

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

<b>Тема работы</b>
Моделирование динамических процессов при фрезеровании УДК <u>621.914.1</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ01	Худойбердиев Хусейн Баходурович		

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.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Профессиональные компетенции</b>		
<b>P1</b>	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
<b>P2</b>	Применять <i>глубокие знания</i> в области современного машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P3</b>	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой новых изделий с использованием системного анализа и моделирования объектов машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5-9). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P4</b>	<i>Разрабатывать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-15-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P5</b>	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

<b>P6</b>	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		
<b>P7</b>	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
<b>P8</b>	<i>Активно</i> владеть <i>иностраным 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
<b>P9</b>	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК18). Критерий 5 АИОР (п. 2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>P10</b>	Демонстрировать <i>глубокие знания</i> 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
<b>P11</b>	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 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Отделение школы Отделение машиностроения (ОМШ)

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Н.В. Мартюшев  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ01	Худойбердиев Хусейн Баходурович

Тема работы:

Моделирование динамических процессов при фрезеровании	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 38-25/с от 07.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2022

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Выполнить литературный обзор.</li><li>2. Выполнить обзор патентных решений.</li><li>3. Анализ методов измерения уровня вибрации. Обзор и обоснование метода снижения вибрации.</li><li>4. Составление математической модели фрезерования.</li><li>5. Динамическое исследование процессов фрезерования.</li><li>6. Оптимизация параметров фрезерования</li><li>7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li></ol>
---------------------------------	---

	9. Провести исследования математической модели устройства. 10. Графики динамического исследовани. 11. Сделать теоретические выводы по результатам исследования.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Обзор существующих патентных решений. 2. Разработка принципиальной схемы устройства. 3. Приведение методики расчета устройства.
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация, выполненная в MS Power Point.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«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
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Объект и методы исследования	
Принципиальная схема и принцип работы устройства	
Методика расчета	
Характеристики	
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	

**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	Худойбердиев Хусейн Баходурович		

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  
 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:	06.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.11.2020	Обзор источников информации	10
12.11.2020	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
26.06.2021	Проведение инженерных расчетов, разработка конструкции объекта	20
20.12.2021	Разработка плана исследования и его проведения, интерпретация результатов исследования	20
10.05.2022	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
25.05.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», "Иностранный язык"	10
05.06.2022	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**

Диссертация содержит 106 страниц, 28 рисунков, 10 таблиц, 15 источников.

Ключевые слова: фрезерование, вибрации динамические процессы, механообработка, машиностроение.

Цель работы – выявление оптимальных режимов вертикального фрезерование.

Объектом исследования является вертикальное фрезерование.

Предметом исследования являются определение динамических характеристик фрезерования.

В процессе исследования разработана математическая модель, фрезерование, проведен исследование динамических характеристик фрезерования.

В результате исследования предложены оптимальные режимы при фрезерной обработке.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Вибрационная диагностика - метод диагностирования технических систем и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, либо создаваемой работающим оборудованием, либо являющейся вторичной вибрацией, обусловленной структурой исследуемого объекта.

Технологическая система СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь) является замкнутой технологической системой, способной к возникновению и поддержанию вибраций, порождающих погрешность размеров, формы обрабатываемых поверхностей (некруглость, волнистость) и увеличение шероховатости.

ПО – программное обеспечение;

SWOT анализ – S-сильные стороны, W-слабые стороны, O-возможности, T- 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 12.1.004 – 91 ССБТ. «Пожарная безопасность».

## Оглавление

Введение.....	13
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	14
1.1.ОБЗОР МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ	14
1.2.МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ СТАНКОВ.....	15
1.3.Измерение жесткости узлов.....	17
1.4. Способ диагностики шпиндельного узла.....	17
1.5. Динамическое качество шпиндельных узлов.....	19
2.АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ.....	22
3.3.Подбор и расчет параметров для проведения исследования.....	39
3.5.Амплитудно-фазовые частотные характеристики.....	41
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	45
5.1 Предпроектный анализ.....	46
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	47
5.1.3 SWOT-анализ.....	49
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	51
5.1.5.Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	53
5.2 Инициация проекта.....	53
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	56
5.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	56
5.3.2 План проект.....	57
Название.....	57
Дата начала работ.....	57
Дата окончания работ.....	57
Состав участников.....	57
Утверждение темы магистерской диссертации.....	57
Согласование плана работ.....	57

Литературный обзор .....	57
Обработка полученных данных и обсуждение результатов.....	58
Написание отчета .....	58
Итого:.....	58
606 .....	58
Литературный обзор .....	59
Обработка полученных данных и обсуждение результатов.....	59
Написание отчета .....	59
5.4 Бюджет научного исследования.....	60
5.4.1 Организационная структура проекта .....	65
5.4.2 План управления коммуникациями проекта.....	65
5.4.3 Реестр рисков проекта .....	66
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности .....	66
5.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	71
6.«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ» .....	78
6.1 ..... Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	79
Правовые нормы трудового законодательства .....	79
Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны.....	79
6.2. Производственная безопасность при разработке проектного решения. ...	81
6.2.Анализ выявленных вредных и опасных факторов .....	82
Повышенный уровень шума .....	82
Производственные факторы, связанные с аномальными микrokлиматическими параметрами воздушной среды в местонахождении работающего .....	82
Отсутствие или недостаток необходимого искусственногоосвещения .....	83
Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса. ....	85

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	87
Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
Список используемой литературы .....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	95

## Введение

Фрезерование – один из самых популярных и производительных методов металлообработки. Процесс обработки при фрезеровании более сложен, чем при токарной обработке. При точении фреза находится в постоянном контакте с заготовкой и срезает стружку с постоянным сечением. При всех видах фрезерования с заготовки срезают прерывистую стружку разной толщины. Также при фрезеровании каждый режущий зуб касается заготовки и ломается при каждом обороте режущего инструмента.

Изучение динамических процессов является актуальной задачей современности. Процесс фрезерования представляет собой сложный процесс с высокими скоростями, температурами и давлением, воздействующими на фрезу и, следовательно, на систему поддержки станка (СПИД). и технологические приемы. Технологический способ оптимизации параметров резания можно считать наиболее экономичным. Изучение динамики позволяет определить резонансные частоты и предотвратить повышение уровня вибраций в системе.

Научная и практическая новизна заключается в том, что для решения этой задачи используются современные технологии, а именно составление математической системы модели фрезерования. Эта модель позволит рассчитать оптимальные режимы обработка материала, что повысит качество обработки и положительно скажется на производительности станка и его долговечности, так как высокий уровень вибрации крайне негативно влияет на эти параметры.

## **1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

### **1.1. ОБЗОР МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В настоящее время существует большое количество книг, посвященных вопросам надежности и диагностики технологических систем, однако продолжается создание новых версий учебника в связи с тем, что студенту сложно рационально использовать имеющиеся мультисистемы. . объемные материалы. Он часто теряется в большом количестве информации, не может отдать предпочтение какому-либо источнику, в результате чего у студента отсутствует уверенность в области основных понятий. Потребность студента в учебнике логического содержания, доступном для усвоения, направленном на подготовку специалистов технологических специальностей, всегда актуальна. В этом смысле данное учебное пособие можно рассматривать, как попытку в доступной форме сформулировать основные сущностные характеристики дисциплинарной области, чтобы впоследствии, в процессе практической деятельности, полученные базовые знания можно было углубить, расширить и уточнить с помощью другие источники.

В ходе выпускной квалификационной работы необходимо рассмотреть средства и методы диагностирования технологических систем. Целью диагностики технологических систем является возможность контроля уровня вибраций, влияющих на производительность, экономичность, качество поверхности и т. д. Эти параметры требуют постоянных условий или контроля процесса. К таким параметрам относятся трещина, концентрация продукта эрозии в трещине, температура рабочей жидкости и ее расход.

Выбор оборудования для оперативной диагностики процесса резания зависит в основном от следующих факторов: информативность, простота и надежность установки на машину. В настоящее время наиболее часто применяемыми методами диагностики являются методы определения

радиальной статической и динамической жесткости несущих элементов станков.

## 1.2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ СТАНКОВ

Статический метод определения жесткости станков используется давно и в настоящее время хорошо известен. Жесткость сборки определяется путем постепенного нагружения силами, соответствующими силам, возникающим при работе машины, и путем измерения деформации.

Преимущество этого метода в том, что его можно использовать непосредственно в процессе изготовления машин для получения требуемых жесткостных свойств заданного узла и последующего повышения жесткости слишком слабых узлов. К недостаткам этого метода можно отнести то, что результаты определения жесткости могут существенно отклоняться от фактических значений, так как здесь исключается влияние ряда факторов, возникающих только при резке.

Кроме того, для правильного нагружения динамометра необходимо знать соотношение сил  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$ , которое можно определить опытным путем.

Суть метода заключается в измерении смещения в радиальном направлении, при котором сила постепенно увеличивается до максимально возможного отклонения. После максимальной нагрузки сила постепенно уменьшается до нуля с остаточной упругой деформацией стремени.

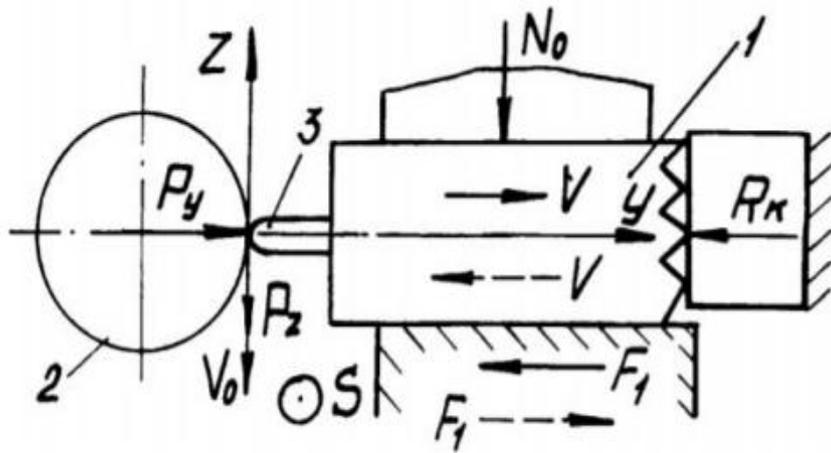


Рисунок 1.2. Способ определения жесткости узла станка

При приложении к машине определенной нагрузки возникает упругая деформация. Если эту деформацию зафиксировать относительно прямой, проходящей параллельно оси абсцисс от точки приложения нагрузки, то жесткость узла машины можно определить как отношение силы к перемещению (рис. 1.2.).

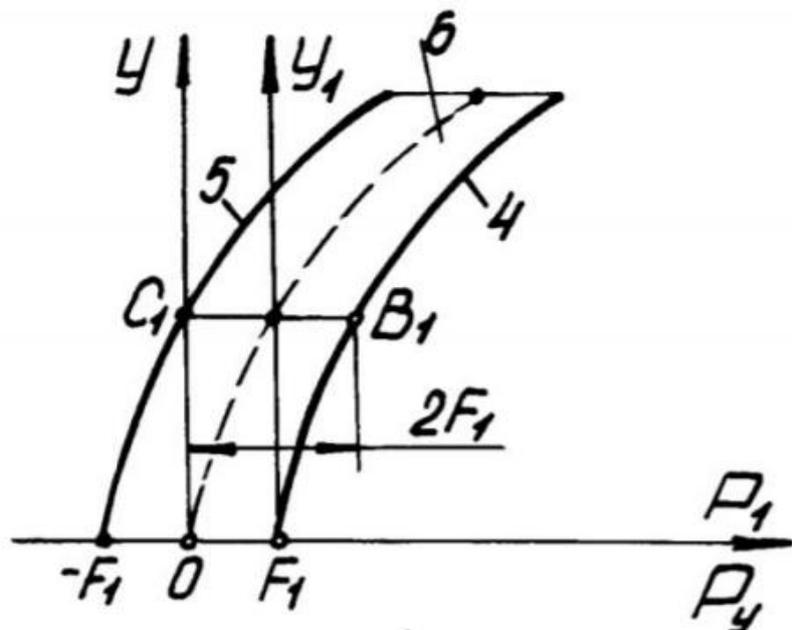


Рисунок 1.2. Способ определения жесткости узла станка

### 1.3. Измерение жесткости узлов

Применяются приборы для измерения жесткости, к которым относятся динамометр для создания сил нагрузки и приборы для измерения перемещений под действием этих сил.

На рис. 1.3 приведена схема измерения статической жесткости узлов токарного станка, которое обычно проводят при производстве.

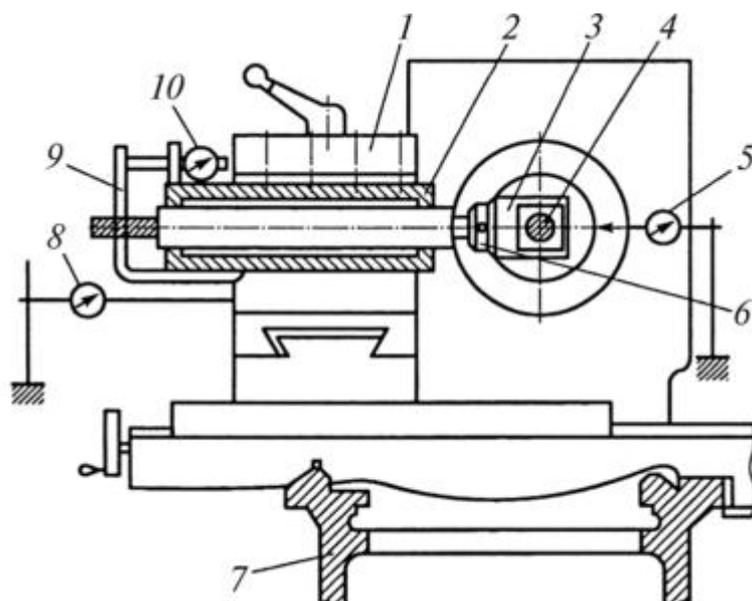


Рисунок. 1.3. Схема измерения статической жесткости узлов токарного станка: 1 — резцедержатель; 2 — динамометр; 3 — серья; 4 — оправка; 5, 8, 10 — индикаторы; 6 — винт; 7 — станина; 9 — пружина

### 1.4. Способ диагностики шпиндельного узла.

В настоящее время промышленностью выпускаются опоры и устройства контроля параметров виброакустических сигналов, по которым можно судить о динамике упругой системы машины и состоянии подшипниковых узлов.

Суть метода заключается в следующем: выбирается тестовый режим станка, затем фрезой обрабатывается центральная часть специального патрона. Датчики перемещения расположены в поперечных сечениях патрона. Сигнал поступает в усилительно-преобразовательную аппаратуру и адаптированное

программное обеспечение персонального компьютера. В интерфейсе программы траектория оси специального патрона строится двумя участками. Во время движения режущая кромка фрезы описывает кривую на поверхности специального патрона. Полученная кривая образует «геометрическое изображение» обрабатываемого сегмента. Программа строит на экране «геометрическое изображение». По построенному изображению определяются точностные параметры обрабатываемого патрона. Рабочая система показана на рисунке 1.4.

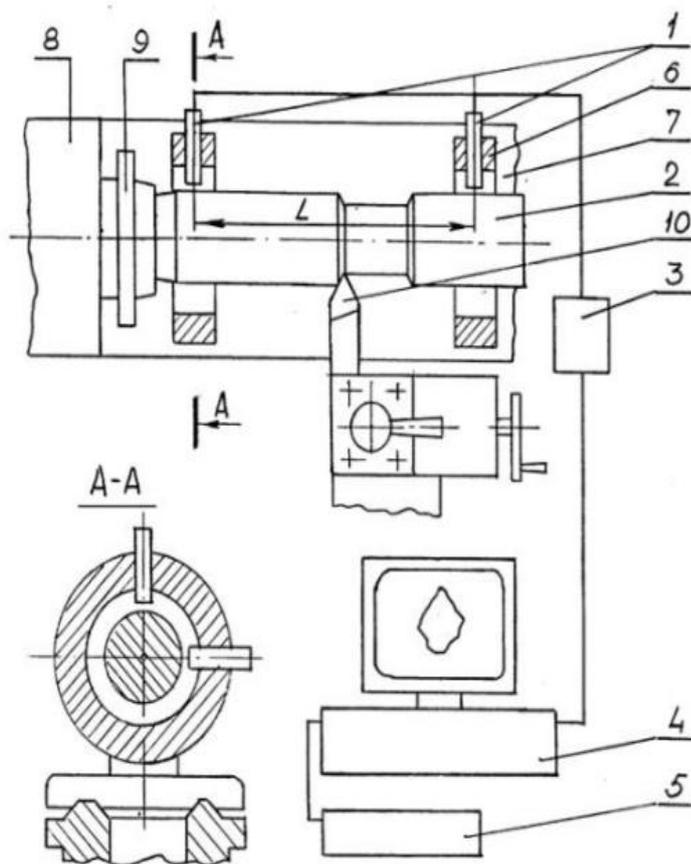


Рисунок 1.4. Способ диагностики шпиндельного узла

## 1.5. Динамическое качество шпиндельных узлов

Динамике станков посвящено множество исследований отечественных и зарубежных ученых. Особое внимание этим вопросам уделялось в 1930-х годах в работах Ачеркана Н.С., Шлезингера Г.

В конце 1930-х годов Вотинов К. В. провел фундаментальное исследование жесткости станков. в ЭНЕМ. Он выявил значение контактных деформаций в общем равновесии упругих деформаций элементов машин, разработал метод экспериментального определения жесткости и предложил пути ее повышения. Позже жесткость станков изучали А.П. Соколовский, Д.Н. Решетов, Б.С. Балакчин. Он первым указал на автоколебательный характер колебаний, возникающих при резании металла.

Динамическое качество диспетчерской представляет собой набор показателей динамического процесса, происходящего в диспетчерской. Важнейшие динамические характеристики ШУ: динамическая жесткость переднего конца шпинделя (радиальная и осевая); допустимый диапазон частот вращения (при одинаковой посадке подшипника); собственные частоты колебаний; демпфирующие свойства. От этих характеристик зависит точность вращения (радиальное и осевое отклонение) шпинделя; заготовка не округлая; потери на трение в подшипниках; температура и срок службы подшипников.

Анализ формообразующих процессов в машинах различного технологического назначения показывает, что основными выходными параметрами машины как элемента технологической системы должны быть точностные свойства движений, задаваемые формообразующими узлами машины. показывает, что рациональным способом оценки точности КМ является исследование его поведения в пространстве характеристического вектора  $R$ . Начало вектора находится в контрольной точке на пересечении оси шпинделя с плоскостью основания крепления переднего конца шпинделя (рис. 1.5).

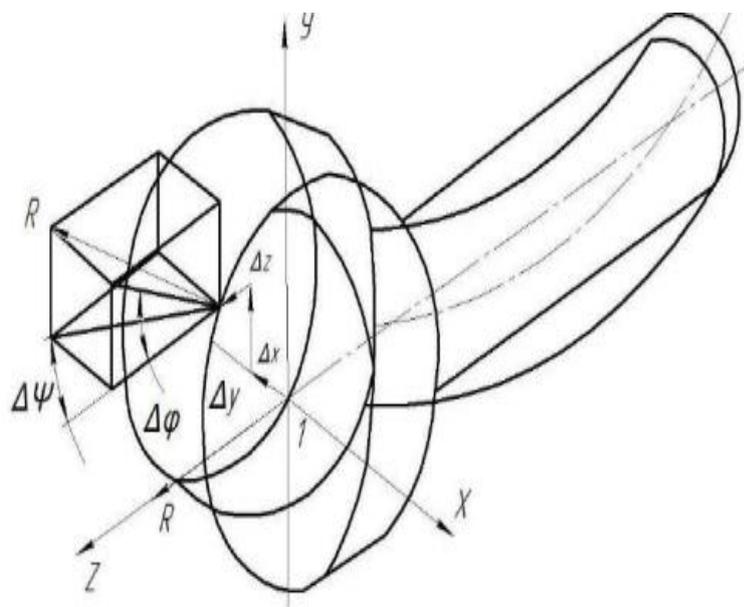


Рисунок.1.5. Характеристический вектор  $R$  и его координаты

На практике для определения параметров точности используют в основном локальные критерии, так как использование пути от референтной точки до переднего конца шпинделя в качестве выходного параметра точности весьма затруднительно, особенно на режимах механической обработки.

Эта задача решается путем выбора доступных для исследования элементов штыревого узла, конструктивно и функционально родственных штырю, и путем анализа происходящих динамических процессов, позволяющих косвенно определить характеристики траектории опорной точки в передний конец шпинделя.

Жесткость шпиндельных узлов станка можно определить с помощью приспособления, состоящего из специального патрона, к которому через подушку прикладывается нагрузка пневмоцилиндра, между подушкой и патроном возникает аэростатическая сила.

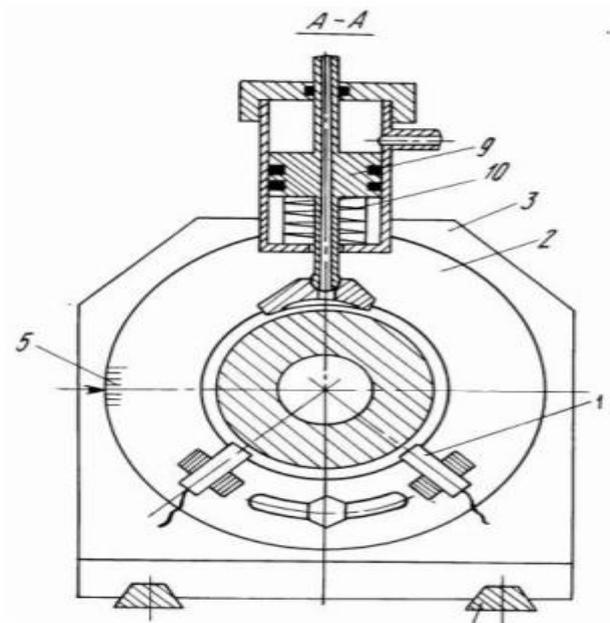
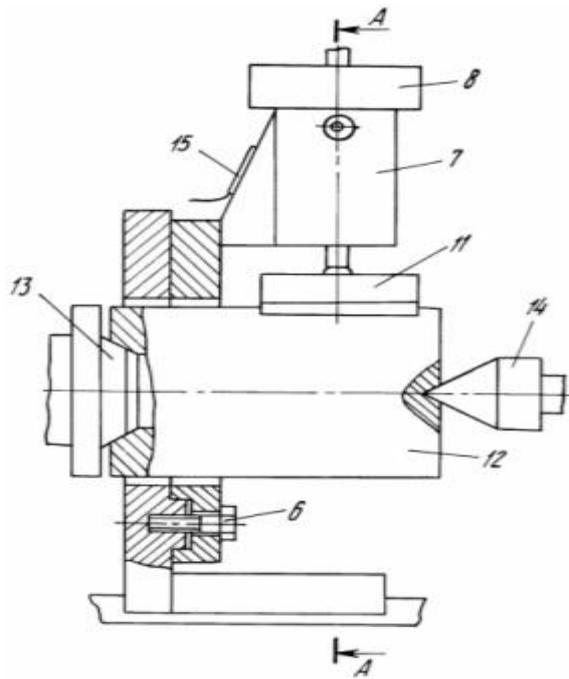


Рисунок 1.6. Устройство для определения радиальной динамической жесткости шпиндельных узлов металлорежущих станков.

## 2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Проблемы с вибрацией инструмента распространены во время обработки, что приводит к вибрации поверхности детали, многим проблемам переделок и брака. Мы собрали 11 способов уменьшить вибрацию при работе на фрезерных станках с ЧПУ и надеемся, что все они помогут вам!

Используйте острые вставки, чтобы уменьшить силу резания фрезерных станков с ЧПУ. Зажимные вставки делятся на вставки с покрытием и без покрытия, и вставки без покрытия, как правило, более острые, чем вставки с покрытием, поскольку вставки с покрытием требуют пассивации кромок (обработка ER). Это связано с тем, что острая кромка повлияет на сцепление покрытия с кромкой.

При резании на определенную глубину использование малого радиуса наконечника, безусловно, может снизить силы резания, особенно радиальные. Радиальная сила резания является основным фактором, вызывающим вибрацию в инструментах или заготовках с тонким хвостовиком. Будь то черновая или фрезерная обработка, при одинаковой глубине резания, чем больше радиус дуги вершины, тем больше склонность тонкого хвостовика к вибрации.

При выборе глубины резания избегайте, чтобы глубина резания была равна радиусу дуги вершины инструмента.

Инструмент с основным углом  $90^\circ$  рекомендуется для нарезания ключей с тонким хвостовиком острого ножа или для наружного обтачивания тонкого хвостовика для снижения вибрации.

Будь то внешний токарный инструмент, которым обтачивают тонкий вал, или шпоночное отверстие в тонком гаечном ключе, он всегда составляет  $90^\circ$ , а инструмент с большим углом смещения создает наименьшее радиальное усилие резания. В то же время край лопасти создает наибольшую осевую силу.

Когда фрезерные станки с ЧПУ используют фрезы с тонким хвостовиком для фрезерования глубоких карманов, часто используется плунжерное фрезерование. Плунжерное фрезерование — это осевое продвижение инструмента, например сверла, при фрезеровании глубоких карманов. Вылет длинного стержня обычно более чем в 3 раза превышает диаметр стержня, поэтому мы рекомендуем плунжерное фрезерование с осевой подачей. Однако пластина концевой фрезы имеет радиальную режущую кромку заданной ширины. Поставщик инструмента имеет технические данные, подтверждающие максимальную ширину вставного и фрезерного инструмента.

При фрезеровании тонкостенных заготовок причина вибраций исходит исключительно от заготовки, которую называют коробчатой или оболочечной деталью.

Поскольку вибрация исходит от самой заготовки, основное внимание при фрезеровании таких деталей уделяется лучшему зажатию заготовки.

При сверлении внутреннего отверстия чем меньше передний угол лезвия, тем лучше. В результате дефект подложки очень велик, а площадь контакта между подложкой и рабочей поверхностью мала, что затрудняет преобразование вибрации в вибрацию. Вероятность того, что вторичная режущая кромка будет выдавливать стружку, также невелика.

Рационализировать технологическую траекторию движения лезвия. Правильный технологический путь очень важен для операции фрезерования.

Существует различие между прямым фрезерованием и обратным фрезерованием, и традиционная теория фрезерования описывает, что использование обратного фрезерования помогает уменьшить вибрацию во время фрезерования, что фактически помогает гасить вибрации, вызванные провисанием болта.

Независимо от того, фрезеруете ли вы вниз или вверх, если направление усилия фрезерования совпадает с направлением зажима заготовки, вибрация деталей гибочной пластины может быть устранена.

В ходе выпускной квалификационной работы были рассмотрены методы снижения уровня вибраций в технологической системе. Существующие в настоящее время способы снижения вибраций можно разделить на технологические и конструктивные.

К технологическим методам относятся методы изменения режимов резания станка, таких как скорость резания, подача и глубина резания. Также технологические изменения углов резания путем модификации геометрических параметров инструмента. Суть методов проектирования заключается в том, что снижение уровня вибрации происходит за счет изменения конструкции машины.

## **2.1. Моделирование сила резание**

Резка металлов играет ведущую роль в современном машиностроении. Применяются различные способы резания (точение, сверление, фрезерование, строгание, червячное дело, протяжка и др.), которые реализуются с помощью режущих инструментов с различной конструкцией и геометрическими параметрами. Резка выполняется на самых разных станках, от универсальных до многоцелевых, до ЧПУ, однако все многообразие форм и способов обработки основано на общих закономерностях, связанных с процессами стружкообразования и износом режущего инструмента. Таким образом, раздаточный материал отражает две основные части теории металлорежущего инструмента: теорию образования стружки и теорию стойкости инструмента. Учеными основными понятиями и определениями теории металлорежущего инструмента, раскрыта сущность процесса стружкообразования и

сопутствующих ему явлений, а также проблемы износа и ресурса режущих инструментов.

Технологические процессы обработки металлов удалением стружки, осуществляемые режущим инструментом на металлорежущих станках с целью придания деталям необходимой формы, размеров и качества поверхностных слоев. Основные виды О. м. рассматриваются как результат взаимодействия системы машина — приспособление — инструмент — деталь.

Каждый тип характеризуется режимом резания, представляющим собой совокупность следующих основных элементов: скорости резания  $v$ , глубины резания  $t$  и скорости подачи  $s$ . Скорость резания - скорость инструмента или заготовки в направлении основного движения, в результате которой стружка отделяется от заготовки, подача - скорость в направлении движения подачи. Например, при токарной обработке (рис. 2.6) скоростью резания называется скорость движения заготовки относительно режущей кромки фрезы (окружная скорость) в м/мин, подачей — движение режущей кромки фрезы за один оборот заготовки в мм/оборот.

Глубина резания - толщина (в мм) снимаемого за один проход слоя металла (расстояние между обрабатываемой и обрабатываемой поверхностями, измеренное по нормали). В сечении срезаемого слоя металла (см. рис. 2.2) учитываются следующие режущие элементы (физические параметры): толщина срезаемого слоя и ширина срезаемого слоя; их значение при постоянных  $t$  и  $s$  зависит от главного угла в плоскости  $j$  (см. Геометрию Каттера).

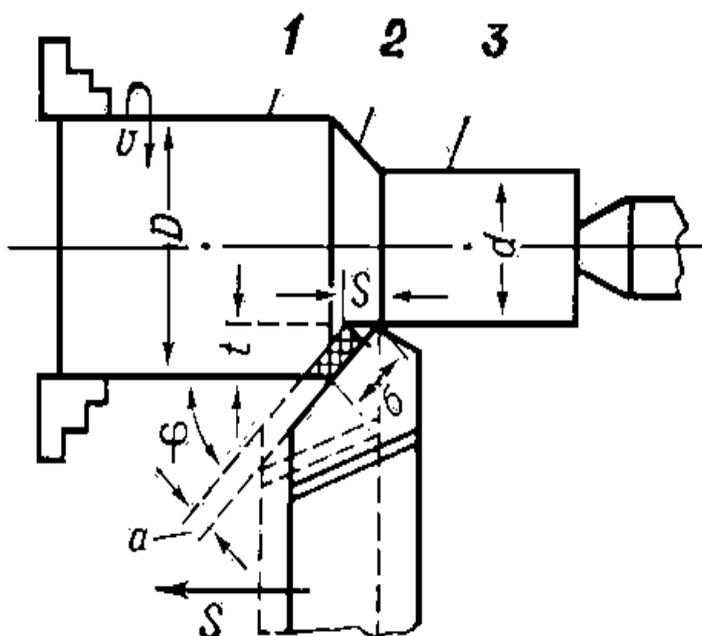


Рисунок. 2.2. Элементы режима резания при точении

1 — обрабатываемая поверхность; 2 — поверхность резания; 3 — обработанная поверхность;  $D$  — диаметр обрабатываемой заготовки;  $d$  — диаметр детали после обработки;  $a$  и  $b$  — толщина и ширина срезаемого слоя

### **2.3. Подходы к моделированию и программное обеспечение для прогнозирования производительности фрезерных работ в MAUI-UBC(патент).**

Автор проводит исследования в области механики и динамики резания металлов, вибрации станков, прецизионной обработки и управления станками в своей Лаборатории автоматизации производства в Университете Британской Колумбии, Канада, с 1986 года. Эта статья подводит итог исследованиям, проводимым в нашей лаборатории по механике и динамике резания металлов.

Сначала подводится итог моделирования механики резания металлов. Модели включают преобразование ортогонального резания в наклонное, механистическое моделирование коэффициентов резания, поле линий скольжения и моделирование методом конечных элементов. Автор в основном

сосредоточился на фрезеровании. Смоделирована кинематика фрезерования при наличии и отсутствии колебаний конструкции. Смоделирована геометрическая модель концевых фрез и вставных фрез произвольной геометрии. Объясняется прогноз сил, крутящего момента, мощности и размерной чистоты поверхности для операций фрезерования. Представлена устойчивость к вибрации при фрезерных операциях. Знания в области резки металла переносятся в обрабатывающую промышленность путем объединения всех моделей в удобном для магазина программном обеспечении.

Целью данной статьи является обзор исследований, проведенных в лаборатории автора, поэтому в статье не рассматривается общий обзор обширной литературы по резанию металлов.

Исследования в области металлообработки должны привести к улучшению конструкции режущих инструментов, конструкций станков, приводов шпинделя и подачи, а также к оптимальному планированию отдельных операций обработки с учетом физических ограничений. Амплитуда и частота сил резания, крутящий момент и мощность используются для определения размеров конструкций станков, механизмов привода шпинделя и подачи, подшипников, двигателей и приводов, а также размера хвостовика инструмента и жесткости приспособления.

Поле напряжений и температур на кромке режущего инструмента, стружке и чистовой поверхности обрабатываемой детали используется при проектировании формы режущей кромки, а также для оптимизации подачи, скорости и глубины резания, чтобы избежать остаточных напряжений на чистовой поверхности. Моделирование взаимодействия процесса резания и вибраций конструкции станка, режущего инструмента и приспособления приводит к выявлению слабых звеньев в конструкции станка и определению безвибрационных скоростей шпинделя и глубины резания. Таким образом, полная модель процесса обработки используется как при проектировании

режущих инструментов и станков, так и при планировании операций обработки для обеспечения максимальной производительности и качества.

Первым шагом является моделирование процесса резания в зависимости от обрабатываемого материала, геометрии и материала инструмента, нагрузки на стружку и скорости резания. Макромеханика резания привела к определению коэффициентов резания, которые используются для прогнозирования пределов силы резания, крутящего момента, мощности и вибрации.

Коэффициенты резания могут быть смоделированы с использованием либо ортогональной механики резания, либо механистических моделей. С другой стороны, микромеханика резания металла используется для прогнозирования распределения напряжения, деформации и температуры в стружке и инструменте. Он в основном используется для проектирования инструмента, анализа поведения материала при высокой деформации и температуре, а также для оптимального выбора нагрузки и скорости стружки, чтобы избежать выкрашивания инструмента, износа инструмента и остаточных напряжений, остающихся на чистовой поверхности.

Схема ортогонального резания, где предполагается, что пластическая деформация происходит в тонкой плоскости сдвига, показана на рис. разрез (а). Ортогональный инструмент должен иметь острую режущую кромку с нулевой боковой режущей кромкой и углами наклона. Сила резания в радиальном направлении равна нулю при ортогональном резании. Силы резания в тангенциальном ( $F_t$ ) и направлении подачи ( $F_f$ ) измеряют динамометром, и во время каждого испытания собирают стружку. Измеряемые силы разделены на сдвиг ( $F_{tc}$ ,  $F_{fc}$ ).

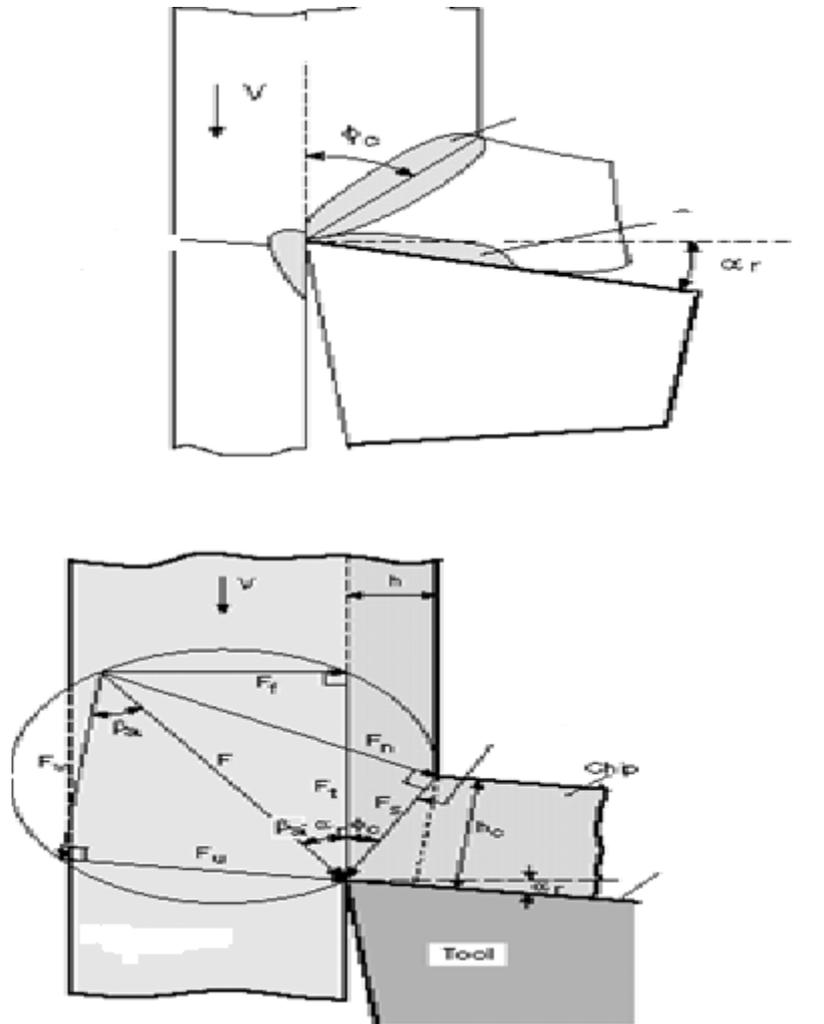


Рисунок 2.3 Механика процесса ортогональной резки.

#### 2.4. Исследование производительности фрезерного станка для оптимальной шероховатости поверхности (патент).

Процесс фрезерования используется для удаления материала вращающимся резцом. Этот процесс механической обработки обычно используется в промышленности, и вырезая ненужный материал. Фрезерный станок используется для создания различных символов на детали.

Цель этой статьи - получить оптимальную шероховатость поверхности, которая определяет параметр машины. Шероховатость поверхности является одним из наиболее специфических потребительских требования в процессе механической обработки. Шероховатость поверхности на самом деле означает мелкие неровности текстуры поверхности. Также поверхность шероховатость возникает из-за контакта стружки инструмента и следов подачи в процессе обработки. Качество поверхности играет важную роль в оценке производительности станков и обрабатываемых деталей. Некоторые параметры процесса измельчения там вроде скорость резания, подача, глубина резания,  $r$  и т. д., которые играют решающую роль в шероховатости поверхности.

На эти параметры обращают внимание многие исследователи, и что параметры процесса скорость резания, глубина резания и  $f_e$  части работы. Таким образом, с точки зрения оптимизации, эти три параметра процесса (подача, глубина резания и скорость резания) следует выбрать. Необходим подходящий метод оптимизации, минимизация шероховатости поверхности. Для получения оптимальной шероховатости поверхности будет использоваться метод Тагучи. ортогональный по Тагучи Массив следует использовать для определения настройки параметра. Дисперсионный анализ (ANOVA) будет при выполнении процесса механической обработки будет использоваться мягкая сталь.

Метод Тагучи: для оптимизации параметров процесса и улучшить качество комплектующих, выпускаемых Taguchi Используется метод, который фактически является статистическим подходом. Тагучи и Кониши разработали метод Тагучи. В первую очередь совершенствование производимых товаров (разработка производственный процесс) качество, был разработан метод Тагучи. На более позднем этапе его применение этого метода было расширено до различные другие инженерные области, такие как биотехнология и т. д. Усилия Тагучи получили признание статистиков, особенно в разработке планов

для изучения вариации. Желаемые результаты успешно достигаются тщательный отбор управляющих факторов и разделение их на управляющие, и шумовые факторы. Факторы управления должны быть выбраны что он устраняет влияние шумового фактора. Правильный контроль факторы распознаются методом

Тагучи и обеспечивают оптимальные результаты процесса получают этим методом. Для проведения набора для экспериментов выбрана ортогональная решетка (ОА). К данным и прогнозировать качество производимых компонентов, результаты эти эксперименты используются.

### **3. ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ В СРЕДЕ SIMULINK**

Математическое моделирование составлено для определения оптимальных параметров обработки, снижения вибрации в технологической системе, улучшения качества обрабатываемой поверхности и повышения производительности оборудования.

#### **3.1. Создание структурной схемы математической модели**

Для создания структурной схемы математической модели фрезерный станок необходимо разобрать на составные элементы. Так как машина представляет собой устройство с большим количеством элементов, с разным уровнем жесткости крепления между ними, то можно комбинировать элементы с максимально жестким креплением между собой, что даст более простое схема, в которой не будет динамики процесса, будет определяться достаточно точно.

Опять же, название вертикальный фрезерный станок довольно очевидно, если посмотреть на изображение выше.

Поскольку ось инструмента расположена вертикально, она лучше подходит для концевое фрезерования.

Есть несколько различий между горизонтальными и вертикальными фрезерными станками .

Но основные компоненты по-прежнему похожи. Головка машины находится на конце ползуна. К головке прикреплен шпиндель для режущих инструментов. Расположение стола идентично горизонтальному фрезерному станку, что дает возможность перемещать его в тех же трех направлениях.

Вертикально-фрезерный станок с консолью состоит из следующих элементов.

Салазки. Предназначены для перемещения стола.

Стол. Служит для закрепления обрабатываемой заготовки. Защитный щиток. Предохраняет фрезеровщика от разлета стружки.

Шпиндель. Передает движение от привода станка на фрезу.

Может регулироваться по высоте и углу наклона по отношению к обрабатываемой детали. Фрезерная бабка. Содержит механизмы реверса и изменения скорости вращения шпинделя.

Ползун. Подвижная часть фрезерной головки. Осуществляет подачу фрезы в вертикальном направлении.

Станина. Основание станка, на котором размещаются все узлы и механизмы. Кожух. Защищает узлы консоли от попадания стружки.

Шкаф. Служит для размещения электрооборудования.

За первый элемент системы возьмём обрабатываемую заготовку (1); Второй элемент – приспособление, на которое закрепляется заготовка (2); 3 – стол станка; 4 – основная масса станка; 5 – шпиндель; 6 – фреза

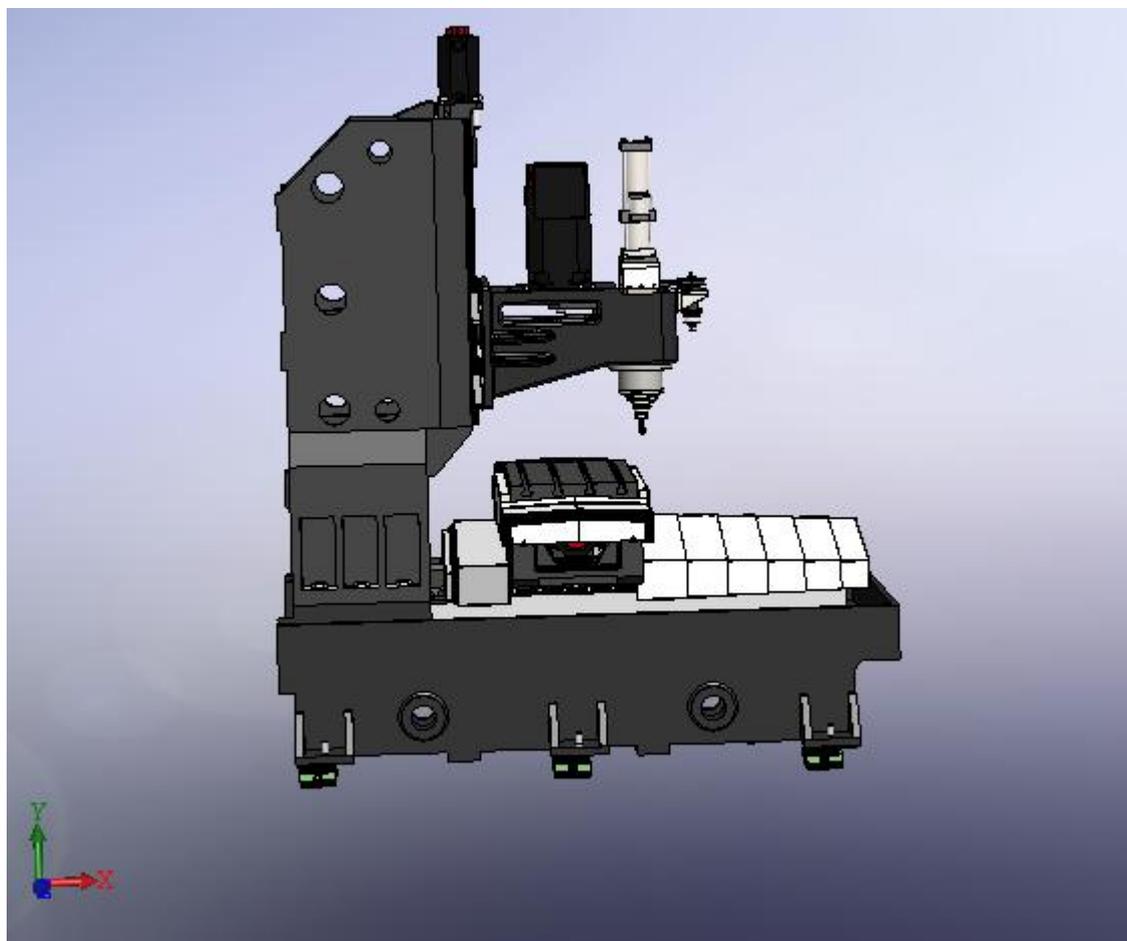


Рисунок 3.1.Вертикально-фрезерный станок

При составлении математической модели каждому элементу придается масса, а между элементами размещается условная пружина, характеризующая упругость между элементами, и условный демпфер, характеризующий потерю динамики между элементами. Сила, приводящая систему в движение, называется силой сдвига.

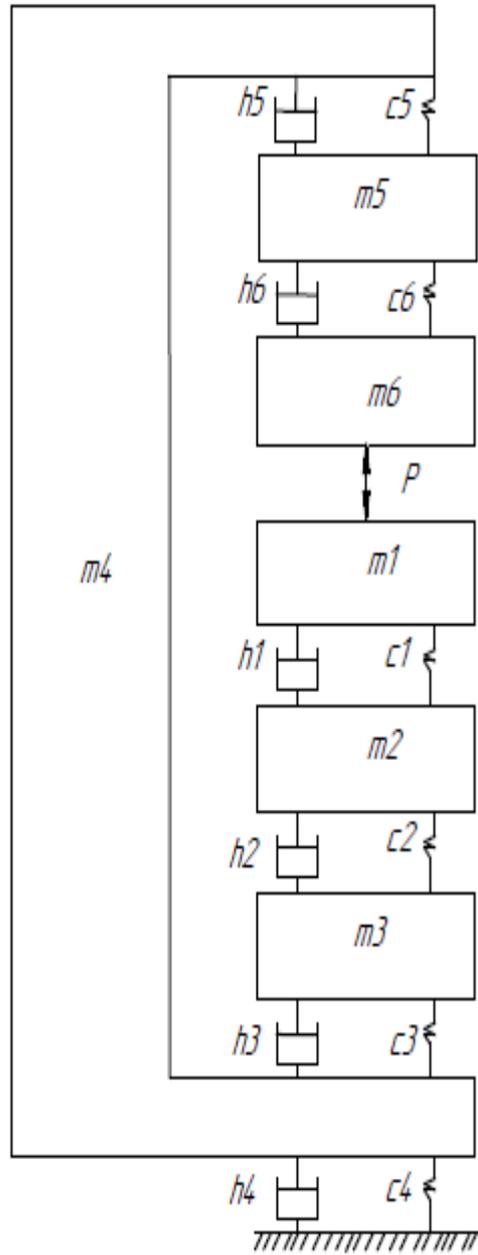


Рисунок 3.2. Математический модель вертикально-фрезерный станок

### 3.2. Расстановка сил

Для составления корректной математической модели технологической системы нужно определить направление сил, приводящих каждый элемент математической модели в движение.

Первое тело (заготовку) приводит в движение внешняя сила резания  $P$ , тело приходит в движение, в связи, с чем возникает сила инерции  $F_{m1}$ . В результате взаимодействия с телом 2 возникают упругие деформации, характеризующие силой  $F_{c1}$  с коэффициентом упругости  $c_1$ , также происходят потери динамики движения, характеризующие силой  $F_{h1}$ , с коэффициентом демпфирования  $h_1$ .

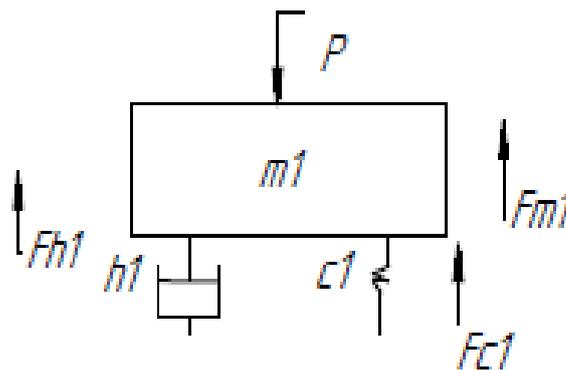


Рисунок 3.3. Расстановка сил, действующих на тело, массой  $m_1$ .

Условия равновесия первого тела характеризуются формулой 3.1. Так как силы упругости и возникает между первым и вторым телами, их скорости перемещения вычитаются. Также в силе демпфирования скорости вычитаются по той же причине.

$$P - F_{c1} - F_{h1} - F_{m1} = 0 \quad (3.1)$$

$$P - c_1(x_1 - x_2) - h_1(V_1 - V_2) - m_1 a_1 = 0$$

$$a_1 = - \frac{P - c_1(x_1 - x_2) - h_1(V_1 - V_2)}{m_1}$$

На второе тело (приспособление) действуют силы  $F_{h1}$  и  $F_{c1}$ , как и в первом теле возникает сила инерции второго тела  $F_{m2}$ , сила упругости и сила демпфирования между вторым и третьим телами  $F_{c2}$  и  $F_{h2}$ .

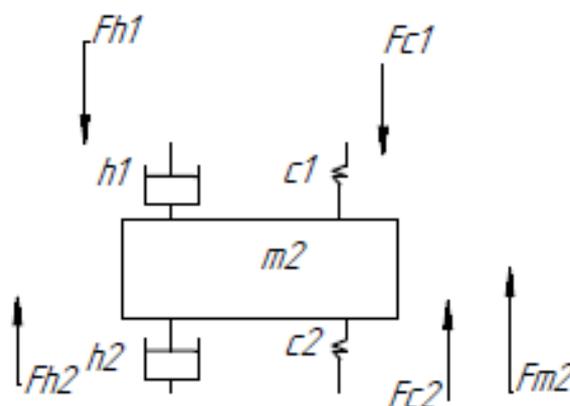


Рис 3.4. Расстановка сил, действующих на тело, массой  $m_2$ .

$$F_{c1} + F_{h1} - F_{m2} - F_{c2} - F_{h2} = 0 \quad (3.2)$$

$$c_1(x_1 - x_2) + h_1(V_1 - V_2) - m_2 a_2 - c_2(x_2 - x_3) - h_2(V_2 - V_3) = 0$$

$$a_2 = \frac{-c_1(x_1 - x_2) + h_1(V_1 - V_2) + c_2(x_2 - x_3) - h_2(V_2 - V_3)}{m_2}$$

На третье тело (стол) действуют силы  $F_{h2}$  и  $F_{c2}$ , возникает сила инерции третьего тела  $F_{m3}$ , сила упругости и сила демпфирования между третьим и

четвертными телами  $F_{c3}$  и  $F_{h3}$ .

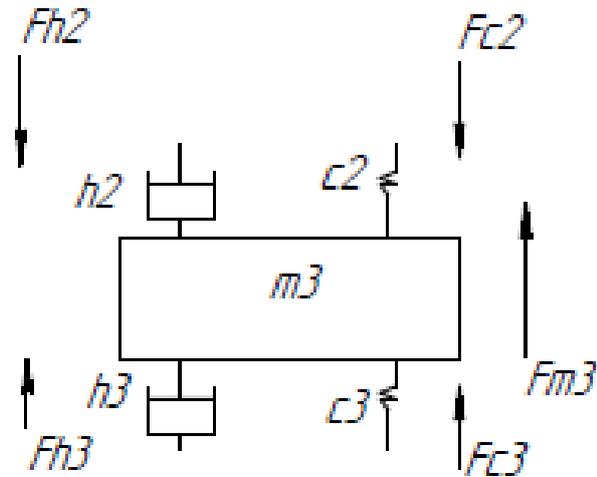


Рис 3.6. Расстановка сил, действующих на тело, массой  $m_3$ .

$$F_{c2} + F_{h2} - F_{m3} - F_{c3} - F_{h3} = 0 \quad (3.3)$$

$$c_2(x_2 - x_3) + h_2(V_2 - V_3) - m_3 a_3 - c_3(x_3 - x_4) - h_3(V_3 - V_4) = 0$$

$$a_3 = \frac{c_2(x_2 - x_3) + h_2(V_2 - V_3) + c_3(x_3 - x_4) - h_3(V_3 - V_4)}{m_3}$$

На четвертое тело (основную массу станка) действуют силы  $F_{h3}$  и  $F_{c3}$ , возникает сила инерции четвертого тела  $F_{m4}$ , сила упругости и сила демпфирования между четвертым телом и условно абсолютно жестким основанием  $F_{c4}$  и  $F_{h4}$ , а также сила упругости и сила демпфирования между третьим и четвертными телами  $F_{c3}$  и  $F_{h3}$ .

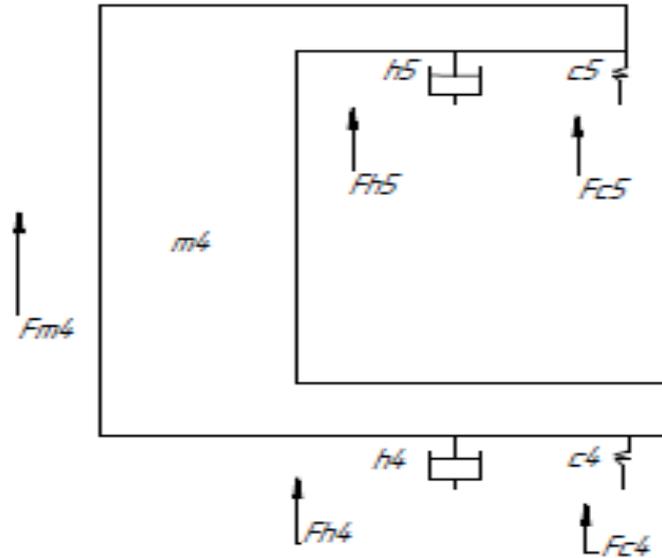


Рис 3.6. Расстановка сил, действующих на тело, массой  $m_4$ .

$$F_{c3} + F_{h3} - F_{m4} - F_{c4} - F_{h5} - F_{c5} - F_{h5} = 0 \quad (3.4)$$

$$c_3(x_3 - x_4) + h_2(V_3 - V_4) - m_4 a_4 - c_4 x_4 - h_4 V_4 - c_5(x_4 - x_5) -$$

$$h_5(V_4 - V_5) = 0$$

$$a_4 =$$

$$\frac{c_3(x_3 - x_4) + h_2(V_3 - V_4) - c_4 x_4 - h_4 V_4 - c_5(x_4 - x_5) - h_5(V_4 - V_5)}{m_4}$$

На пятое тело (шпиндель) действуют силы  $F_{h5}$  и  $F_{c5}$ , возникает сила инерции пятого тела  $F_{m5}$ , сила упругости и сила демпфирования между пятым телом и шестым телом  $F_{c6}$  и  $F_{h6}$ .

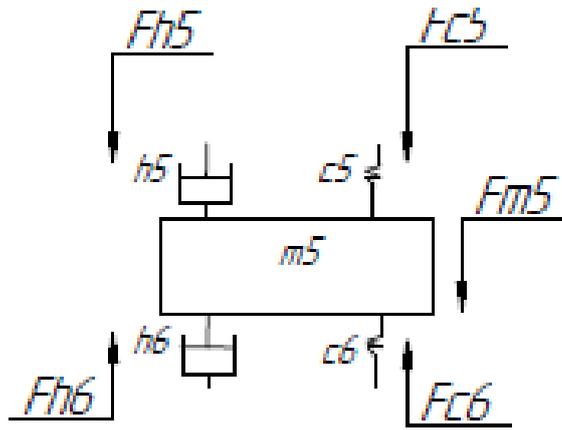


Рис 3.7. Расстановка сил, действующих на тело, массой  $m_5$ .

$$F_{c5} + F_{h6} - F_{m5} - F_{c6} - F_{h5} = 0 \quad (3.5)$$

$$c_5(x_4 - x_5) + h_5(V_4 - V_5) - m_5 a_5 - c_6(x_5 - x_6) - h_6(V_5 - V_6) = 0$$

$$a_5 = \frac{c_6(x_5 - x_6) - h_6(V_5 - V_6) - c_5(x_4 - x_5) + h_5(V_4 - V_5)}{m_5}$$

### 3.3. Подбор и расчет параметров для проведения исследования

Для составления корректной математической модели фрезерования необходимо подобрать параметры максимально близкие к реальности.

Возмущающая сила  $P$  рассчитывается по гармоническому закону

$$P = A * \sin(\omega * t)$$

Где:

$A$  – амплитуда возмущающей силы равная величине эксцентриситета эксцентрикового вала, (мм);  $\omega$  - угловая частота (частота), рад/с (Гц);  $t$  - время, (с);

Допущение о гармоническом законе действия силы резания принято в данной работе из соображения выявления реакции элементов ТС на такое воздействие, а также факта, что форма сигнала  $F(t)$  при спектральном преобразовании будет иметь основную гармонику на указанной частоте  $\omega$ .

Массы тел подбираются максимально близко к реальности, коэффициенты жесткости и коэффициенты демпфирования эмпирическим путем.

Таблица 3.1.

Масса, кг	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
	15	20	50	100	150
Коэффициент жесткости $10^6$ Н/м	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$
	100	80	90	300	15
Коэффициент демпфирования Н*с/м	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$
	80	100	200	150	80

### 3.4. Составление математической модели в среде MATLAB Simulink

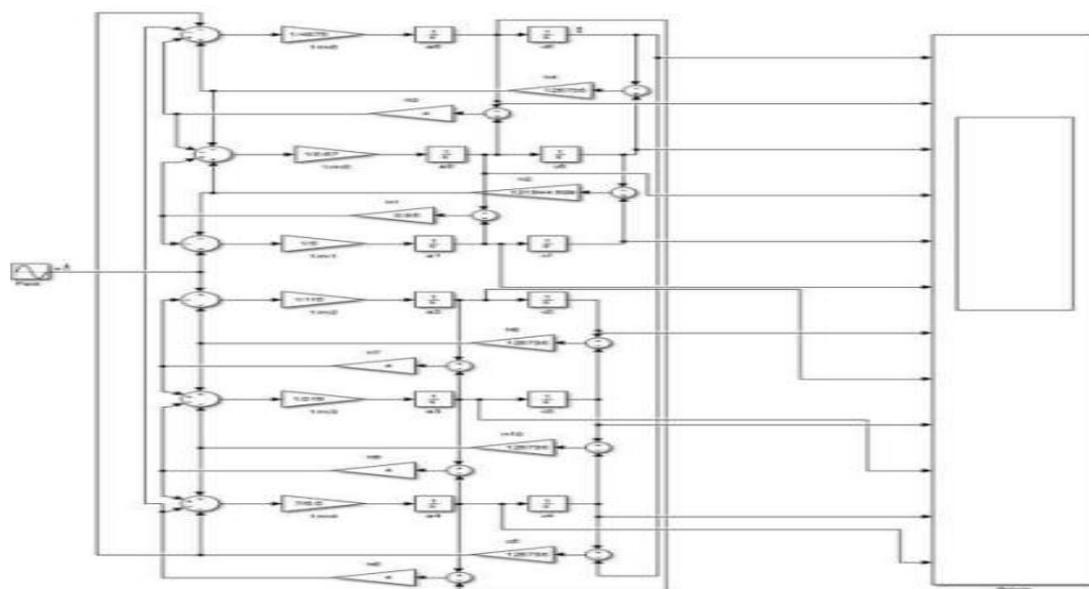


Рисунок 3.8– Структурная схема математической модели в Simulink

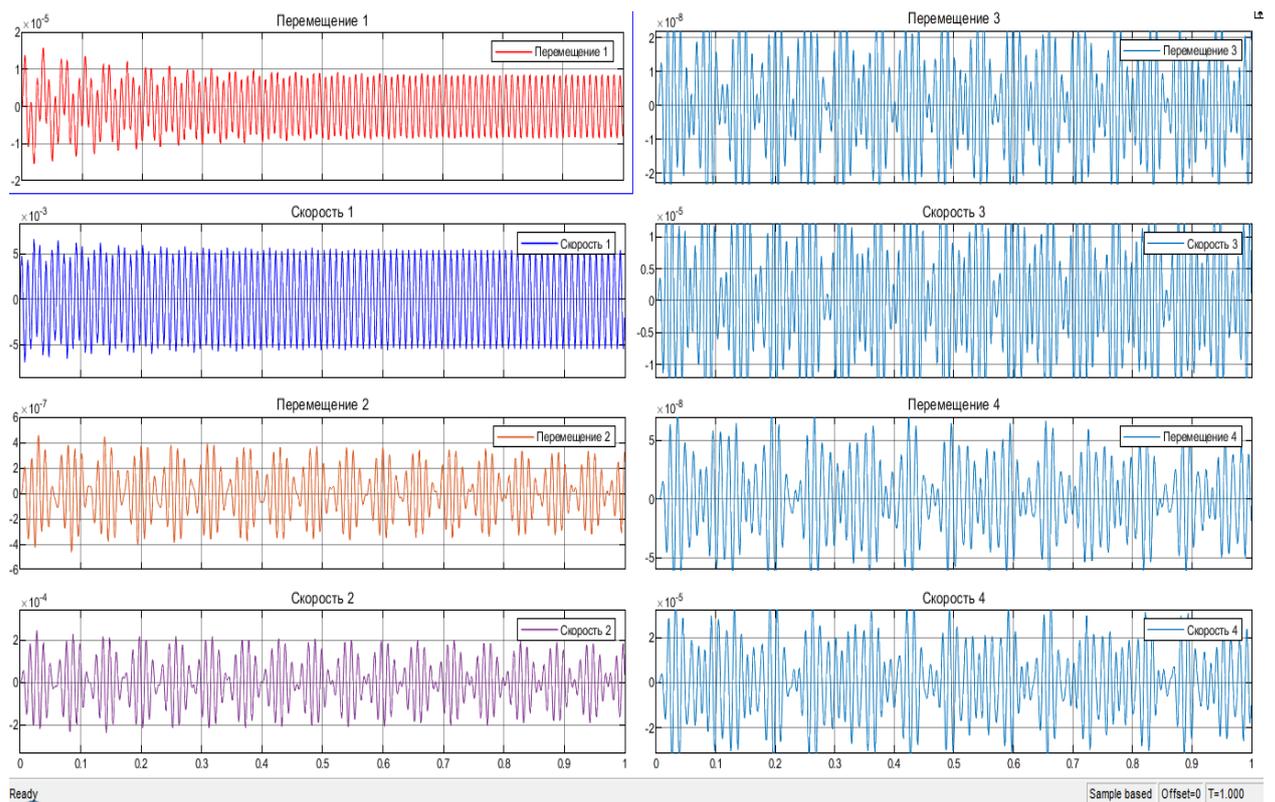


Рисунок 3.9. Графики перемещения и скорости вертикальное фрезерование

### 3.5. Амплитудно-фазовые частотные характеристики

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

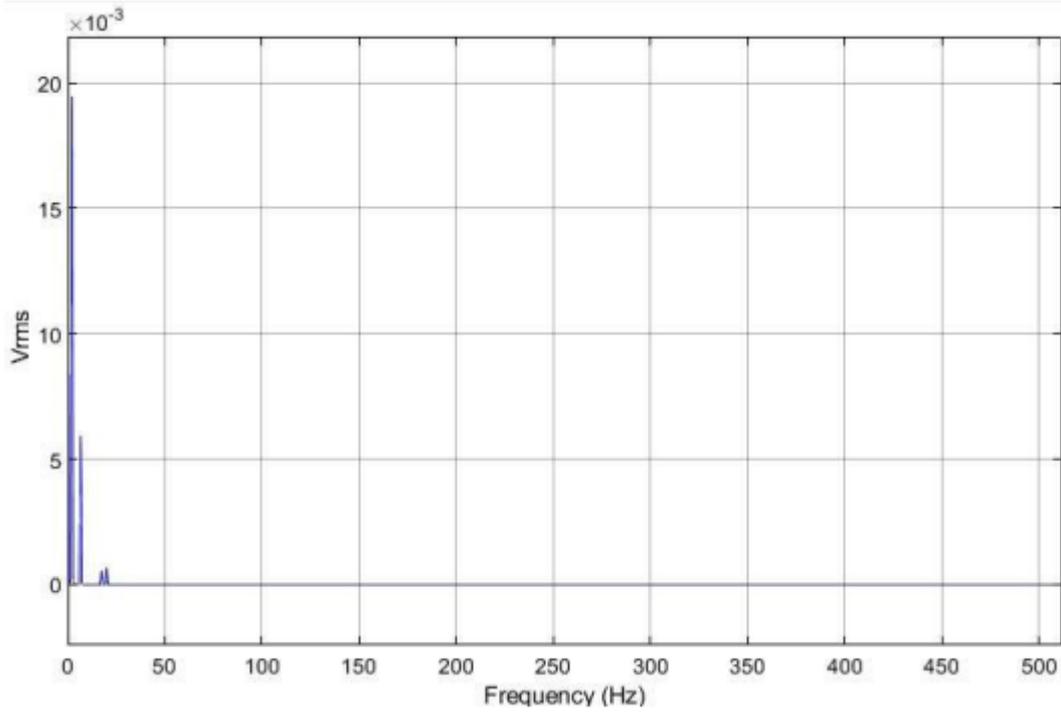


Рисунок 3.10. Спектральные характеристики перемещения первого тела (заготовки)

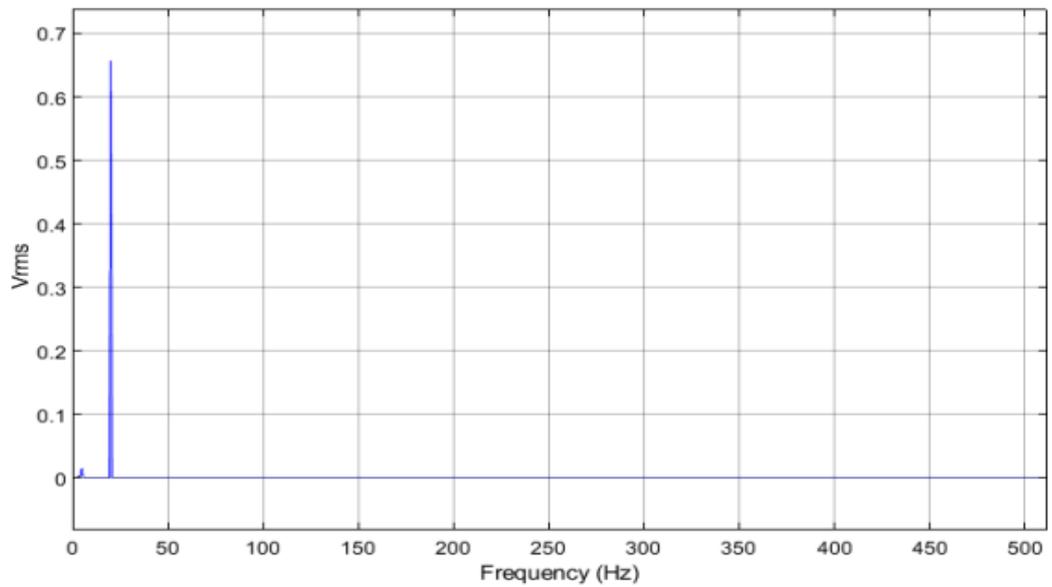


Рисунок 3.11. Спектральные характеристики перемещения шестого тела (фрезы)

Спектральный анализ показал частоту внешних колебаний системы. При совпадении частоты внешних колебаний системы с собственными частотами возникает резонанс, который значительно повышает уровень вибрации в системе. Это приводит к ухудшению качества обрабатываемой поверхности и сокращает срок службы оборудования.

Графики движения и скорости тела системы показывают, что система работает правильно. И при этих параметрах происходит стабильная обработка.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4НМ01	Худойбердиев Хусейн Баходурович

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

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
В процессе фрезерования выявлена закономерность, что от увеличения количества зубьев инструмента в зацеплении с заготовкой повышается качество огранки.	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2022
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжаккина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		01.03.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4НМ01	Худойбердиев Хусейн Баходурович		01.03.2022

## **5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **Введение**

Потребность в планировании разработчиками при внедрении нового продукта на рынке возрастает. Предыдущий анализ технического и финансового поведения продукта является определяющим фактором успеха, который он может получить при выходе на потребительский рынок. Таким образом, неспособность провести экономический анализ может привести к неправильным решениям из-за неопределенности на рынке, породить убытки и трудности в структурировании компании.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Процесс управления любым проектом охватывает три периода: разработка проекта, организационное управление проектом; и функциональное управление проектом. Чаще всего в процессе освоения проектного метода основной акцент ставится на этап разработки проектом, цель которого и состоит в том, чтобы сформулировать его концепцию, разобрать его основные структурные элементы, провести анализ и сформировать план проекта.

### 5.1 Предпроектный анализ

В процессе фрезерования выявлена закономерность, что от увеличения количества зубьев инструмента в зацеплении с заготовкой повышается качество огранки. Для решения данного вопроса было принято решение по разработке математической модели для симуляции процесса резания и выявления резонансных частот, что позволит улучшить качество обработки.

Для эксперимента разработана специальная экспериментальная оснастка, устанавливаемая на фрезерном станке. Оснастка состоит из кинематической пары, имитатора фрезы, выполняющего вращательное движение и «толкателя» предназначенного для передачи создаваемого усилия на несущие элементы станка.

Данная система позволяет создавать симуляцию движения фрезы относительно заготовки без реального резания и получать временной сигнал в виде синусоиды, любые отклонения от гармонического сигнала указывают на отклонения и позволяют диагностировать проблемные зоны, а также методы борьбы с ними без разборки станка за счет определения на каких режимах можно выполнять ту или иную работу.

Данная оснастка также необходима для написания математической модели для дальнейшего ее использования без физической проверки.

Исследование представляет интерес для металлообрабатывающих компаний, занимающихся рассверливанием глубинных отверстий.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование, которое в дальнейшем поможет найти те области, где продвижение нового продукта будет наименее трудоемким.

Целевым рынком для использования исследования являются производства, занимающиеся выпуском деталей с пазами, лысками. Исследование будет интересно всем металлообрабатывающим производствам, так как за счет малого количества применяемого инструмента имеет высокое качество изделия.

Исследования можно проводить также при помощи экспериментального оборудования:

1. Устройство для определения радиальной динамической жесткости шпиндельных узлов металлорежущих станков.
2. Устройство для определения жесткости узла станка, имеющего радиальное направление нагрузки

При анализе сравниваются разрабатываемое устройство  $B_c, K_c$ , устройство для определения радиальной динамической жесткости шпиндельных узлов металлорежущих станков  $B_{к1}, K_{к1}$  и устройство для определения жесткости узла станка, имеющие радиальное направление нагрузки  $B_{к2}, K_{к2}$ .

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

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
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Возможность внедрения устройства в единую систему автоматике	0,11	5	3	2	0,55	0,33	0,22
Удобство в эксплуатации	0,06	4	2	1	0,24	0,12	0,06
Стабильность срабатывания	0,09	5	4	2	0,54	0,36	0,18
Контроль времени задержки коммутации без подключения дополнительного оборудования	0,1	5	4	1	0,5	0,4	0,1
Простота конструкции и ремонтпригодность	0,12	5	3	4	0,6	0,36	0,48
Компактность	0,16	5	3	2	0,8	0,48	0,32
Безопасность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Цена	0,15	5	3	2	0,75	0,45	0,3
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
Затраты на ремонт	0,04	3	4	3	0,12	0,16	0,12
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>24</b>	<b>4,85</b>	<b>3,44</b>	<b>2,35</b>

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где:  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой, производительностью, а также скоростью разрабатываемого проекта. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 2). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

*Первый этап* заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 5.2 – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Повышенный объем рабочей зоны С2. Большой диапазон исследуемых процессов С3. Быстрота установки. С4. Простота эксплуатации С5. Надежность и простота обслуживания.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Наличие специального ПО. Сл2. Частая замена расходников
--	---	---

<p><b>Возможности:</b>  В1. Быстрое продвижение на рынок.  В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт  В3.  Усовершенствование устройств</p>	<p>В1С1С2С3С4С5 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами данного устройства.  В2С1С2С5 – дополнительный спрос появится универсальности устройства</p>	<p>В1Сл2 – может не быть быстрого продвижения на рынок так как ранее продукт не продавался, и потребители не знают о нем.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.   У2. Кризис  У3.  Незаинтересованность потребителей в разработке</p>	<p>У2С1С3С4 – возможность конкурировать в связи с хорошими показателями основных характеристик.</p>	<p>У1Сл1 – из-за более высокой себестоимости могут возникнуть проблемы с продажей данного устройства.</p>

*Второй этап* состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица проекта

Возможность и проекта	Сильные стороны проекта					
		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.
	В1.	+	+	+	+	0
В2.	+	+	+	0	+	

Возможности проекта	Слабые стороны проекта			
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	В1.	-	-	+
В2.	0	-	+	

	Сильные стороны проекта
--	-------------------------

Угрозы		C1.	C2.	C3.	C4.	C5.
	У1.	+	+	+	-	0
	У2.	-	-	-	-	-

	Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	У1.	-	-	-
	У2.	+	0	+

#### 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальную форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 5.6).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 5.6 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5

2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	5
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	61	59

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где:  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

#### **5.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

#### **5.2 Инициация проекта**

В качестве максимальной стоимости исполнения научно-исследовательского проекта принимается минимальный размер гранта на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными - кандидатами наук в научных организациях РФ, так как аналогичные научные исследования ранее не проводились.

Таким образом, эскалация важности научных грантов вызвана с их экономическим значением, поскольку в первую очередь они служат специальным механизмом финансирования исследований, который играет жизненно важную роль для научных сообществ. Задача грантовой поддержки научных исследований была сформулирована в Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Помимо этого, федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» закрепил цель государственной научно-технической политики, а именно:

«развитие, рациональное размещение и эффективное использование научно-технического потенциала, увеличение вклада науки и техники в развитие экономики государства, реализации важнейших социальных задач, преобразование материального производства и интеграция науки и образования».

Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Томский политехнический университет	Оптимальные параметры фрезирования

В таблице 5.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 5.8 – Рабочая группа проекта

Цели проекта:	Целью проекта является исследование динамических процессов фрезерования, с помощью разработанного оборудования для проведения экспериментов
---------------	---

Ожидаемые результаты проекта:	Выявление резонансных частот. Оптимизация параметров фрезерования. Улучшение качества обработки, снижение вибрации и вследствие увеличения службы работы станка
Критерии приемки результата проекта:	Расход ресурсов — не более установленного лимита.
Требования к результату проекта:	Изделие должно быть ремонтпригодным в течение всего срока службы изделия
	Виды и периодичность технического обслуживания изделия должны осуществляться в соответствии с требованиями, указанными в эксплуатационной документации
	Изделие может транспортироваться любым видом транспорта. Независимо от вида используемого транспорта, изделие не должно быть повреждено
	Изделие должно быть безопасным при использовании по назначению

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 9).

Таблица 5.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	<b>483429,7</b> руб.
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2020-14.06.2022
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	14.06.2022

### 5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

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

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

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

#### 5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 5.3.1).



Рисунок 5.3.1 – Иерархическая структура работ

### 5.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 10, 11).

Таблица 5.10– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.20	07.09.22	Худойбердиев Х.Б., Гаврилин А.Н.
Согласование плана работ	7	08.09.20	15.09.22	Худойбердиев Х.Б., Гаврилин А.Н.
Литературный обзор	138	16.09.20	31.01.22	Худойбердиев Х.Б.

Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292	01.02.20	20.12.22	Худойбердиев Х.Б., Гаврилин А.Н.
Написание отчета	162	21.12.20	14.06.22	Худойбердиев Х.Б.,
<b>Итого:</b>	<b>606</b>			

Таблица 5.11 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2020				2021								2022									
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации	7																						
Согласование плана работ	7																						
Литературный обзор	1 3 8																						
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	2 9 2																						
Написание отчета	1 6 2																						



- Худойбердиев Х.Б.,



- Худойбердиев Х.Б.Гаврилин А.Н.

#### 5.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования (НТИ) необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Для определения бюджета НТИ в рамках выполнения ВКР с учетом выбранного направления исследования и исполнителей работ были рассчитаны материальные затраты, основная заработная плата исполнителей темы, дополнительная заработная плата исполнителей темы, отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления), накладные расходы.

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 12).

Таблица 5.12 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	2	40,0	80,0
Ручка шариковая	3	31,0	93,0
Ластик	2	20	40,0
Печать	150	2	300,0

Крафт-пакеты	38	8	304,0
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			57,68
<b>Итого по статье</b>			<b>874.68</b>

*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 5.13).

Таблица 5.13 – 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 (apple)	1	35000,0	130000,0
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	5990,0	5990,0
3	Statistica	1	20000	20000
4	ПО Matlab	1	20000	25000
5				
<b>Итого, руб.:</b>				180990

*Расчет основной заработной платы.*

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

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

$T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = 42900 \cdot 11,2 / 265 = 1813 \text{р}$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		

Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212
--	-----	-----

Для руководителя:

$$Z_m = Z_m \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 22000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_m = Z_m \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 16000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 31200 \text{ руб.}$$

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	Тр, раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	22000	0,3	0,2	1,3	42900	1813	42	76146
Инженер	16000	0,3	0,2	1,3	31200	1209	60	71540
Итого:								47686

**Дополнительная заработная плата** Дополнительная заработная плата определяется по формуле: Для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 76146 = 11421 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 71540 = 10671 \text{ руб.}$$

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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (76146 + 11421) = 26270 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (71540 + 10671) = 24663 \text{ руб}$$

*Отчисления на социальные нужды.* Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

$k_{внеб}$  – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

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

*Накладные расходы.* Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$\begin{aligned} С_{накл} &= k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = (1157,1 + 180990 + 147686 + 22092 + 50933) \cdot 0.2 \\ &= \\ &= 59621 \text{ руб} \end{aligned}$$

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

Вид исследования	Статьи						
	Сырье, материалы	Специальное оборудование	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
Данное исследование	874,68	180990	47686	22092	4378	0571,72	<b>83429,7</b>
Аналог	550	219420	58292	24378	4289	5585,8	<b>73514,8</b>

#### 5.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 2.



Рисунок 5.4.1 – Проектная структура проекта

#### 5.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 5.19).

Таблица 5.19 – 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	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)

	текущем состоянии проекта			
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

### 5.4.3 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.

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

### 5.5.1 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<sub>опt</sub> – 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 21. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации - 10 %.  $Ag = \text{Сперв} * Na / 100$ , себ **483429,7** =, Выручка = себестоимость \* 1,25 = **483429,7 \* 1,25 = 604 287,2** =

Таблица 21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	604 287,2	604 287,2	604 287,2	604 287,2
2	Итого приток, руб.	0	604 287,2	604 287,2	604 287,2	604 287,2
3	Инвестиционные издержки, руб.	-483429,7	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	169 200,2	169 200,2	169 200,2	169 200,2
5	Налогооблагаемая прибыль	0	435 087	435 087	435 087	435 087

6	Налоги 20 %, руб.	0	87 017,4	87 017,4	87 017,4	87 017,4
8	Чистая прибыль, руб.	0	348 069,6	348 069,6	348 069,6	348 069,6
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-483429,7	396 412,6	396 412,6	396 412,6	396 412,6
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	-483429,7	330 211,6	275 110,3	229 126,4	191 070,8
12	$\Sigma$ ЧДД	<b>1 025 519,1 руб.</b>				
12	Итого NPV, руб.	<b>542 089,4 руб.</b>				

$NPV=1\ 025\ 519,1\ \text{руб} -483429,7=542\ 089,4\ \text{руб.}>0$

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где:  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %; (10%)

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет **542 089,4 руб.** 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:

$$PI = \frac{1\,025\,519,1 \text{ руб}}{483429,7} = 2,12.$$

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 22 и на рисунке 3.

Таблица 22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	604 287,2	604 287,2	604 287,2	604 287,2
2	Итого приток, руб.	0	604 287,2	604 287,2	604 287,2	604 287,2
3	Инвестиционные издержки, руб.	-483429,7	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	169 200,2	169 200,2	169 200,2	169 200,2
5	Налогооблагаемая прибыль	0	435 087	435 087	435 087	435 087
6	Налоги 20 %, руб.	0	87 017,4	87 017,4	87 017,4	87 017,4

8	Чистая прибыль, руб.	0	348 069,6	348 069,6	348 069,6	348 069,6
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-483429,7	396 412,6	396 412,6	396 412,6	396 412,6
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	-483429,7	330 211,6	275 110,3	229 126,4	191 070,8
12	$\Sigma$ ЧДД	<b>1 025 519,1 руб.</b>				
12	Итого NPV, руб.	<b>542 089,4 руб.</b>				

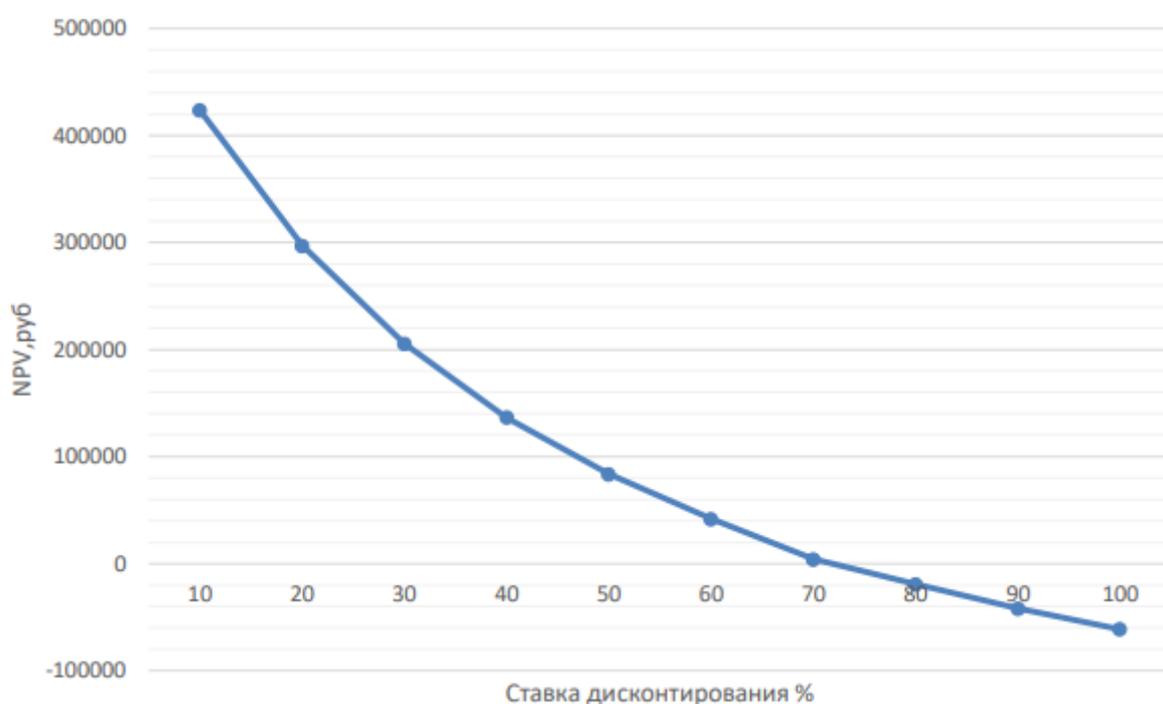


Рисунок 3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

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 0,72.

$IRR > i$ , проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта:  $72\% - 20\% = 52\%$

*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 23).

Таблица 23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	604 287,2	604 287,2	604 287,2	604 287,2
2	Итого приток, руб.	0	604 287,2	604 287,2	604 287,2	604 287,2
3	Инвестиционные издержки, руб.	-483429,7	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	169 200,2	169 200,2	169 200,2	169 200,2
5	Налогооблагаемая прибыль	0	435 087	435 087	435 087	435 087
6	Налоги 20 %, руб.	0	87 017,4	87 017,4	87 017,4	87 017,4
8	Чистая прибыль, руб.	0	348 069,6	348 069,6	348 069,6	348 069,6
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-483429,7	396 412,6	396 412,6	396 412,6	396 412,6
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	-483429,7	330 211,6	275 110,3	229 126,4	191 070,8
12	<b><math>\Sigma</math>ЧДД</b>		<b>1 025 519,1 руб.</b>			
12	Итого NPV, руб.		<b>542 089,4 руб.</b>			

### 5.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

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

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

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

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 25).

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта)	0,20	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	4	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	4	5
Итого	1	28	23	25

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,9$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,2$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{финр}^p$  и аналога  $I_{финр}^a$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}; I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где:  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,18	0,16	0,16
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,85	4,00
3	Интегральный показатель эффективности	23,12	22,83	23,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	1,0

Выводы:

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

По результатам проведенного анализа конкурентных технических решений можно отметить, что является наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей

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

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
4НМ01		Худойбердиев Хусейн Баходурович	
<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Материаловедения</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема ВКР:

Моделирование динамических процессов при фрезеровании	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p>Объект исследования. Вертикальное фрезеровании.</p> <p>Область применения машиностроения.</p> <p>Рабочая зона: офисное помещение.</p> <p>Размер помещения: 20*30 м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: ноутбук</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ;</li> <li>- Федеральный закон «Об основах охраны труда в РФ»;</li> <li>- Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве»;</li> <li>- Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;</li> <li>- ГОСТ Р ИСО 9241-2-2009 Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT).</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> <li>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</li> </ul>	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Отклонение показателей микроклимата.</li> <li>-Превышение уровня шума</li> <li>Отсутствие или недостаток естественного света.</li> <li>-Недостаточная освещенность рабочей зоны.</li> <li>- Опасные факторы:</li> <li>-Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может</li> </ul>

	произойти через тело человека. -статическое электричество -Расчет: расчет системы искусственного освещения
<b>3. Экологическая безопасность <u>при разработке проектного решения:</u></b>	- загрязнение гидросферы применением утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения:</u></b>	Возможные ЧС: пожары, взрыв. Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара на рабочем месте,
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**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	Худойбердиев Хусейн Баходурович		

## 6.«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

### Введение

Данный раздел включает в себя описание и влияние на человека опасных и вредных факторов при исследовании проекта на тему «Моделирование динамических процессов при фрезеровании».

Исследование проводилось с использованием программного обеспечения Matlab и Simulink, где была выполнена математическая модель, которая впоследствии использовалась для проведения экспериментов в виртуальной среде. Все работы выполнялись на персональном компьютере, в рабочей среде отделения материаловедения (ОМ).

Сущность процесса фрезерования основана на сочетании двух одновременно действующих равномерных движений резания-вращательного (главное движение) и поступательного (движение подачи). Вращательное движение выполняется режущим инструментом, в данном случае концевой фрезой, а поступательное движение подачи сообщается заготовке столом станка.

Путем фрезерования в машиностроении обрабатывают плоскости, канавки различного сечения, уступы, пазы, фасонные поверхности и др. Его также применяют для резания прутков, нарезания резьбы и зубофрезерования. Это универсальный и один из самых распространенных методов обработки в промышленности.

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

### **Правовые нормы трудового законодательства**

ТК РФ Статья 91. Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени. Согласно этой статье, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. Фактическое время работы не превышало 40 часов в неделю.

Согласно «ТК РФ статья 100. Режим рабочего времени.» режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели, работу с ненормированным рабочим днем для отдельных категорий работников, продолжительность ежедневной работы (смены), в том числе неполного рабочего дня (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством. Фактический режим работы был: Работа с ненормированным рабочим днем.

В соответствии со статьей «Статья 14 № 426-ФЗ» условия труда при исследовании фрезерование устройства по классификации класса условий труда - оптимальные. Воздействие неблагоприятных факторов отсутствует, и влияния на организм не происходит.

**Эргономические требования к правильному расположению и компоновке**

## **рабочей зоны**

Согласно статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001г. N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), политическое направление, опубликованное в этом документе и применяемое к этой работе, выглядит следующим образом:

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

Главными элементами рабочего места конструктора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление человека. 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 стол должен удовлетворять следующим условиям в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы конструктор мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцерных принадлежностей);
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680 – 760 мм;
- высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Для осуществления работы оператора рабочая зона с ПЭВМ организуется в соответствии СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к

условиям труда». При анализе помещения для проектирования выявлено:

- помещение с ПЭВМ оборудовано системой отопления;
- пол в помещении с ПЭВМ ровный, без выбоин, нескользкий;
- ширина стола на котором располагается ПЭВМ 750 мм, а глубина – больше 550 мм;
- угол сиденья в помещении не регулируется, угол наклона спинки в вертикальной плоскости составляет около 30 градусов;
- провода электропитания и кабель локальной сети находятся в стояке, основание которого совмещено с подставкой для ног;

### 6.2. Производственная безопасность при разработке проектного решения.

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.

<b>Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)</b>	<b>Нормативные документы</b>
Повышенный уровень шума	- СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с изменением № 1)»
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды в местонахождении работающего;	- Требования к микроклимату по ГОСТ 12.1.005-88; - Требования к освещению СП 52.13330.2016; Естественное и искусственное освещение СНиП 23-05-95*;
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;	

<p>Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.</p>	<p>- ГОСТ 22269-76. Система «человек машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p>
<p>Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</p>	<p>- ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</p>

## **6.2. Анализ выявленных вредных и опасных факторов**

### **Повышенный уровень шума**

В основном вся работа конструктора происходит в окружающей среде внутри кабинета проектно-конструкторского отдела, следовательно, должна соответствовать подчиняться санитарным нормам «Шум 113 на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Уровень шума не должен превышать 60 дБА.

### **6.3. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды в местонахождении работающего**

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», работа конструктора 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).

В теплый период также к легкой степени тяжести Ia, но при этом

должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха 23-25°C, его оптимальной влажности 60-40% и скорости движения (не более 0,1-0,2 м/с).

#### **6.4.Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения**

Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup> . Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

Длина В=8 м; ширина А=10 м; высота Н=3,5 м; рабочая плоскость находится на уровне d=1 м; свес светильника – m=0,5 м; коэффициенты отражения потолка a=50%, стен, b=30%, пола, c=10%; расстояние между светильниками – h=Н-d-m=5 м.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S= A*B=10*8=80 \text{ м}^2 \quad (1)$$

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:  $h=h_n-h_p$ , где  $h_n$ –высота светильника над полом, высота подвеса,  $h_p$  – высота рабочей поверхности над полом. Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $h_n = 3,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:  $h=H-h_p-h_c=3,5-1-0,5=2,0$  м. (2)

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:  $L=\lambda \cdot h=1,2 \cdot 2=2,4$  м (3)

Число рядов светильников в помещении:

$$Na=A/L=9/2,4=3,75 \approx 4 \quad (4)$$

Число светильников в ряду:

$$Nb=B/L=7/2,4=2,92 \approx 3 \quad (5)$$

Общее число светильников:

$$N=Na \cdot Nb=4 \cdot 3 = 12 \quad (6)$$

Индекс помещения рассчитаем по формуле:

$$i = \frac{S}{(A+B) \cdot h} = \frac{80}{(10+8) \cdot 5} = 0.9 \quad (7)$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:  $l=L/3=2,4/3=0,8$  м Размещаем светильники в два ряда.

По индексу помещения и коэффициентам отражения, находим коэффициент использования светового потока  $\chi=36\%$ . Количество принятых светильников  $N=12$ . Коэффициент минимальной освещенности принять за  $z=1,1$ . коэффициент запаса  $k_3=1,6$ .

Вычислим световой поток для создания требуемого освещения:

$$\Phi_{л} = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{10 \cdot 0.36} = 293 \text{ лм} \quad (3)$$

Выберем люминесцентную лампу типа OSRAM Basic 765, G13, T8, 36Вт со значением светового потока 3350 лм в количестве 12 штук

для обеспечения нормы освещения в кабинете. Схема расположения ламп приведена на рисунке 1.

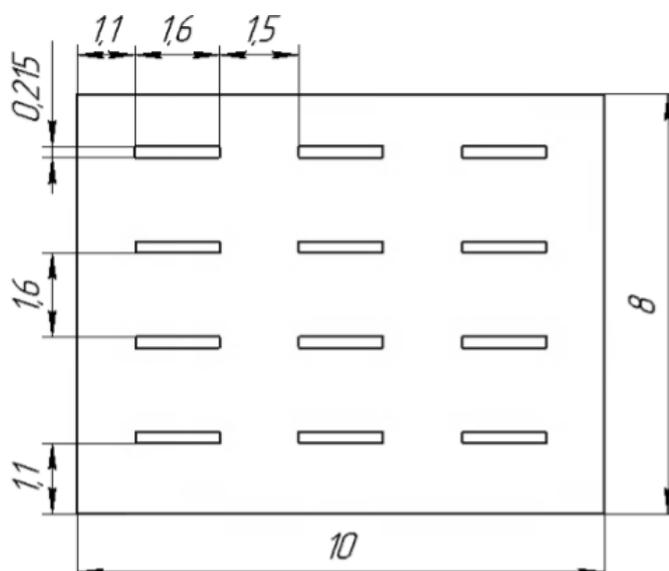


Рисунок 1 – Схема расположения ламп (размеры в м)

### **6.5. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.**

Нервно-психические перегрузки являются следствием информационного взаимодействия в системе «пользователь – ПЭВМ». К основным нервно-психическим перегрузкам относятся повышенные зрительные напряжения; умственные и нервно-эмоциональные перегрузки; длительная концентрация внимания; монотонность труда (однообразие трудового процесса, повторяемость операций, отсутствие возможности переключения внимания или изменения вида работы). Поэтому, у конструктора при работе на ПК к концу рабочего дня возникают типичные ощущения: переутомление глаз, головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания. В связи с этим

возникают нервно-психические перегрузки, такие как: раздражимость, нервозность, эмоциональная усталость и др. Правильное расположение элементов управления позволяет снизить неприятные ощущения конструктора, а также повысить продуктивность работы.

Поэтому для того, чтобы снизить воздействие этого вредного фактора на операторов следует располагать органы управления (пульты) в соответствии с ГОСТ 22269-76. Система «человек машина».

Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. Из этого документа следует, что при размещении органов управления необходимо выполнять следующие эргономические требования:

- органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля;
- наиболее важные и часто используемые органы управления должны быть расположены в зоне легкой досягаемости моторного поля;
- органы управления, связанные с определенной последовательностью действий оператора, должны группироваться таким образом, чтобы действия оператора осуществлялись слева направо и сверху вниз;
- расположение функционально идентичных органов управления

должно быть единообразным на всех панелях рабочего места;

- расположение органов управления должно обеспечивать равномерность нагрузки обеих рук и ног человека-оператора.

Для уменьшения негативных последствий работы с ПЭВМ следует выбирать безопасные условия труда на ПЭВМ, указанные в МР 2.2.9.2311-07. Во время перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного и других анализаторов целесообразно

выполнять комплексы физических упражнений, включая упражнения для глаз, в первой половине смены, а в конце рабочего дня показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях.

#### **6.6.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Источником фактора является устройство для проектирования – ПК.

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, исключающее 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

Используемый для исследования ПК работает при напряжении 220 В. Это соответствует стандартному значению напряжения из ГОСТ 29322-2014 для электрооборудования постоянного тока.

### **6.3. Экологическая безопасность**

Утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп. Отношения с отходами в офисе ограничиваются помещением их в мусорную корзину, а затем в ближайший мусорный бак, который обслуживает компания, занимающаяся вывозом мусора. А накопление отходов является составной частью понятия «обращение с отходами». К офисным отходам относятся ртутные лампы вещество-класс и списанная техника. Для них также необходимо иметь специально оборудованное место для накопления в целях их дальнейшей передачи специализированной компании. Российское законодательство в сфере обращения с отходами - (Приказ Минприроды России от 01.09.2011 N 721).

Загрязнение гидросферы применением В процессе изготовления «Вертикальное фрезерование» остаются производственные отходы в виде обрезков и стружки, которые тщательно собираются и увозятся в пункт приема металлолома, где в дальнейшем переплавляются в прокат и поступают опять на производство. В результате изготовления детали по технологическому процессу, был выявлен источник загрязнения гидросферы – использованная смазочно-охлаждающая жидкость для обработки детали.

Сброс отработанных СОЖ в канализацию наносит вред окружающей среде и является расточительным. Утилизация отработанных СОЖ проводится путем разрушения эмульсии, разделения ее на компоненты и очистки последних. Для изготовления данного механизма предлагается применять метод центрифугирования. В процессе центрифугирования при большой частоте вращения происходит разрушение коллоидной системы, в результате которого масло, имеющее меньшую плотность, чем вода, отделяется от дисперсионной среды.

Таким образом, задача с утилизацией использованной смазочноохлаждающей жидкости решена.

### **6.3.2.Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Для рабочего места за ПК наиболее вероятной и типичной ЧС является пожар. Соответственно, защита в ЧС в данном случае может быть рассмотрена как защита от пожара. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. Для устранения возможности пожара в помещении необходимо соблюдать противопожарные меры:

- применение средств пожаротушения;
- использование пожарной сигнализации;
- наличие в помещении средств пожаротушения (огнетушители типа ОУ-3, пожарный инструмент, песок) и содержание их в исправном состоянии;

#### **Вывод**

Таким образом, в результате выполнения раздела магистерской диссертации «Социальная ответственность» можно сделать вывод, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

С точки зрения 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: Группа II.

Категория тяжести труда I – легкие физические работы. Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 для проведения исследования:

Г - умеренная пожаро-опасность. Категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду: объект относится к объектам III категории

### **Заключение**

1. В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен литературный обзор методов и механизмов, применяемых для определения жесткости технологической системы.
2. Также был выполнен обзор методов снижения уровня вибрации в системе. Был обоснован выбор технологического метода снижения вибрации за счет оптимизации параметров сверления
3. Построена математическая модель процесса вертикальное фрезерование.
4. Исследована математическая модель процесса фрезерование для идентификации собственных частот несущих элементов по результатам, которых можно определить оптимальные режимы обработки.
5. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей.
6. По интегральным финансовым показателям можно отметить, что данное научное исследование эффективный, и в связи с этим поддержка научного исследования может являться грантом на выполнение проектов фундаментальных научных исследований.

Данный способ является самым быстрым и простым для реализации данного научного исследования.

7. Были рассмотрены различные виды вредного воздействия на человека и окружающую среду, а также способы уменьшения их воздействия.

## Список используемой литературы

1. Кошелева А. А. Повышение эффективности процесса точения на основе учета динамических параметров подсистемы "заготовка-инструмент". Тульский государственный университет. 2009 г. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ВИБРАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК - Динамические процессы в технологии машиностроения. Основы конструирования машин. 2020 г.
2. Model-based cutting prediction for a self-vibratory drilling headspindle system / F. Forestier [et al.] // International Journal of Machine Tools & Manufacture. 2012. Vol. 52. P. 59-68.
3. Заковоротный В. Л., Флек М.Б. Динамика процесса резания. Синергетический подход. Ростов-на-Дону: Терра. 2006. 876 с.
4. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ВИБРАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК - Динамические процессы в технологии машиностроения. Основы конструирования машин 2020 г.
5. Армарего И. Дж. А., Браун Р. Х. Обработка металлов резанием. М.: Машиностроение, 1977. 325 с.
6. Никоноров А. «Steadylinetm» – антивибрационные оправки для фрезерования [электронный ресурс] / www.instrument-invest.com: сайт ООО «Инструмент-Инвест». 2009–2014. Режим доступа: [www.instrumentinvest.com/seco/15.pdf](http://www.instrumentinvest.com/seco/15.pdf) (дата обращения 30.05.2022).
7. Диагностика технических систем часть 1 [Электронный ресурс] 2013. URL: [https://stud.lms.tpu.ru/pluginfile.php/19655/mod\\_resource/content/](https://stud.lms.tpu.ru/pluginfile.php/19655/mod_resource/content/)[дата обращения: 30.05.2022].
8. Ивович В.А., Онищенко В.Я. Защита от вибраций в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.

9. Андреев В.Н., Боровский Г.В., Боровский В.Г., Григорьев С.Н. Инструмент для высокопроизводительного и экологически чистого резания. – М.: Машиностроение, 2010. – 479 с.

10. Вибрация в технике: Справочник в 6 т. Т. 6 / под ред. В.Н. Челомея. – М.: Машиностроение, 1978. – 456 с

11. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. – М.: Машиностроение, 1986. – 180 с.

12. СанПиН 2.2.2/2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [Электронный ресурс] / Консорциум Кодес. Электрон. Дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>.

13. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [Электронный ресурс] / Консорциум Кодес. Электрон. Дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071>.

14. ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ Вибрационная болезнь. Общие требования. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодес. Электрон. Дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200059881>.

15. ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности.» [Электронный ресурс] / Консорциум Кодес. Электрон. Дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606>.

16. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодес. Электрон. Дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054197>.

17. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодес. Электрон. Дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200161238>.

18. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодес. Электрон. Дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901702428>.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Simulation of dynamic processes during milling

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ01	Худойбердиев Хусейн Баходурович		

Консультант школы отделения (НОЦ) \_\_\_\_\_ (ШБИП ОИЯ) \_\_\_\_\_ :

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

### **3. DYNAMIC INVESTIGATION OF THE MILLING PROCESS IN THE SIMULINK ENVIRONMENT**

Mathematical modeling is designed to determine the optimal processing parameters, reduce vibration in the technological system, improve the quality of the machined surface and increase equipment productivity.

#### **3.1. Creation of a block diagram of a mathematical model**

To create a structural diagram of a mathematical model, the milling machine must be disassembled into its constituent elements. Since the machine is a device with a large number of elements, with different levels of fastening rigidity between them, it is possible to combine elements with the most rigid fastening among themselves, which will give a simpler scheme in which there will be no process dynamics and will be determined quite accurately.

#### **VERTICAL MILLING MACHINE:**

Again, the name vertical milling machine is pretty obvious when looking at the image above. Because the tool axis is vertical, it is better suited for end milling. There are several differences between horizontal and vertical milling machines. But the main components are still the same.

The machine head is at the end of the slider. A spindle for cutting tools is attached to the head. The layout of the table is identical to the horizontal milling machine, which makes it possible to move it in the same three directions.

Modern 5-axis vertical milling machines allow the part to be rotated for greater access and reduced turnaround times.

By automating all movements, you can improve accuracy, reduce lead times, and produce nearly identical batches of parts.

Advantages of vertical milling:

Significantly cheaper than horizontal milling machines with a price difference of up to 4-5 times;

Affordability, because more workshops can afford it;

Easier to use because the vertical mill provides a better view of what is actually happening;

More machinists who can deliver great results;

The machines are smaller, take up less space in the CNC machine shop.

**The vertical milling machine with a console consists of the following elements.**

Sled. Designed to move the table. Table.

Serves for fixing the workpiece.

Protective shield.

Protects the milling machine from the scattering of chips. Spindle. Transmits motion from the machine drive to the cutter.

It can be adjusted in height and angle of inclination in relation to the workpiece.

Milling grandma. Contains mechanisms of reverse and change of speed of rotation of a spindle. Creeper. Movable part of the milling head. Feeds the cutter in the vertical direction. Bed. The base of the machine, on which all components and mechanisms are placed. Casing. Protects console nodes from chips.

Cupboard. Used to house electrical equipment.

For the first element of the system, we take the workpiece to be processed (1); The second element is the fixture on which the workpiece is fixed (2); 3- machine table; 4 - the main mass of the machine; 5 - spindle; 6 - cutter

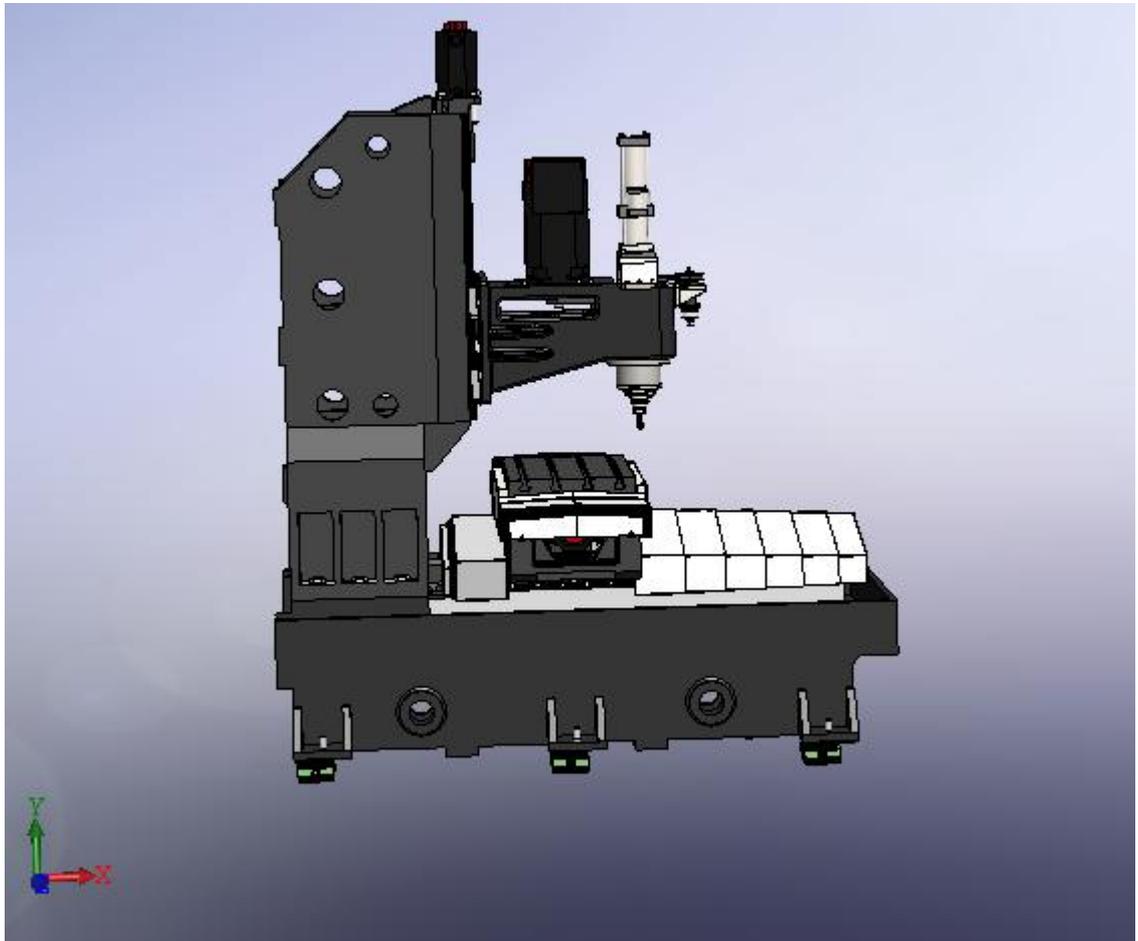
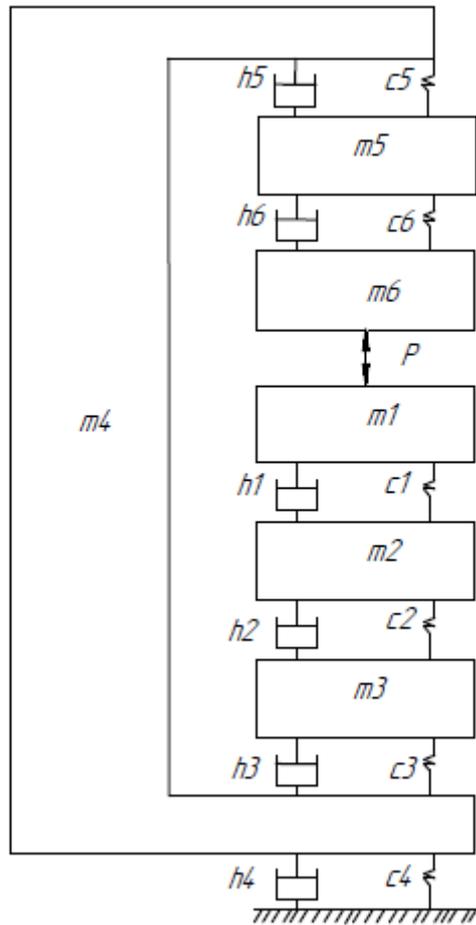


Fig 3.1. Vertical milling machine

When compiling a mathematical model, each element is given a mass, and a conditional spring is placed between the elements, characterizing the elasticity between the elements, and a conditional damper, characterizing the loss of dynamics between the elements. The force that sets the system in motion is called the shear force.

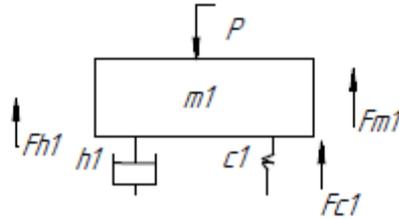


### 1.1. Balance of power

To compile a correct mathematical model of a technological system, it is necessary to determine the direction of the forces that set each element of the mathematical model in motion.

The first body (workpiece) is set in motion by an external cutting force  $P$ , the body is set in motion, in connection with which there is an inertial force  $F_{m1}$ . As a result of interaction with body 2, elastic deformations occur, which

characterize the force  $F_{c1}$  with the coefficient of elasticity  $c_1$ , and losses of motion dynamics also occur, which characterize the force  $F_{h1}$ , with the damping coefficient  $h_1$ .

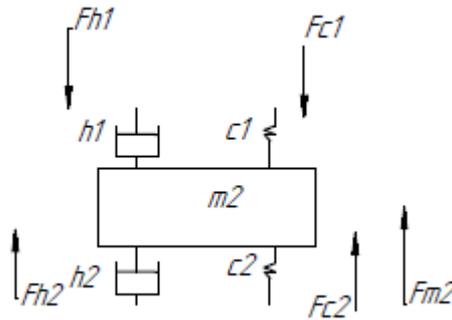


The equilibrium conditions for the first body are characterized by formula 3.1. Since the elastic forces arise between the first and second bodies, their displacement velocities are subtracted. Also in damping force, speeds are subtracted for the same reason.

$$P - F_{c_1} - F_{h_1} - F_{m_1} = 0$$

$$P - c_1(x_1 - x_2) - h_1(V_1 - V_2) - m_1 a_1 = 0$$

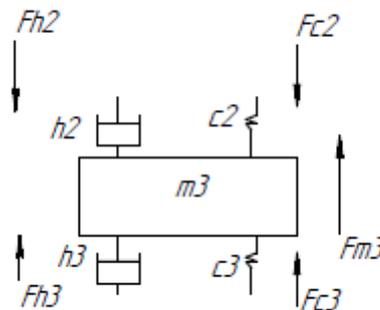
Forces  $F_{h1}$  and  $F_{c1}$  act on the second body (adaptation), as in the first body, the inertia force of the second body  $F_{m2}$ , the elastic force and the damping force between the second and third bodies  $F_{c2}$  and  $F_{h2}$  arise.



$$F_{c_1} + F_{h_1} - F_{m_2} - F_{c_2} - F_{h_2} = 0$$

$$c_1(x_1 - x_2) + h_1(V_1 - V_2) - m_2 a_2 - c_2(x_2 - x_3) - h_2(V_2 - V_3) = 0$$

The forces  $F_{h_2}$  and  $F_{c_2}$  act on the third body (table), the inertia force of the third body  $F_{m_3}$ , the elastic force and the damping force between the third and quarter bodies  $F_{c_3}$  and  $F_{h_3}$  arise.

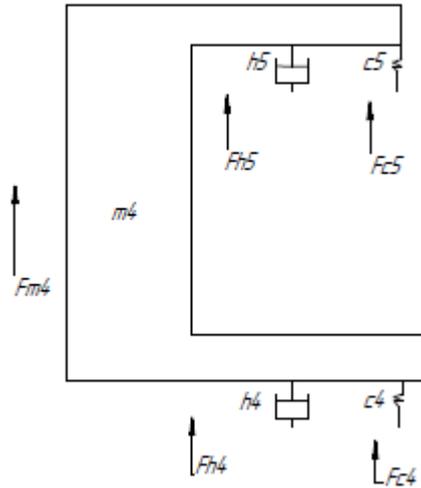


$$F_{c_2} + F_{h_2} - F_{m_3} - F_{c_3} - F_{h_3} = 0$$

$$c_2(x_2 - x_3) + h_2(V_2 - V_3) - m_3 a_3 - c_3(x_3 - x_4) - h_3(V_3 - V_4) = 0$$

Forces  $F_{h_3}$  and  $F_{c_3}$  act on the fourth body (the main mass of the machine), there is an inertia force of the fourth body  $F_{m_4}$ , an elastic force and a damping force between the fourth body and a conditionally absolutely rigid base  $F_{c_4}$  and

Fh4, as well as an elastic force and damping force between the third and quarter bodies Fc3 and Fh3.

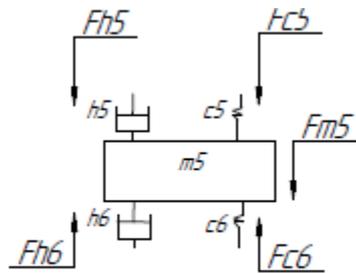


$$F_{c_3} + F_{h_3} - F_{m_4} - F_{c_4} - F_{h_5} - F_{c_5} - F_{h_5} = 0$$

$$c_3(x_3 - x_4) + h_2(V_3 - V_4) - m_4 a_4 - c_4 x_4 - h_4 V_4 - c_5(x_4 - x_5) -$$

$$h_5(V_4 - V_5) = 0$$

Forces Fh5 and Fc5 act on the fifth body (spindle), the inertia force of the fifth body Fm5, the elastic force and the damping force between the fifth body and the sixth body Fc6 and Fh6 arise.



$$F_{c_5} + F_{h_6} - F_{m_5} - F_{c_6} - F_{h_6} = 0$$

$$c_5(x_4 - x_5) + h_5(V_4 - V_5) - m_5 a_5 - c_6(x_5 - x_6) - h_6(V_5 - V_6) = 0$$

## 1.2. Selection of parameters

To compile a correct mathematical model of milling, it is necessary to select parameters that are as close to reality as possible. The disturbing force  $P$  is calculated according to the harmonic law

$$P = A * \sin (\omega * t)$$

Where:  $A$  is the amplitude of the disturbing force equal to the value of the eccentricity of the eccentric shaft, (mm);

$\omega$  - angular frequency (frequency), rad/s (Hz);

$t$  - time, (s);

The assumption about the harmonic law of the action of the cutting force is accepted in this work from the consideration of identifying the response of the TS elements to such an impact, as well as the fact that the waveform  $F(t)$  during spectral transformation will have a fundamental harmonic at the specified frequency  $\omega$ .

Body masses are selected as close as possible to reality, stiffness coefficients and damping coefficients empirically. Changes will be subject to the values a

Table 1.1.

Weight, kg	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	
	15	20	50	100	150	
Stiffness factor 106 H/m	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	
	100	80	90	300	15	
Damping factor H*s/m	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	
	80	100	300	100	80	

3.4. Drawing up a mathematical model in the MATLAB Simulink environment

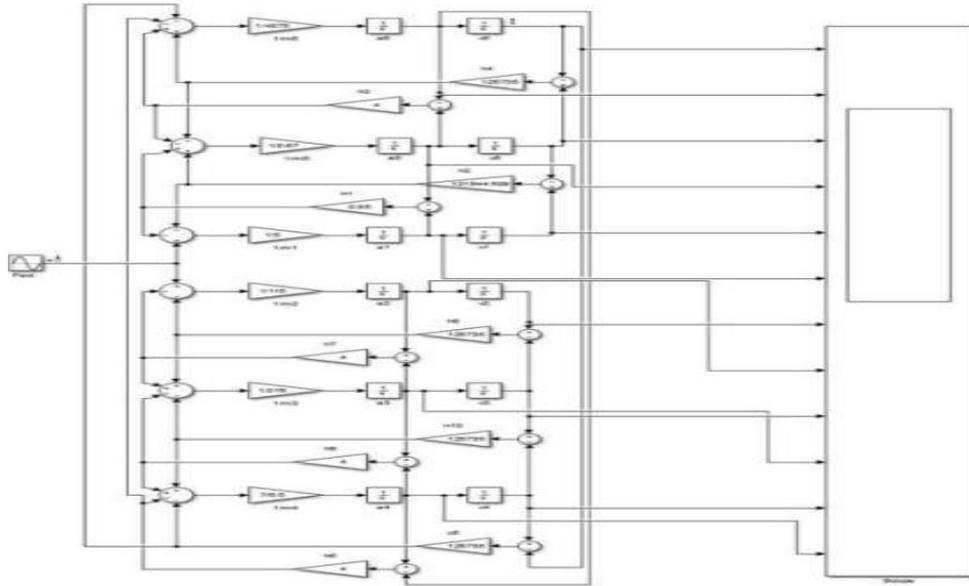


Figure 3.8 - Structural diagram of the mathematical model in Simulink

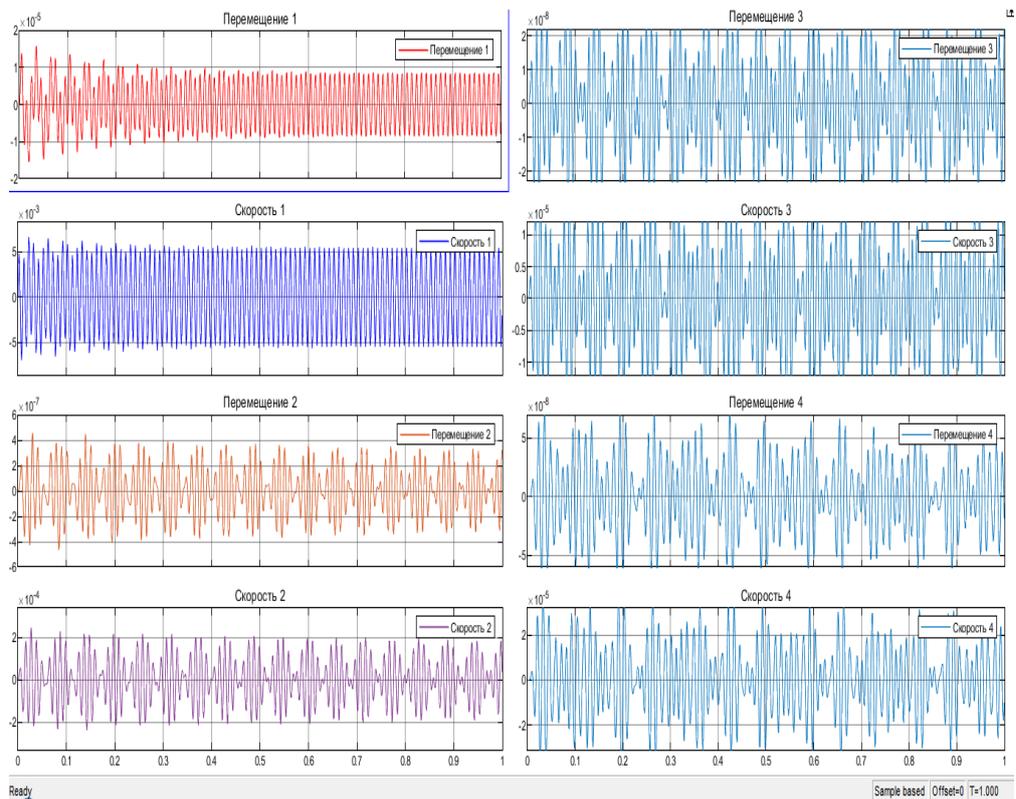


Figure 3.9. Travel and speed curves vertical milling

### 3.5. Amplitude-phase frequency characteristics

To build the amplitude-phase frequency characteristics in the Matlab Simulink environment, it is necessary to find the transfer function of a dynamic single-mass system as follows:

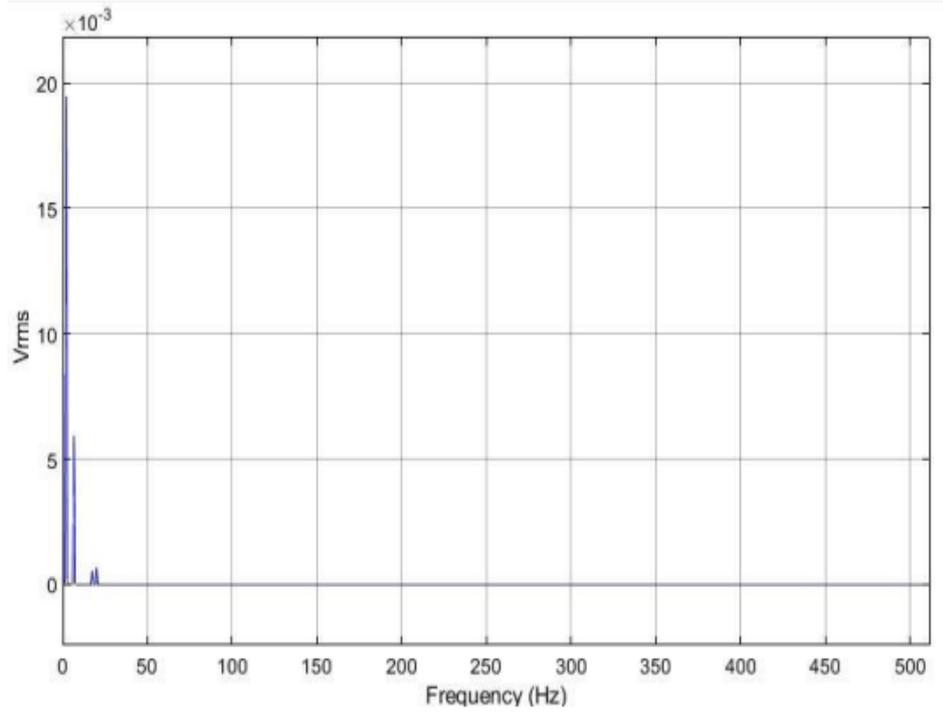


Figure 3.10. Spectral characteristics of the movement of the first body (workpiece)

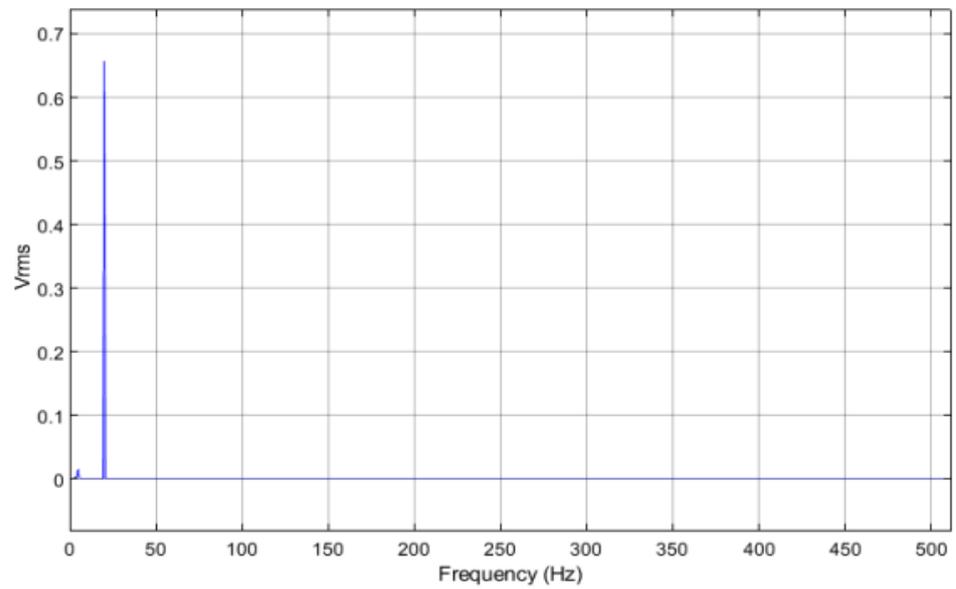


Figure 3.11. Spectral characteristics of the movement of the sixth body (cutter)

Spectral analysis showed the frequency of external oscillations of the system. When the frequency of external oscillations of the system coincides with natural frequencies, a resonance occurs, which significantly increases the level of vibration in the system. This leads to a deterioration in the quality of the machined surface and shortens the life of the equipment. Graphs of the movement and speed of the body of the system show that the system is working correctly. And with these parameters, stable processing occurs.