нахождение передаточной функции

$$h \cdot (v_0 - v) - c \cdot x = m \cdot a$$

Передаточная функция:

$$Wp = \frac{\text{ВЫХ}}{\text{ВХ}} = \frac{x}{x_0}$$

Подставим коэффициенты Лапласа:

$$V = p \cdot x; a = p^2 \cdot x$$

$$h(x_0 p - p x) - c x = m p^2 x$$

$$h x_0 p - h p x - c x - m p^2 x = 0$$

$$h x_0 p = h p x + c x + m p^2 x$$

$$h x_0 p = x(h p + c + m p^2)$$

$$W(p) = \frac{x}{x_0} = \frac{(h p + c + m p^2)}{h p}$$

$$W(p) = \frac{(h p + c + m p^2)}{h p}$$

Выполним преобразование Лапласа при помощи Matlab

Построим графики с помощью команд: `step(W)`, `impz(W)`, `bode(W)`,
`nyquist(W)`

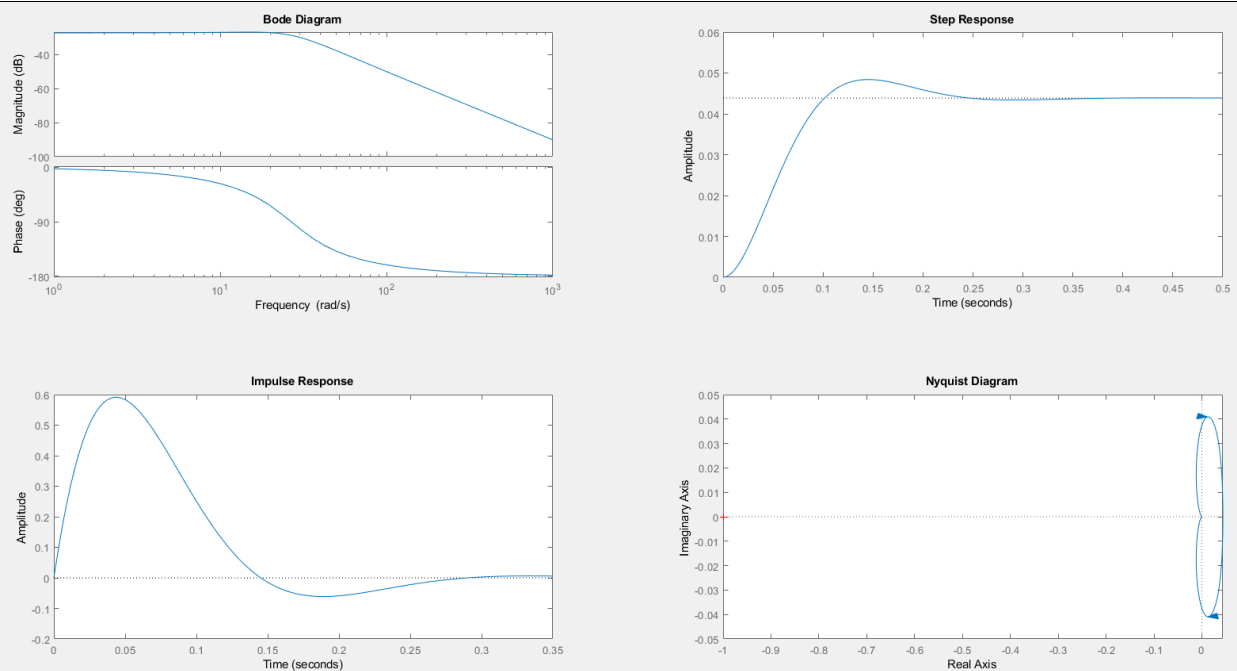


Рис 4.5.1 – АФЧХ полученные в среде **Matlab**

На рисунке (Рис 4.5.1) представлены АФЧХ полученные на основе применения экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации.

На рисунке (Рис 4.5.1) видно, что точка определяющая устойчивость системы лежит за пределами неустойчивой области. Поэтому система считается устойчивой.

Step Response

Функция Step Response позволяет определить отклик системы на единичное ступенчатое воздействие.

По графику видно, что переходный процесс протекает около 1200 с. Также можно сказать, что система устойчива, так как переходная функция затухает.

Impulse Response

Функция Impulse Response позволяет определить отклик системы на единичное импульсное воздействие (весовую функцию).

Для того чтобы система была физически реализуема в реальном времени, её импульсная переходная функция должна удовлетворять условию: $h(t)=0$ при $t<0$. В противном случае система нереализуема, поскольку отклик на выходе системы не может появиться раньше, чем поступающее на вход системы воздействие, вызывающее отклик.

Bode Diagram

Диаграмма Боде состоит из двух кривых: одна для амплитуды, другая для фазы. Амплитудная кривая дает зависимость амплитуды, выраженной в децибелах в функции логарифма частоты. Фазовая кривая выражает зависимость фазового угла в градусах от логарифма частоты.

Nyquist Diagram

На таком графике частота выступает в качестве параметра кривой, фаза и амплитуда системы на заданной частоте представляется углом и длиной радиус-вектора каждой точки характеристики. По данным диаграммы Nyquist можно сказать, что данная одностепенная динамическая системы устойчива, так как график не охватывает красную точку.

4.6 Описание результатов математического моделирования

В процессе исследований одномассовой системы произведен расчет предварительных параметров жесткости. После получения параметров жесткости были проведены исследования в среде Matlab с тремя разными массами обрабатываемых деталей (2, 4, 6 кг). Далее результаты математических исследований были сравнены с реальными измерениями на стенде в реальных условиях. Исходя из результатов, видно, что результаты практически схожи. Однако существует незначительная погрешность, которая могла быть связана с условиями окружающей среды, методов измерения, нестабильность диагностируемого объекта и т.д.

Масса, кг	Математическая модель		Реальная установка	
	Перемещение, м	Скорость, м/с	Перемещение, м	Скорость, м/с
$m_d = 2$	0,00412	0,2534	0,00496	0,2765
$m_d = 4$	0,00645	0,3432	0,00785	0,4156
$m_d = 6$	0,00874	0,4743	0,00932	0,5346

Также в работе выполнен спектральный анализ одномассовой системы в среде Matlab. По результатам исследования можно сделать вывод, что внешняя частота колебаний не должна быть близка по значению к частоте внутренних колебаний системы, так как возникает явление резонанса.

В результате построения АФЧХ стало очевидно, что система является устойчивой.

Вывод по разделу

В конструкторской части были рассмотрены различные методы виброобработки деталей, их конструкция, и принцип работы. Рассматривая эти системы были обнаружены следующие недостатки: большие габариты системы, большое количество узлов и деталей системы, сложность процесса, которая нуждается в квалифицированном рабочем. Предлагаемая система устраняет эти недостатки и является самой простой в эксплуатации, а так же ремонта в случае поломки.

Так же были проведены эксперименты по выявлению зависимости основных вибрационных характеристик (амплитуда, частота, время) на процесс виброобработки деталей. Были сделаны следующие выводы в ходе испытаний:

1. Чем сильнее мы увеличиваем амплитуду вибрации, тем сильнее растет сила микроударов и как следствие увеличивается количество снимаемого материала в результате ударов абразивной крошки и обрабатываемой детали;

2. Чем больше частота, тем больше количество ударов получит поверхность обрабатываемой детали и как следствие растет съем металла. При этом количество снимаемого материала повышается до определенного значения колебания, а далее производительность процесса практически не изменяется;

3. Съем металла на протяжении 9 часов происходит достаточно равномерно. Однако в первые часы работы есть небольшое увеличение съема металла что связано с удалением грубых неровностей.

В процессе исследований одномассовой системы произведен расчет предварительных параметров жесткости. После получения параметров жесткости были проведены исследования в среде Matlab с тремя разными массами обрабатываемых деталей (2, 4, 6 кг). Далее результаты математических исследований были сравнены с реальными измерениями на стенде в реальных условиях. Исходя из результатов, видно, что результаты практически схожи. Однако существует незначительная погрешность, которая могла быть связана с условиями окружающей среды, методов измерения, нестабильность диагностируемого объекта и т.д.

Также в работе выполнен спектральный анализ одномассовой системы в среде Matlab. По результатам исследования можно сделать вывод, что внешняя частота колебаний не должна быть близка по значению к частоте внутренних колебаний системы, так как возникает явление резонанса.

В результате построения АФЧХ стало очевидно, что система является устойчивой.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ01	Русину Александру Александровичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 1700000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 400000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 0,5 баллов из 1.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ. Оценка готовности проекта к коммерциализации
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение финансового и научно -технического эффекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Матрица SWOT 5. График проведения и бюджет НТИ 6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		02.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ01	Русин Александр Александрович		02.03.2022

Введение

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование коммерческой ценности конечного продукта, производимых в рамках НИ. Коммерческая ценность проекта определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными проектами, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет исследовательской работы, какое время будет необходимо для продвижения проекта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала внедрения данной методики;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной эффективности исследования.

Цель работы – разработка вибрационного станка для финишной обработки детали. Данное устройство служит для обеспечения требуемой шероховатости и физико-механических свойств поверхности и поверхностных слоев, снятие дефектных слоев, удаление металлических заусенцев.

5.1 Анализ конкурентных технических решений

В процессе работы рассматривались три варианта реализации виброабразивной обработки:

Вариант 1 – Механическая виброабразивная обработка;

Вариант 2 – Электрохимическая виброабразивная обработка;

Вариант 3 – Магнитно-виброабразивной обработки;

Детальный анализ конструктивного исполнения необходим, т.к. каждый тип конструктивного исполнения имеет свои достоинства и недостатки. Данный анализ производится с применением оценочной карты, приведенной в таблице 1. Экспертная оценка производится по техническим

характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Возможность внедрения устройства в единую систему автоматики	0.13	3	4	4	0.52	0.52	0.39
Удобство в эксплуатации	0.15	5	4	3	0.75	0.6	0.45
Стабильность срабатывания	0.11	4	3	3	0.44	0.33	0.33
Контроль времени задержки коммутации без подключения дополнительного оборудования	0.09	4	3	3	0.36	0.27	0.27
Простота конструкции и ремонтпригодность	0.11	5	4	3	0.55	0.44	0.33
Компактность	0.08	2	3	2	0.16	0.21	0.16
Безопасность	0.11	5	3	4	0.55	0.33	0.44
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0.06	4	3	2	0.24	0.18	0.12
Предполагаемый срок эксплуатации	0.11	5	3	3	0.55	0.33	0.33
Затраты на ремонт	0.05	4	2	2	0.20	0.10	0.10
Итого	1	42	32	28	4.32	3.31	2.92

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = 0,1 \cdot 3 = 0,3,$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); Б_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что вариант устройства №1 является наиболее предпочтительным и является наиболее выгодным и эффективным видом виброабразивной обработки.

5.2 SWOT-анализ

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

Таблица 2 – SWOT-анализ

	Strengths (сильные стороны) S1. Техническая простота конструкции; S2. Равномерность обработки поверхностного слоя деталей S3. Возможность регулирования параметров вибрации благодаря гидравлическому оборудованию; S4. Невысокие температуры в зоне резания, из-за меньшей величины контакта абразива с поверхностью детали на единицу площади S5. Применимость к деталям любой формы и сложности геометрии. S6. Высокая производительность S7. Возможность внедрения устройства в производство.	Weaknesses (слабые стороны) W1. Большое количество гидравлического оборудования. W2. Неравномерная обработка в различных зонах контейнера W3. Сложность обработки деталей, соизмеримых по массе с гранулами W4. Сложность и необходимость индивидуального подхода для подключения гидравлического оборудования.
Opportunities (возможности) O1. Новые технологии финишной обработки детали. O2. Отсутствие выброса в окружающую среду вредных веществ. O3. Требования к повышению качества поверхности детали O4. Возможность автоматизировать процесс виброобработки	Получение нового, экологичного, высококачественного устройства для финишной обработки деталей.	Трудозатратное, дорогостоящее устройство вибрационного оборудования с использованием новых технологий.

Threats (угрозы) Т1. Незаинтересованность покупателей. Т2. Отсутствие заинтересованных инвесторов проекта. Т3. Узкоспециализированное направление.	Высокая конкуренция компенсируется техническими возможностями устройства.	Ввиду отсутствия популярности и трудозатратности проекта, а также его обслуживания может наблюдаться низкий спрос.
--	---	--

Таблица 3 – Связь сильных сторон с возможностями

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
O1	+	+	-	+	+	+	+
O2	-	-	+	-	-	-	-
O3	+	+	+	+	+	+	+
O4	-	-	+	+	+	+	+

Таблица 4 – Связь слабых сторон с возможностями

	W1	W2	W 3	W4
O1	-	-	-	-
O2	+	-	-	-
O3	-	-	+	+
O4	+	-	+	+

Таблица 5 – Связь сильных сторон с угрозами

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
T1	-	-	+	-	-	-	-
T2	+	+	-	-	+	-	-
T3	-	-	-	+	-	+	+

Таблица 6 – Связь слабых сторон с угрозами

	W1	W2	W 3	W4
T1	+	+	+	+
T2	+	+	+	+
T3	-	-	+	+

В результате проведенных оценки конкурентоспособности и SWOT – анализа можно сделать вывод, что вариант №1 является наиболее предпочтительным, выгодным и эффективным вариантом реализации виброабразивной обработки по сравнению с вариантами №2 и №3. Среди сильных сторон наибольший вес равномерность обработки поверхностного слоя деталей, возникающего под некоторым углом. Среди слабых сторон – большое количество гидравлического оборудования.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых работ включает в себя следующие задачи:

- определить структуру работ в рамках проектирования;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительность работ;
- построить график проведения отдельных этапов проектирования.

Для выполнения данного проекта необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Список производимых задач и работ и их исполнители

№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Формирование и утверждение технического задания	Руководитель
2	Выбор направления исследований	Руководитель
3	Литературный обзор по теме	Инженер
4	Составление плана работ по проекту	Руководитель
5	Анализ возможных вариантов исполнения устройства и компьютерное моделирование	Инженер
6	Создание макета в соответствии с выбранным исполнением и выполнение испытаний	
7	Анализ эффективности полученных результатов	Руководитель
		Инженер
8	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель

9	Создание принципиальной схемы	Инженер
10	Технико-экономические расчеты	Инженер
11	Создание пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

5.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки проекта составляется из трудовых затрат, поэтому важно определить трудоемкость работ всех участников разработки проекта.

Несмотря на то, что трудоемкость зависит от трудно учитываемых параметров, т.е. носит вероятностный характер, ее можно определить экспертным путем, в «человеко-днях». Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости t_{oji} определяется по формуле:

$$t_{oji} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5},$$

где t_{mini} – минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.; t_{maxi} – максимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является пессимистичной оценкой: при неудачном стечении обстоятельств, чел.-дн.

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{Ч_i},$$

Где $Ч_i$ – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 8.

5.5 Разработка графика проведения проектирования

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki.рук} = T_{pi} \cdot k_{кап},$$

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кап},$$

где $k_{кап}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кап.рук} = \frac{T_{кап}}{T_{кап} - T_{вых} - T_{пр}},$$

$$k_{кап.инж} = \frac{T_{кап}}{T_{кап} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кап}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Временные показатели проектирования

Номер работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
1	5	-	6	-	5,4	-	5,4	-	7,97	-
2	4	-	6	-	5,8	-	5,8	-	8,56	-
3	-	3	-	4	-	3,4	-	3,4	-	5,02
4	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7,08	-
5	-	6	-	7	-	6,4	-	6,4	-	9,44
6	-	7	-	8	-	7,4	-	7,4	-	10,92
7	3	2	5	4	3,8	2,8	1,9	1,4	2,8	2,06
8	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7,08	-
9	-	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7,08
10	-	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7,08
11	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	8,56

После расчета и сведения в таблицу временных показателей проектирования, на основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта для руководителя и инженера.

Таблица 9. Диаграмма Ганта для руководителя и инженера.

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Формирование и утверждение технического задания	Руководитель	8	■													
2	Выбор направления исследований	Руководитель	9		■												
3	Литературный обзор по теме	Инженер	5			▨											
4	Составление плана работ по проекту	Руководитель	7			■											
5	Анализ возможных вариантов исполнения устройства и компьютерное моделирование	Инженер	10				▨										
6	Разработка стенда в соответствии с выбранным исполнением и проведение испытаний	Инженер	10				▨										
7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Инженер	5					■	▨								
8	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель	7						■								
9	Разработка принципиальной схемы	Инженер	7							■	▨						
10	Технико-экономические расчеты	Инженер	7								▨						
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	9									▨					

▨ - Инженер; ■ - Руководитель;

Таблица 10 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	82
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	48
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	34

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

5.6 Цели и результат исследования

Определим заинтересованные стороны и их ожидания, результат сведем в таблицу 11.

Таблица 11 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель проекта	Реализация проекта, получение гранта
Исполнитель проекта	Получение степени бакалавра
НИ ТПУ	Привлечение средств хозяйственных договоров, рост средней оплаты труда, рост рейтинга НИ ТПУ
Предприятия	Рост эффективности производства, качественное техническое обслуживание оборудования

Определим цели и результаты проекта, сведя их в таблицу 12.

Таблица 12 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование устройства
Ожидаемые результаты проекта:	Готовое изделие и его стабильная работа
Критерии приемки результата проекта:	Исполнение устройством поставленных задач

Требования к результату проекта:	Увеличение качества поверхности деталей на этапе финишной обработки детали
---	--

5.7 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Проектная структура проекта

План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 13).

Таблица 13 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

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.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 14.

Таблица 14 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

5.8 Бюджет исследовательской работы

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 сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 15).

Таблица 15 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	2	40	80
Ручка шариковая	4	22	88
Ластик	2	20	40
Печать	150	2	300
Бумага	50	8	400
Линейка	25	10	250
Абразивные элементы	600	10	6000
Чугун	70 кг	7	490
Стальная плита (сталь 45)	5 кг	47	235
Стальное основание (сталь 45)	20 кг	47	940
Всего за материалы	8721		
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			459
Итого по статье			9180

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 16).

Таблица 16 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер (НР)	1	30000,0	30000,0
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	5990,0	5990,0
3	ПО Matlab	1	20000	20000
4	Виброрегистратор M20	1	100000	100000
5	Вибровозбудитель	1	20000	20000
6	Гидронасос аксиально- поршневой	1	40000	40000
7	Бак металлический	2	2000	4000
8	Нереверсивный насос	1	30000	30000
9	Рабочая камера	1	2000	2000
10	Электродвигатель 2,2 кВт	1	17500	17500
11	Фильтр напорный	1	6600	6600
12	Фитинги, крепежи	36	100	3600
13	Шарниры	4	4500	18000
Итого, руб.:				297690

Основная заработная плата

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

При отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{40950 \cdot 11,2}{233} = 1968 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{м}}$ – должностной оклад работника за месяц; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 17); $М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{29250 \cdot 11,2}{270} = 1213 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{т}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 21000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 40950 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{т}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{т}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 17 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	52/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	56/10	24/5
Действительный годовой фонд рабочего времени	233	270

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$З_{мс}, руб$	k_{np}	k_{∂}	k_p	$З_{м}, руб$	$З_{\partialн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	21000	0,3	0,2	1,3	40950	1968	34	66912
Инженер	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1213	48	58224
Итого:								125136

Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 66912 = 10036 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 58224 = 8733 \text{ руб.}$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (66912 + 10036) = 23084 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (58224 + 8733) = 20087 \text{ руб.}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование).

Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

Накладные расходы в целом:

$$\begin{aligned}
 З_{накл} &= \left(\frac{\text{сумма статей}}{5} \right) \cdot k_{нр} = \\
 &= (9180 + 297690 + 125136 + 18769 + 43171) \cdot 0.2 =
 \end{aligned}$$

= 98789 руб

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Таблица 19 – Группировка затрат по статьям

Вид исследования	Статьи						
	Сырье, материалы	Специальное оборудование	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
Данное исследование	9180	297690	125136	18769	43171	98789	592735
Аналог	10304	304292	120420	19212	45294	102421	601943

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

Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

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

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 20. При расчете рентабельность проекта составляла **25 %**, норма амортизации - 10 %.

Таблица 20 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	711282	711282	711282	711282
2	Итого приток, руб.	0	711282	711282	711282	711282
3	Инвестиционные издержки, руб.	-592735	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35%от бюджета)	0	207457,3	207457,3	207457,3	207457,3
5	Налогооблагаемая прибыль	0	533461,5	533461,5	533461,5	533461,5
6	Налоги 20 %, руб.	0	106 692,3	106 692,3	106 692,3	106 692,3
8	Чистая прибыль, руб.	0	426 769,2	426 769,2	426 769,2	426 769,2
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-592735	486 042,7	486 042,7	486 042,7	486 042,7
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток	-592735	493 748,3	411 358,1	342 600,8	285 698,3
12	Σ ЧД	1 533 405,5 руб.				
12	Итого NPV, руб.	940 670,5 руб.				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 297 157,19 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить

инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1\,533\,405,5}{592\,735} = 2,58$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 21 и на рисунке 2.

Таблица 21 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-592735	486 042,7	486 042,7	486 042,7	486 042,7	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-592735	441812,8	401471,3	365018,1	331967,2	947534,3
	0,2	-592735	404873,6	337313,6	280932,7	234272,6	664657,5
	0,3	-592735	373766,8	287737,3	221149,4	170114,9	460033,5
	0,4	-592735	347034,5	247881,8	176919,5	126371,1	305471,9
	0,5	-592735	324190,5	215803	143382,6	96236,45	186877,5
	0,6	-592735	303776,7	189556,7	118594,4	74364,53	93557,29
	0,7	-592735	285793,1	162824,3	98666,67	54436,78	8985,863
	0,8	-592735	270239,7	150187,2	83113,3	46174,06	-43020,7
	0,9	-592735	255658,5	134633,8	70962,23	37425,29	-94055,2
	1,0	-592735	243021,4	121510,7	60755,34	30134,65	-137313

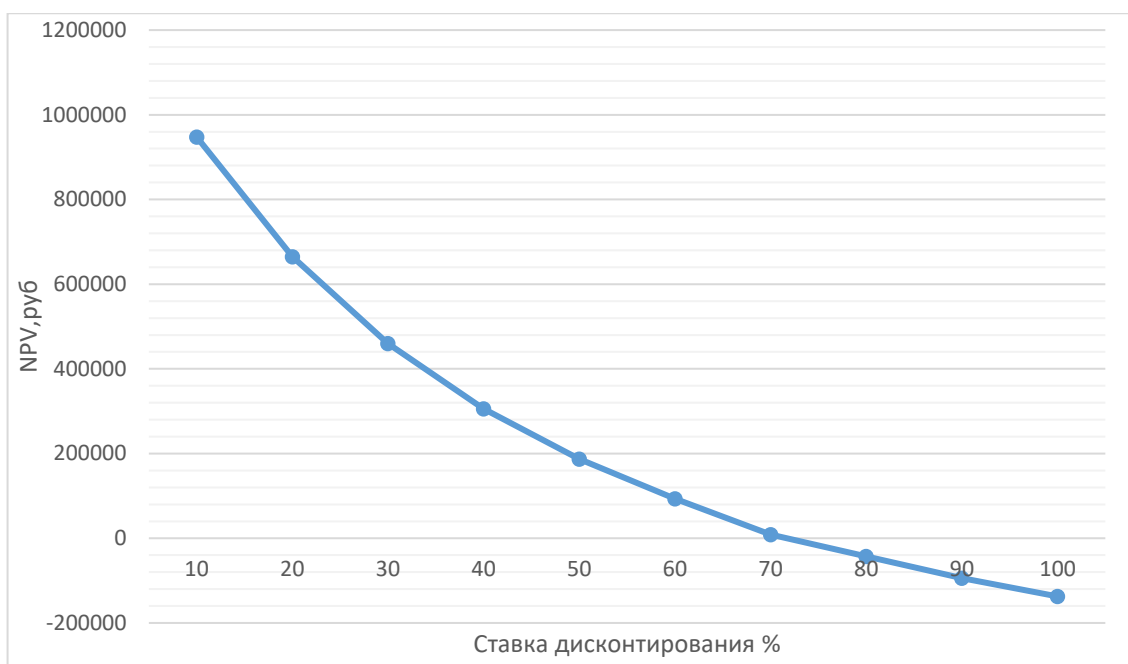


Рисунок 2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,73.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $73\% - 20\% = 53\%$

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

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 22).

Таблица 22 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	-592735	404873,6	337313,6	280932,7	234272,6
2	То же нарастающим итогом, руб.	-592735	-43020,7	8985,863	93557,29	186877,5
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DP_{дск} = 1 + (43020,7 / 337313,6) = 1,13$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 23).

Таблица 23 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации о результатах исследований вибрационной обработки деталей сложной конфигурации	Выявлена возможность использования результатов исследования при вибрационной обработке деталей сложной конфигурации
Отсутствие информации о новых методах вибрационной обработки	Выявлен новый метод вибрационной обработки деталей сложной конфигурации

5.10 Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности исследовательской работы получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) 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.

В качестве вариантов исполнения были выбраны ближайшие аналоги:

- Электрохимическая виброабразивная обработка;

- Магнитно-виброабразивной обработки;

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения исследовательской работы (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{592735}{650000} = 0,91$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{601943}{650000} = 0,93$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{630245}{650000} = 0,97$$

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).

Интегральный показатель ресурсоэффективности

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффетивности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расставляем бальные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик проекта, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки	Бальная оценка 1 аналога	Бальная оценка 2 аналога
1. Безопасность при использовании установки	0,3	5	5	4
2. Стабильность работы	0,3	4	3	5
3. Технические характеристики	0,1	5	3	4
4. Ремонтопригодность	0,2	4	4	3
5. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4
Итого:	1	4,5	3,9	4,1

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,5$$

$$I_{p2} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 3,9$$

$$I_{p3} = 0,3 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 4,1$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{4,5}{0,91} = 4,95$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (табл. 25). Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}} = \frac{4,2}{4,7} = 0,89$$

Таблица 25 – Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,91	0,93	0,97
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,9	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	4,95	4,19	4,23
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,85	0,86

Вывод по разделу

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 592735 руб.; индекс доходности

$PI=2,58$, внутренняя ставка доходности $IRR=73\%$, срок окупаемости $PP_{дск}=1,13$ года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
4НМ01		Русин Александр Александрович	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Конструирование технологического оборудования 15.04.05

Тема ВКР:

Экспериментальный стенд для виброобработки деталей сложной конфигурации	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	<i>Объект исследования:</i> вибрационный станок <i>Область применения:</i> машиностроение <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение <i>Размеры помещения:</i> 20м*30м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> электродвигатель, гидронасос, гидромотор, контейнер с рабочей средой <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> механическая обработка детали
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда». - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 27.12.2018). - Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (с изменениями на 30 декабря 2020 года, редакция, действующая с 1 января 2021 года). - ТК РФ Статья 91. Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени. - ТК РФ статья 100. Режим рабочего времени. - ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	<i>Вредные факторы:</i> 1. Повышенный уровень общей вибрации 2. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума 3. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения 4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего 5. <i>Опасные факторы:</i>

	1. Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования); 2. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий. <i>Средства коллективной защиты:</i> 1. Применение в составе станка различных шумоподавляющих компонентов, заглушки, виброопоры (подавляют шум от незначительной вибрации) и т.д.; 2. Использование вентиляторов для охлаждения приборов и нормализации процесса воздухообмена в помещении. 3. Установка дополнительного освещения: ламп, светильников и т.д. 4. Использование оградительных устройств 5. Использование упругодемпфирующих элементов <i>Средства индивидуальной защиты:</i> 1. Протившумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему при работе гидромотора, гидронасоса, электродвигателя, контейнера с рабочей средой Расчет: системы искусственного освещения.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<i>Воздействие на селитебную зону:</i> разрушение фундамента вибрационными воздействиями при эксплуатации. <i>Воздействие на литосферу:</i> изменение почвы путём постоянных вибрационных воздействий <i>Воздействие на гидросферу:</i> загрязнение маслами в процессе утилизации масел <i>Воздействие на атмосферу:</i> испарении смазывающей жидкости в процессе трения
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<i>Возможные ЧС:</i> взрыв, обрушение здания, возникновение пожара <i>Наиболее типичная ЧС:</i> возникновение пожара
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ01	Русин Александр Александрович		

Введение

В данном разделе рассматриваются вредные и опасные факторы, которые влияют на человека и окружающую среду в процессе исследования и эксплуатации экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной конфигурации. Так же рассматриваются мероприятия по предотвращению и устранению несчастных случаев и чрезвычайных ситуаций, способы снижения вредных воздействий на окружающую среду и человека.

В данной работе представлен экспериментальный стенд для виброобработки деталей сложной конфигурации. Сущность метода вибрационной обработки заключается в том, что обрабатываемые детали и обрабатывающая абразивная среда помещаются в контейнер, которому сообщаются гармонические колебательное движение. Благодаря силам, вызванным вибрацией, абразивная крошка легко перемещается в рабочей среде попадая в труднодоступные места обрабатываемой детали, и как результат выполняя обработку всех ее поверхностей. В ходе взаимного прикосновения абразивной крошки и обрабатываемой детали в рабочей среде происходит обработка последней путем микроударов и как следствие снятия тонких частиц металла с поверхности обрабатываемой детали благодаря пластическому деформированию металла.

Рабочее место конструктора при эксплуатации определяется наличием таких основных элементов, как: рабочий бак, компьютерный стол, кресло, стационарный ПК, оборудованное помещение, элементы управления (компьютерная мышь) и др.

Данную установку можно применить в машиностроении, медицине и строительстве. Минимальные габарит помещения для работы с шестистепенным вибрационным стендом составляют 8×10 м.

При проектировании, изготовлении и эксплуатации экспериментального стенда для виброобработки деталей сложной

конфигурации возможно столкновение со множеством опасных работ, с риском получения вреда здоровью человека. Рассмотрим подробнее возможные опасности.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые нормы трудового законодательства

Согласно трудовому кодексу РФ и федеральному закону РФ «О специальной оценке условий труда» работникам вибростанка предусматриваются:

- 1) Сокращение продолжительности рабочего времени [ТК РФ Статья 92]: Для работников, условия труда на рабочих местах, которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 3 или 4 степени, или опасным условиям труда – не более 36 часов в неделю;
- 2) Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере [ТК РФ Статья 147];
- 3) Установления работникам предусмотренных ТК РФ гарантий и компенсаций [ТК РФ г. 28];
- 4) Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда [ТК РФ Статья 117];
- 5) Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, а также оснащения рабочих мест средствами коллективной защиты [ТК РФ Статья 221];
- 6) Обеспечение работников молоком или другими равноценными пищевыми продуктами, лечебно-профилактическим питанием [ТК РФ Статья 222];
- 7) Медицинский осмотр работников [ТК РФ Статья 220];

8) Запрещается применение труда лиц в возрасте до восемнадцати лет на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, на подземных работах, а также на работах, выполнение которых может причинить вред их здоровью и нравственному развитию [ТК РФ Статья 265].

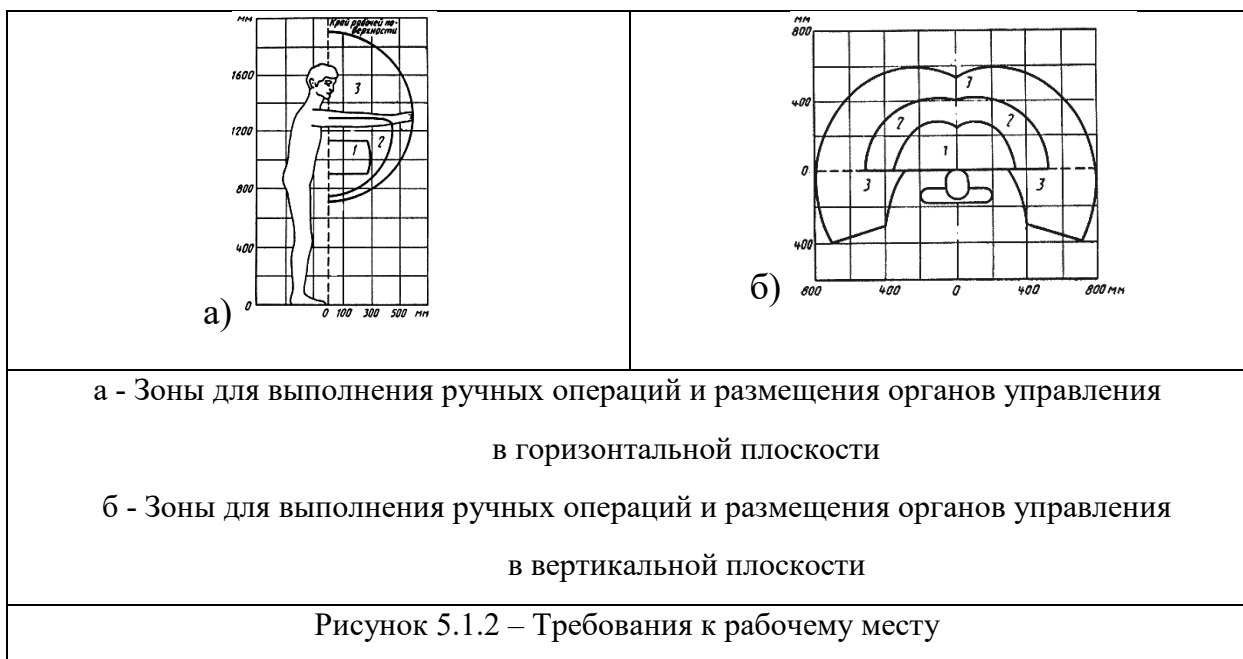
Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Главными элементами рабочего места инженера при работе на стенде для виброобработки деталей являются: органы управления и рабочий бак с обрабатываемой средой. Основным рабочим положением является положение стоя. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Для комфортной работы рабочее место должно удовлетворять следующим условиям в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ:

1) Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Кроме этого, выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля. В данном случае при работе за вибростендом, зона для размещения должна находиться в зоне легкой досягаемости моторного поля (зона 2).



2) Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или наклон его вперед не более чем на 15° .

3) Конструкцией производственного оборудования и организацией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием:

- высоты рабочей поверхности. Регулируемые параметры в зависимости от тяжести труда и роста работающего следует выбирать по номограмме, приведенной на рис 5.1.3;

- подставки для ног при нерегулируемой высоте рабочей поверхности. В этом случае высоту рабочей поверхности устанавливают по номограмме, приведенной на рис 5.1.3 для работающего ростом 1800 мм.

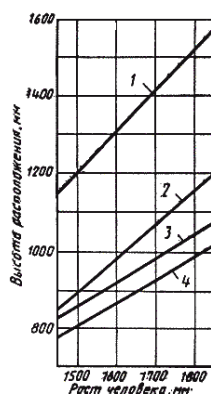


Рисунок 5.1.3 - Номограмма зависимости высоты расположения средств отображения информации (1) высоты рабочей поверхности (2 - при легкой работе, 3 - при работе средней тяжести, 4 при тяжелой работе) от роста человека

4) Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине

6.2 Производственная безопасность

Чтобы оценить возникновение вредных и опасных факторов, необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования;
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования);	ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих; ГОСТ 12.2.003-94 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное.
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

6.3 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Повышенный уровень вибрации

Источником вибрации при эксплуатации является используемое оборудование на вибрационном станке, действия которых основано на вибрации и ударах, а также мощные электрические установки, а именно: электродвигатель, гидромотор, гидронасос, контейнер с рабочей средой.

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни.

В соответствии с ГОСТ 12.1.012-90, амплитуда вибрации в помещении должна составлять не более $0,0072 \cdot 10^{-3}$ м при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. На производстве станки работают в диапазонах близких к 60 Гц. Соответственно, не возникает пагубного влияния на организм человека.

Для того, чтобы снизить уровень вибрации до требуемого уровня используются методы защиты оператора от вибрации. Существуют следующие методы, такие как: правильное размещение специального оборудования устройства и оптимальные режимы работы установки.

Чтобы снизить уровень вибрации в цехе, необходимо своевременно осуществлять ремонт оборудования и вовремя смазывать трущиеся поверхности деталей. При работе с оборудованием используются

индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками

Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума

Источником шума при эксплуатации является используемое оборудование на вибрационном станке, действия которых основано на вибрации и ударах, а также мощные электрические установки, а именно: электродвигатель, гидромотор, гидронасос, контейнер с рабочей средой.

Уровень шума на производственных предприятиях должен быть для непостоянных источников шума согласно «СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» не должен быть более 95 дБ. Воздействие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха, нарушений со стороны ряда органов и систем, снижения производственного труда, повышения уровня травматизма.

Снижение производительности труда и повышенный травматизм рабочих ряда шумных цехов обусловлены неблагоприятным влиянием шума на нервную систему, функционального состояния двигательного и других анализаторов: нарушается концентрация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов, раньше возникает чувство усталости и развиваются признаки утомления.

Для снижения уровня шума в соответствии с ГОСТ 12.1.029-80 рекомендуется использоваться следующие методы и средства защиты от шума:

- Уменьшение шума в источнике (замена ударных процессов и механизмов безударными, использование принудительной смазки трущихся поверхностей и т.д.);
- Изменение направленности излучения шума;
- Рациональная планировка предприятий;

- Использование средств индивидуальной защиты.

Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения

При длительной работе в условиях недостаточной освещенности или нарушении параметров световой среды, происходит негативное воздействие на организм человека, такое как: развитие близорукости, головная боль, ухудшение зрения и пр. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк.

Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк согласно СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

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

Дано помещение с размерами: длина $A = 8$ м, ширина $B = 10$ м, высота $H = 4$ м. Высота рабочей поверхности $h_{\text{рп}} = 1$ м.

Требуется создать освещенность $E_n = 300$ лк

Коэффициент отражения стен $R_c = 30$ %, потолка $R_n = 50$ %.

Коэффициент запаса $K_z = 1,8$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ОД, $\lambda = 1,4$. Приняв $h_c = 0,5$ м, получаем:

$$h = H - h_c - h_{\text{рп}} = 4 - 0,5 - 1 = 2,5 \text{ м};$$

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,5 = 3,5 \text{ м};$$

$$L/3 = 1,16 \text{ м}.$$

Размещаем светильники в 3 ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОД мощностью 65 Вт (с длиной 1,5 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 60 см.

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3}L)}{L} + 1 = \frac{(10 - \frac{2}{3} \cdot 3.5)}{3.5} + 1 \approx 3$$

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3}L)}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{(8 - \frac{2}{3} \cdot 3.5)}{1,5 + 0,5} \approx 3$$

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}} = 3 \cdot 3 = 9$$

Учитывая, что в каждом светильнике установлено 2 лампы, общее число ламп в помещении $N_{\text{л}} = 18$.

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{8 \cdot 10}{2,5 \cdot (8 + 10)} = 1,77$$

Коэффициент использования светового потока: $\eta = 0,55$.

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{18 \cdot 0,55} = 4800 \text{ лм}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу –ЛХБ 80 Вт с потоком 5000 лм.

Проверка полученных значений:

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

Получаем:

$$-10\% \leq 4\% \leq +20\%$$

Электрическая мощность всей осветительной системы:

$$P = N_{\text{л}} \cdot p_{\text{л}} = 18 \cdot 80 = 1440 \text{ Вт}$$

План расположения светильников представлен на рисунке 5.2.1

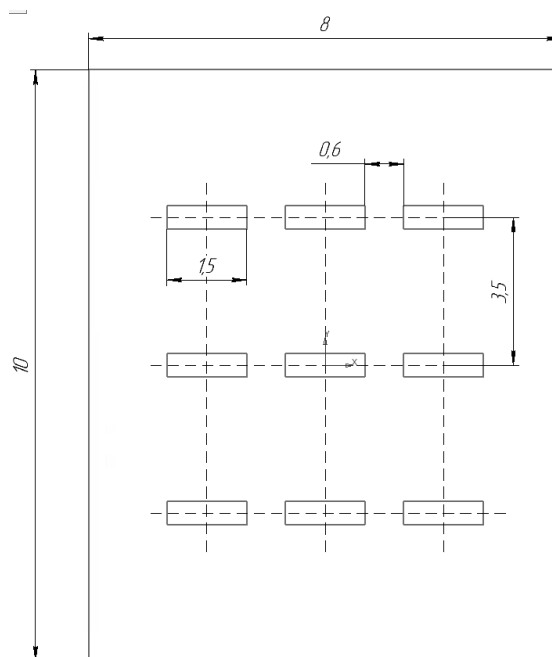


Рисунок 5.2.1 – План расположения светильников

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

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 лаборатории, где проводят исследования, установлена некачественная система отопления, оператор будет постоянно страдать от переохлаждения, частые простудные заболевания, инфекционные болезни и т.д. Длительное воздействие высоких температур при повышенной влажности может привести к перегреву организма, а пониженные температуры при повышенной влажности, могут привести к переохлаждению. К мерам по улучшению

воздушной среды в производственной зоне относятся: правильная организация вентиляции воздуха, обогрев помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», работа в холодный период относится к легкой степени тяжести Ia, при этом должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха 22-24°C, его оптимальной влажности 60-40% и скорости движения (не более 0,1 м/с).

Для нормализации показателей микроклимата в соответствии с ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ в цехе должны применяться средства защиты: отопление и вентиляция воздуха. Индивидуальные средства защиты: специальная одежда и обувь.

Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования)

Рабочая камера при работе вибростанка совершает возвратно поступательные движения, что может привести к нанесению удара по работающему и как следствие травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

Согласно ГОСТ 12.2.003-94:

- 1) Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации;
- 2) Конструкция производственного оборудования и его отдельных частей должна исключать возможность их падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения при всех предусмотренных условиях эксплуатации;

3) Элементы конструкции производственного оборудования не должны иметь острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих.

Для снижения влияния движущих твердых объектов, наносящих ударов по телу работающего в соответствии с ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ необходимо применять следующие виды устройств: оградильные, автоматического контроля и сигнализации, предохранительные, дистанционного управления, тормозные, знаки безопасности.

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Главным источником возникновения фактора на вибрационном станке при эксплуатации является электродвигатель. Электродвигатель является элементом, который преобразует электричество в механическую энергию, что приводит в движение весь механизм.

В результате воздействия электротока могут наблюдаться следующие последствия: остановка дыхания или сердцебиение, потеря сознания, ожоговые повреждения кожи, поражение нервной системы и т.п.

Поражение электрическим током возникает при соприкосновении с электрической цепью, в которой присутствуют источники напряжения или источники тока, которые могут вызвать протекание тока через части тела, попавшие под напряжение. Напряжение прикосновения и токи при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать 8 В и 1 мА, соответственно (постоянный ток) или 2 В, 0,3 мА (переменный ток частотой 50 Гц) согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ

Для того, чтобы исключить возникновения поражения электрическим током, в соответствии с ГОСТ 12.1.019 – 2017 рекомендуется проводить организационные мероприятия, такие как:

- произвести изолирование токоведущих частей, исключаящее

возможность случайного прикосновения к ним;

- производить технический осмотр оборудования;
- соблюдение условий эксплуатации, а также сборки и установки оборудования согласно конструкторской документации;
- произвести установку защитного заземления;
- оснастка помещения всеми необходимыми предписанию нормами для электробезопасности;
- проводить инструктаж по технике безопасности персоналу, работающему с оборудованием;
- обеспечение свободного прохода;
- использовать плавкие предохранители и автоматические выключатели для защиты от КЗ;
- обучение мероприятиям по работе с электрическими приборами

6.4 Экологическая безопасность

Воздействие на селитебную зону

Экспериментальный стенд для виброобработки деталей сложной конфигурации подразумевает его использование в пределах производственных помещений. Данный вид помещений, в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 относится к объектам V класса, то есть в пределах селитебной зоны.

Поэтому, вибростенд нельзя располагать менее чем на 50 метров от жилых домов. В таком случае вредного воздействия на селитебную зону будет в оптимальном диапазоне.

Воздействие на атмосферу

При испарении смазывающей жидкости в процессе трения или хранения выделяются незначительные объемы синтетических масел. Данное химическое соединение, попадая в атмосферу, образует достаточно токсичные соединения. Основными загрязнителями атмосферы являются химические

вещества. Предельно допустимая концентрация «аэрозолей конденсации» в воздухе рабочей зоны не должна превышать 0,05 мг/м³, в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 сооружения, являющиеся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, необходимо отделять санитарно-защитными зонами от территории жилой застройки

Для защиты атмосферы от испарения смазывающей жидкости устанавливают специальные герметические конструкции, которые не позволяют распространяться химической реакции в атмосфере. Таким образом, все химические реакции происходят внутри специальной конструкции.

Воздействие на гидросферу

При исследовании воздействия разрабатываемого устройства на окружающую среду было выявлено, что основным источником загрязнения атмосферы является пролив масла в случае выхода из строя рукавов высокого давления, что способно оказывать негативное влияние на здоровье человека и окружающую природную среду. Попадание масла в водоемы приведет к загрязнению гидросферы и гибели водной фауны.

Масла, а также их отходы регламентируются Постановлением Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 (ред. от 30.11.2021) "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации". Данное постановление точно нормирует ПДК нефтепродуктах в стоках:

- Предельно допустимая концентрация в сточных водах прочих видов нефти – 0,3 мг/л.
- Максимально допустимая концентрация керосина технического, окисленного, тракторного – 0,01 мг/л.
- Максимально допустимая концентрация сульфатированного керосина в стоках – 0,1 мг/л.

Для уменьшения риска пролива масла в случае выхода из строя рукавов высокого давления, и загрязнения гидросферы, рекомендуется проводить следующие мероприятия:

- Проверка соединительных шлангов устройства
- Проведение своевременных ремонтных работ
- Обслуживание технологических компонентов оборудования

Воздействие на литосферу

На литосферу прибор оказывает непосредственное воздействие вибрационными нагрузками. Наиболее чувствительны к сотрясению рыхлые недоуплотненные породы (пески, торф). Прочность этих пород заметно снижается, они уплотняются, структурные связи нарушаются, возможно, внезапное разжижение и образование оползней, отвалов, плывущих выбросов и других неблагоприятных процессов. Живые организмы в процессе работы вибрационного станка для виброабразивной обработки деталей так же получают негативное вибрационное воздействие, что может заставлять животных покидать места обитания на время сейсмических исследований.

По ГОСТ 31191.1-2004 Допустимый уровень частоты вибрации при постоянном вибрационном воздействии на литосферу не должен превышать 80 Гц.

Снизить негативное вибрационное воздействие на литосферу возможно с помощью использования специальных демпфирующих покрытий, устройств для виброгашения, а также с помощью максимального уменьшения времени, амплитуды и частоты.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проектировании и изготовлении экспериментального стенда для виброобработки возможны следующие ЧС: возникновение пожара и взрыв.

Возгорание устройства практически невозможно, однако возникновение пожара в помещении проектирования обуславливается следующими

факторами: возникновение короткого замыкания в электропроводке (источник - электродвигатель) вследствие неисправности самой проводки или электросоединений 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.

К пожарно-профилактическим мероприятиям относятся:

- 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. В соответствии с правилами, 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.

Выводы по разделу

В результате выполнения раздела диссертационной работы «Социальная ответственность» выявлено, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

С точки зрения «Правил устройства электроустановок (ПУЭ)» помещение для исследования относится к категории: помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

В представленной работе выбраны:

- Группа персонала по электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок определена: Группа I.
- Категория тяжести труда согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: категория I – легкие физические работы.
- Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» при эксплуатации: Г умеренная пожаро-опасность.
- Категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду согласно Постановлению Правительства РФ «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»: объект относится к объектам III категории.

Заключение

В конструкторской части были рассмотрены различные методы виброобработки деталей, их конструкция, и принцип работы. Рассматривая эти системы были обнаружены следующие недостатки: большие габариты системы, большое количество узлов и деталей системы, сложность процесса, которая нуждается в квалифицированном рабочем. Предлагаемая система устраняет эти недостатки и является самой простой в эксплуатации, а так же ремонта в случае поломки.

Так же были проведены эксперименты по выявлению зависимости основных вибрационных характеристик (амплитуда, частота, время) на процесс виброобработки деталей. Были сделаны следующие выводы в ходе испытаний:

1. Чем сильнее мы увеличиваем амплитуду вибрации, тем сильнее растет сила микроударов и как следствие увеличивается количество снимаемого материала в результате ударов абразивной крошки и обрабатываемой детали;

2. Чем больше частота, тем больше количество ударов получит поверхность обрабатываемой детали и как следствие растет съем металла. При этом количество снимаемого материала повышается до определенного значения колебания, а далее производительность процесса практически не изменяется;

3. Съем металла на протяжении 9 часов происходит достаточно равномерно. Однако в первые часы работы есть небольшое увеличение съема металла что связано с удалением грубых неровностей.

В процессе исследований одномассовой системы произведен расчет предварительных параметров жесткости. После получения параметров жесткости были проведены исследования в среде Matlab с тремя разными массами обрабатываемых деталей (2, 4, 6 кг). Далее результаты математических исследований были сравнены с реальными измерениями на

стенде в реальных условиях. Исходя из результатов, видно, что результаты практически схожи. Однако существует незначительная погрешность, которая могла быть связана с условиями окружающей среды, методов измерения, нестабильность диагностируемого объекта и т.д.

Также в работе выполнен спектральный анализ одномассовой системы в среде Matlab. По результатам исследования можно сделать вывод, что внешняя частота колебаний не должна быть близка по значению к частоте внутренних колебаний системы, так как возникает явление резонанса.

В результате построения АФЧХ стало очевидно, что система является устойчивой.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 592735 руб.; индекс доходности $PI=2,58$, внутренняя ставка доходности $IRR=73\%$, срок окупаемости $PP_{дск}=1,13$ года.

В результате выполнения раздела диссертационной работы «Социальная ответственность» выявлено, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

Список литературы

1. В.В. Якунин, А.П. Абызов Вибрационная обработка деталей свободным абразивом 1988г.
2. Вибрационная обработка деталей А.П. Бабичев 1974г
3. Вибрационные станка для обработки деталей А.П. Бабичев, В.Б. Трунин, Ю.М. Самодумский, В.П. Устинов 1984г.
4. Исследование влияния массы деталей на съём металла при виброабразивной обработке [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-massy-detaley-nasyom-metalla-pri-vibroabrazivnoy-obrabotke-1>
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
7. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: справочник / Центральное бюро нормативов комитета СССР по труду и социальным вопросам – М.: Экономика, 1990. – 207 с.
9. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие / И.Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев – Рыбинск : РГАТА, 2010. – 220 с.

10. Атаманов С.А. Выбор средств измерения и контроля размеров в машиностроении: учеб, пособие / С.А.Атаманов, В. Ф. Гнидо, И.Г. Панков. – Рязань : РИ (ф) МГОУ, 2012.
11. Рогов В.А. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В.А. Рогов. – 2-е изд., испр. и доп., 2016.
12. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирования технологических процессов : учеб. пособие / С.К. Сысоев, А.С. Сысоева, В.А. Левко. – СПб.: Лань. 2011.
13. Схиртладзе А.Г. Резание материалов. Режущий инструмент : учебник для академического бакалавриата / А.Г. Схиртладзе [и др.]; под общ. Ред. Н.А. Чемборисова., 2016.
14. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А.А. Маталин – 3-е изд., стер. – СПб : Лань. 2010.
15. Виханский, Олег Самуилович. Менеджмент : учебник / О. С. Виханский, А. И. Наумов. — 5-е изд., стер.. — Москва: Магистр ИнфраМ, 2012. — 576 с.
16. Герчикова, Ирина Никоновна. Менеджмент : учебник для вузов / И. Н. Герчикова. — 4-е изд., перераб. и доп.. — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2014. — 511 с
17. Мескон, Майкл. Основы менеджмента : пер. с англ. : учебное пособие / М. Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. — 3-е изд.. — Москва: Вильямс, 2008. — 666 с
18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
19. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. ГОСТ 12.1.012 – 04 ССБТ Вибрационная болезнь. Общие требования.
21. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* 127

23. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования
и номенклатура видов защиты

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

25. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Experimental stand for vibration return of parts of complex configuration

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ01	Русин Александр Александрович		

Консультант школы отделения (НОЦ) _____ (ШБИП ОИЯ) _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Зяблова Наталья Николаевна	к.ф.н.		

1. Processing method and analysis of existing structures

The essence of the vibration processing method lies in the fact that the workpieces and the processing abrasive medium are placed in a container to which harmonic oscillatory motion is imparted. Due to the forces caused by vibration, the abrasive crumb easily moves in the working environment, getting into hard-to-reach places of the workpiece, and as a result, performing the processing of all its surfaces. During the mutual contact of the abrasive crumb and the workpiece in the working environment, the latter is processed by micro-impacts and, as a result, thin metal particles are removed from the surface of the workpiece due to the plastic deformation of the metal.

In the course of vibration operation, the working medium (workpieces, abrasive chips, etc.) acquires the following character of movement: translational and rotational, therefore, the mass of abrasive granules rotates along certain trajectories. The trajectory of the abrasive medium will be affected by the shape of the container, as well as the location of unbalanced loads relative to the container.

The performance and quality of the vibrating machine depends on the following important working conditions:

- the nature of the movement of the working environment of the working environment;
- the force of micro-impacts of abrasive crumb in the working environment
- temperature in the microshock zone and the average temperature in the working environment

Vibration treatment is widely used to perform operations such as cleaning from scale, corrosion, carbon deposits and other contaminants of cast, stamped and heat-treated parts. It is successfully used in the operations of removing flash and burrs, rounding sharp edges and obtaining radii, grinding and polishing complex-shaped surfaces. The impact nature of the impact of the working environment on the surfaces of the part contributes to an increase in the microhardness of the metal layer

and the creation of compressive residual stresses in it, and also reduces or completely eliminates stress concentrators.

Consider the operation of a vibratory machine with a U-shaped container (Figure 1.1). Workpieces are loaded into a working container 1 filled with abrasive granules. The container is mounted on a movable frame, which is connected to springs 6 and 10. Shaft 7 with unbalanced weights 8 is located under the movable frame in connection with it.

The movement of the container occurs under the action of the perturbing force of the vibrator, which occurs during the rotation of an unbalanced mass (with an eccentric) rotating at an angular velocity. The container with the platform, as well as the parts of the vibration exciter rigidly attached to it, are usually called the working body.

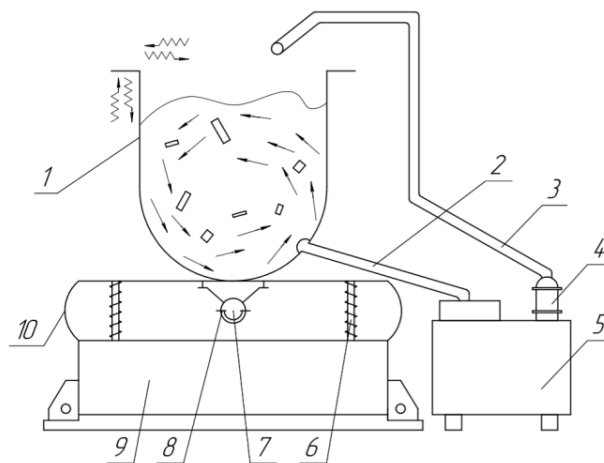


Figure 1.1. Scheme of the vibration machine: 1 - container; 2 - drain hose; 3 – solution supply hose; 4 - pump; 5 - sump tank; 6 - spiral spring; 7 - shaft with unbalanced loads; 8 - cargo; 9 - frame; 10 - tape spring

2. Designed stand for vibroabrasive processing

Let us carry out a complex measurement and experiments to determine the influence of the main vibrational parameters (time, frequency and amplitude of vibrations) on the quality of the surfaces of parts. The main objective of this study

is to increase the intensity of processing to reduce processing time, as well as improve the mechanical qualities of parts. To do this, we will develop a laboratory experimental setup. The hydraulic diagram (Figure 2.1) is an element of technical documentation, which, using symbols, shows information about the elements of the hydraulic system and the relationship between them. The circuit consists of a working chamber 1, a valve 2, a pressure gauge 3 and 8, a pump 4, a valve 5 and 9, a tank 6 and 12, an irreversible pump 11, a throttle 10, a hydraulic motor 7 and a bearing vibration exciter 13, a flexible hose 14.\

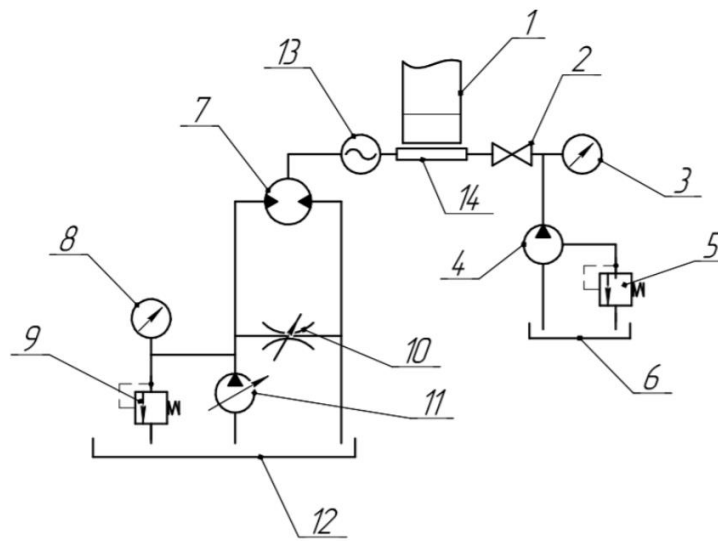


Fig 2.1 Hydraulic scheme of the stand

Thanks to the pump 4, the working fluid is pumped from the tank into the flexible hose 14. During operation, the hydraulic motor 7 rotates the eccentric bearing of the vibration exciter 13. Due to its operation, its piston moves, which is located in the flexible hose 14. Due to the eccentricity of the bearing, the piston moves in the flexible hose jerks, which leads to the reciprocating movement of the tank 1. That is, the regulation of the vibration amplitude occurs due to a change in the volume of the working fluid in the flexible hose 14.

In addition to the amplitude, it is possible to control the vibration frequency. The hydraulic pump 11 receives the working fluid from the tank 12, after which the fluid passes through the channels to the hydraulic motor 7, the shaft of which causes the vibration exciter shaft to rotate using a keyed connection. That is, the hydraulic

pump converts mechanical energy into hydraulic energy, and the hydraulic motor, in turn, acts in the opposite way, creating mechanical energy from hydraulic energy. That is, the regulation 32 of the vibration frequency occurs due to a change in the flow through the hydraulic pump 11.

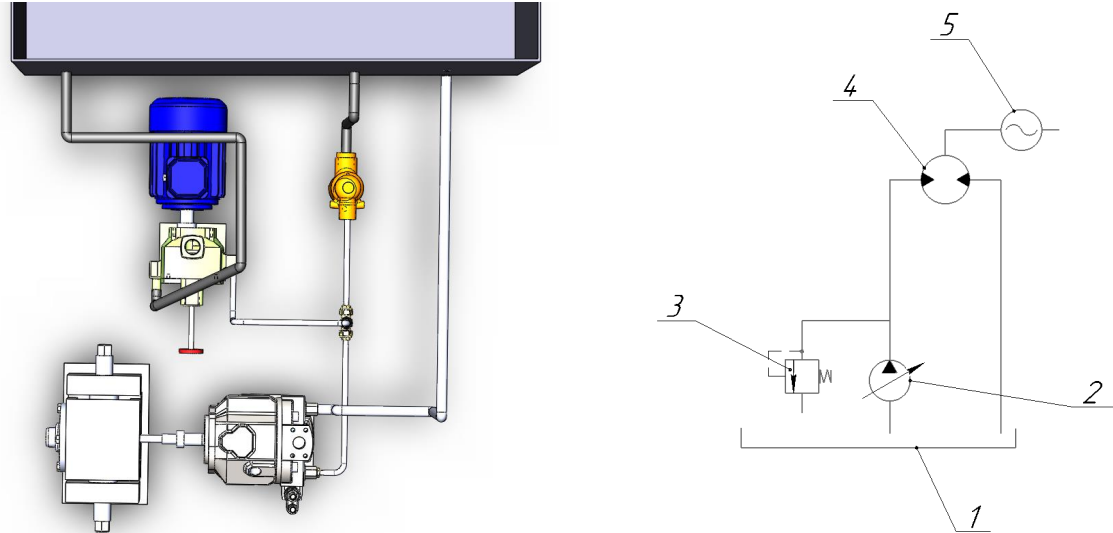


Fig 2.2 Vibration frequency adjustment

Consider a detailed diagram of the installation and operation of the working chamber (Figure 2.3). The working chamber 1 is mounted on a beam 4, which is rigidly fixed at one of the ends with the help of a hinge 5. Due to the spring 3 and the hose 2 passing under the spring, the working chamber 1 oscillates, which leads to the movement of abrasives and workpieces inside the chamber.

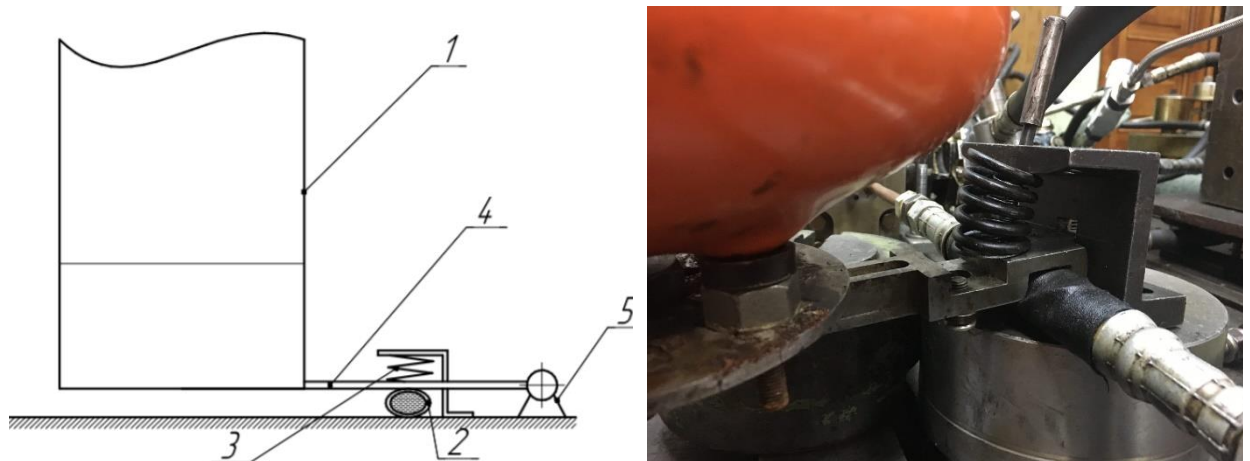


Fig 2.3 Detailed diagram of the installation and operation of the working chamber

The regulation of the vibration amplitude occurs due to the change in the volume of the working fluid in the flexible hose 14, through the operation of the pump 4. The more fluid in the flexible hose 14, the higher the amplitude.

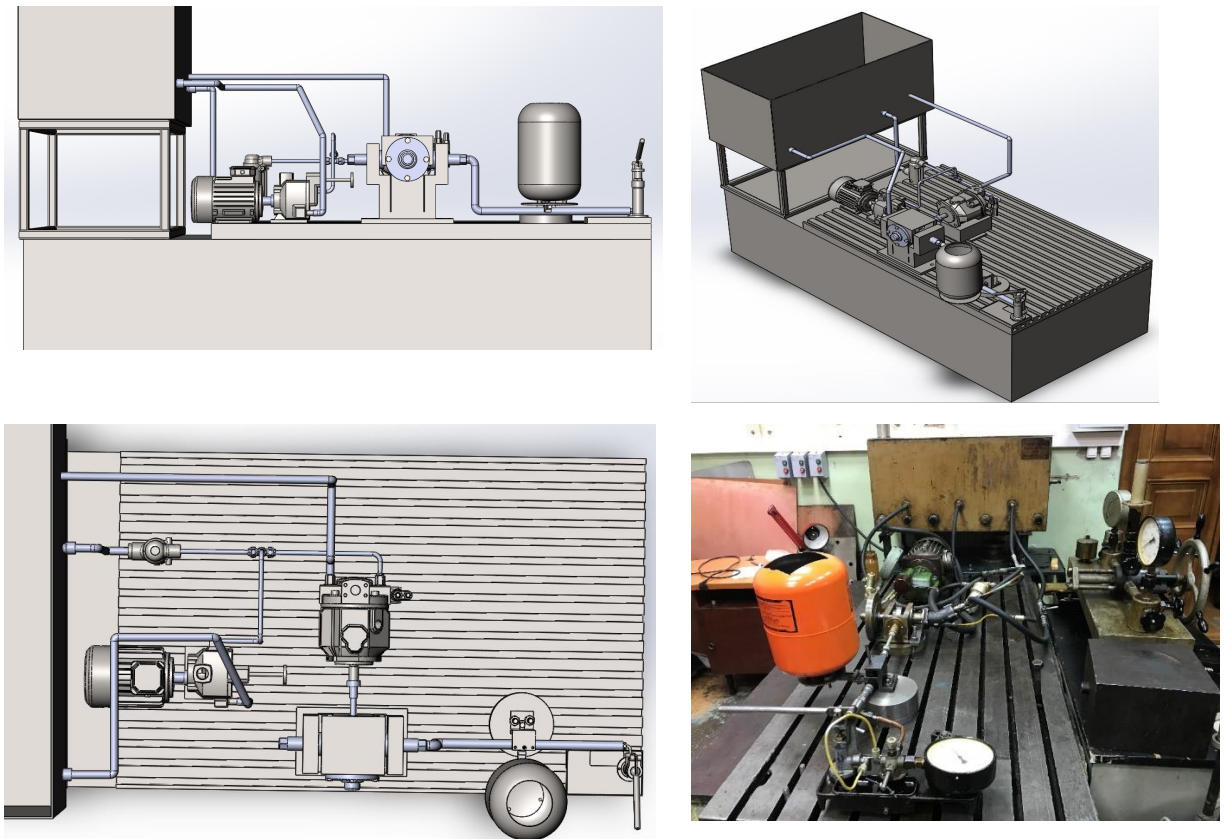


Fig 2.4 3D model and real photo of the stand

3. Conducting experiments on the designed stand

The productivity of the process, as is known, is characterized by the number of processed parts per unit of time. The performance of vibration processing depends on the vibration modes (time, amplitude and frequency), the characteristics and dimensions of the working environment, the material of the workpieces, their weight and shape, the ratio of the workpieces and the working environment, to a certain extent, the performance is characterized by the number of simultaneously processed parts and the volume of the working chamber.

In some cases, it is reasonable to estimate the productivity of vibration processing by the intensity of metal removal. The stronger we increase the amplitude of vibration, the stronger the strength of micro-impacts grows and, as a result, the amount of material removed as a result of impacts of the abrasive crumb and the workpiece increases.

The dependence of metal removal on the vibration amplitude for some materials is shown below in Figure 3.1 [2]. The equation characterizing the dependence $Q - A$ has the form: $Q = Ak^{\pm b}$, where k and b are coefficients determined from the tables.

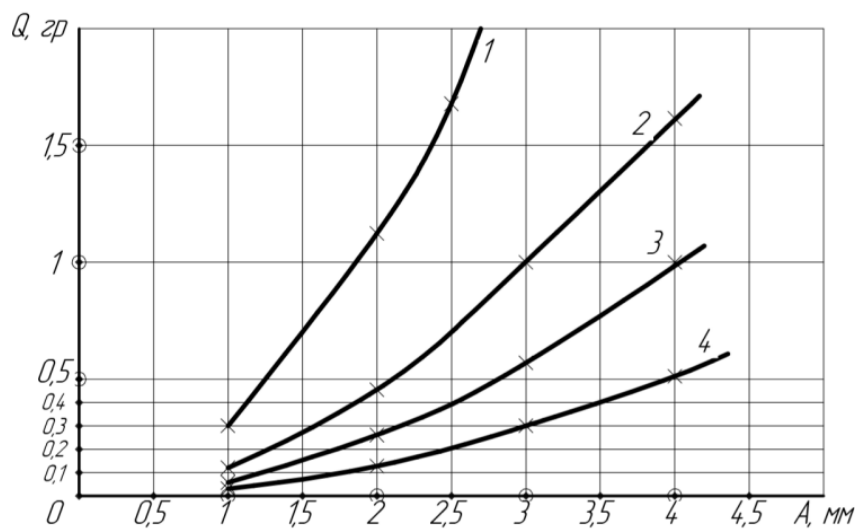


Figure 3.1 - Dependence of metal removal on the vibration amplitude of some materials: 1 - B-83 babite; 2 - bronze Br. 014; 3 - cast iron SCH 12-28; 4 - steel U10A (hardened).

The magnitude of microroughnesses formed in the process of vibration treatment is influenced by vibration modes (amplitude and frequency of vibrations). The most significant changes in the height of microasperities occur when the oscillation amplitude changes. Larger values of the oscillation amplitude correspond to coarser processing. Figure 3.2 shows the dependence of the roughness of the machined surface on the amplitude of oscillations (A) for some materials with different initial roughness [2]. It should also be noted the noticeable influence of the initial height of microroughnesses on the final result when working with small amplitudes ($A = 1 \div 2$ mm). It can be seen from the above dependences that the nature of the dependences shows that the nature of the dependence $Ra - A$ for ground and milled surfaces is different. In the first case, the change in Ra is proportional to the change in A .

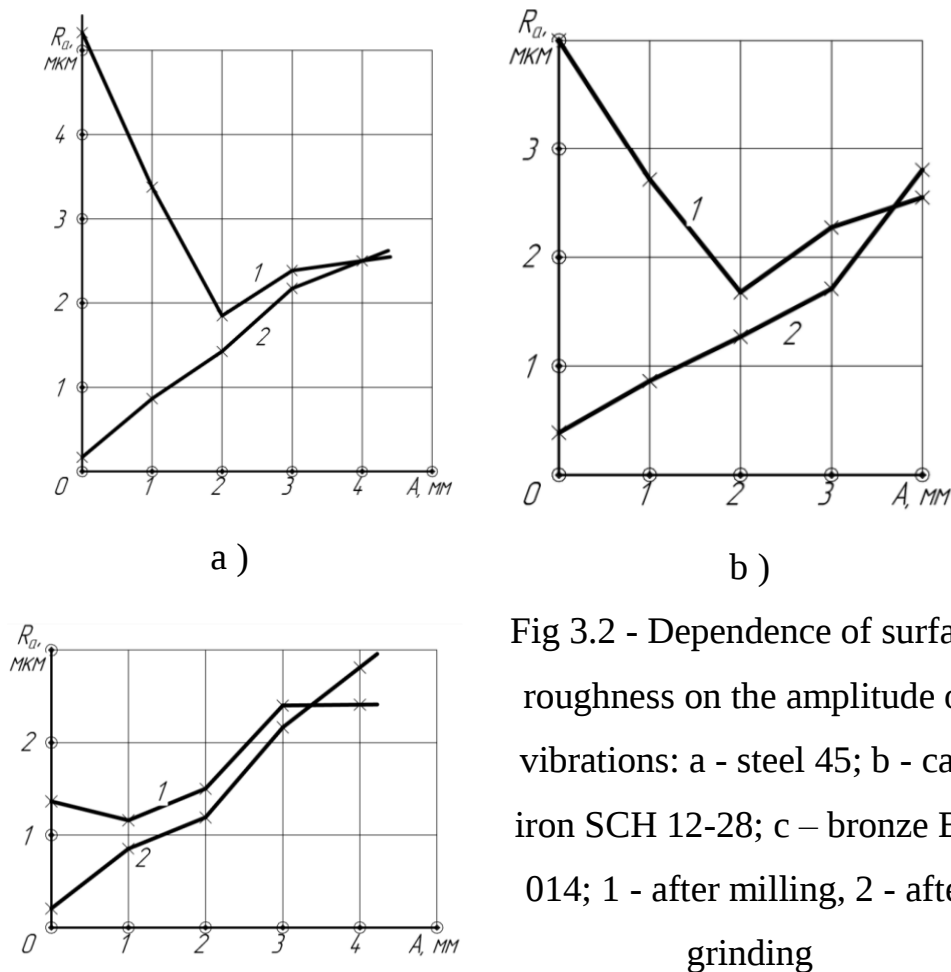


Fig 3.2 - Dependence of surface roughness on the amplitude of vibrations: a - steel 45; b - cast iron SCH 12-28; c – bronze Br. 014; 1 - after milling, 2 - after grinding

The next factor influencing the vibration treatment process is the vibration frequency. As we know, the frequency is the number of vibrations per unit time, so

the higher the frequency, the more impacts the surface of the workpiece will receive and, as a result, the metal removal increases. As you can see in Figure 3.3, the amount of material removed increases to a certain fluctuation value, and then the process performance remains practically unchanged.

In the course of laboratory experiments, it was found that the greater the frequency of vibration treatment, the stronger the entire working environment begins to rotate. From this we can conclude that in addition to increasing the number of micro-impacts on the surface of the workpieces, the working medium is mixed, which also affects the performance of the vibration treatment process and metal removal as a whole.

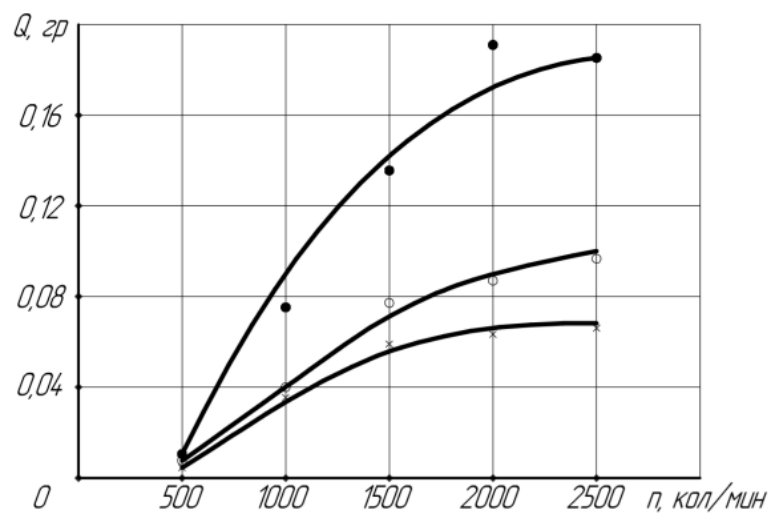
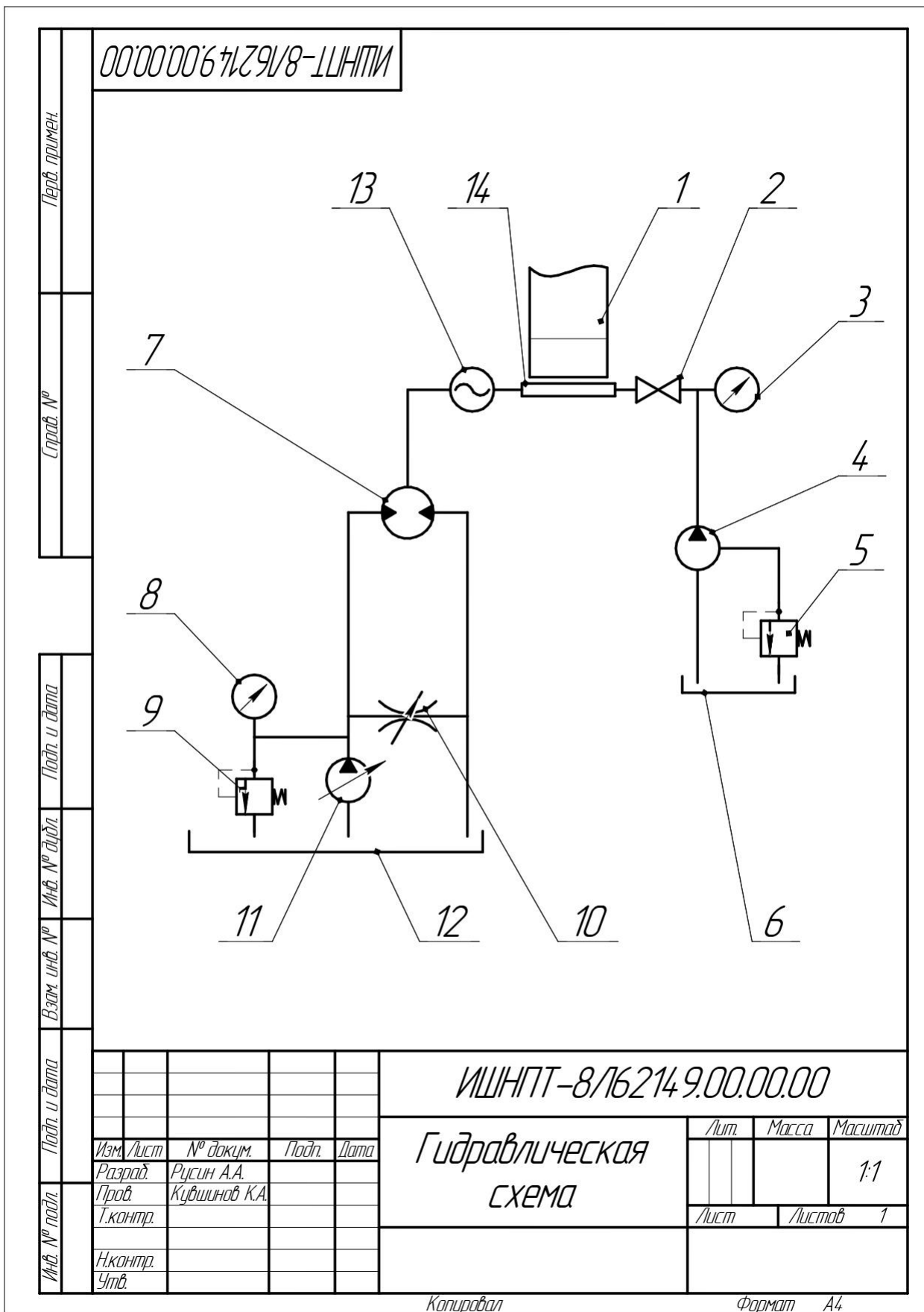


Figure 3.3 - Dependence of the volume of metal on the frequency of oscillations.

Processing conditions: abrasive E16ST3B granulation 20 - 40 mm, $A = 2$ mm, $t = 1.5$ h; - bronze Br 014; - aluminum Al 3; - St steel

Приложение Б

Гидравлическая схема



Приложение В

Спецификация

[illegible]

[illegible]