

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

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Моделирование динамических процессов при фрезеровании

УДК 621.914:531.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Гудеев Иван Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гаврилин Алексей Николаевич	кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 Конструкторско- технологическое обеспечение машиностроительных производств	Мартюшев Никита Владимирович	кандидат технических наук		

Томск – 2021 г.

Запланированные результаты обучения по программе

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

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

	7. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Математическая модель. 2. Графики динамического исследования. 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 4. Социальная ответственность.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор и исследовательская часть	Гаврилин А.Н. к.т.н., доцент ОМ
Финансовый менеджмент	Спицына Л.Ю., к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Сечин А.А., к.т.н., доцент
Иностранный язык	Миронова В.Е., к.ф.н., старший преподаватель ОИЯ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор существующих решений; теоретический анализ; принципиальная схема системы; математическое моделирование системы.	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Гаврилин Алексей Николаевич	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Гудеев Иван Михайлович		

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

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
 Уровень образования магистр
 Отделение школы (НОЦ) материаловедения
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Гаврилин Алексей Николаевич	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»	Мартюшев Никита Владимирович	кандидат технических наук		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Гудееву Ивану Михайловичу

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

Тема ВКР:

Моделирование динамических процессов при фрезеровании	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Объект исследования: участок цеха по фрезерованию заготовок с оборудованием находящееся в нем.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<ul style="list-style-type: none"> - Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ; - Федеральный закон «Об основах охраны труда в РФ»; - Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве»; - Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; - Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»; - Федеральный закон «О пожарной безопасности». - гигиенические требования по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; - размещение рабочего места по ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ; - ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. - СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение - ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. - ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. - ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> - повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; - отклонение показателей микроклимата; - повышенный уровень шума; - повышенный уровень вибраций - недостаточная освещенность рабочей зоны; - повышенный уровень вибрации; - эмоциональные нагрузки; - отлетающие кусочки металла, абразивного материала;

	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования и т.п.; - электрический ток. <p>Обоснование мероприятий по снижению воздействия.</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>Влияние деятельности на литосферу, атмосферу и гидросферу: Токсичные выбросы, неразлагающийся мусор.</p> <p>Способы утилизации отходов</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) природная – сильные морозы зимой; 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Гудеев Иван Михайлович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Гудееву Ивану Михайловичу

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 2000000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 600000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 0,5 баллов из 1.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Предпроектный анализ</i>	<i>Потенциальные потребители результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ</i>
2. <i>Инициация проекта</i>	<i>Цели и результат проекта Инициация проекта Цели и результат проекта Организационная структура проекта Ограничения и допущения проекта</i>
1. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>
2. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение финансового и научно-технического эффекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НИИ</i>
2. <i>Сегментирование рынка</i>
3. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
4. <i>Матрица SWOT</i>
5. <i>График проведения и бюджет НИИ</i>
6. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Гудеев Иван Михайлович		

РЕФЕРАТ

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

Ключевые слова: фрезерование, динамические процессы, механообработка.

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.

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

СПИД — технологическая система «станок — приспособление — инструмент — деталь».

SWOT-анализ – S - сильные стороны, W - слабые стороны, O - возможности, T - угрозы.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

ГОСТ 30494 – 2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

СНиП 23 – 05 – 95. «Естественное и искусственное освещение».

ГОСТ 12.0.002 – 2014. «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».

ГОСТ 12.1.019 – 2017 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. «Пожарная безопаснос

Оглавление

РЕФЕРАТ	11
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	12
ВВЕДЕНИЕ.....	16
1. ОБЗОР МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ .	17
1.1. Способ определения жесткости узла станка.	17
1.2. Способ диагностики шпиндельного узла.	19
1.3. Прибор для диагностики радиальной динамической жесткости шпиндельных узлов металлорежущих станков.	20
1.4. Способ диагностирования относительного положения и жесткости инструментальной оснастки в расточных операциях по показателям точности обработанных деталей.	22
1.5. Способ определения жесткости технологической системы круглошлифовального станка с ЧПУ.....	24
2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ ПРИ ФРЕЗИРОВАНИИ.....	27
3. ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK.....	35
3.1. Создание структурной схемы математической модели.....	35
3.2. Расстановка сил.....	38
3.3. Подбор параметров.....	42
3.4. Составление математической модели в среде MATLAB Simulink.....	43
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	49
4.1 Производственная безопасность.....	50
4.2. Анализ выявленных вредных факторов.....	51
4.3. Экологическая безопасность.....	57
4.4. Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС).....	58
4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	60
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	66
5.1. Предпроектный анализ.....	67

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	67
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	69
5.1.3. SWOT-анализ	71
5.2. Инициация проекта	72
5.3. Планирование научно-исследовательских работ	75
5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	75
5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	77
5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования	79
5.3.4. Бюджет научного исследования	82
5.4. Определение ресурсоэффективности научного исследования	88
Выводы	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
ПРИЛОЖЕНИЕ А	96

ВВЕДЕНИЕ

Исследование динамических процессов является актуальной задачей современности. Процесс фрезерования является сложным процессом, протекающим при высоких скоростях, температурах и давлениях, действующих на фрезу и как следствие на систему «станок приспособление инструмент деталь» (СПИД). Качество обработки материала можно повысить при помощи конструкционных и технологических методов. Наиболее экономически выгодный метод является можно считать технологический метод оптимизации параметров резания. Изучение динамики позволяет определить резонансные частоты и предотвратить повышение уровня вибрации в системе. Научная и практическая новизна заключается в том, что, для решения данной проблемы применяются современные технологии, а именно составление математической модели фрезерования. Данная модель позволит вычислить оптимальные режимы обработки материала, что позволит повысить качество обработки, а также положительно скажется на производительности станка и его долговечности, так как высокий уровень вибрации крайне негативно сказывается на данных параметрах.

1. ОБЗОР МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо провести обзор средств и методов диагностики технологических систем. Целью диагностики технологических систем является возможность контролировать уровень вибрации, что сказывается на производительность, эффективность, качество поверхности и т.д. Эти параметры требуют поддержания постоянных условий или регулирования процесса. Такие параметры включают зазор, концентрацию продукта эрозии в зазоре, температуру рабочей жидкости и ее расход.

Выбор оборудования для оперативной диагностики процесса резания зависит в основном от следующих факторов: информативность, простота и надежность установки на станке. В настоящее время наиболее распространенными диагностическими методами являются, методы определения радиальной статической и динамической жесткости несущих элементов металлорежущих станков.

Современные методы определения жесткости делятся на два основных типа:

- Статический;
- Динамический.

1.1. Способ определения жесткости узла станка.

Сущность способа заключается в измерении перемещения в радиальном направлении, в процессе которого, усилие увеличивается плавно до максимально возможного отклонения. После максимального нагружения усилие постепенно снижается до нулевого значения с остаточной упругой деформацией суппорта.

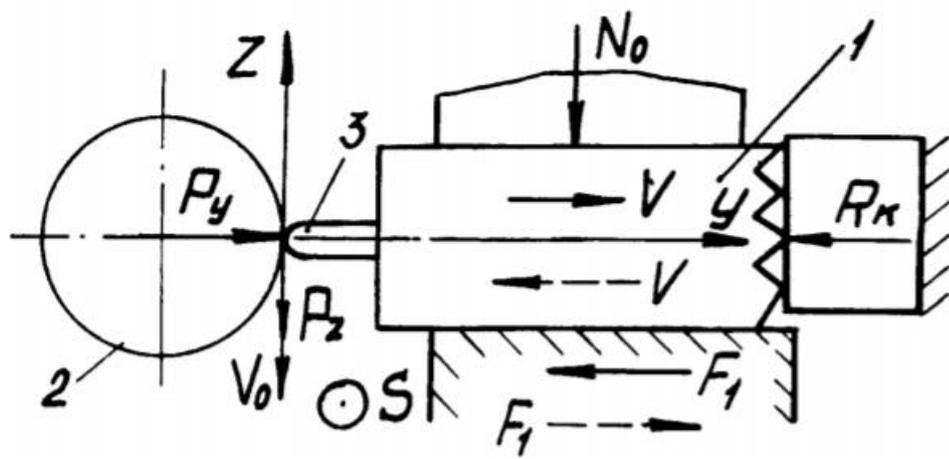


Рисунок 1.1. Способ определения жесткости узла станка

При приложении на станок определенной нагрузки происходят упругая деформация. Фиксируя данную деформацию относительно прямой проходящей от точки приложения нагрузки и параллельной оси x , можно определить жесткость узла станка как отношение силы к перемещению (Рис. 1.2.).

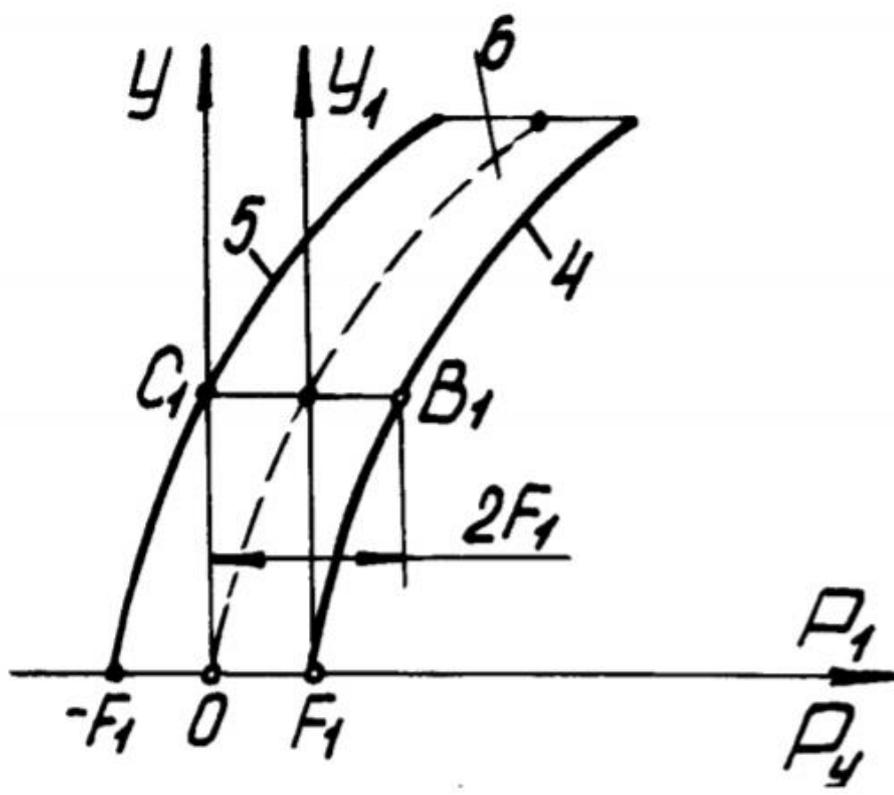


Рисунок 1.2. Способ определения жесткости узла станка

Представленный метод обладает и рядом недостатков:

Статическое нагружение, не дает полной характеристики процессов, происходящих в технологической системе;

Процесс проведения исследования занимает большое количество времени;

Низкая точность нагружения узлов;

Необходимость проведения отдельного исследования для каждого узла технологической системы.

1.2. Способ диагностики шпиндельного узла.

Сущность способа заключается в следующем: выбирается режим испытания станка, затем выполняется обработка центральной части специальной оправки резцом. Датчики перемещения расположены в поперечных сечениях оправки. Сигнал поступает в усилительно- преобразующую аппаратуру и в адаптированное программное обеспечение на персональном компьютере. В интерфейсе программы строится траектория оси специальной оправки в двух сечениях. Во время движения режущая кромка резца описывает на поверхности специальной оправки кривую. Полученная кривая формирует "геометрический образ" обработанного сегмента. Программное обеспечение производит построение "геометрического образа" на экране. По построенному образу определяются параметры точности обработанной оправки. Система работы представлена на рисунке 1.3.

Существенными недостатками данного устройства являются:

Нагружение в радиальном направлении;

Сложность установки;

Высокая трудоемкость.

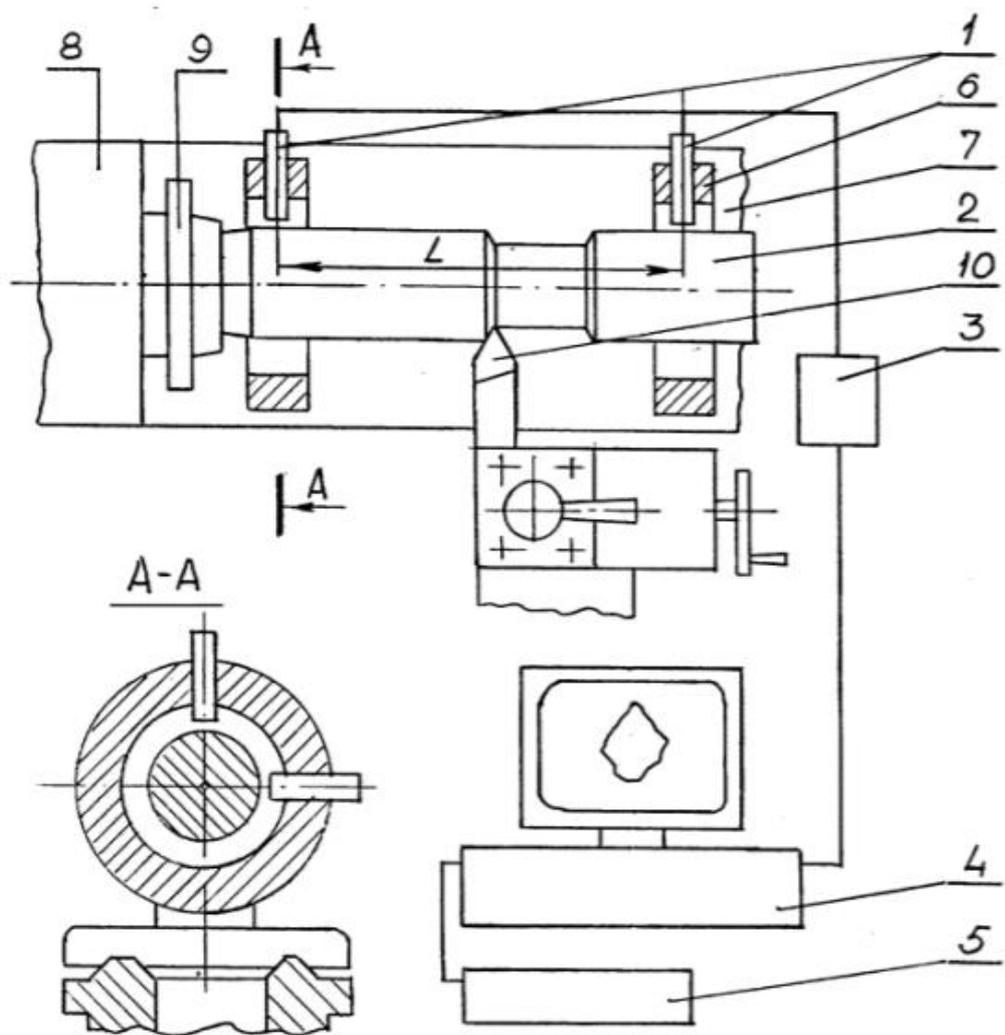


Рисунок 1.3. Способ диагностики шпиндельного узла

1.3. Прибор для диагностики радиальной динамической жесткости шпиндельных узлов металлорежущих станков.

Жёсткость шпиндельных узлов станка можно определить с помощью прибора, состоящего из специальной оправки, к которой прикладывается нагрузка от пневмоцилиндра через подушку, между подушкой и оправкой возникает аэростатическая сила.

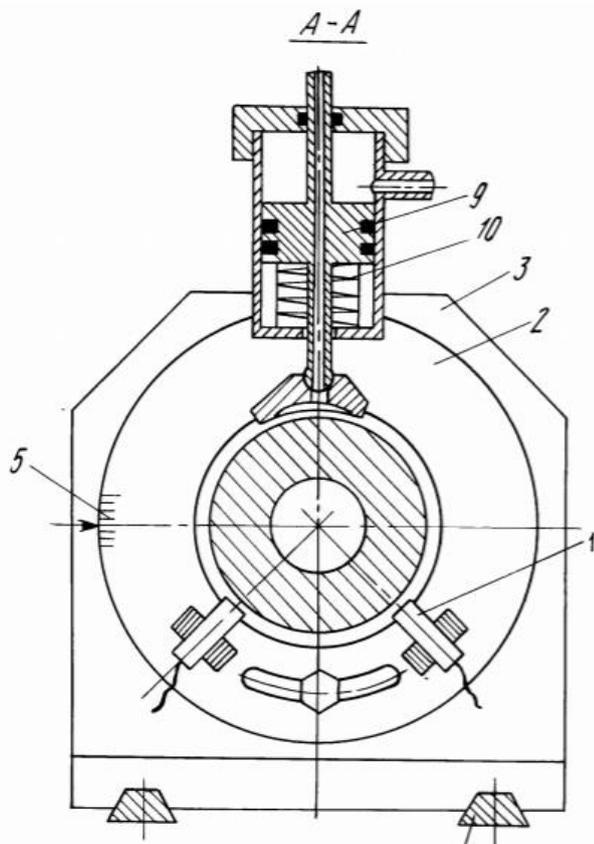
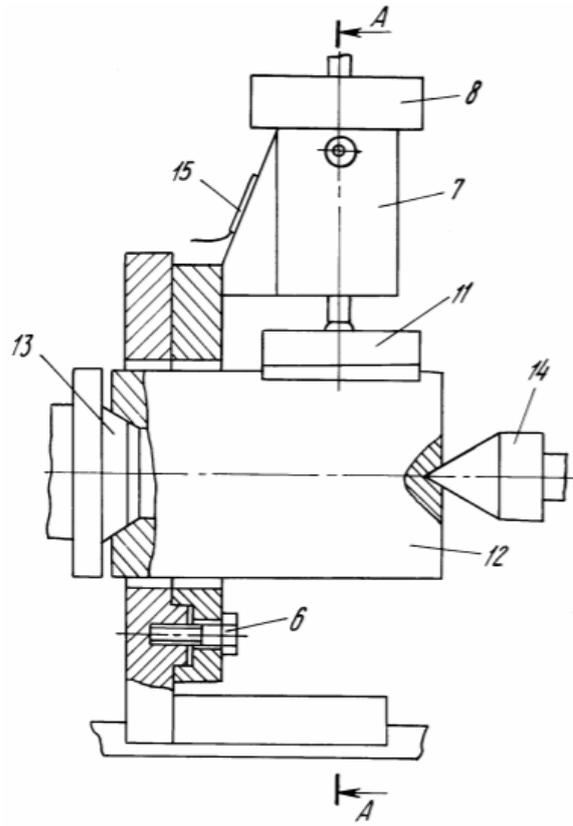


Рисунок 1.4. Устройство для определения радиальной динамической жесткости шпиндельных узлов металлорежущих станков.

Существенными недостатками данного устройства являются:

- Большой размер устройства;
- Необходимость наличия пневмосистемы в цеху;
- Сложность установки;

1.4. Способ диагностирования относительного положения и жесткости инструментальной оснастки в расточных операциях по показателям точности обработанных деталей.

Сущность способа. Перед началом обработки измеряется поперечное сечение и значения биения заготовки, а также, размер и профиль обрабатываемой и базовой поверхностей заготовки. Далее, заготовка обрабатывается, измеряется профиль в двух поперечных сечениях. При закрепленной заготовке фиксируется положение точек измерения относительно зажимных элементов технологической системы. После обработки поверхность измеряют строго в изначальных точках. Благодаря полученным результатам измерения можно определить положение оси вращения инструмента относительно оси зажимных элементов станка, сравнивая геометрию уже обработанной поверхности с начальной, учитывая радиальные составляющие силы. Таким образом, определяется жесткость инструментальной оснастки. Схемы расстановки точек замера представлены на рисунках 1.5. – 1.7.

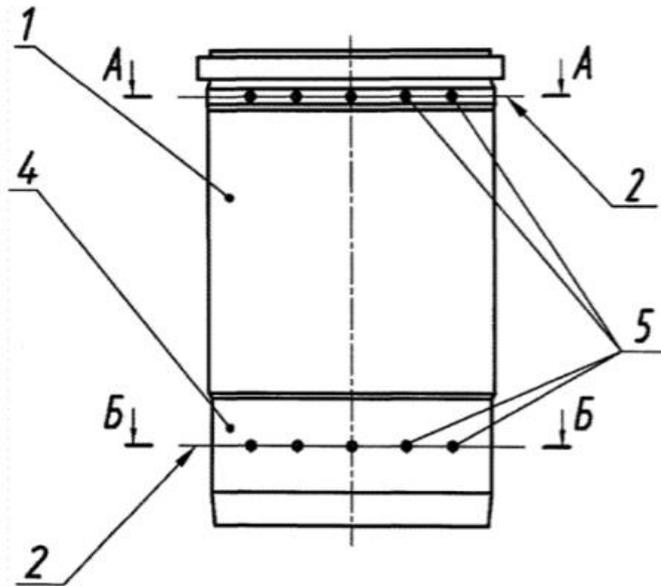


Рисунок 1.5. Схема разметки заготовки.

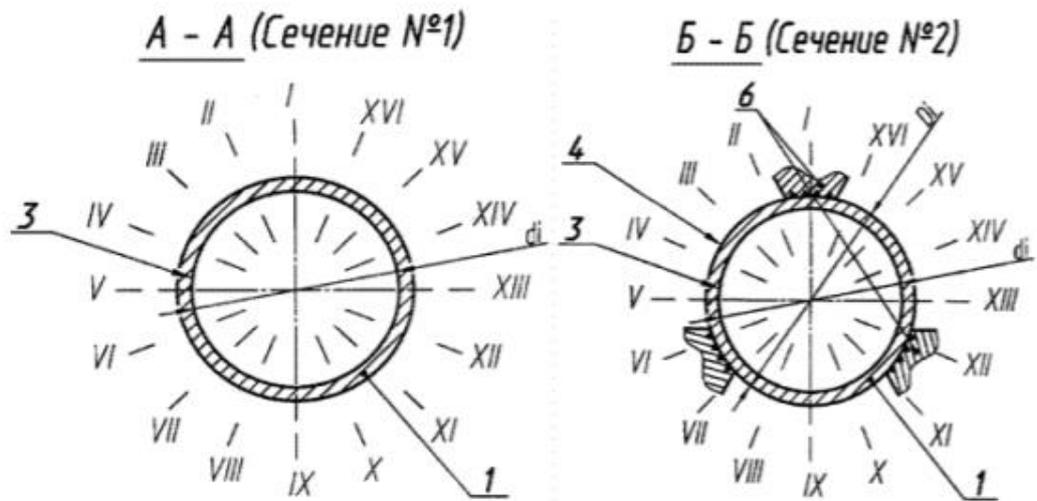


Рисунок 1.6. Разрез А-А и Разрез Б-Б.

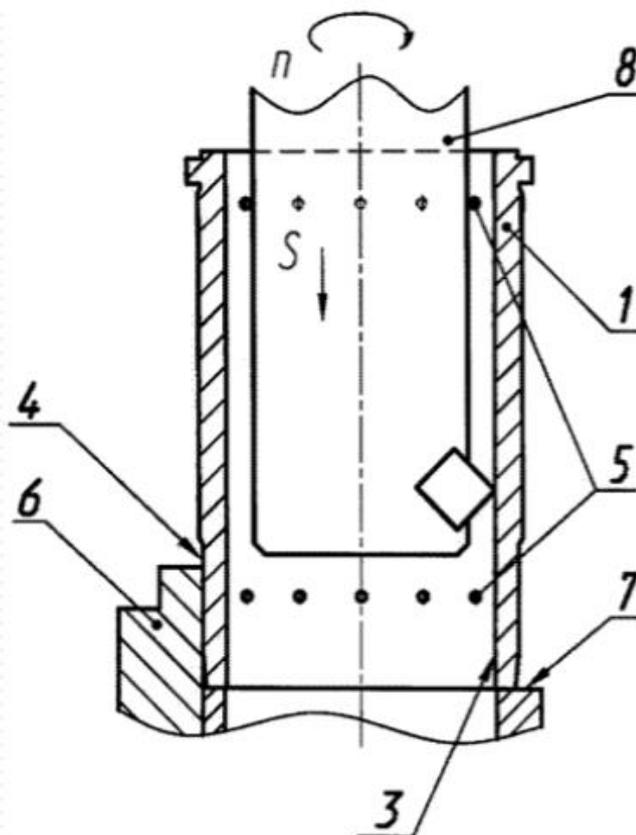


Рисунок 1.7. Схема обработки заготовки на расточной операции.

Существенными недостатками данного устройства являются:

Нагружение в радиальном направлении;

Сложность установки;

Высокая трудоемкость.

1.5. Способ определения жесткости технологической системы круглошлифовального станка с ЧПУ.

Сущность способа. Заготовку измеряют в процессе обработки при помощи прибором активного контроля диаметра, сигнал которого поступает в контроллер и при помощи аналогово-цифрового преобразователя определяется фактический удаляемый припуск. Жесткость технологической системы, в свою очередь, определяется на основании рассчитываемого значения радиальной составляющей силы резания и разности между рассчитываемым и фактическим припусками по формуле:

Где: I_{ϕ} - жесткость технологической системы, Н/м;

R_y - рассчитываемое значение радиальной силы резания, Н; Π_p - рассчитываемый припуск;

Π_{ϕ} - фактический припуск.

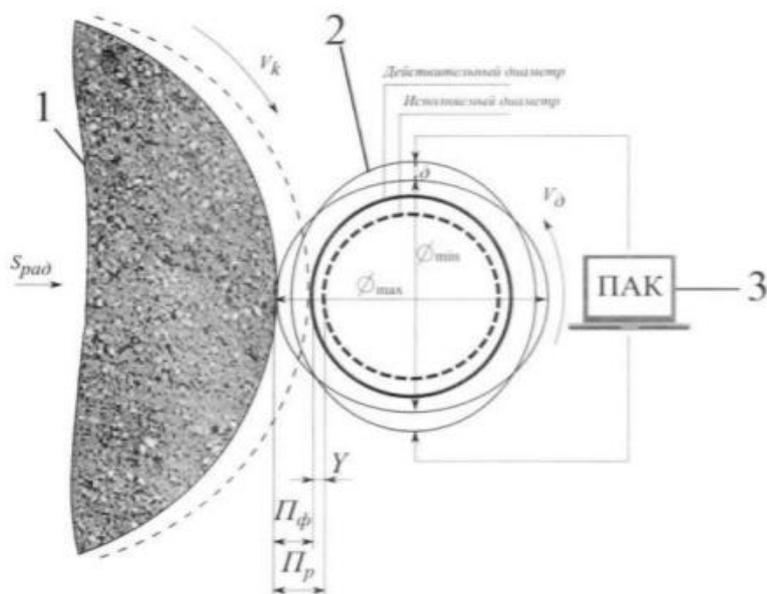


Рисунок 1.8. Способ определения жесткости технологической системы круглошлифовального станка с ЧПУ.

Существенными недостатками данного устройства являются:

Разная прочность шлифовального круга;

Дорогостоящее оборудование;

Высокая трудоемкость;

Исходя из проведенного обзорного исследования, можно сделать следующий вывод: существующие методы сложны в применении, трудоемки, затратны с финансовой и ресурсной сторон, кроме того, они не учитывают наличие трех технологических осей, что приводит к высокой погрешности проводимых исследований

2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ ПРИ ФРЕЗИРОВАНИИ

В ходе выпускной квалификационной работы был выполнен обзор методов снижения уровня вибрации в технологической системе. Существующие на данный момент методы снижения вибрации можно разделить на технологические методы и конструкционные.

К технологическим методам можно отнести методы, заключающиеся в изменениях режимов резания станка, таких как скорость резания, подача и глубина резания. Также технологическим изменения углов резания путём изменения геометрических параметров инструмента.

Суть конструкторских методов заключается в том, что достижение снижения уровня вибрации происходит путем изменений конструкции станка.

Конструкционные методы можно разделить:

1. Методы, при которых повышается жесткость всех элементов системы станок-инструмент-деталь. При это повышается частота колебаний системы, что приводит к естественному снижению амплитуды колебания

2. Методы, при которых происходит рассеивание энергии колебаний системы, за счет применения всевозможных виброгасителей.

3. Антивибрационный монтаж станков и применение виброизоляции

При механообработке следует применять режимы, которые исключают получение широких тонких стружек. При большой глубине резания целесообразно увеличить число проходов, обеспечивая требуемую производительность путем повышения подачи, что способствует снижению интенсивности вибраций.[1] В большинстве случаев скоростная обработка является надежным средством устранения вибраций, при этом обеспечиваются высокие производительность и класс чистоты обработанной поверхности. При выборе геометрических параметров инструмента главный угол в плане ϕ должен

быть возможно большим; в системах малой жесткости $\phi=70-90^\circ$, вспомогательный угол в плане ϕ необходимо выбирать также наибольшим. Детали следует обрабатывать инструментом с положительными передними углами; отрицательные передние углы способствуют неустойчивому процессу резания. Для повышения стойкости режущего инструмента при положительных передних углах необходимо применять инструмент с фаской, а задний угол, а устанавливать по возможности наименьшим, но таким, чтобы не было повышенного трения задней поверхности резца об обработанную поверхность. Небольшое притупление режущей кромки способствует устойчивому режиму резания.

Повышение жесткости системы СПИД является одним из основных средств устранения вибраций, Жесткость шпинделя возрастает при сокращении консольного вылета, увеличении диаметра шпинделя, установке третьей опоры, изготовлении шпинделя из чугуна, применении подшипников качения с предварительным натягом, увеличении длины подшипников скольжения, обеспечении удобной регулировки подшипников.[2]

Вибрации устраняются при повышении силы зажима детали, устранении зазоров в подвижных частях станка, например, в гайках ходовых винтов. Предварительный натяг, создаваемый при сборке, должен быть таким, чтобы после приложения нагрузки в неподвижном стыке создавалось напряжение сжатия в пределах $15-20 \text{ кг/мм}^2$; в подвижных соединениях напряжение сжатия должно быть $- 2 \text{ кг/см}^2$.[3]

Безвибрационная работа обеспечивается также при высоком классе чистоты сопряженных поверхностей в неподвижных и подвижных стыках, жестком закреплении станка на фундаменте.

Создание в системе нерезонансных условий обработки должно обеспечиваться путем:

- а) повышения жесткости крепления инструмента в шпиндель;

б) повышения жесткости крепления детали на столе;

Путем рационального направления результирующей силы резания можно изменить направление нагружения упругой системы СПИД, в частности, суппорта так, чтобы его жесткость получалась наибольшей, и этим обеспечить устойчивый процесс резания.

Для изготовления технологической оснастки рекомендуется использовать материалы, обладающие повышенной демпфирующей способностью или большим модулем упругости; такими материалами является чугун, твердый сплав, пластмассы.[2]

С увеличением твердости обрабатываемого материала интенсивность вибраций уменьшается. Поэтому в некоторых случаях при обработке материалов невысокой твердости рекомендуется последнюю несколько увеличивать. Резкое уменьшение интенсивности вибраций при резании наблюдается при увеличении предела прочности обрабатываемого материала до 25 кг/мм^2 , дальнейшее увеличение предела прочности до 70 кг/мм^2 , заметных изменений в интенсивности вибраций не вызывает.[1] Рост относительного удлинения или сужения обрабатываемых материалов способствует увеличению интенсивности вибраций. Вязкие материалы более склонны к вибрациям, чем хрупкие.

Введение в материал режущего инструмента алюминия, ванадия, хрома, тантала, циркония, ниобия и молибдена уменьшает диффузию между трущимися поверхностями инструмента и обрабатываемой детали и способствует уменьшению сил трения, в результате чего интенсивность вибраций значительно снижается (по данным Н. Ф. Қазакова). Метод уменьшения колеблющихся масс повышает частоту вибраций и снижает амплитуду колебаний. Этот метод является универсальным, его рекомендуется применять в тех случаях, когда это уменьшение не влечет за собой снижения жесткости или другого невыгодного изменения характеристик системы СПИД.

Наиболее эффективное влияние на повышение виброустойчивости системы инструмент-деталь при резании с очень малыми толщинами срезаемого слоя (до 0,04 мм) оказывают смазочно-охлаждающие жидкости. При резании с толщиной среза больше 0,04 мм эффект снижения интенсивности вибрации от применения жидкостей уменьшается. Жидкостями, обладающими хорошими смазочными свойствами и уменьшающими силы резания, а также вибрации детали и инструмента, являются: 10 %-ная эмульсия из эмульсола; легкое минеральное масло; сульфифрезол, представляющий соединение серной основы с легким минеральным маслом; сульфифрезол с добавлением растительного жира до 10%.

Применение при обработке металлов резанием различных виброгасящих средств и устройств повышает стойкость резцов в 1,5- 2 раза. Для устранения вибраций резца малой интенсивности следует пользоваться различными демпфирующими прокладками из чугуна, меди, плотного картона, фольги и других материалов, имеющих значительный коэффициент демпфирования; демпфирующие прокладки устанавливают на кулачки патрона.

При обработке тонкостенных деталей всегда возникают вибрации, они устраняются при применении резиновых колец, жгутов толщиной 6-8 мм или специальных обхватывающих поясов из демпфирующих материалов (фетр, кожа, резина и т. д.), туго надеваемых на обрабатываемые детали; при наружном точении таких же тонкостенных деталей с помощью деревянных или резиновых пробок, вставляемых в цилиндр. Разжимное приспособление, выполненное в виде двух полуколец из стали, чугуна или дюралюминия, показано на рис. 57; рекомендуемая жесткость пружин $J=100\text{---}150$ кг/мм; ход пружин 20-30 мм; наружный диаметр разжимного приспособления должен соответствовать внутреннему диаметру обрабатываемой детали; высота приспособления должна быть не менее $1/3$ высоты обрабатываемой поверхности детали.

Низкочастотные вибрации детали по предложению Д. И. Рыжкова устраняются с помощью подвижного люнета. Вместо кулачка в корпус вставляют стальную оправку длиной 200 мм, на которую надевают груз массой 5 -6 кг. При возникновении вибраций вала оправка с грузом, обладая значительной массой, Рис. 57. Разжимное приспособление: начинает ударяться о вал, что приводит полукольцо; 2 - шпиль- к рассеянию энергии; кроме того, часть ка; пружина энергии расходуется на трение кулачков о вал.

Динамический виброгаситель для устранения высокочастотных вибраций имеет винт и накладку. Сечение накладки должно быть не меньше сечения инструмента, т. е. чтобы частота собственных колебаний и жесткость закрепленного динамического виброгасителя были равны или выше частоты собственных колебаний и жесткости закрепленного инструмента. Резцовую накладку устанавливают на инструмент и устанавливают вместе с инструментом. При вибрациях инструмент и накладка соударяются, в результате чего вибрации гасятся. Накладка может быть: выполнена в виде пластинчатой пружины, на одном конце которой крепится демпфирующий стальной шарик. Другим концом пластина крепится вместе с инструментом. Виброгаситель настраивается путем изменения вылета пружины, в результате чего жесткость и собственная частота колебаний шарика также меняются.

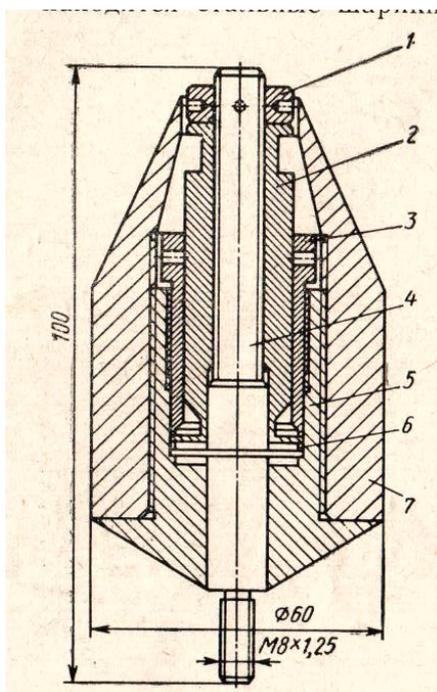


Рисунок 2.1. Динамический виброгаситель ударного действия:

Динамический виброгаситель ударного действия (рис. 2.1.). Стержень 4 имеет мембрану, которая может устанавливаться с зазором или с защемлением края гайкой 3. Зазор можно регулировать с помощью гайки 2. На корпусе 5 нарезана резьба для установки гаек 7. Стержень 4 ввернут в вибрирующее звено.

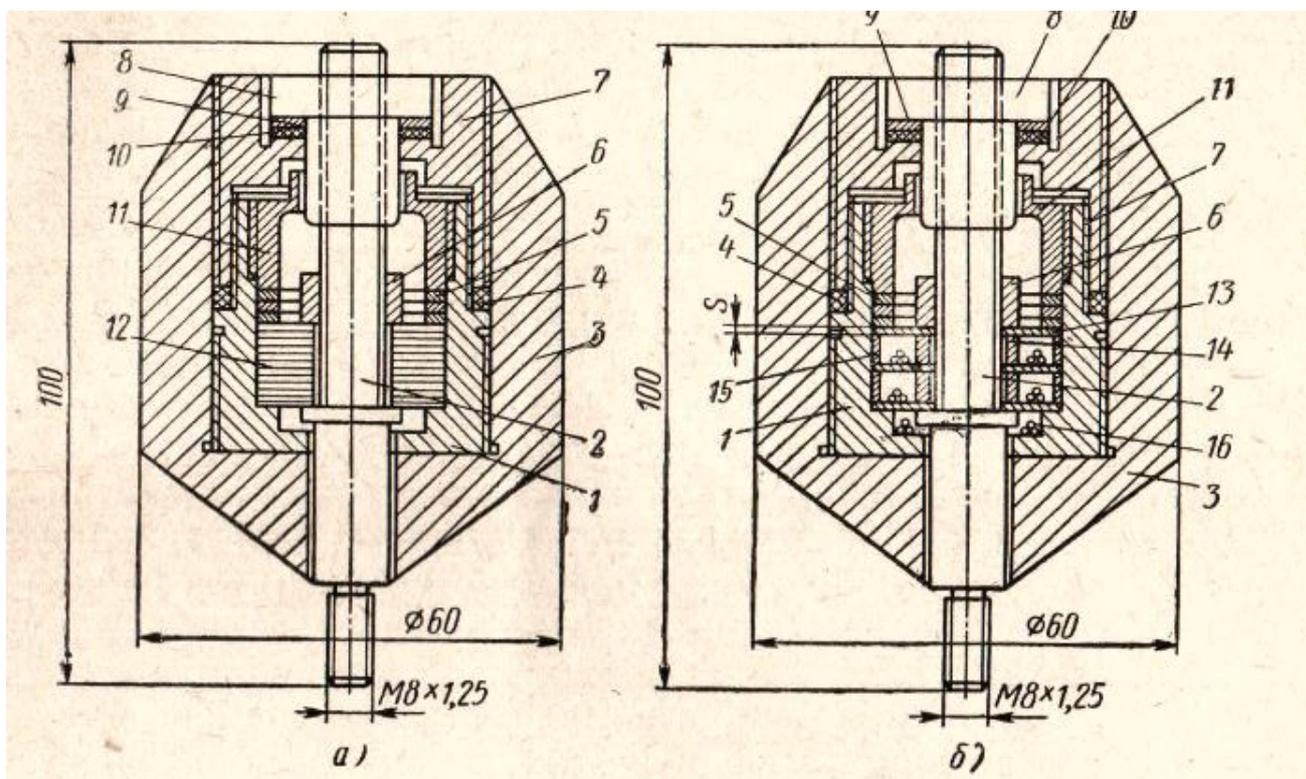


Рисунок 2.2. Динамические виброгасители:

а- мембранного типа; б - пластинчатого типа

Динамические виброгасителя мембранного и пластинчатого типов (рис. 2.2) к деталям 2, 6, 8-10, подвергающимся действию периодической возмущающей силы, присоединяются дополнительные детали 1, 3, 5, 7, 11, оказывающие демпфирующее действие, причем собственная частота колебаний присоединенных деталей подбирается равной частоте возмущающей силы, Под действием возмущающей силы присоединенные детали вибрируют, при этом их вибрации сдвигаются по фазе на 180° относительно возмущающей силы. В этом случае на детали 2, 6, 8-10 воздействует сила, равная абсолютной величине и противоположная по знаку возмущающей силе.

Динамический виброгаситель мембранного (рис 2.2 а). На стержне 2 через набор пластин 12 монтируют корпус 1, гайки 11 и гайки 7. Набор пластин крепится гайкой 6. Вся конструкция после сборки поджимается через демпфирующую шайбу 9 гайкой 8.

Вторая конструкция виброгасителя с уменьшенной жесткостью упругого звена (демпфирующих пластин) (рис. 2.2 Б). Для рассеяния энергии на пластины по периметру могут быть насыпаны стальные шарики. Рассматриваемые виброгасители, кроме мембран, имеют несколько резьбовых соединений, и поэтому они служат комбинированными поглотителями вибраций.

Жесткость виброгасителя определяют экспериментально путем подбора жесткости тарельчатых и пластинчатых пружин, а жесткость оправки - расчетным путем по зависимостям сопротивления материалов.

Динамический виброгаситель сейсмического типа с разрезными кольцами 4 и (рис. 2.3); кольца 6 являются распорными. Принцип работы такого виброгасителя основан на движении детали 3 в противофазе с колеблющимися деталями 1 и 2, а также на внутреннем и внешнем трении колец 4-7,

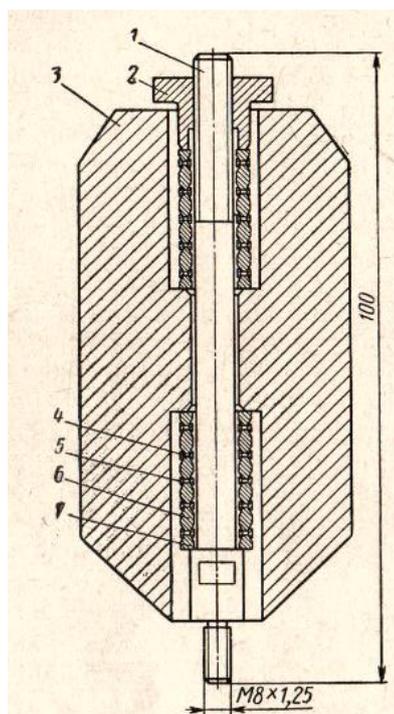


Рисунок 2.3. Виброгаситель сейсмического типа

В ходе аналитического обзора методов снижения вибрации приходим к выводу конструкционные методы более дорогостоящие, но дают более серьезные результаты по снижению вибрации в системе. В то время как технологические более доступны, но дают не такой существенный результат, а также могут негативно отразиться на производительности системы, в связи с возможным снижением скорости резания.

3. ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Математическое моделирование составляется для определение оптимальных параметров механообработки, снижения вибрации в технологической системе, улучшения качества обрабатываемой поверхности, повышения продуктивности оборудования.

3.1. Создание структурной схемы математической модели

Для создания структурной схемы математической модели фрезерный станок нужно разбить на составляющие его элементы. Так как станок представляет из себя устройство с большим количеством элементов, с разным уровнем жесткости закрепление между ними, то элементы с максимально жестким закрепление между ними можно объединить, что даст более простую схему, в которой при этом не будет динамика процесса будет определяться достаточно точно.



Рисунок 3.1. Вертикально-фрезерный станок

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.

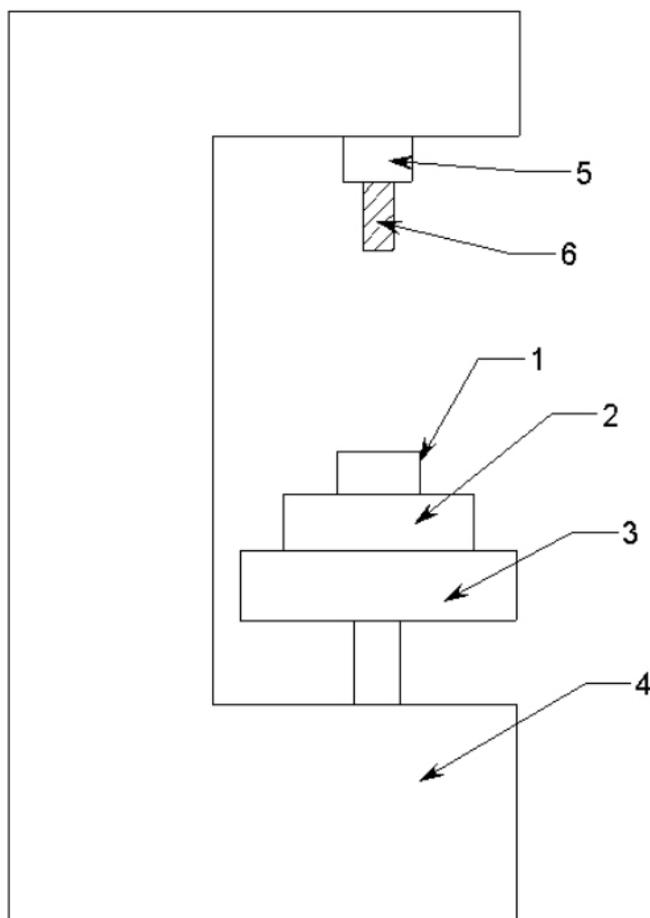


Рисунок 3.2. Разделение на элементы станка

При составлении математической модели каждому элементу задается масса, а между элементами ставится условная пружина, которая характеризующий упругость между элементами и условный демпфер, характеризующий потери динамики между элементами. Силой, приводящей систему в движения, является сила резания.

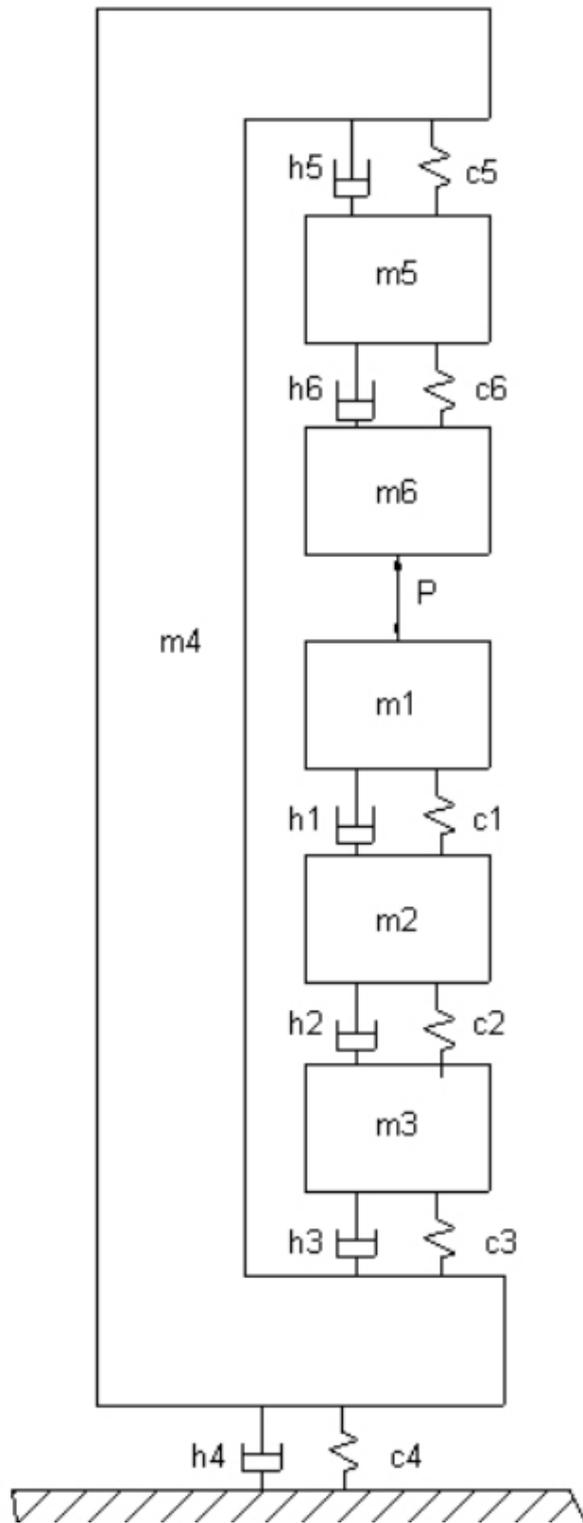


Рисунок 3.3. Структурная схема

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 .

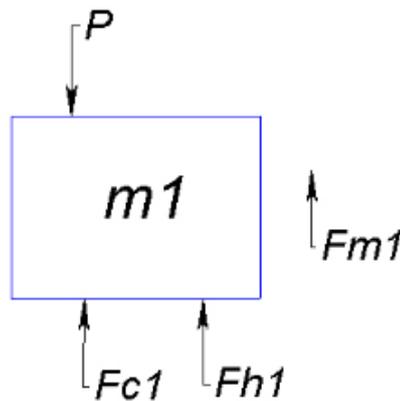


Рисунок 3.4. Расстановка сил, действующих на тело, массой m_1 .

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.

$$P - F_{c_1} - F_{h_1} - F_{m_1} = 0 \quad (3.1)$$

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

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} .

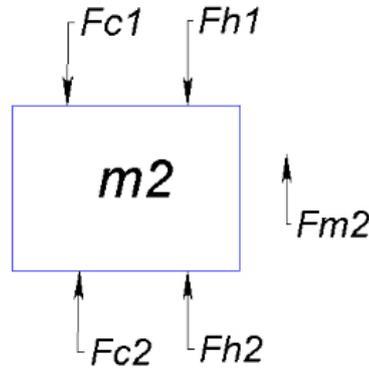


Рисунок 3.5. Расстановка сил, действующих на тело, массой m_2 .

$$F_{c_1} + F_{h_1} - F_{m_2} - F_{c_2} - F_{h_2} = 0 \quad (3.2)$$

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

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 четвертым телами F_{c3} и F_{h3} .

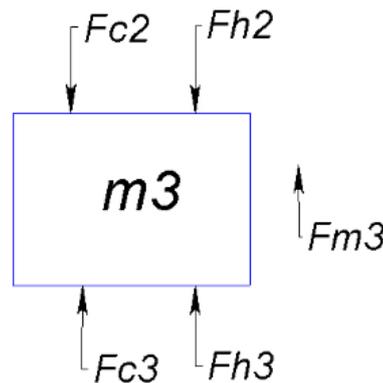


Рисунок 3.6. Расстановка сил, действующих на тело, массой m_3 .

$$F_{c_2} + F_{h_2} - F_{m_3} - F_{c_3} - F_{h_3} = 0 \quad (3.3)$$

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

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 четвертым телами F_{c3} и F_{h3} .

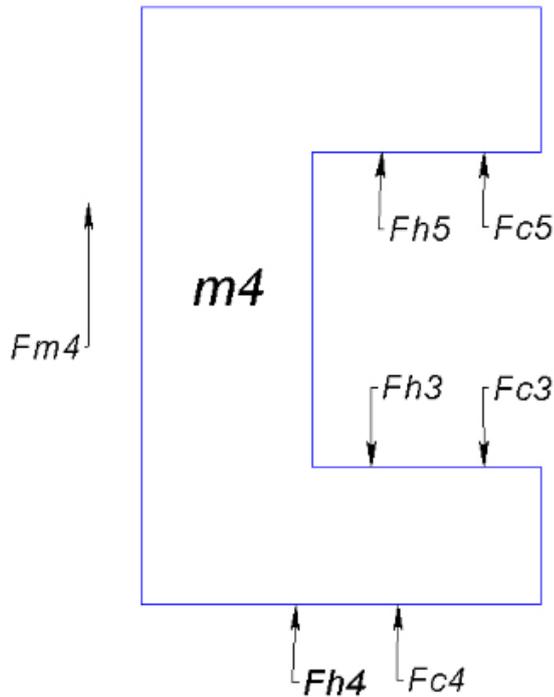


Рисунок 3.7. Расстановка сил, действующих на тело, массой m_3 .

$$F_{c_3} + F_{h_3} - F_{m_4} - F_{c_4} - F_{h_5} - F_{c_5} - F_{h_5} = 0 \quad (3.4)$$

$$c_3(x_3 - x_4) + h_2(V_3 - V_4) - m_4 a_4 - c_4 x_4 - h_4 V_4 - c_5(x_4 - x_5) - h_5(V_4 - V_5) = 0$$

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} .

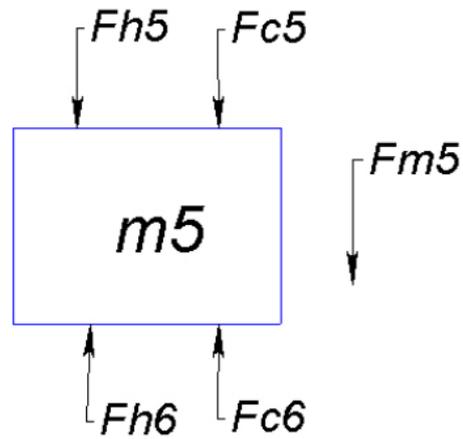


Рисунок 3.8. Расстановка сил, действующих на тело, массой m_5 .

$$F_{c_5} + F_{h_6} - F_{m_5} - F_{c_6} - F_{h_6} = 0 \quad (3.5)$$

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

На пятое тело (фрезу) действуют силы F_{h_6} и F_{c_6} , возникает сила инерции пятого тела F_{m_6} , также внешняя сила P направлена в противоположную сторону.

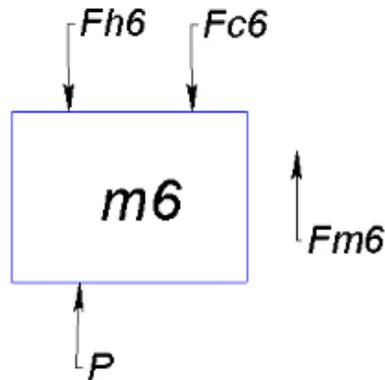


Рисунок 3.9. Расстановка сил, действующих на тело, массой m_6 .

$$P - F_{c_6} - F_{h_6} - F_{m_6} = 0 \quad (3.6)$$

$$P - c_6(x_6 - x_5) - h_6(V_6 - V_5) - m_6 a_6 = 0$$

3.3. Подбор параметров

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

Возмущающая сила P рассчитывается по гармоническому закону

$$P = A * \sin (\omega * t) \quad (3.7)$$

Где: A – амплитуда возмущающей силы равная величине эксцентриситета эксцентрикового вала, (мм); ω - 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 ω .

Массы тел подбираются максимально близко к реальности, коэффициенты жесткости и коэффициенты демпфирования эмпирическим путем. Изменения будут подвергаться значения а

Таблица 3.1. Таблица величин

Масса, кг	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	
	10	20	100	1500	15	
Коэффициент жесткости 10^6 Н/м	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	
	100	80	90	300	15	
Коэффициент демпфирования H^*c/m	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	
	80	100	300	100	80	

3.4. Составление математической модели в среде MATLAB Simulink

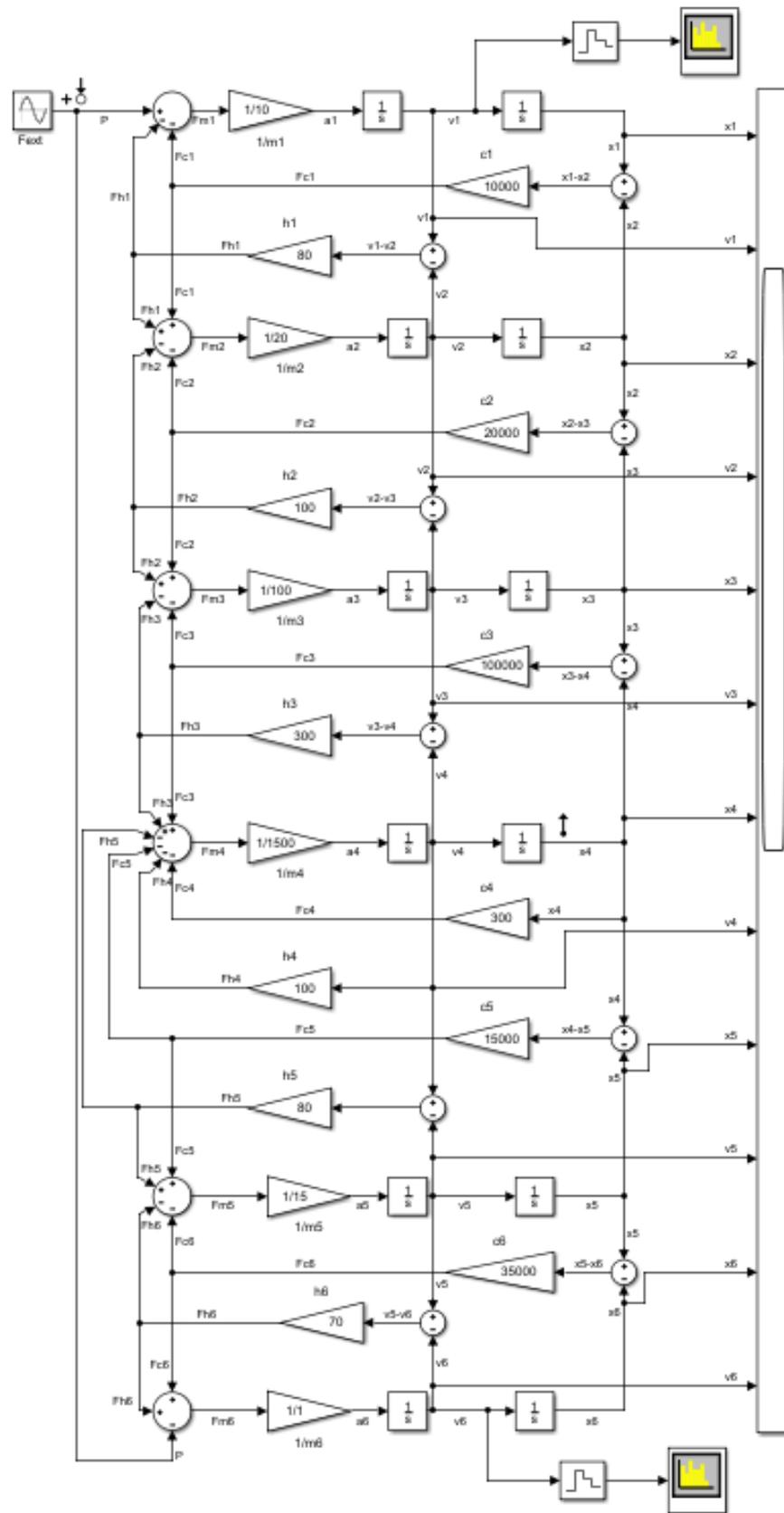


Рисунок 3.10. Структурная схема математической модели в Simulink

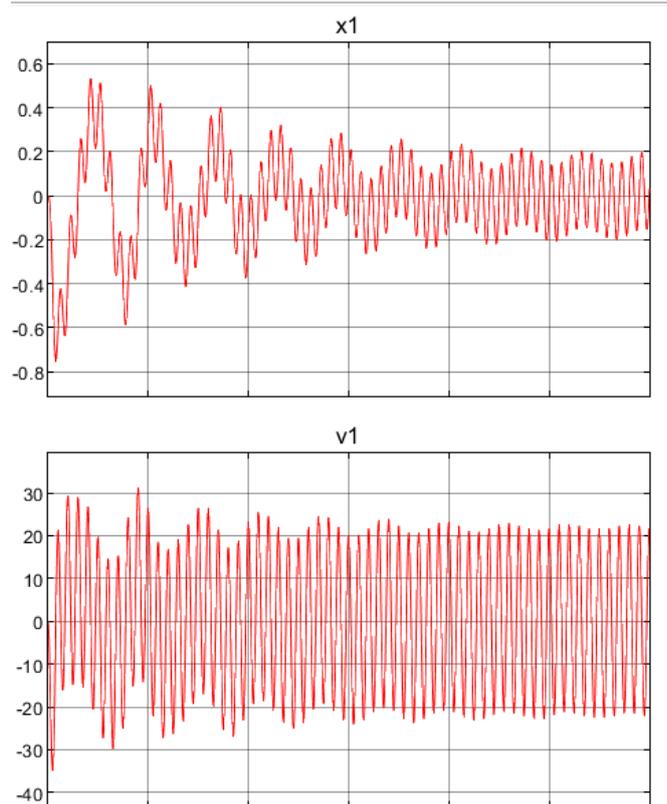


Рисунок 3.11. Графики перемещения и скорости первого тела(заготовки)

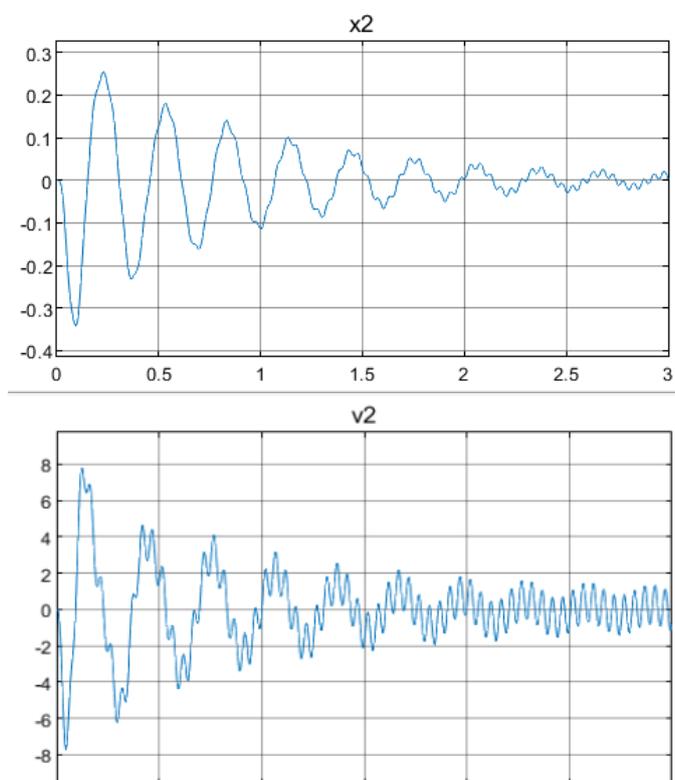


Рисунок 3.12. Графики перемещения и скорости второго тела(приспособления)

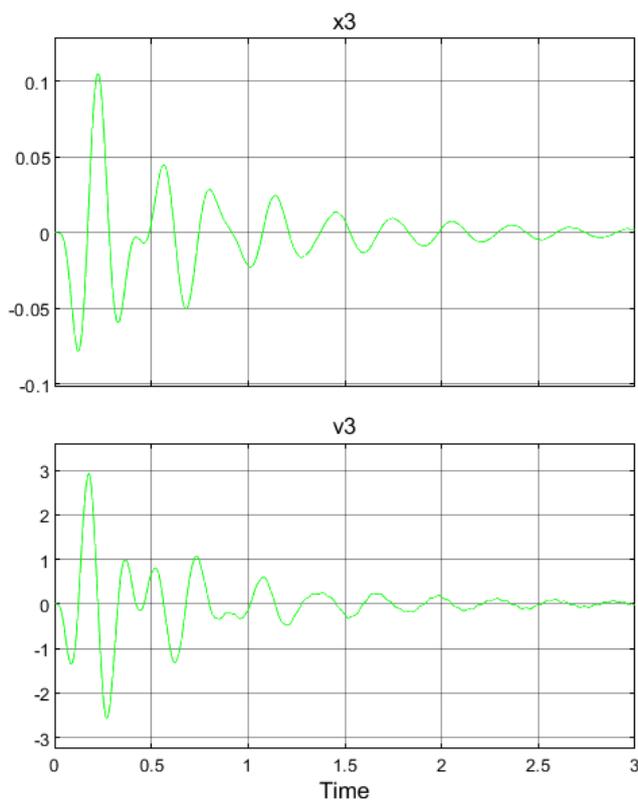


Рисунок 3.12. Графики перемещения и скорости третьего тела(стола)

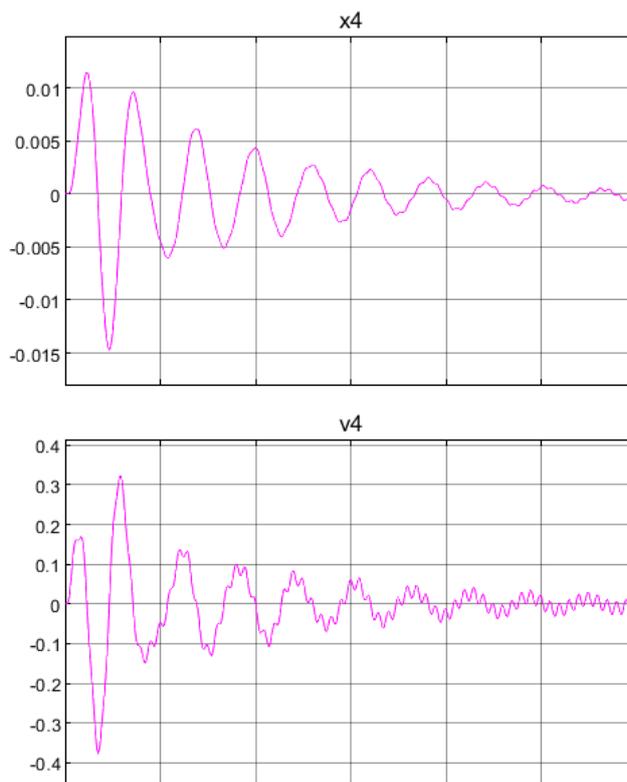


Рисунок 3.13. Графики перемещения и скорости четвертого тела
(основной массы станка)

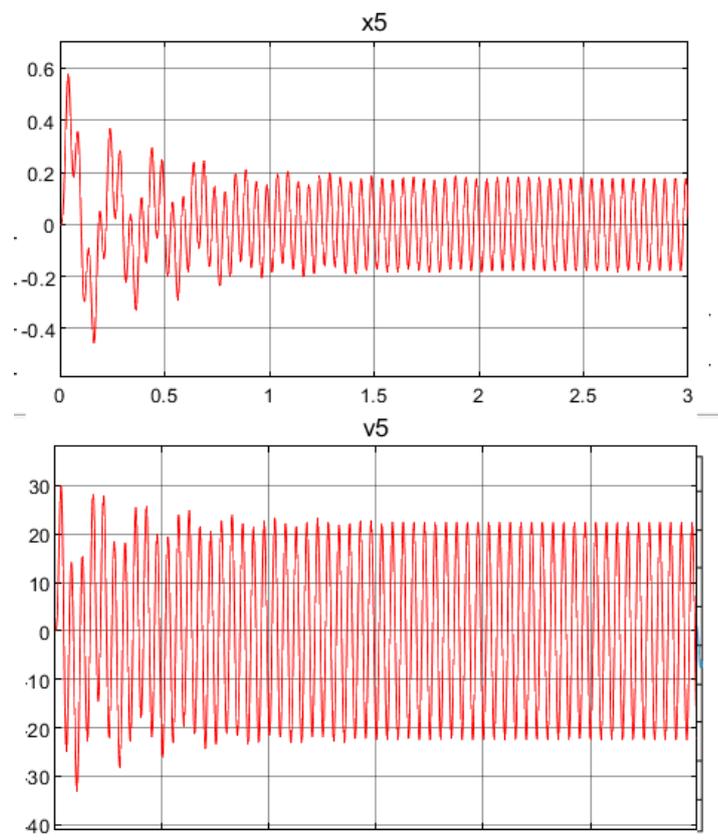


Рисунок 3.14. Графики перемещения и скорости пятого тела(шпинделя)

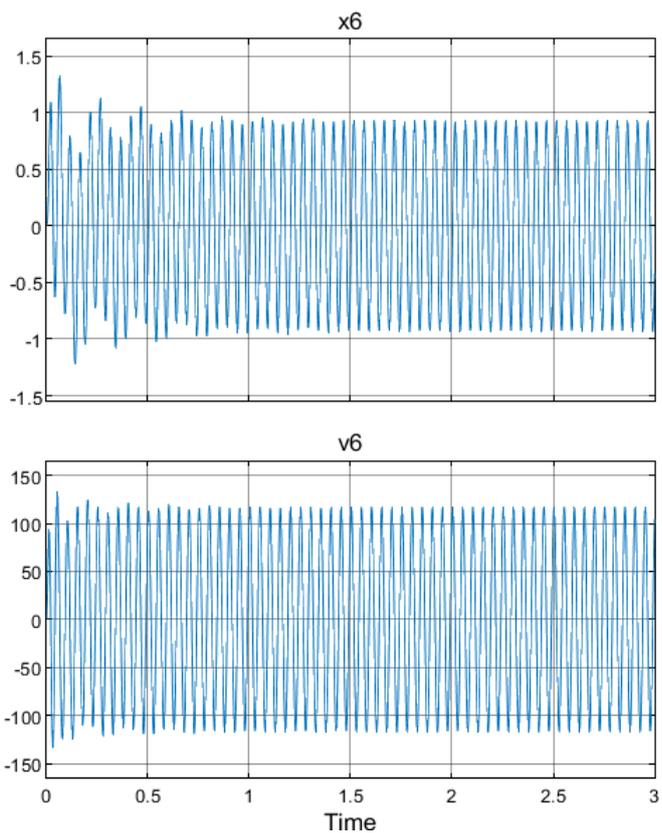


Рисунок 3.15. Графики перемещения и скорости шестого тела(фрезы)

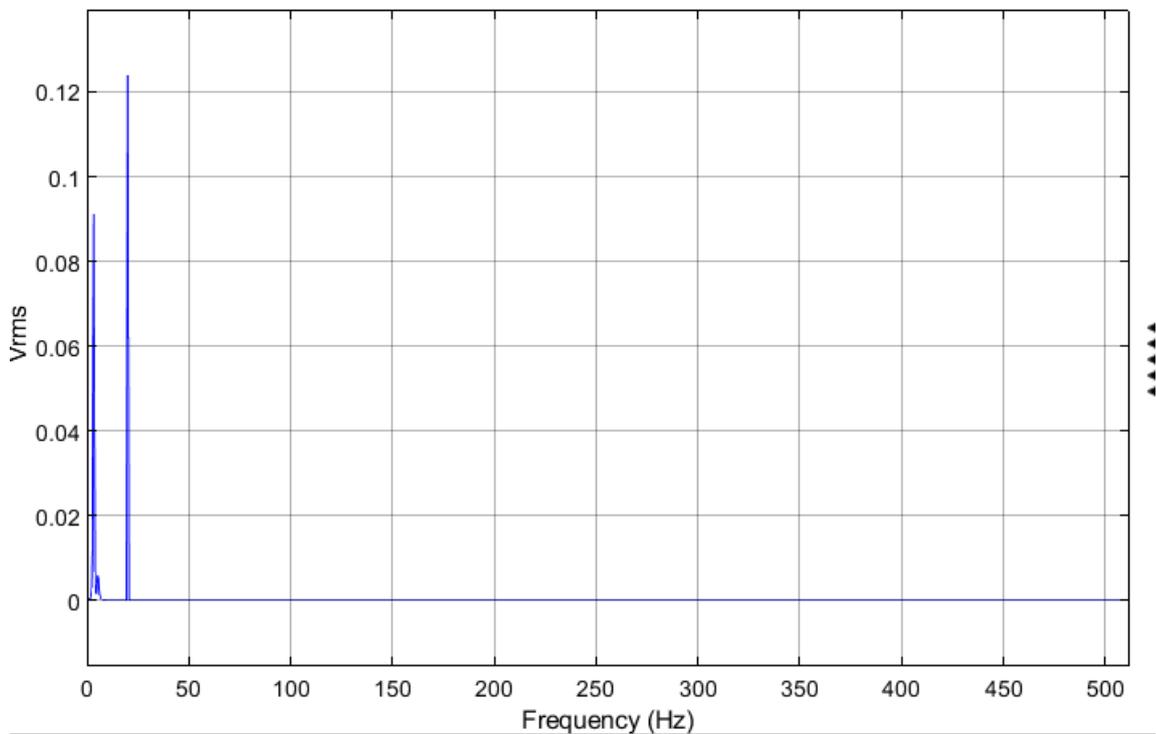


Рисунок 3.16. Спектральные характеристики перемещения первого тела (заготовки)

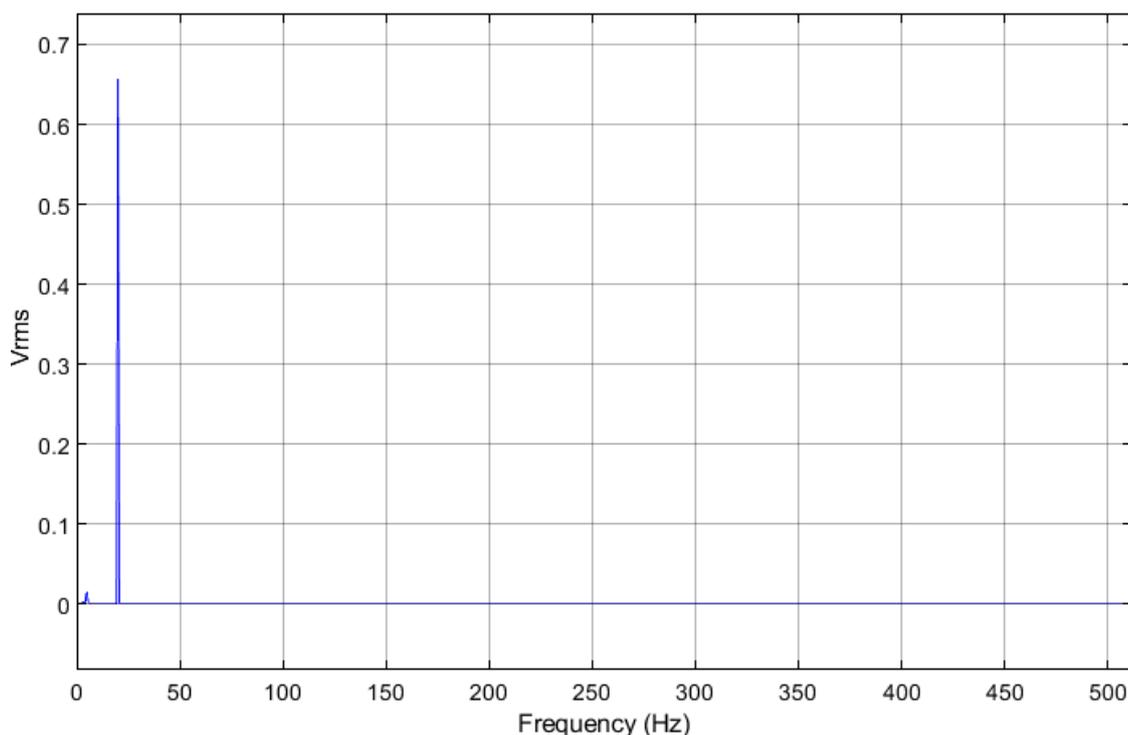


Рисунок 3.16. Спектральные характеристики перемещения шестого тела (фрезы)

Спектральный анализ показал, частоту внешних и колебания системы. Когда частота внешних колебаний системы совпадает с собственными частотами возникает резонанс, что сильно увеличивает уровень вибрации в системе. Что приводит к ухудшению качества обрабатываемой поверхности и снижает долговечность оборудования.

Графики перемещения и скорости тел системы показывает, что система работает корректно. И при данных параметрах происходит стабильная обработка.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

Введение

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места оператора станка, в процессе фрезерования, в соответствии с нормами производственной безопасности и охраны окружающей среды.

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.

При фрезеровании обработанная поверхность заготовки пластически деформируется, а пластическая деформация поверхностного слоя приводит к наклепу, отличающийся механическими свойствами от необработанного материала.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (оператор станка с ЧПУ), связанного непосредственно с изготовлением заготовки для изучения.

4.1 Производственная безопасность

Работа по изготовлению заготовки проводилась на фрезерном станке. При работе станка существуют ряд вредных и опасных факторов:

Таблица 4.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата;	+	+	+	ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного
2. Превышение уровня шума;		+	+	
3. Повышенный уровень вибраций;	+	+	+	
4. Отсутствие или недостаток естественного света;	+	+	+	
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны;		+	+	
6. Эмоциональные нагрузки;	+	+	+	
7. Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;	+	+	+	
8. Повышенные температуры материалов;	+	+	+	
9. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

				характера (с изменениями и дополнениями).
--	--	--	--	---

4.2. Анализ выявленных вредных факторов

Отклонение показателей микроклимата

В ходе работы необходимо соблюдать допустимые значения на следующие производственные метеоусловия – влажность воздуха на рабочем месте, температура воздуха, скорость движения воздуха, а также тепловые излучения. Указанные физические свойства воздуха на рабочем месте оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека. Так, при неблагоприятном микроклимате (превышение или же занижение допустимых нормативных показателей указанных в СанПиН 2.2.4.548 – 96) снижается производительность труда и ухудшается здоровье работника.

Неблагоприятные условия вызывают перенапряжение механизма терморегуляции, что приводит к перегреву или переохлаждению. Нарушениями механизма терморегуляции являются:

- Повышенная утомляемость;
- Снижение его производительности труда;
- Повышенный риск простудных и сердечных заболеваний.

Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия. Например, такие как системы местного кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы и т.д.

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головные уборы.

Превышение уровня шума.

В рабочем помещении должны соблюдаться нормы уровня шума согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Источником шума в рассматриваемом рабочем пространстве является фрезерный станок, а также пневмопистолет для подачи воздуха под давлением.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в ГОСТ 12.1.003–83.

Таблица 4.2

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
легкой степени	80	80	75	75	75

Если уровень шума на работе превышает 70-80 дБ необходимо использовать индивидуальные средства защиты (беруши, специальные наушники). Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на:

- акустические (звукоизолирующие кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки, звукопоглощающие облицовки, объемные поглотители звука и др.). Физическая сущность звукоизолирующих преград состоит в том, что наибольшая часть звуковой энергии отражается от специально выполненных массивных ограждений из плотных твердых материалов (металла, дерева, пластмасс, бетона и др.) и только незначительная часть проникает через ограждение. Уменьшение шума в звукопоглощающих преградах обусловлено переходом колебательной энергии в тепловую благодаря внутреннему трению в звукопоглощающих материалах. Хорошие звукопоглощающие свойства имеют легкие и пористые материалы (минеральный войлок, стекловата, поролон и т.п.).

Для уменьшения воздействия неблагоприятных шумовых эффектов, рабочим следует использовать беруши, наушники.

Так же в обеденный перерыв обязательно нужно покидать рабочее место и отправляться в более тихое место, чтобы слух немного отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости. Не реже 1 раза в год (или в полгода, если уровень шума очень высокий) проверять слух у врача-оториноларинголога, следует уловить момент ухудшения и принять меры.

Повышенный уровень вибраций

В процессе обработки деталей, если режущий инструмент выставлен неправильно, а также если станок не имеет крепкого фундамента под собой, или не установлен на виброопорах, могут возникать вибрации.

Основная цель нормирования вибрации на рабочих местах — это установление допустимых значений характеристик вибрации, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и многих лет не могут вызвать существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”. В этом документе приведены предельно допустимые значения колебательной скорости, колебательного ускорения и их уровней в октавных и третьоктавных полосах частот для локальной и общей вибрации в зависимости от источника возникновения, направления действия.

Коллективные виды средств защиты от вибрации считаются предпочтительными, в то время как средства индивидуальной защиты применяются в качестве вспомогательных. К ним относятся: ветрозащитные

обувь, перчатки со специальными упругодемпфирующими элементами, поглощающими вибрацию.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Искусственное освещение должно обеспечивать в помещении освещенность, позволяющую выполнять операции, наладку оборудования без производственных дефектов и травматизма, возникающих по причине недостаточной освещенности. Недостаточная освещенность является вредным фактором при выполнении исследовательских работ, требующих особую точность. При работе в таких условиях сначала происходит перенапряжение глаз, которое впоследствии может вызвать ухудшение зрения. В этом случае требуется привлечение дополнительных источников света, в частности настольных ламп.

В цеху, помимо искусственных источников света, установлены большие окна по всему периметру помещения.

Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливают в зависимости от характеристики зрительной работы.

Таблица 4.3

Разряды работы	Характер работ, выполняемых в помещении		Нормы к.е.о. в %	
	Виды работ, по степени точности	Размер объекта, мм	При верхнем и комбинированном освещении	При боковом освещении
	Особо точные работы	0,1 и менее	10	3,5
	Работы высокой точности	Более 0,1 до 0,3	7	2
	Точные работы	Более 0,3 до 1	5	1,5

	Работы малой точности	Более 1 до 10	3	1
	Грубые работы	Более 10	2	0,5
	Работы, требующие общего наблюдения за ходом производственного процесса		1	0,25

Для вечернего освещения, помимо потолочных ламп, рабочее место должно быть оборудовано дополнительным источником света. В вечернее время в цехах обязательно общее искусственное рабочее освещение, причем расположение светильников должно быть равномерным. Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Поэтому с целью обеспечения требуемых норм освещенности необходимо произвести расчет искусственной освещенности. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией, согласно нормам, СНиП 23- 05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Эмоциональные нагрузки

Эмоциональные нагрузки определяются тремя параметрами:

- степень ответственности за результат собственной деятельности;
- степень риска для собственной жизни;
- ответственностью за безопасность других лиц.

Практика аттестации рабочих мест показывает, что оценка всех трех параметров происходит в соответствии с профессией без каких-либо дополнительных измерений, что в данном случае является наилучшим выбором, чем проведение крайне субъективных оценок непрофильными специалистами. Проблема эмоциональных нагрузок не может исчерпываться тремя показателями и требует профессиональных методик оценки, которые должны разрабатываться специалистами в области социальной психологии, психологии труда, психологии мотивации и эмоций и т.д., а не гигиенистами, как это было сделано при разработке гигиенических критериев.

Степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

Повышенная температура материала

В процессе резания металла, он нагревается до высоких температур (200-600°C), большая часть тепла (50-80%) отводится стружкой, однако, при постоянном воздействии резца на заготовку, она разогревается до температур, которые при кратковременном воздействии могут причинить вред человеку (ожог).

Во избежание получения термических травм, рекомендуется использовать специальные приспособления для транспортировки только что обработанных деталей, а также применять смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Основы безопасности и требования при работе с движущимися частями машин приводятся в ГОСТ 7599-82.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Производственные цеха относятся к II классу электроопасности - помещению с повышенной опасностью, которая характеризуется наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Фрезерный станок модели 6Н82 работает в сети с напряжением 380 В.

Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала, специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

4.3. Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через как можно более полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование ресурсов природы, а также их восстановление и улучшение природных условий. С развитием промышленности вред, который может быть нанесён окружающей среде, увеличивается, поэтому

задача по охране окружающей среды должна быть приоритетна для всех, без исключения, компаний.

При написании данной выпускной квалификационной работы не было использовано токсичных и радиоактивных материалов, а также материалов, подлежащим особым условиям утилизации. Однако, с целью рационализации использования природных ресурсов (металл, СОЖ), рекомендуется:

-Пакетировать стружку по маркам, сдавая её в последующем на переработку;

-Очищать СОЖ для повторного использования, с вторичным использованием отфильтрованной взвеси абразивной пыли и мелкой стружки (неответственные конструкции).

При проведении в цеху экспериментов для квалификационной работы вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, существенных воздействий на окружающую среду не было.

4.4. Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

Природная

Так как г. Томск расположен в Сибири, где температура зимой опускается до опасных для человека морозов, существует риск чрезвычайной ситуации природного характера. Природная чрезвычайная ситуация — обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате источника чрезвычайной ситуации, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Для того, чтобы устранить полностью или снизить ущерб от различных возможных чрезвычайных ситуаций, проводятся профилактические мероприятия, поэтому при аварии на:

- Водоканале: следует обеспечить подвоз питьевой и технической воды рабочим, если нет возможности прервать технологический цикл изготовления деталей. Также в цеху рекомендуется иметь запас питьевой воды из расчёта 2 л/чел. в смену.

- Теплотрассе: предусмотреть обогреватели помещения, работающие от электрической сети, а также СИЗ (тёплая одежда, перчатки, шапки).

- Электросетях: следует обеспечить генератором (бензиновым или дизельным), который сможет производить ток требуемой мощности. Так же для профилактики рекомендуется:

1) Снабжение предприятия, учреждения, населенного пункта с двух направлений, от независимых энергоисточников. Это значительно повышает надежность, так как одновременный выход из строя двух линий передачи электроэнергии (при закольцованности) менее вероятен;

2) замена воздушных линий на кабельные подземные;

- Transporte: предприятие, зная механизм образования зимней скользкости, обязано не только ликвидировать ее при обнаружении в установленные сроки, но и проводить профилактические мероприятия при наличии прогноза погодных условий, являющихся причиной образования зимней скользкости на дорогах, в том числе применять меры реагирования по ее устранению после окончания выпадения осадков, не дожидаясь сообщений со стороны третьих лиц.

Несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место

От несанкционированного проникновения на территорию предприятия, необходимо чтобы территория оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной службой охраны, постами охраны с пропускной системой, системой связи. Не распространение сведений о системе охраны объектов, расположения оборудования, складов, сигнализаций. Должностные лица

должны производить инструктаж и мероприятия по отработке действий при экстренных и чрезвычайных ситуациях.

4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для рабочих должны проводиться мероприятия по вопросам обеспечения безопасного труда. В систему таких мероприятий должны входить:

- постоянное совершенствование технологических процессов и оборудования с целью устранить и предотвратить возможность появления производственных вредностей;
- переход от ручной работы к механизированной;
- безусловное соблюдение технологических режимов, строгий контроль за их исполнением;
- знание и соблюдение техники безопасности;
- безусловное соблюдение режимов труда и отдыха, правильная организация рабочего места;
- постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных помещений (соблюдение норм предельно допустимого количества абразива в воздухе и паров химических веществ);
- регулярные медицинские осмотры;
- соблюдение требований безопасности труда к освещенности помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха;
- соблюдение норм допустимой концентрации вредных веществ в воздухе;
- доступ к системе водоснабжения, санузлу;
- регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;

- оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью;
- доступ к питьевой воде.

Схема эвакуации при пожаре

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории Ан, Бн, Вн, Гн и Дн. Согласно НПБ 105-03 производственное помещение относится к категории В 2.

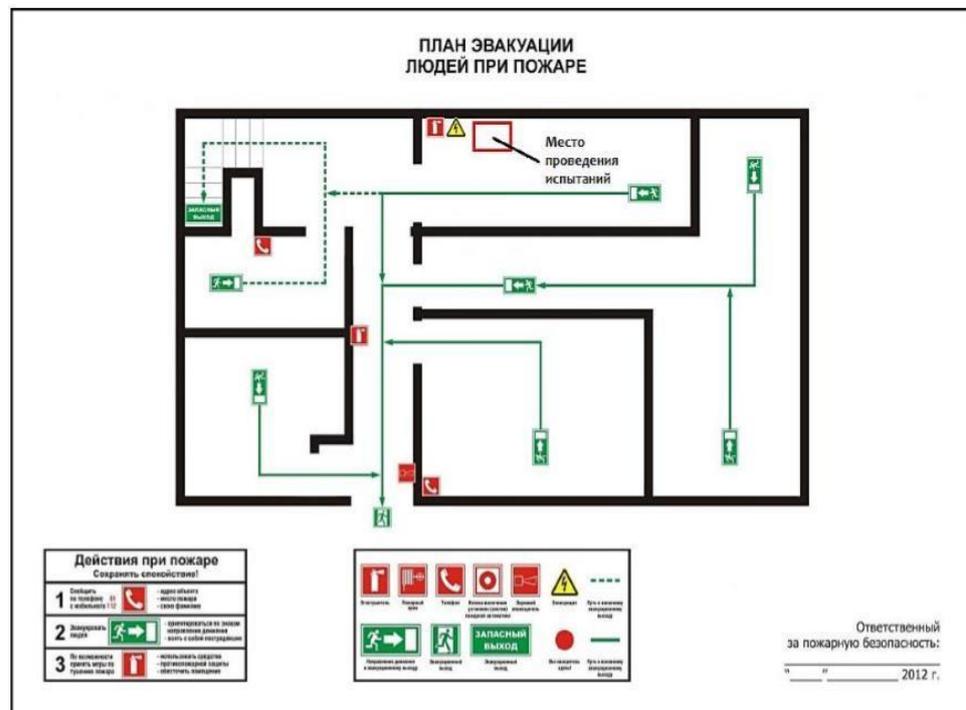


Рисунок 4.1 – План эвакуации производственного помещения

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к

трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера. В данном производственном помещении необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение.

Схема размещения светильников на потолке

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 9$ м, ширина $B = 7$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м.

Площадь помещения:

$$S=A \times B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S=7 \times 9=63 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор $\rho_c=40\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{п}=70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3 = 1,2$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен ФЛД = 2200 Лм. Выбираем светильники с люминесцентными лампами ОДОР – 2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 260 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина, которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем = 1,2, расстояние светильников от перекрытия (свес) $\lambda h_c = 0,5$ м.

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:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

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

Число рядов светильников в помещении:

$$N_a = A/L = 9/2,4 = 3,75 \approx 4$$

Число светильников в ряду:

$$N_b = B/L = 7/2,4 = 2,92 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 3 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = L/3 = 2,4/3 = 0,8 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 4.2 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

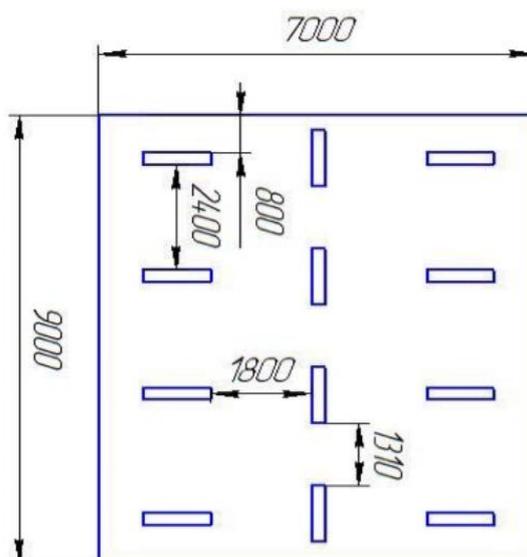


Рисунок 4.2 – План помещения и размещения светильников.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{9 \cdot 7}{2 \cdot (9 + 7)} = 1,97$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 40\%$ и индексе помещения $i = 1,97$ равен $\eta = 0,6$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 9 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{2 \cdot 12 \cdot 0,6} = 1751 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2200 - 1751}{2200} \cdot 100\% = 19\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 19\% \leq 20\%$, необходимый световой поток

Вывод:

В данном разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены различные виды вредного воздействия на человека и окружающую среду, а также способы уменьшения их воздействия.

К таким вредным воздействиям на организм человека относятся: вибрации, шум, недостаток освещённости, эмоциональные нагрузки. В разделе приведены способы уменьшения воздействия на организм человека вредных факторов, а также средства индивидуальной защиты для уменьшения воздействия этих факторов.

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, порождать 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.

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

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, имеющие радиальное направление нагрузки

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка

		Вид оборудования		
		Разрабатываемое устройство	Устройство № 1	Устройство № 2
Металлообрабатывающие компании	Крупные	+		
	Средние	+	+	
	Мелкие	+	+	+

Результаты исследования:

Направление толкателя заметно приближает экспериментальное исследование к процессу резания, что позволяет увеличить точность получаемых данных;

Простота использования позволяет проводить диагностику и производить заключение в короткие сроки;

Интуитивно понятный интерфейс программного обеспечения.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

При анализе сравниваются разрабатываемое устройство B_c, K_c , устройство для определения радиальной динамической жесткости шпиндельных узлов металлорежущих станков B_{K1}, K_{K1} и устройство для определения жесткости узла станка, имеющие радиальное направление нагрузки B_{K2}, K_{K2} .

Таблица 5.2. Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_c	B_{K1}	B_{K2}	K_c	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	10	10	6	5	100	60	50
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	8	8	5	4	64	40	40
3. Энергоэкономичность	6	4	5	10	60	30	100
4. Надежность	9	9	7	7	81	63	58
5. Уровень шума	7	7	4	9	49	28	45
6. Безопасность	8	8	4	8	64	32	64
7. Простота эксплуатации	7	7	6	3	49	42	36
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	10	10	8	6	100	80	60
2. Уровень проникновения на рынок	9	0	9	7	0	81	45
3. Цена	7	3	5	4	21	35	35
4. Предполагаемый срок эксплуатации	6	6	5	6	36	30	34
5. Послепродажное обслуживание	7	7	4	2	49	28	14
6. Срок выхода на рынок	6	0	6	7	0	36	16
Итого:	100	79	74	77	637	585	597

Проанализировав устройство 1 выявлена следующие недостатки:

- Нет возможности передвижения устройства, что позволяет проводить исследование в узком диапазоне и менять лишь один параметр;
- Нагружается только один узел станка, в результате чего влияние остальных узлов отбрасывается на второй план, используя полученные данные нельзя произвести качественное экспертное заключение;
- Сложность конструкции, необходимо много времени на установку оборудования;
- Большие размеры устройства.

Однако преимущество устройства заключается в том, что благодаря пневматики нагружение происходит плавно и позволяет полностью контролировать процесс нагружения.

Также близкая по возможностям является устройство 2 имеющая следующие недостатки:

Направление нагружения происходит только в радиальном направлении;

Нагружение происходит за счет винта, что может привести к погрешности измерения;

Сложность составления экспертного заключения;

Высокая вероятность ошибки, так как в динамике могут происходить совершенно другие процессы.

Преимущество данного метода диагностики заключается в том, что проведение исследования возможно на неисправном станке, что позволяет определить недостаточную жесткость во время ремонта.

5.1.3. SWOT-анализ

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

Таблица 5.3. Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Повышенный объем рабочей зоны С2. Большой диапазон исследуемых процессов С3. Быстрота установки. С4. Простота эксплуатации С5. Надежность и простота обслуживания.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Наличие специального ПО. Сл2. Частая замена расходников
Возможности: В1. Быстрое продвижение на рынок. В2. Появление дополнительного спроса нановый продукт В3. Усовершенствование устройств	В1С1С2С3С4С5 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами данного устройства. В2С1С2С5 – дополнительный спрос появится универсальности устройства	В1Сл2 – может не быть быстрого продвижения на рынок так как ранее продукт не продавался, и потребители не знают о нем.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Кризис У3. Незаинтересованность потребителей в разработке	У2С1С3С4 – возможность конкурировать в связи с хорошими показателями основных характеристик.	У1Сл1 – из-за более высокой себестоимости могут возникнуть проблемы с продажей данного устройства.

В ходе SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны научно-исследовательского проекта. Также были рассмотрены возможности проекта на рынке и возможные угрозы. В ходе анализа было выявлено что проект является перспективным и возможные угрозы не являются достаточно вероятными для невозможности его реализовать

5.2. Инициация проекта

Цели и результат 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».

Таблица 5.4. – Заинтересованные стороны проекта

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

Таблица 5.5 – Цели и результат 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

Организационная структура проекта

Таблица 5.6. – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Гудеев И.М., ТПУ, магистрант	Исследователь	Разработать методику исследования; Анализ перспективности; Формирование бюджета; Определение эффективности;	90 дн.
2	Гаврилин А.Н., ТПУ, доцент	Руководитель	Составляет для студента индивидуальное задание и план выполнения ВКР с конкретизацией срока сдачи материала на проверку; Давать рекомендации по ходу и содержанию проекта; Проверка диплома на соответствие установленным требованиям; Координировать деятельность участников проекта; оценить качество работы исследователя.	15 дн.
ИТОГО:				105 дн.

Ограничения и допущения проекта

Таблица 5.7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	200000 руб.
Источник финансирования	Государственный бюджет

Сроки проекта	6 месяцев
Дата утверждения плана управления проектом	24.02.21
Дата завершения проекта	16.06.21
Прочие ограничения и допущения*	Затраты по оплате труда – не более 100000 руб.

5.3. Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

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

Таблица 5.8. Перечень этапов и распределение исполнителей

Основные этапы	Описание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач	Постановка цели и задач, которые необходимо выполнить для достижения цели	Руководитель
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	Проведение литературного и патентного обзора	Студент
Теоретическое экспериментальные исследования	Составление и утверждение технического задания	Студент
	Выполнение расчетов	Студент
	Создание математической модели согласно ТЗ	Студент

Разработка технической документации	Исследование математической модели в программной среде	Студент
Оформление отчета	Оформление пояснительной записки по результатам исследования	Студент

Таблица 5.9. Перечень работ и продолжительность их выполнения

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

Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для выполнения перечисленных в таблице 5.4 работ требуются специалисты:

инженер «И» – в его роли действует исполнитель ВКР;

научный руководитель «НР».

5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (5.1)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_r , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как

удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

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

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

Таблица 9. Ожидаемое время выполнения работы

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

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

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{кал}, \quad (5.3)$$

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

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

$K_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5.4)$$

где $T_{кал} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 52$ – количество выходных дней в году, при 6 дневной рабочей неделе;

$T_{пр} = 14$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 5.10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, Т _р	Длительность работ в календарных днях, Т _к
	T _{min}	T _{max}	T _{ож}			
Составление и утверждение ТЗ	2	5	3,2	Рук.	3,2	5
Изучение материала по теме	7	14	9,8	Студ.	9,8	15
Проведение патентного обзора	3	5	3,8	Студ.	3,8	6
Составление принципиальной схемы	2	5	3,2	Студ.	3,2	5
Выполнение расчетов	2	5	3,2	Студ.	3,2	5
Построение 3D модели устройства	5	10	7	Студ.	7	10
Создание математической модели согласно ТЗ	7	14	9,8	Студ.	9,8	15
Исследование математической модели в программной среде	7	14	9,8	Студ.	9,8	15
Заполнение пояснительной записки	3	7	4,6	Студ.	4,6	7

При 6 дневной рабочей неделе коэффициент календарности равен 1,22

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22.$$

Таблица 5.11. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	k	Продолжительность выполнения работ							
			Ма рт	Апрель			Май			
			3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	2								
2	Изучение материалов по теме	2								
3	Проведение патентного обзора	3								
4	Составление принципиальной схемы	6								
5	Выполнение расчетов	6								
6	Построение 3D модели устройства	7								
8	Исследование математической модели в программной среде	7								
9	Заполнение пояснительной записки	3								

Студент	
Руководитель	

5.3.4. 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.

Расчет материальных затрат НИ

В процессе исследования были опробованы две компоновки устройства. Различия компоновок заключались в количестве пружин, применяемых на толкателе. Первый вариант предполагает использование по одной пружине поочередно используемым в зависимости от необходимой жесткости толкателя (исп. 1.) и с применением одновременно двух пружин для создания более линейного нагружения (исп. 2).

Таблица 5.12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.	Затраты на материалы	
		Исп. 1	Исп. 2		Исп. 1	Исп. 2
Шток	шт.	1	1	200	200	200
Пружина	шт.	3	6	54	162	354
Втулка	шт.	1	1	104	104	104
Кулачковый вал	шт.	1	1	645	645	645
Бронзовый кругляк	м	0,5	0,5	480	240	240
Итого расходы на материалы:					1351	1513
					2864	

Основная заработная плата

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.10.

Таблица 5.13. Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн	Заработная плата на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	3,2	1320	4224
2	Изучение материалов по теме	Студент	9,8	888	8702,4
3	Проведение патентного обзора	Студент	3,8	888	3374,4
4	Составление принципиальной схемы	Студент	3,2	888	2841,6
5	Построение расчётной схемы и математической модели	Студент	3,2	888	2841,6
6	Выполнение расчётов	Студент	7	888	6216
7	Исследование математической модели	Студент	9,8	888	8702,4
8	Заполнение пояснительной записки	Студент	4,6	888	4084,8

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.5)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (5.6)$$

где $Z_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 11).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (5.7)$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

при отпуске в 48 раб. дня $M = 10,4$ месяца, 6-дневная рабочая недели

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб. дней (табл. 11);

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	52/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24/0	48/0
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	119

Среднедневная заработная плата руководителя

$$Z_{\text{дн}} = \frac{24750 * 10,4}{195} = 1320 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата студента

$$Z_{\text{дн}} = \frac{15460 * 11,2}{195} = 888 \text{ руб}$$

Месячный должностной оклад работника

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} * (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}} \quad (5.8)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 5.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}, \text{руб.}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб.}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб.}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб.}$
Руководитель	21547,22	0,3	0,2	1,3	42017,1	1320	3,2	4224
Студент	14000	0,3	0,2	1,3	27300	888	51,2	45288
Итого:								49512

Дополнительная заработная плата

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.9)$$

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

Для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,2 \cdot 4224 = 845 \text{ руб}$$

Для студента:

$$Z_{\text{доп}} = 0,2 \cdot 45288 = 9058 \text{ руб}$$

Таблица 5.16. Заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Руководитель	Студент
Основная зарплата	4224	45288
Дополнительная зарплата	845	9058
Зарплата исполнителя	5069	54346
Итого	59415	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (5.10)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 59415 = 17824,5$$

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 %а от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих и выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (5.11)$$

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot 59415 = 47532$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости динамического исследования фрезерования

Таблица 5.12. Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
2864	59415		17824,5	47532	127635,5

5.4. Определение ресурсоэффективности научного 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 двух вариантов исполнения научного исследования. Различия компоновок заключались в количестве пружин, применяемых на толкателе. Первый вариант предполагает использование по одной пружине поочередно используемым в зависимости от необходимой жесткости толкателя (исп. 1.) и с применением одновременно двух пружин для создания более линейного нагружения (исп. 2).

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (5.12)$$

где $I_{финр}^p$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для 1 исполнения:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{1351}{1513} = 0,893$$

Для 2 исполнения:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{1513}{1513} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно вычислить по

формуле: $I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a$,

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n - число параметров сравнения;

Таблица 5.17. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
Производительность	0,3	4	5
Долговечность использовании	в 0,3	5	5
Регулировка	0,1	5	5
Переналадка	0,15	5	5
Надежность	0,15	5	5
Итого	1	4,7	5

В процессе исследования были опробованы две компоновки устройства. Различия компоновок заключались в количестве пружин, применяемых на толкателе. Первый вариант предполагает использование по одной пружине поочередно используемым в зависимости от необходимой жесткости толкателя (исп. 1.) и с применением одновременно двух пружин для создания более линейного нагружения (исп. 2).

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}, \quad (5.13)$$

Для исполнения 1:

$$I_{финр}^{и1} = \frac{4,7}{0,893} = 4,5$$

Для исполнения 2:

$$I_{финр}^{и2} = \frac{5}{1} = 5$$

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (5.14)$$

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

$$\mathcal{E}_{ср(ТП)} = \frac{4,7}{5} = 0,94$$

Таблица 5.18 – сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп 1	Исп 2
---	------------	-------	-------

п/п			
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,893	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	5
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,94	1,06

Второй вариант исполнения более является более целесообразным с позиции финансовой и ресурсной эффективности, несмотря на большие материальные затраты по сравнению с первым.

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. Были определены: общее количество рабочих дней для выполнения работы – 54,4 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал исследователь – 51,2 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 3,2;

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 280990,6 руб.;

По интегральным финансовым показателям можно отметить, что данное научное исследование эффективный, и в этой связи поддержка научного исследования может являться грантом на выполнение проектов

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен литературно-патентный обзор методов и механизмов, применяемых для определения жесткости технологической системы.

2. Также был выполнен аналитический обзор методов снижения уровня вибрации в системе. Был обоснован выбор технологического метода снижения вибрации за счет оптимизации параметров фрезерования

3. Построена математическая модель процесса фрезерования

4. Исследована математическая модель процесса фрезерования для идентификации собственных частот несущих элементов по результатам, которых, были найдены оптимальные режимы обработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ 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. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ВИБРАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК - Динамические процессы в технологии машиностроения. Основы конструирования машин 2020 г.
3. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/, свободный. [дата обращения: 30.04.2021].
4. Нормы температуры на рабочем месте: СанПиН 2021 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://buhguru.com/ohrana-truda/normy-temperat-raboch-meste.html>, свободный. [дата обращения: 30.04.2021].
5. Теплопроводность стали и чугуна. Теплофизические свойства стали. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/metally-i-splavy/teploprovodnost-stali-i-chuguna-teplofizicheskie-svoystva-stali>, свободный. [дата обращения: 30.04.2021]. Конвективный теплообмен. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://portal.tpu.ru/SHARED/a/AGKNYAZEVA/predmet/Tab2/MAG_L_3.pdf, свободный. [дата обращения: 30.04.2021].
6. ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
8. ГОСТ 30494 – 2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
9. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
- 10.СНиП 23 – 05 – 95. «Естественное и искусственное освещение».
- 11.ГОСТ 12.0.002 – 2014. «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».
- 12.ГОСТ 12.1.019 – 2017 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
- 13.ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. «Пожарная безопасность».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Information-analytical review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Гудеев Иван Михайлович		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гаврилин А.Н.	д.т.н.		

Консультант – лингвист отделения НОЦ школы ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Миронова В.Е.	к.ф.н.		

Information-analytical review

During performance of final qualification work it is necessary to carry out the analysis of means and methods of diagnostics treatment of technological systems. The purpose of diagnostics of technological system to ensure maximum productivity, efficiency, surface quality, and so on — demands the maintenance of constant conditions or the regulation of process parameters. Such parameters include the gap, the concentration of erosion product in the gap, the temperature of the working fluid, and its flow rate.

The choice of equipment for operational diagnostics of a cutting process depends mainly on the following factors. informativeness adequate to the situation in the cutting zone, as well as simplicity and reliability of installation on a machine. At present, the most widespread diagnostic methods are those based, methods determining radial static and dynamic stiffness of support elements of metal cutting machines are known.

Modern methods of determining inelasticity are divided into two main types:

Static;

Dynamic.

1) Method for determining the rigidity of a machine assembly.

The essence of the invention consists in measuring the motion in the radial direction, at which the force is smoothly increased to the maximum possible deviation. After maximum load, the force gradually decreases to zero value with residual elastic strain of the toolhead.

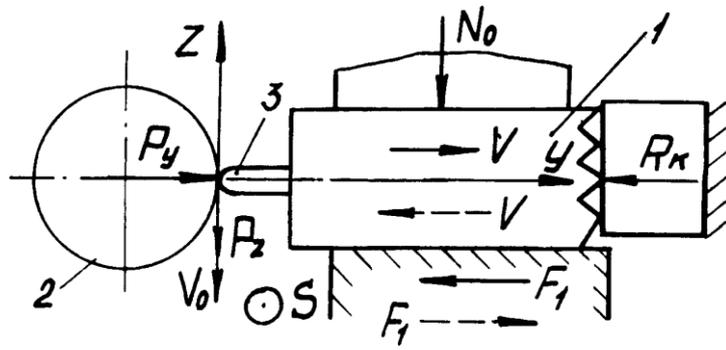


Figure 2.1. Method for determining the rigidity of a machine assembly

In each case of loading the technological system of the machine, its elastic movements determine the intersection of a straight line parallel to the axis of ordinates from the point of intersection of the discharge curve with the ordinate axis, and also the load curve of the constructed curves of the dependence of the support movements on the load. After this, it is necessary to determine rigidity with respect to the force parameters and elastic displacements

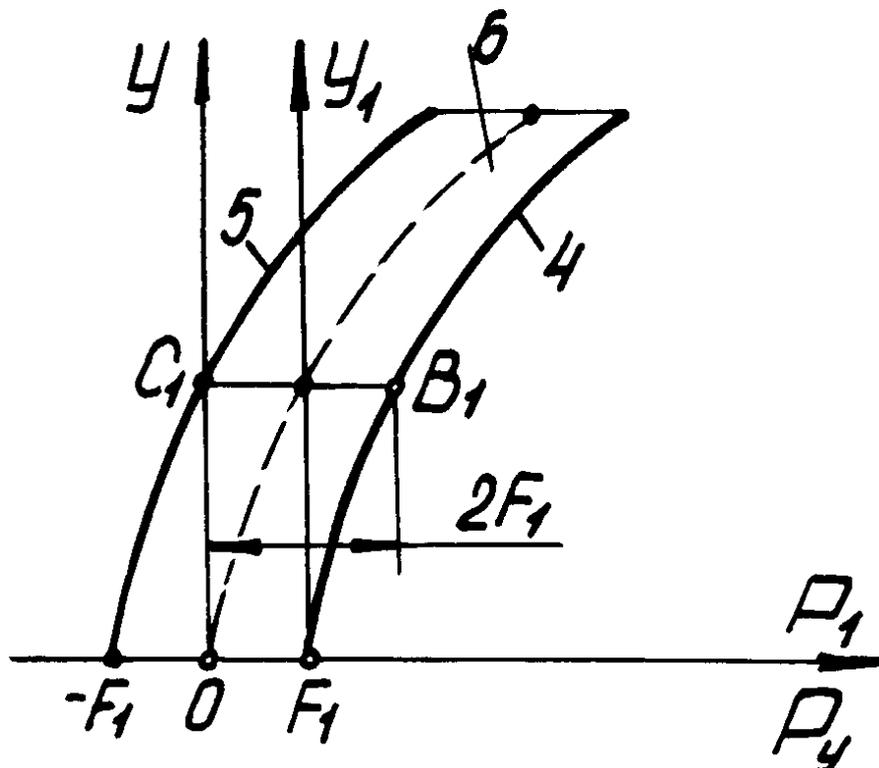


Figure 2.2. Method for determining the rigidity of a machine assembly

The presented method has a number of disadvantages:

- Static loading, does not give a complete parameter of the processes occurring in the technological system;
- The research process takes a long time;
- Low accuracy of load nodes;
- The need for a separate study for each node of the technological system.

2) Method for diagnosing the spindle unit.

The essence of the invention consists in the following: the test mode of the machine is selected, then the machining of the central part of the special mandrel is performed by the cutter. The displacement sensors are located in the cross section of the mandrel. The signal is fed into the equipment to amplify the conversion and into the adapted software of the personal computer. In the program interface, the axis of the special mandrel is plotted in two sections. During the movement, the cutting bladed cutter describes the curve on the surface of the special mandrel. The resulting curve forms a "geometric image" of the processed segment. The software creates a "geometric image" on the screen. The accuracy parameters of the processed mandrel are determined in accordance with the constructed image. The system of work is presented in Figure 2.3.

The main disadvantages of this device are:

- Loading in the radial direction;
- The complexity of the installation;
- Great labouriousness

and corrected by a feedback sensor. The dynamic radial stiffness is measured with the help of non-contact sensors.

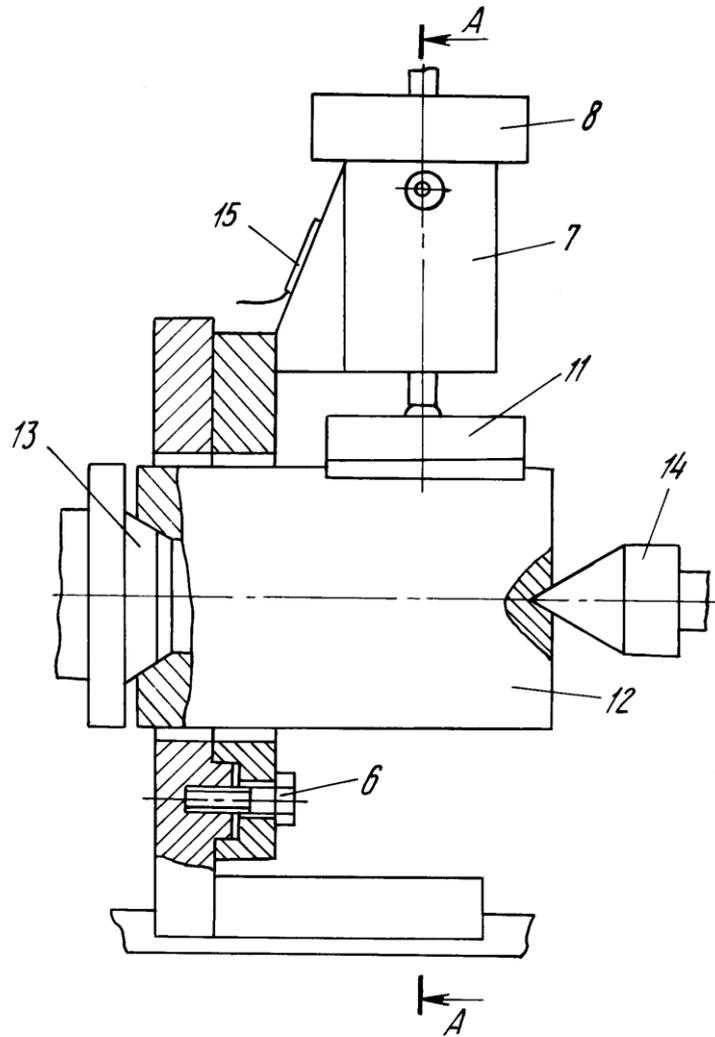


Figure 2.4. A device for determining the radial dynamic stiffness of spindle knots of metal cutting machines. View A.

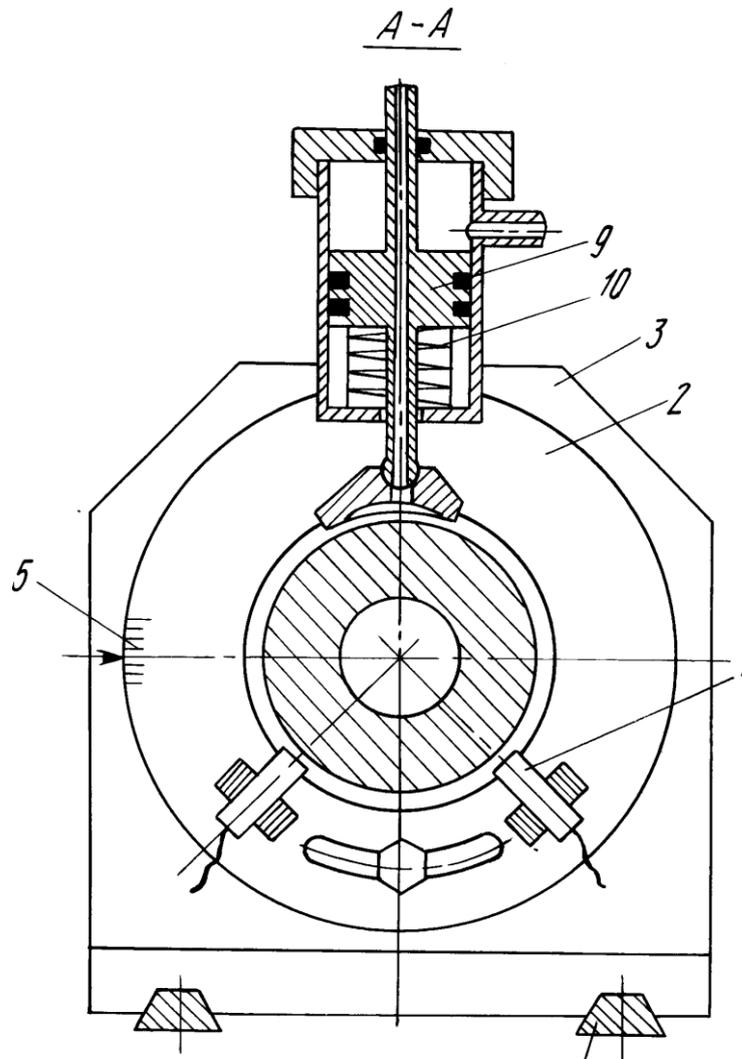


Figure 2.5. A device for determining the radial dynamic stiffness of spindle knots of metal cutting machines. View B.

The main disadvantages of this device are:

- Large device size;
- the need for a pneumatic system in the store;
- The complexity of the installation;

4) A method for diagnosing the relative position and rigidity of tools in boring operations in terms of the accuracy of the parts being machined.

Summary of the invention. Before the processing begins, the cross section and the values of the workpiece beating are measured, as well as the size and

profile of the workpiece and the surface of the workpiece base. Then the workpiece is processed, the profile is measured in two sections. When the workpiece is fixed, the position of the measurement points relative to the clamping elements of the process system is fixed. After processing, the surface is measured strictly at the starting points. The measurement results determine the position of the tool rotation axis relative to the axis of the clamping elements of the process system. The mockups of the measurement points are shown in Fig. 2.6. - 2.8.

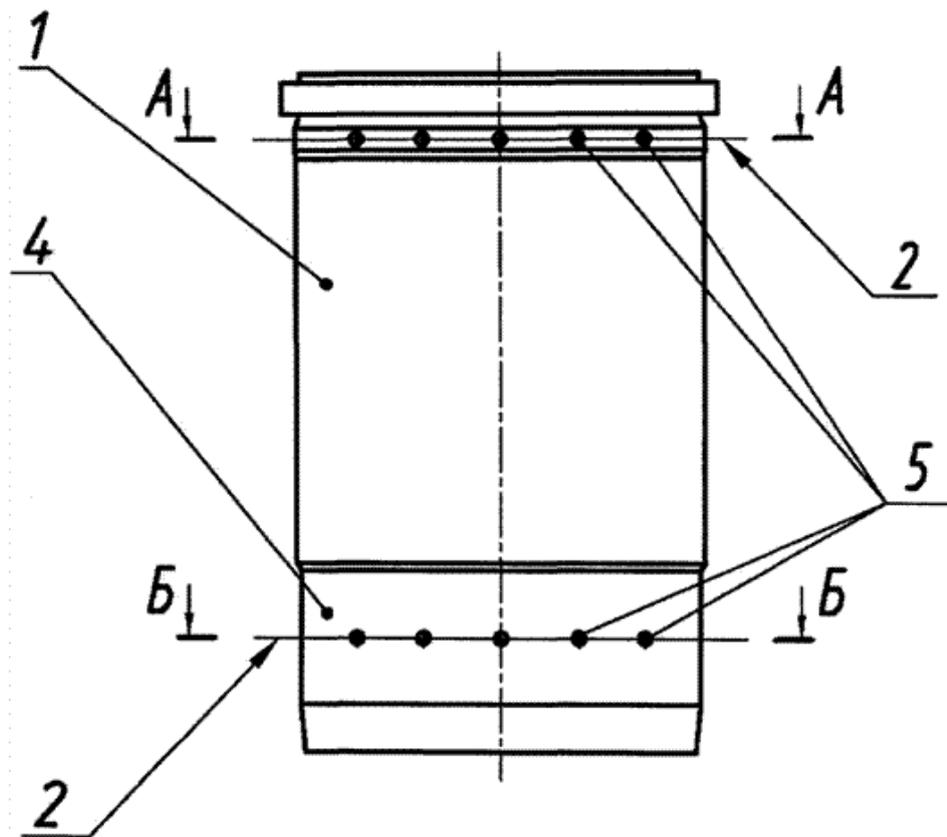


Figure 2.6. Layout of the workpiece.

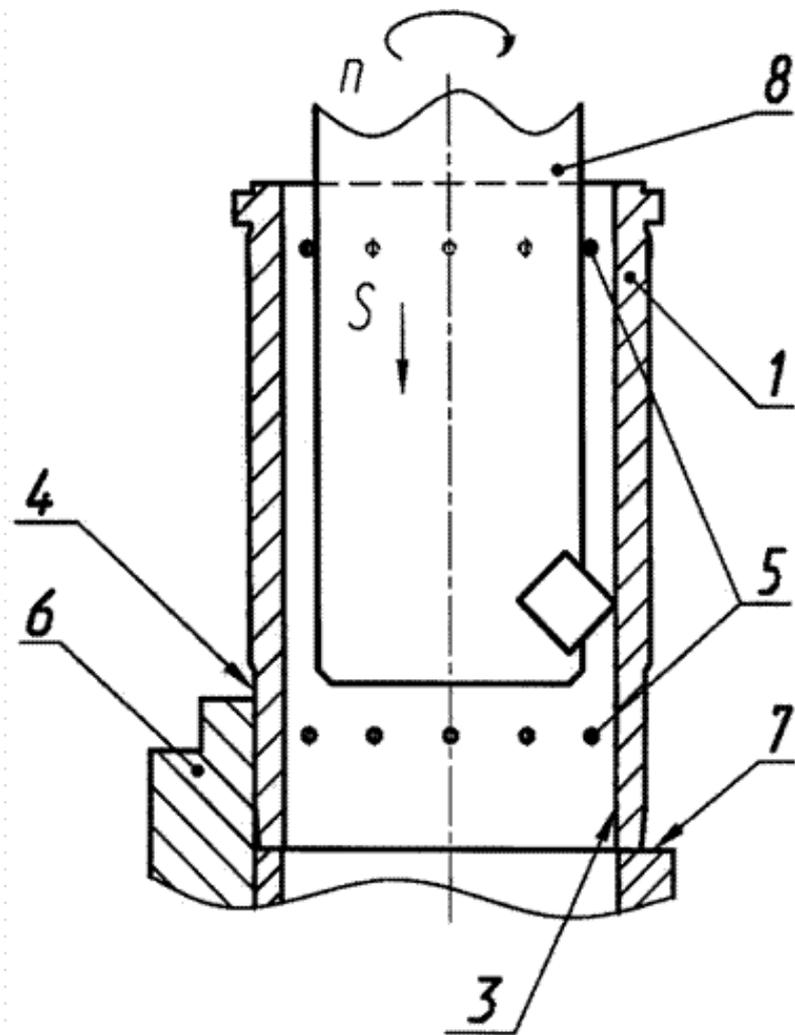
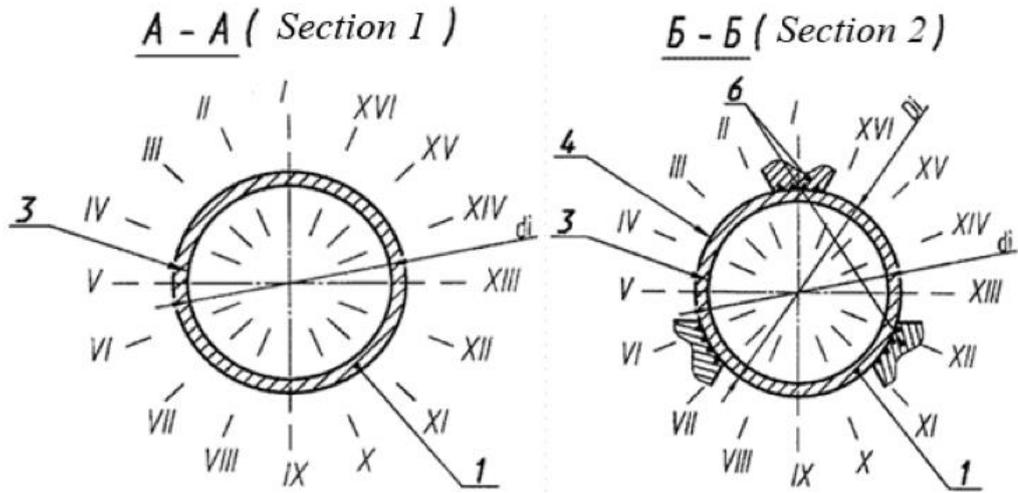


Figure 2.7. Section AA and Section Б-Б.

Figure 2.8. Scheme of processing the workpiece during the drilling

operation.

The main disadvantages of this device are:

- Loading in the radial direction;
- The complexity of the installation;
- Great laboriousness.

5) Method for determining the rigidity of the technological system of a circular CNC grinding machine.

Summary of the invention. The blank is measured during processing with the active diameter control device, whose signal is fed to the controller and using the analog-to-digital converter, the actual resolution for deletion is envelope of metal. The rigidity of the technological system, in turn is determined on the basis of the calculated value of the radial component of the cutting force and the difference between the calculated and actual envelope of metal to the formula:

$$I_{\phi} = \frac{P_y}{\Pi_p - \Pi_{\phi}}$$

Where:

I_{ϕ} - Rigidity of the technological system, N / m;

P_y - Calculated value of the radial cutting force, N;

Π_p - Estimated envelope of metal;

Π_{ϕ} - Actual envelope of metal.

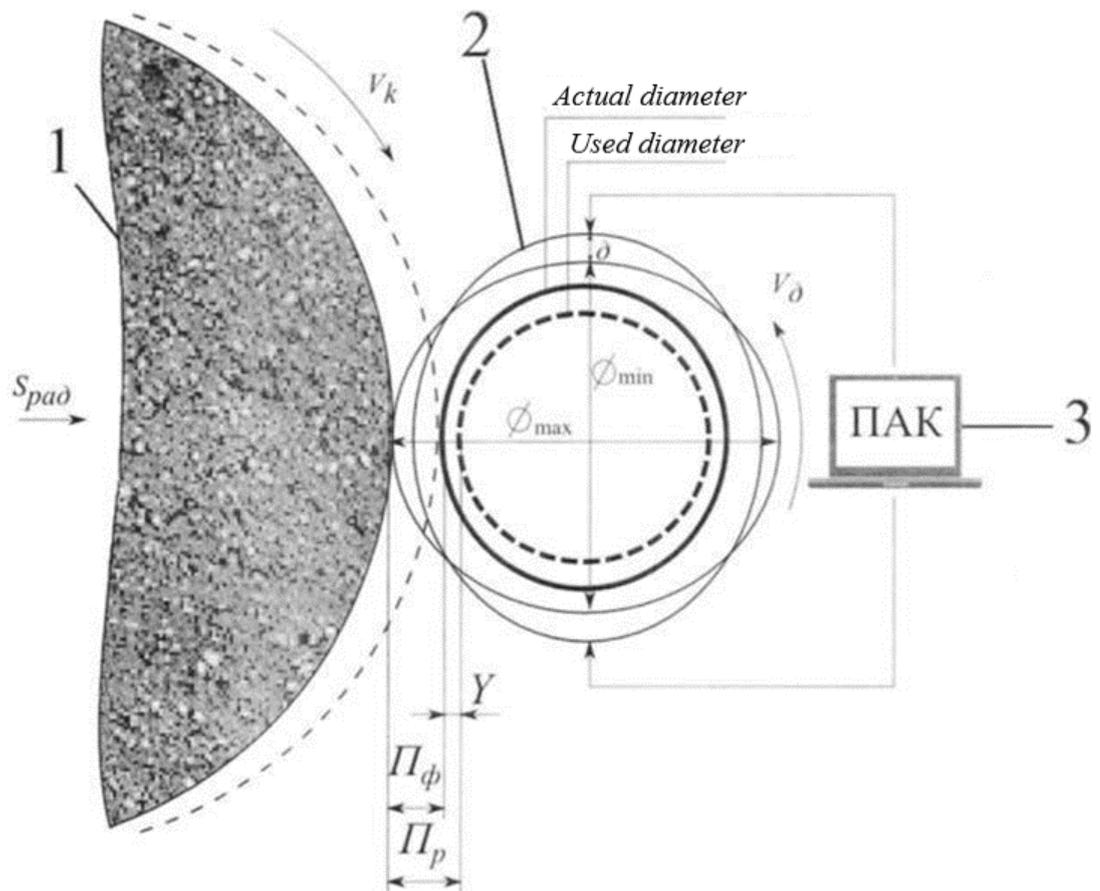


Figure 2.9. Method for determining the rigidity of the technological system of a cylindrical grinding machine with numerical control.

The main disadvantages of this device are:

- different strength of the grinding wheel in diameter;
- expensive equipment;
- Great laboriousness;

On the basis of the review, the following conclusion can be drawn: existing methods are difficult to apply, labor-intensive, expensive from the financial and resource side, in addition, they do not take into account the presence of three technology axes, which leads to a high error in researching.