

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

Школа \_\_ИШНПТ

Направление подготовки \_15.04.01/Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) \_Материаловедение

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Исследование технологических режимов обработки на фрезерном станке модели 675П по уровню вибрации и величине шерховатости</b>

УДК 621.914.3.01

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ91	Лю Чжэнь		10.06.21

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Алфёрова Екатерина Александровна	к.ф.-м.н. доцент		10.06.21

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черкасов Александр Иванович	-		10.06.21

#### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП по разделу «Раздел ВКР на иностранном языке»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Айкина Татьяна Юрьевна	к.ф.н.		10.06.21

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н. доцент		10.06.21

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна	-		10.06.21

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

<b>Руководитель ООП</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
15.04.01 «Машиностроение»	Мартюшев Никита Владимирович	к.т.н. доцент		

Томск – 2021 г.

## Результаты обучения

Направление 15.04.01 Машиностроение

ООП: Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения в том числе в режиме удаленного доступа
УК(У)-3	Способность организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия (-ий), анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-5	Способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований, создавать и редактировать тексты профессионального назначения
УК(У)-6	Способность определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, а также использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способность осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способность организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способность к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способность обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать

	бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способность организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способность подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способность разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способность разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способность оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-4	Способность подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы, организовывать работы по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и с даче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов машиностроения
ПК(У)-5	Способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии, оценивать инновационные и технологические рисунки при внедрении новых технологий, организовывать повышение квалификации и тренинг сотрудников подразделений в области инновационной деятельности и координировать работу персонала при комплексном решении инновационных проблем в машиностроении
ПК(У)-6	Способность разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов машиностроительного производства
ПК(У)-7	Способность организовать развитие творческой инициативы, рационализации, изобретательства, внедрение достижений отечественной и зарубежной науки, техники, использование передового опыта, обеспечивающих эффективную работу подразделения, предприятия
ПК(У)-8	Способность организовать и проводить научные исследования, связанные

	с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способность и готовность использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности
ПК(У)-11	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения в области профессиональной деятельности
ПК(У)-12	Способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности
ПК(У)-13	Способность применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования в машиностроении

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

Школа \_\_ ИШНПТ

Направление подготовки \_\_ 15.04.01/Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) \_\_ Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

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

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ91	Лю Чжэнь

Тема работы:

Исследование технологических режимов обработки на фрезерном станке модели 675П по уровню вибрации и величине шерховатости.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	102-33/с от 12.04.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	– фрезерный станок модели 675П; Измерительный модуль AP2037-100; ноутбук с установленным СПМО «Виброрегистратор-М2»  – режим работы: периодический.
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Обзор литературы по теме исследования; 2. Изучение использования фрезерного станка 675П для обработки; 3. Исследование и использование измерительного модуля AR2037-100 для измерения данных; 4. Исследование программного обеспечения СПМО «Виброрегистратор-М2»
<b>Перечень графического материала</b>	Демонстрационный материал ( презентация в MS PowerPoint)
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Исследовательский	Черкасов Александр Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна
Исследовательский (на англ. яз.)	Айкина Татьяна Юрьевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Vibration detection technology	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.10.2019г.
---	--------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Алфёрова Екатерина Александровна	к.ф.-м.н. доцент		01.10.2019
Старший преподаватель	Черкасов Александр Иванович	-		01.10.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM91	Лю Чжэнь		01.10.2019

### **Список принятых сокращений**

СПМО - системное программно-математическое обеспечение;

СКЗ - среднеквадратичного значений;

ЧС - чрезвычайная ситуация;

АЧХ - амплитудно-частотные характеристики;

ТС - техническое средство.



## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 102 страниц, включает в себя 23 таблицы, 32 рисунка, 16 формул.

Ключевые слова: вибрация, вибродиагностика, амплитудно-частотные характеристики, виброскорости, виброперемещение, среднеквадратичного значений.

В исследовательской работе объектом исследования являются вибрационные характеристики фрезерования и резания металла в реальных условиях эксплуатации.

Цель работы: Научиться выполнять вибрационные испытания на станке во время обработки, чтобы найти оптимальных режимов работы.

Новизна результатов исследования заключается в том, что с помощью компьютера со специальным программным обеспечением получают данные о вибрации в режиме реального времени при обработке.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения» приведён анализ перспективности и успешности научно-исследовательского проекта.

В разделе «Социальная ответственность» был произведен анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды, вредных веществ, производственного шума, освещенность помещения, пожарной безопасности, защита в ЧС.

## Оглавление

<b>Введение.....</b>	<b>13</b>
<b>1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ.....</b>	<b>16</b>
1.1. Обзор литературы по теме исследования.....	16
1.2. Объект и методы исследования.....	17
1.3. Технические характеристики фрезерного станка 675П и схема.....	18
1.3.1. Назначение и область применения.....	18
1.3.2. Габаритные размеры рабочего пространства и соединительной база.....	19
1.3.3. Общий вид широкоуниверсального фрезерного станка 675П.....	19
1.3.4. Перечень составных частей.....	20
1.3.5. Схема 675П фрезерного станка.....	22
1.3.6. Первый запуск станка и подготовка к первому запуску.....	24
1.3.7. Достоинства и недостатки оборудования.....	26
1.4. Попутное и встречное фрезерование.....	28
1.5. Вибрация.....	30
1.5.1. Причины вибрации в станках.....	30
1.5.2. Факторы, влияющие на интенсивность вибраций.....	31
1.5.3. Вибродиагностическая информация и измерительное оборудование.....	32
1.5.4. Приборно-программный комплекс вибродиагностики.....	32
1.5.5. Настройка мобильного диагностического комплекса.....	33
1.5.6. Анализ полученных данных вибрации.....	34
<b>2. Экспериментальная часть.....</b>	<b>36</b>
2.1. Эксперимент по измерению данных о вибрации.....	36
2.1.1. Подготовка перед экспериментом.....	36
2.1.2. Выбор объекта вибродиагностики и диагностического комплекса.....	36

2.1.3. Разработка экспериментальной схемы.....	40
2.1.4.Настройка мобильного диагностического центр.....	42
2.1.5. Разработка плана эксперимента.....	43
2.1.6. Проведение эксперимент.....	44
2.2. Анализ данных вибраци.....	44
2.3. Влияние подачи на шероховатост.....	49
2.3.1. Разработка плана эксперимента.....	49
2.3.2. Измерение шероховатост.....	49
2.4. Заключение.....	53
<b>3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....</b>	<b>54</b>
Введени.....	55
3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности.....	56
3.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	60
3.3. Бюджет научно-технического исследования.....	61
3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	70
Выводы по разделу.....	74
<b>4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	<b>75</b>
4.1. Введение по разделу социальная ответственност.....	77
4.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда.....	77
4.3.Производственная безопасность.....	79
4.4. Экологическая безопасность.....	88
4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
4.6. Анализ пожарной безопасности.....	90
4.7. Заключение по разделу социальная ответственность.....	92

Список литературы.....	93
<b>5. Раздел ВКР на иностранном языке.....</b>	<b>94</b>

## **Введение**

Эффективность применения металлорежущих станков характеризуется рядом показателей, основные из которых показатели производительности, точности и надежности. В связи с этим, основными направлениями развития металлообработки стало расширение технологических возможностей станков за счет увеличения диапазона регулирования режимов резания (частоты вращения и подачи) и применения высокоизносостойкого инструмента. Это позволило вести обработку на высоких скоростях и (или) с большей глубиной резания.

При работе фрезерных станков значительное влияние на возникновение колебаний оказывает не просто процесс резания, а его ударный характер. Поэтому важным для обеспечения работоспособности станков является проведение их испытаний на виброустойчивость в процессе резания.

Интенсивное развитие в настоящее время получили эксперименты по вибродиагностике в процессе резания, по результатам которых строятся амплитудночастотные характеристики (АЧХ). Данные АЧХ позволяют установить взаимосвязь между назначенными режимами резания и уровнем вибрации элементов ТС, тем самым устанавливать технологические режимы с учетом динамических характеристик ТС.

Цель работы: Научиться выполнять вибрационные испытания на станке во время обработки, чтобы найти оптимальных режимов работы. Одним из критериев повышения эффективности металлорежущих станков является увеличение их производительности за счет расширения технологических возможностей-диапазонов режимов резания. Данное исследование направлено на развитие методов вибродиагностика фрезерныхметалло режущих станков.

Предложена принципиальная схема вибродиагностики и описана методика проведение испытаний, разработан план зксперементя.

Проведение трехфакторный эксперимент при изменении в заданных диапазонах: частотой вращения шпинделя, подачи и виды фрезерования. Получение диаграммы уровня вибрации в зависимости от назначенных режимов резания, позволившие выбрать оптимальные режимы, обуславливающие работу технологической системы « станок-приспособление инструмент-деталь » при меньшем уровне вибрации. Сделан вывод о перспективности применения разработанной методики вибродиагностики для повышения эффективности работы фрезерного металлорежущего станка.

**Объектом исследования** являются вибрационные характеристики фрезерования и резания металла в реальных условиях эксплуатации.

**Предмет исследования:** Интенсивность вибрации фрезерования металла зависит от режима обработки и возможности предотвращения дефектов.

**Цель работы:** Научиться выполнять вибрационные испытания на станке во время обработки, чтобы найти оптимальных режимов работы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Научиться использовать фрезерный станок 675П для обработки;
2. Научиться использовать измерительный модуль AR2037-100 для измерения данных;
3. Разработать методику проведения натурного эксперимента.

**Актуальность работы:** Для обработки высокоточных деталей необходимо учитывать влияние вибрации. В настоящее время вредная вибрация во время обработки влияет на точность заготовки, снижает эффективность обработки и даже может быть опасна для пользователей. Очевидно, что режим обработки с низким уровнем вибрации более безопасен,

повреждение инструмента и станка будет уменьшено, а точность обработанных деталей будет улучшена.

**Научная новизна:** Научная новизна данной работы заключается в том, что может увидеть визуализированную спектрограмму вибрации через компьютер и получить подробные данные о вибрации в процессе обработки.

**Практическая значимость результатов** – результаты, приведенные в данной ВКР могут быть использоваться в области машиностроения.

**Область применения.** Вибродиагностика оборудования позволяет заранее выявить неисправности. Своевременная вибродиагностика оборудования снижает риск неожиданных поломок и остановки производства. Следовательно, помогает избежать потери денег из-за простоя.

# **1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ**

## **1.1. Обзор литературы по теме исследования**

Обработка деталей всегда сопровождается вибрацией. Вибрацию невозможно устранить, но ее можно только уменьшить в максимально возможной степени. За последние 70, или около того, лет произошли кардинальные изменения в методах, средствах, технологиях и практике проведения измерений, их анализа и мониторинга машинного оборудования. Начиная от механических приборов, которые могли осуществлять сбор данных простых низкочастотных временных сигналов, до современных высокоэффективных цифровых приборов, анализирующих химический состав жидкостей и продуктов износа в смазках, ток двигателей, выполняющих сложные пространственные вибрационные, ультразвуковые и термографические анализы.

Изменения в этой области потрясают, особенно, за последние двадцать лет. Внедрить сборщик/анализатор данных на микропроцессоре для работы на месте эксплуатации оборудования, персональных компьютеров для диагностики, управления информацией и автоматического мониторинга. Сочетание основных достижений в области электронных технологий и методов обработки сигналов для оценки технического состояния, обнаружения и диагностики неисправностей.

Сейчас почти немыслимо, что современные переносные сборщики данных имеют гораздо более широкую функциональность и эффективность, чем целый фургон, забитый лабораторным анализирующим оборудованием, менее чем двадцать пять лет тому назад! Сегодня большинство неисправностей могут быть обнаружены. На самой ранней стадии, Достаточно, чтобы минимизировать его влияние на производительность, чтобы избежать аварийных ситуаций. Мониторинг и методы обслуживания по фактическому состоянию прошли действительно длинный путь! Прошедший путь и то, как мы пришли к современному состоянию, представляет собой очень интересную историю, а личности, которые внесли с



вой такой большой вклад, достойны огромной благодарности. Существенно продвинули возможности хронику прогрессивного развития методов и применения вибрационных измерений для промышленного оборудования можно представить, по крайней мере, в виде пяти основных этапов, рисунок 1.

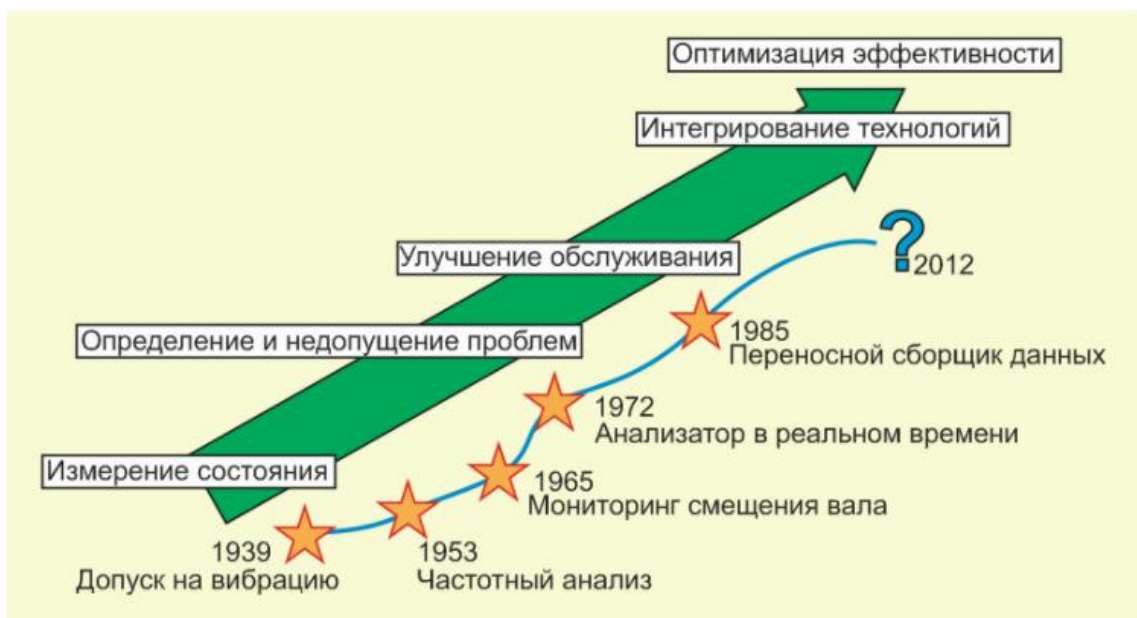


Рисунок 1 - Основные этапы в развитии вибрационных измерений, мониторинга и оценки технического состояния

Каждый из этих этапов придавал ускорение в области использования, эффективности и результативности, получаемой от вибрации информации, как меры технического состояния. За это время пройден путь от простого измерения общего уровня вибрации, который измерялся 70 лет тому назад, до ее сложных динамических характеристик, используемых в настоящее время для детального описания состояния. Мониторинг вибрации машин с оценкой их состояния стал в настоящее время неотъемлемой частью безопасной эксплуатации оборудования и повышения эффективности современных производственных процессов.

## 1.2. Объект и методы исследования

В исследовательской работе объектом исследования являются вибрационные характеристики фрезерования и резания металла в реал

ных условиях эксплуатации. К теоретическим методам, использованным в данной работе, относятся: построение гипотез, синтез, систематизация, обобщение и анализ, научное обоснование фактов. В процессе исследования было проанализировано, как снизить интенсивность вибрации.

Так же применены частные методы исследования такие как наблюдение, эксперимент, измерение. Измерения эксплуатационных параметров проводились с использованием метода непосредственной оценки, при котором значение величин определены непосредственно по показаниям средств измерений.

### **1.3. Технические характеристики фрезерного станка 675П и схема**

Среди прочего оборудования фрезерный станок 675П выделяется многими привлекательными качествами, в первую очередь своей универсальностью. Типичные станки характеризуются расширенными функциями и готовыми инструментами.

#### **1.3.1. Назначение и область применения**

Основное назначение этого типа оборудования – полуавтоматическая обработка заготовок из различных материалов (различных сортов стали, чугуна и цветных металлов).

Чтобы работать с горизонтальным шпинделем следующего ряда, этот тип станка может быть оснащен различными инструментами:

Дисковые инструменты; Цилиндрические виды оснасток; Фасонные фрезы и т. п.

При обработке заготовки необходимо использовать не только наконечник или наконечник, но и шпоночное оборудование, чтобы зафиксировать его под любым углом к горизонту.

### **1.3.2. Габаритные размеры рабочего пространства и соединительной базы**

Вертикальная поверхность основного стола имеет определенный размер 200x500 мм. Остальные характерные параметры станка (включая подключенные компоненты) показаны ниже:

Для угловых столов, в исходном состоянии при горизонтальном размещении размер поверхности равен 200x630 мм;

Диапазон выхода поверхности углового стола от оси шпинделя от 55 до 355 мм;

Одинаковые размер шпиндельной составляющей в вертикальном направлении варьируется от 0 до 280 от 0 до 280 мм;

Максимально допустимый ход рабочего стола по продольной оси (X) составляет примерно 320 мм;

Максимальный вертикальный ход (Z) не менее 300 мм;

Максимально допустимый ход фрезерования (поперечный Y) около 200 мм.

### **1.3.3. Общий вид широкоуниверсального фрезерного станка 675П**

Станок 675П включает в себя станину в конструкции, на нем закреплены рабочий стол и шпиндельная головка. Основную горизонтальную поверхность можно использовать для фиксации заготовки. Поскольку рабочая головка имеет функцию поворота, ее можно наклонять.



Рисунок 2 - Общий вид фрезерного станка 675П

#### **1.3.4. Перечень составных частей**

Кроме основной стола, узел устройства также включает: головку, размещенную вертикально;

Шпиндельная инструментальная бабка (горизонтальная);

Коробка переключения и регулировки скорости работы и подачи (КС);

Суппорт, а также станину;

Стол, способный располагаться под углом к основной плоскости.

Обычно конструкцию фрезерного агрегата называют также совокупностью его электрооборудования.

К ним, в частности, относятся ударные инструменты, которые не входят в комплект.

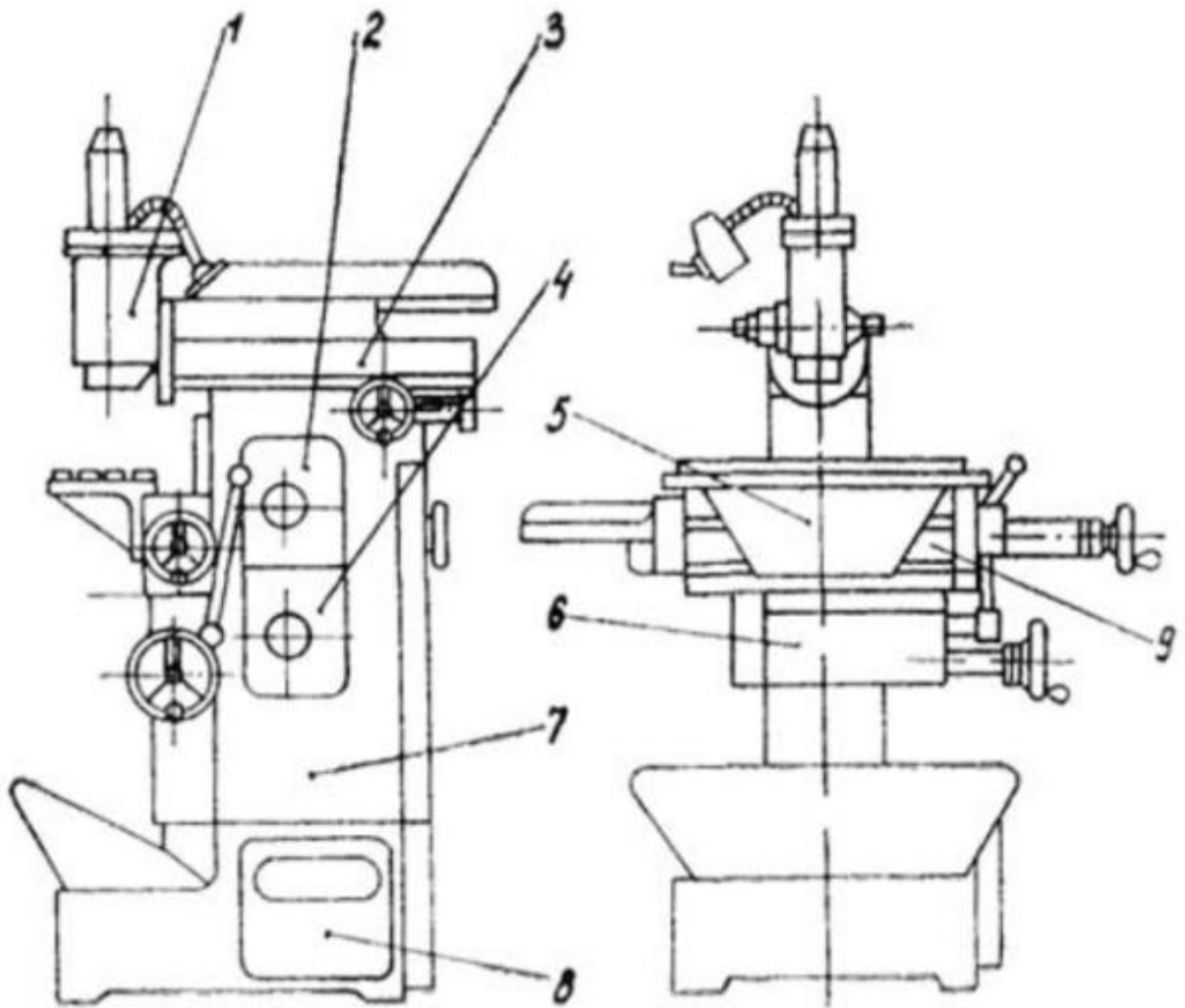


рисунок 3 - Схема расположения узлов станка.

Станка включает эти детали сверху вниз: 1-вертикальная головка; 3-шпиндельная бабка; 2-коробка скоростей; 5-угловой горизонтальный стол; 9-основной стол; 4-коробка подач; 6-суппорт; 7-станина; 8-электрообрудование.

1.3.3. Перечень графических символов, указанных на табличках (табл. 3).

Номер по рис. 3	Символ	Наименование
1		Частота вращения в минуту: вертикального шпинделя (наружный ряд); горизонтального шпинделя (внутренний ряд)
2		Величина подачи, мм/мин (прямолнейная вертикальная). В зависимости от значения знака таблички изменить
3		Ускоренное прямолнейное продольное перемещение суппорта, шпиндельной бабки или салазок
4		Регулировка люфта гайки
5		Движение с переключением из нейтрального положения
6		Направление вращения шпинделя при переключении из нейтрального положения: I - правое вращение; II - левое вращение
7		Охлаждение

Спогаание табл. 3

Номер по рис. 3	Символ	Наименование
8		Соответствие числа двойных ходов долбика числам оборотов горизонтального шпинделя, установленным на коробке скоростей
9		Ремни привода клановые: профиль - А, длина - 1800 мм, количество ремней - 2
10		Связка
11		Связка масла
12		Опасно! Под напряжением
13		Ток переменный, трехфазный с частотой f и напряжением U
14		Заземление
15		Менять скорость только при остановке

рисунок 4 - Перечень графических символов на табличках станка 675П

### 1.3.5. Схема 675П фрезерного станка

Среди элементов управления станка особенно выделяется рукоятка следующего назначения для:

Зажима шпинделя и выключения скоростей и набора;

Включения подач различных рабочих агрегатов;

Ускорение движения самого суппорта и рабочих включений шпиндельной коробки при смене рабочего режима.

Есть также несколько маховиков для управления вращением самого шпинделя и положением шпиндельной коробки, или для ручного перемещения рабочего стола во всех направлениях.

Кроме того, есть специальные ручки для следующих целей:

зажима суппорта и гильзы вертикального шпинделя;

включения подач основного стола;

Горизонтальный зажим (для передней бабки), включая зажимы для инструмента, которые можно использовать для фиксации патрона.

Элемент управления также включает фиксирующий винт и переключатель обратного вращения.

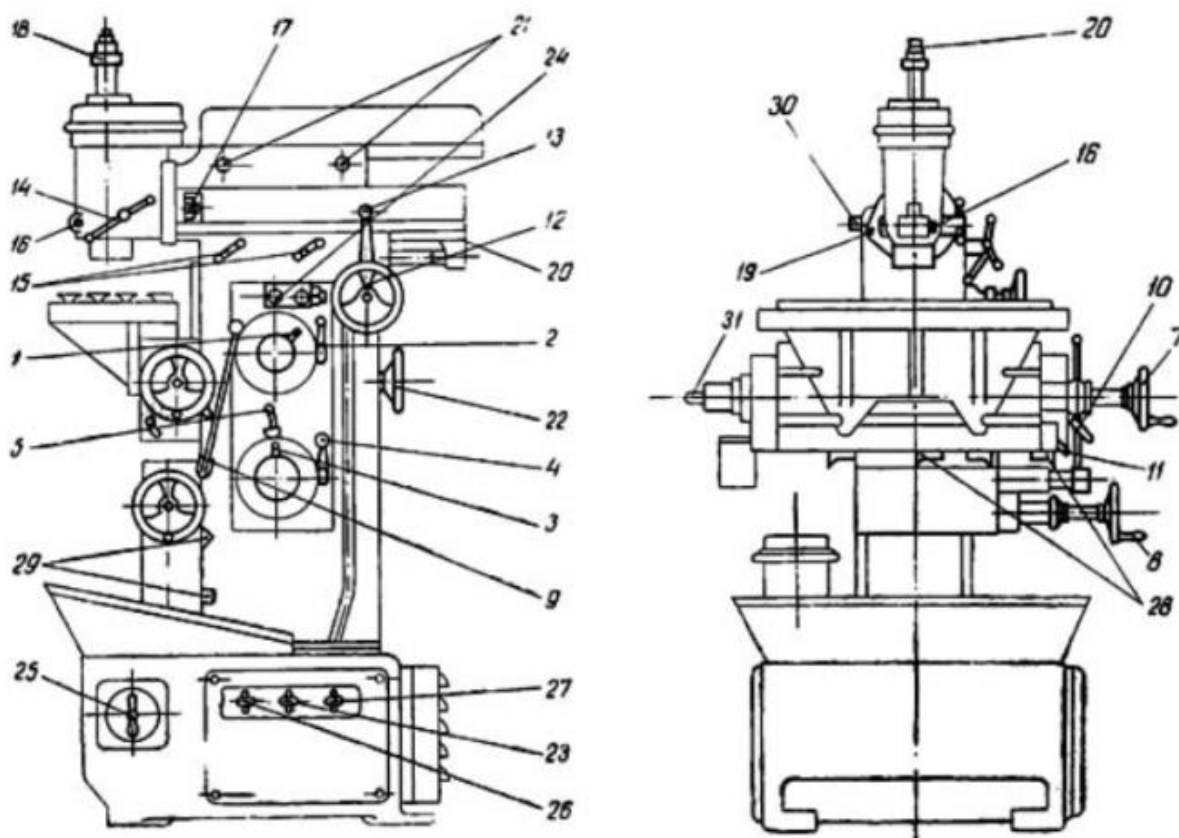


Рисунок 5 - Схема расположения органов управления

1. Маховик набора скоростей;
2. Маховик включения скоростей;
3. Маховик набора подач;
4. Маховик включения подач;
5. Быстро движущийся маховик для суппортов и передней бабки;
6. Ручка для горизонтального перемещения стола;
7. Ручка для вертикального перемещения стола;
8. Маховик для зажима суппорта в вертикальном направлении;
9. Маховик, используемый для соединения продольной и вертикальной подачи стола станка;
10. Маховик используется для затяжки в горизонтальном направлении;

12. Маховик используется для ручного перемещения шпиндельной головки;
13. Маховик, используемый для открытия механической подачи шпиндельной головки;
14. Маховик, используемый для ручного перемещения вертикального шпинделя;
15. Маховик зажима шпиндельной бабки;
16. Втулка для зажима вертикального шпинделя;
17. Гайки для крепления вертикального шпинделя;
18. Остановите движение вертикального шпинделя;
19. Вертикальный шпиндель винт;
20. Патрона (Зажим инструмента );
21. Зажим для багажника горизонтальной тумбочки;
22. Маховик, используемый для вращения шпинделя вручную;
23. Реверс скорости шпинделя;
24. Пуск и остановка главного двигателя;
- 25-27. Включение станка в сеть, насоса охлаждения и освещения;
- 28-30. Используется для остановки продольной, вертикальной и поперечной подачи станка;
31. Лубрикатор жидкая смазка C17-12.

### **1.3.6. Первый запуск станка и подготовка к первому запуску**

При упаковке станка все внешние обработанные поверхности должны быть покрыты антикоррозийным покрытием.

Перед установкой станка на фундамент не следует снимать антикоррозийное покрытие.

Покрытие, нанесенное растением в процессе консервации, удаляется хлопковой салфеткой, смоченной в белом спирте.

Категорически запрещается использовать растворитель для эмали фталата азотной кислоты для очистки смазки и других материалов, кото



рые могут повредить окрашенную поверхность станка!

После очистки антикоррозионного покрытия и пыли на станке необходимо тщательно протереть всю поверхность станка и смазать все неокрашенные детали на станке тонким слоем масла.

Поскольку очистить соединения подвижных соединений сложно, эту операцию следует повторить после подключения станка к источнику питания и перемещения подвижных частей из своего положения.

Машина очищена от антикоррозионного покрытия, может быть заземлена и подключена к электросети.

При подключении машины к источнику питания переключатели 25 и 26 (рисунки 4) должны быть в выключенном положении, переключатель находится в нейтральном положении, и клиновой ремень снят с шкива двигателя. В этом случае необходимо проверить соответствие вращения вала двигателя направлению вращения выбранного шпинделя.

Если смотреть на главный вал со стороны шкива, правое вращение главного вала соответствует вращению вала двигателя против часовой стрелки.

В описании этикетки «Переключить направление вращения шпинделя» (см. Легенду на этикетке) правое вращение шпинделя обозначено цифрой I, а левое вращение - цифрой II.

После подключения машины необходимо надеть клиновой ремень и следовать инструкциям в разделе «Смазка машины». Затем следует вручную проверить действия станка в следующем порядке (см. Схему органов управления):

Освободить зажимы 3, 4, 8.

Проверить перемещение шпиндельной бабки от маховика 17, вращение шпинделей от маховика 19, перемещение суппорта от маховика 24 и салазок от маховика 23

Все перемещения должны быть отличными, без заеданий и заклиниваний.

Первоначальный запуск начинается с включения станка в сеть через коммутатор 26.

Установите переключатель направления вращения шпинделя 1 в положение «правое вращение».

Грибок 6 набирается, а частота вращения шпинделя ручки 5 находится в диапазоне 50 100.

Нажатием черной кнопки 7, чтобы запустить станка.

Запрещается переключать передачи во время движения, чтобы не повредить механизм коробки передач.

В объем работ, связанных с первоначальным запуском, входит проверка всех механических движений:

Начиная с самой нижней точки, шпиндель вращается на всех скоростях;

Работа коробки подач работает следующим образом: начинать с самого низкого корма и открывать все корма по очереди;

Проверка механизмов суппорта, переключив поперечную рукоятку 2;

Проверка механизм шпиндельной коробки с ручкой 16.

Во время испытания на механическое движение проверьте подачу масла к плунжерному насосу и подачу охлаждающей жидкости к электронасосу.

В первую неделю работы станка не рекомендуется работать непрерывно более 40-50 минут в условиях высокой скорости шпинделя, а также выполнять резку металла с большим усилием резания.

### **1.3.7. Достоинства и недостатки оборудования**

К достоинствам станков типа 675П относят:

Большая чугунная станина хорошо поглощает вибрации, что обеспечивает качественную обработку деталей;

Заготовки разных размеров (до 80 см в длину и 25 см в ширину);

Чугунная станина может поддерживать качество обрабатываемых и деталей поглощать вибрацию;

Может фрезеровать как мелкие, так и крупные детали (детали максимальной длиной 800 мм и шириной 250 мм и более);

Эта станка может использоваться в мелкосерийном производстве;

С функцией выполнения долбежной операции (при приобретении долбежной головки за дополнительную плату);

Удобное (интуитивно понятное), классическое управление станком;

Размеры машины небольшие, поэтому ее можно разместить практически во всех помещениях (включая гаражи);

Широкий диапазон вращения вертикального и горизонтального шпинделей позволяет выбрать наиболее подходящие условия резания;

Подача охлаждающей жидкости осуществляется электронасосом. Производительность электронасоса 22 л / мин;

Станок имеет дополнительную шпиндельную (вертикальную) головку, расположенную на выдвижном стволе дерева, которая может поворачиваться на угол  $\pm 90$  градусов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

К относительным недостаткам этих моделей можно отнести недостаточную надежность и низкую производительность, из-за чего они не подходят для массового производства.

## 1.4. Попутное и встречное фрезерование

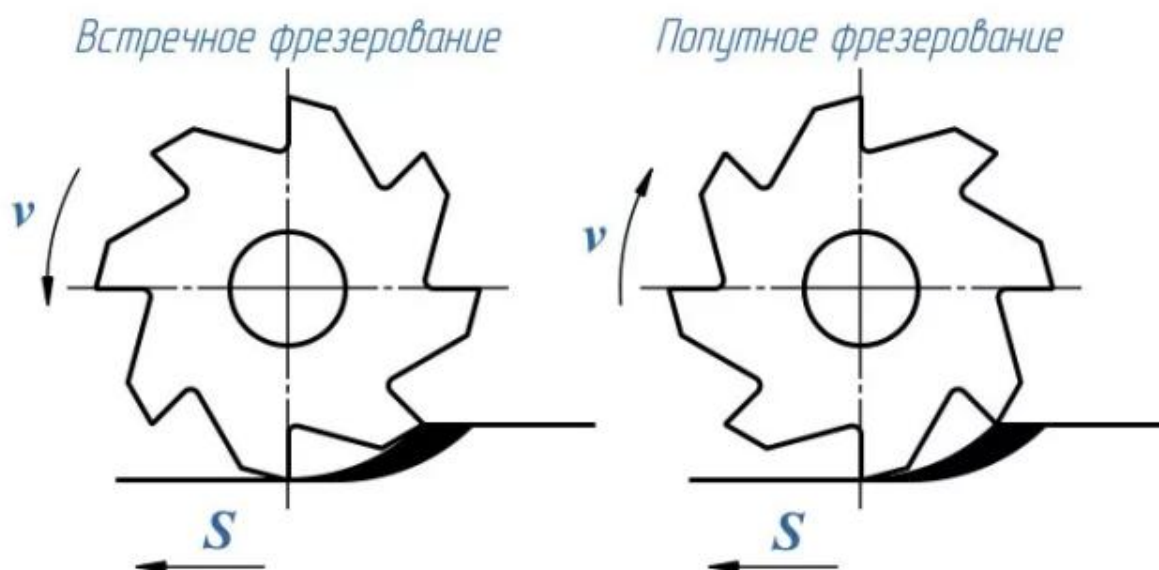


Рисунок 6 - Схема попутного и встречного фрезерования

Встречное фрезерование, которое иногда называют традиционным, наблюдается, когда скорость резания противоположна направлению движения подачи заготовки.

В этом случае эффект удаления стружки очень слабый - этот процесс очень неудобен, потому что остатки после обработки попадут на переднюю часть обрабатывающего инструмента, а износ инструмента очень быстрый (в то же время очень очевидный).

Кроме того, необходимо использовать оригинальные приспособления, чтобы максимально надежно закрепить продукт на фрезерном станке, что снижает эффективность его использования и усложняет конструкцию оборудования.

Поскольку металлическая стружка серьезно повреждает поверхность заготовки, выполнить операции фрезерования для чистовой обработки практически невозможно. Еще один «недостаток» этой технологии - нестабильность толщины стружки, которая будет срезаться в процессе обработки.

К преимуществам встречного фрезерования можно отнести то, что из-за деформации материала при удалении стружки укрепляется верхняя

й слой изделия; из какого бы металла ни была изготовлена деталь (даже очень прочная), она должна работать аккуратно, также обратите внимание на плавную нагрузку на фрезерный агрегат.

Попутное фрезерование, или фрезерование по подаче - это метод, при котором направление движения заготовки совпадает с вектором скорости резания. Попутная операция отличается следующими преимуществами:

Остающаяся за фрезой стружка легко удаляется с заготовки;

На фрезерный станок нет необходимости монтировать специальные зажимные механизмы (силы резания сами по себе прижимают обрабатываемую деталь к рабочему столу);

Металл плавно снимается с заготовки, что обеспечивает отличный показатель шероховатости ее поверхности;

Режущие зубья изнашиваются медленно и равномерно (снижение затрат на выполнение операций и увеличение времени работы инструмента).

Конечно, у попутного фрезерования есть и недостатки. Во-первых, в присунокпособлении, используемом для перемещения стола станка, не должно быть зазоров. Если есть, то обработка будет проводиться в условиях явной вибрации, что приведет к снижению качества фрезерования, и его общий эффект. Во-вторых, зубья рабочего инструмента подвергаются большим ударным нагрузкам.

В связи с этим фрезерование фрезами разрешено только на жестких станках, кроме того, это также позволяет максимально прочно закрепить фрезерованные детали. Третий недостаток заключается в том, что в случае, когда необходимо фрезеровать штампованные детали, различные поковки и другие изделия с необработанными поверхностями, сквозное фрезерование не может быть выполнено. Наличие включений в заготовке такого типа приведет к очень быстрому выходу фрезы из строя.

## **1.5. Вибрация**

### **1.5.1. Причины вибрации в станках**

При обработке деталей на токарном станке неизбежно возникнет вибрация, что приведет к ошибкам в работе станка, увеличению шероховатости обработанной поверхности и быстрому износу инструмента.

Существует множество причин вибрации, наиболее важными из которых являются следующие шесть пунктов:

1. Вибрация передается на станок через землю или другие конструкции, контактирующие со станком. Укрепите пол и фундамент, установите упругие шайбы и т. Д., чтобы справиться с этой вибрацией.

2. Вибрация, вызванная несбалансированной заготовкой, присунок пособлением или установкой станка. Уравновешивайте вращающиеся части патрона и самого станка, а также поддерживайте баланс между частями станка. Если это нарушит балансировку всей вращающейся системы, увеличьте вес,

3. Вибрация из-за дефектов трансмиссии машины. Неправильная сборка в машине или неправильная комбинация шестерен могут вызвать прерывистую передачу усилия на подшипники машины, и в этом случае могут возникнуть вибрации. Устранение дефекта такого типа - способ избежать такой вибрации.

4. Вибрация из-за прерывания резки. Разрушение рабочей поверхности вызовет колебания силы резания, и существует множество методов обработки, которые могут привести к такой ситуации. Чтобы исключить влияние неровностей обрабатываемой поверхности на возникновение вибрации, следует увеличить жесткость заготовки.

5. Собственная вибрация, возникающая при вращении инструмента, сверлении и т. Д. Когда все детали вращаются в равновесии, сам станок установлен правильно, и отсутствует внешняя вибрация. Также может возникнуть сильная вибрация. Особенно по причинам, перечисленным ранее. Этот тип вибрации называется естественной вибрацией при резке. Ча

стота (количество колебаний в секунду) в основном определяется степенью тяжести системы СПИД. Для достижения цели, чем меньше вибрация, то есть чем выше частота вибрации, тем более жесткой должна быть система.

6. Вибрация из-за неподходящих материалов, неправильной геометрии резки и ошибок позиционирования. При работе на станке с низкой скоростью резания и недостаточной жесткостью угол входа слишком мал, радиус угла большой, передний угол отрицательный, а угол заднего хода большой.

### **1.5.2. Факторы, влияющие на интенсивность вибраций**

Высота волны (неровность) обрабатываемой поверхности определяет интенсивность (силу) вибрации, и конкретная причина содержится:

1. Когда скорость резания ниже 150 м / мин, вибрация увеличивается по мере увеличения, достигая максимума в диапазоне 80-150 м / мин, но после превышения этой скорости вибрация будет уменьшаться по мере увеличения. С этой точки зрения, чем выше скорость резания, тем ниже вибрация;

2. По мере увеличения ширины (глубина резания при обычном продольном точении) реза интенсивность вибрации увеличивается;

3. Увеличение толщины среза (подача) приведет к обратному эффекту. По мере увеличения толщины стружки интенсивность вибрации не много снижается. Однако эффект изменения толщины среза намного слабее, чем эффект изменения его ширины;

4. Чтобы достичь более высокой скорости подачи, можно использовать инструмент с меньшим углом входа для резки с более высокой скоростью резания. Но это вызовет сильную вибрацию;

5. Интенсивность вибрации уменьшается с уменьшением угла резания (увеличивается передний угол). Резцы с положительным передним углом менее подвержены вибрации, чем резцы с отрицательным передним

им углом.

### **1.5.3. Вибродиагностическая информация и измерительное оборудование**

Подбор информационно-измерительного оборудования для вибродиагностики. В зависимости от регистрируемых параметров вибрации этот параметр может быть разным для каждого типа станка, особенно с точки зрения диапазона частот вибрации. В качестве параметров вибрации используются следующие:

виброперемещения – низкочастотный диапазон. Из интереса относительное смещение объектов;

виброскорости – среднечастотный диапазон. Эффективная проверка работоспособность вибрационных машин;

виброускорения – высокочастотный диапазон. Оценка надежность технического оборудования.

Эталоном уровня вибрации обычно считается среднеквадратичное значение скорости (СКЗ)

Как правило, блок-схема измерения вибрации состоит из трех элементов (рисунок 1)

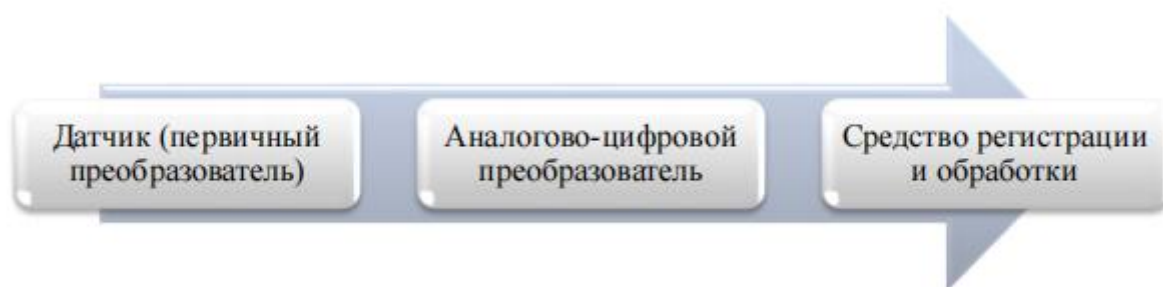


Рисунок 7 - Структурная схема измерения вибрации

### **1.5.4. Приборно-программный комплекс вибродиагностики**

Ниже приводятся приборы для вибродиагностики, являющиеся на взгляд, наиболее распространенными измерительными устройствами



для вибродиагностики механических узлов, представленные на российском рынке.

Измерительный комплекс К-5101 – Это технологические многоканальные компьютеризированные измерительные системы. Виртуальное устройство на базе современных вычислительных мощностей компьютер, техника от National Instruments. С помощью комплекса можно измерять и регистрировать параметры вибрации подвижной части механической конструкции.

В качестве информационноизмерительного комплекса использован мобильный диагностический комплекс К-5101 включает:

- Датчики;

- Измерительный модуль AP2037-100 выполнение функции аналоговоцифрового преобразователя;

- ноутбук с установленным СПМО «Виброрегистратор-М2», Позволяет визуализировать сигнал времени, построить спектрограмму и сформировать отчет о виброиспытании в формате файла Microsoft Word.

#### **1.5.5. Настройка мобильного диагностического комплекса**

При настройке группы мобильных устройств будут выполнены следующие действия:

- Распознавание цвета канала датчика на портативном компьютере путем воздействия ударной нагрузки (удара) на чувствительную поверхность акселерометра;

- Выборе регистрируемого параметра (виброперемещение, виброскорости );

- Настройка программной оболочки СПМО, которая включает:

- Описание назначения инструмента и его параметров, например: диаметр,концевая фреза, угол наклона спирали количество зубцов и т. Д.

### 1.5.6. Анализ полученных данных вибрации

Данные о вибрации могут быть собраны с помощью экспериментов.

Конкретные шаги анализа заключаются в следующем.

1. Выбрать для анализа участок с установившимся процессом.

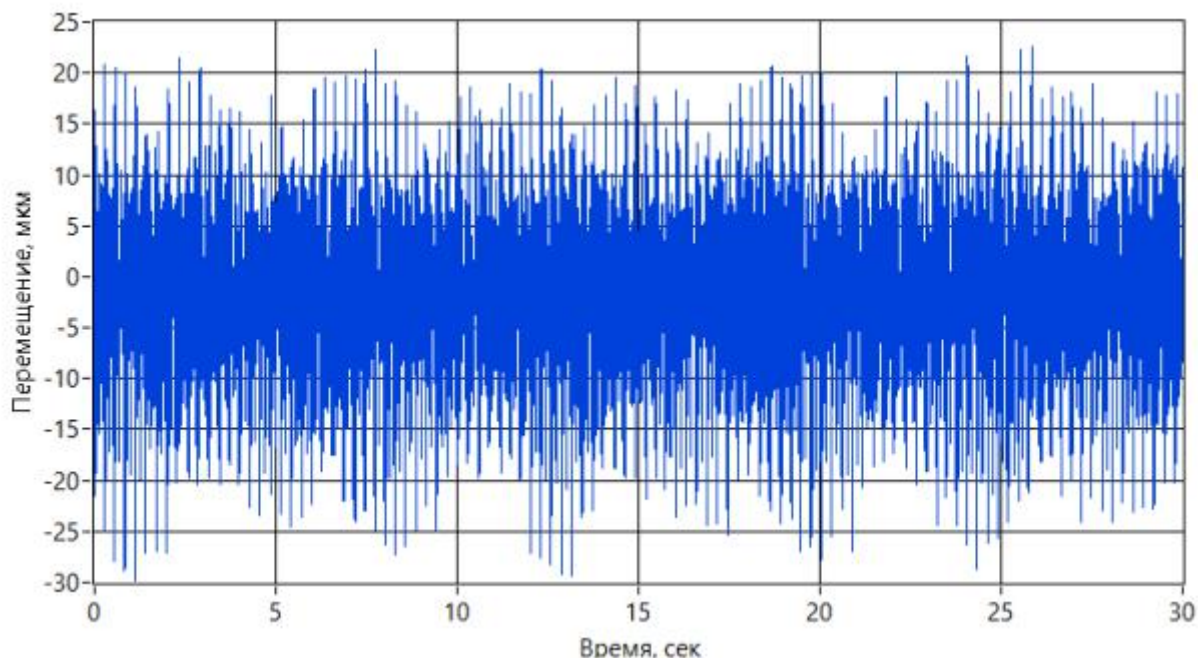


Рисунок 8 - Данные о вибрации

2. Как показано на рисунке 9, выбрать другой канал в верхнем левом углу, чтобы получить соответствующие данные о вибрации. Выбор ускорения, скорости и смещения находится вверху изображения.



Рисунок 9 - Данные о вибрации

3.Обобщить собранные данные.

## **2. Экспериментальная часть**

### **2.1. Эксперимент по измерению данных о вибрации**

#### **2.1.1. Подготовка перед экспериментом**

Перед выполнением экспериментов необходимо:

Уметь использовать фрезерный станок модели 675П для обработки металла;

Понять структуру концевых фрез и ее параметры;

Узнать о типах фрезерования: попутное и встречное фрезерование;

Уметь использовать мобильный диагностический комплекс К-5101 для мониторинга вибрации и анализа данных.

#### **2.1.2. Выбор объекта вибродиагностики и диагностического комплекса**

Для проведения эксперимента выбраны следующие элементы ТС (рисунок 1):

-фрезерный станок модели 675П;



Рисунок 10 - Фрезерный станок модели 675П

-Концевая фреза диаметром  $d = 40$  мм и числом зубьев  $z = 6$ ;



Рисунок 11 - Концевая фреза  
-Призматическая заготовка из материала сталь 45;



Рисунок 12 - Заготовка (вид спереди)



Рисунок 13 - Заготовка (вид сбоку)

-Присунокпособление для закрепления заготовки-прижим;



Рисунок 14 - Принципиальная схема фиксации заготовки (вид сверху)



Рисунок 15 - Принципиальная схема фиксации заготовки (вид спереди)

В качестве информационно-измерительной системы используется мобильная диагностическая система К-5101, в которую входят:

- Измерительный модуль АР2037-100, его функция - выполнение аналого-цифрового преобразования;

- Датчики;

- Портативный компьютер, оснащенный СПМО «Виброрегистратор-М2», позволяет визуализировать сигнал времени, построить спектрограмму и сформировать отчет о виброиспытании в формате файла Microsoft Word.

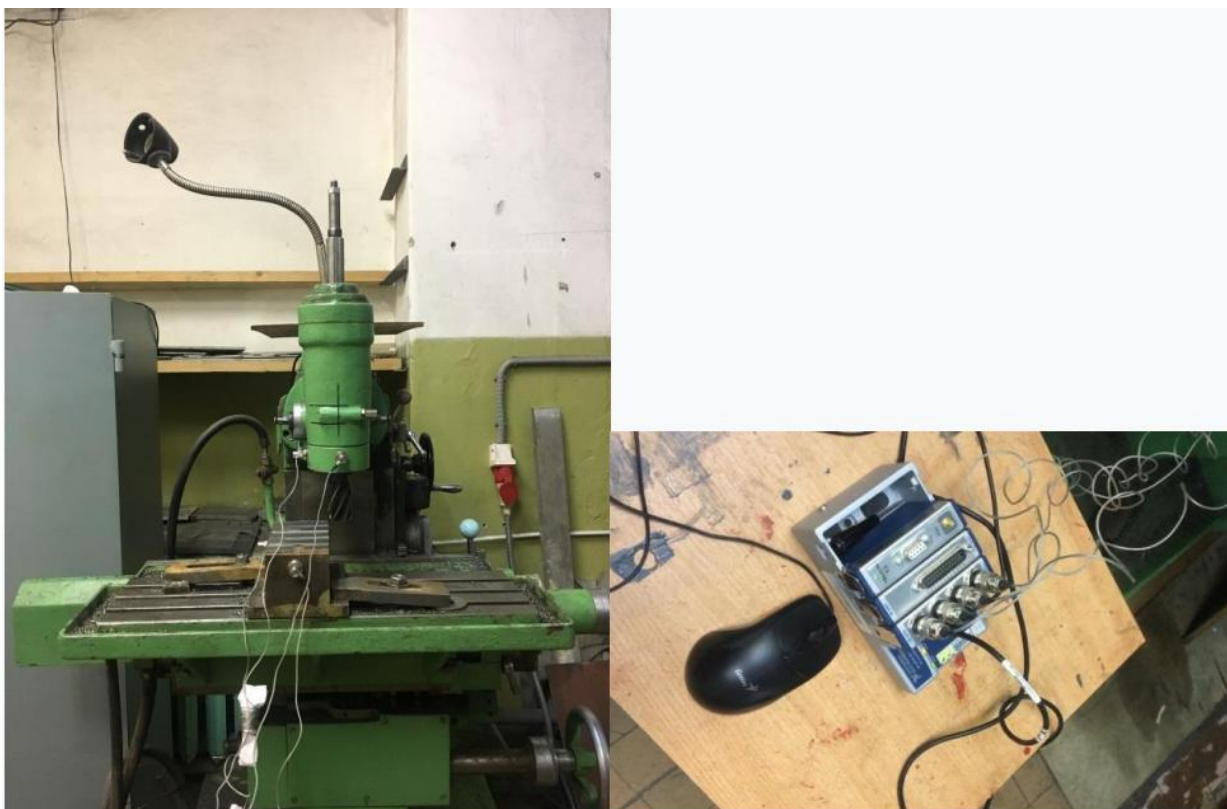


рисунок 16 - Схема установки прибора для измерения вибрации

### **2.1.3. Разработка экспериментальной схемы**

Принципиальная схема установки экспериментального оборудования представлена на рисунке ниже.



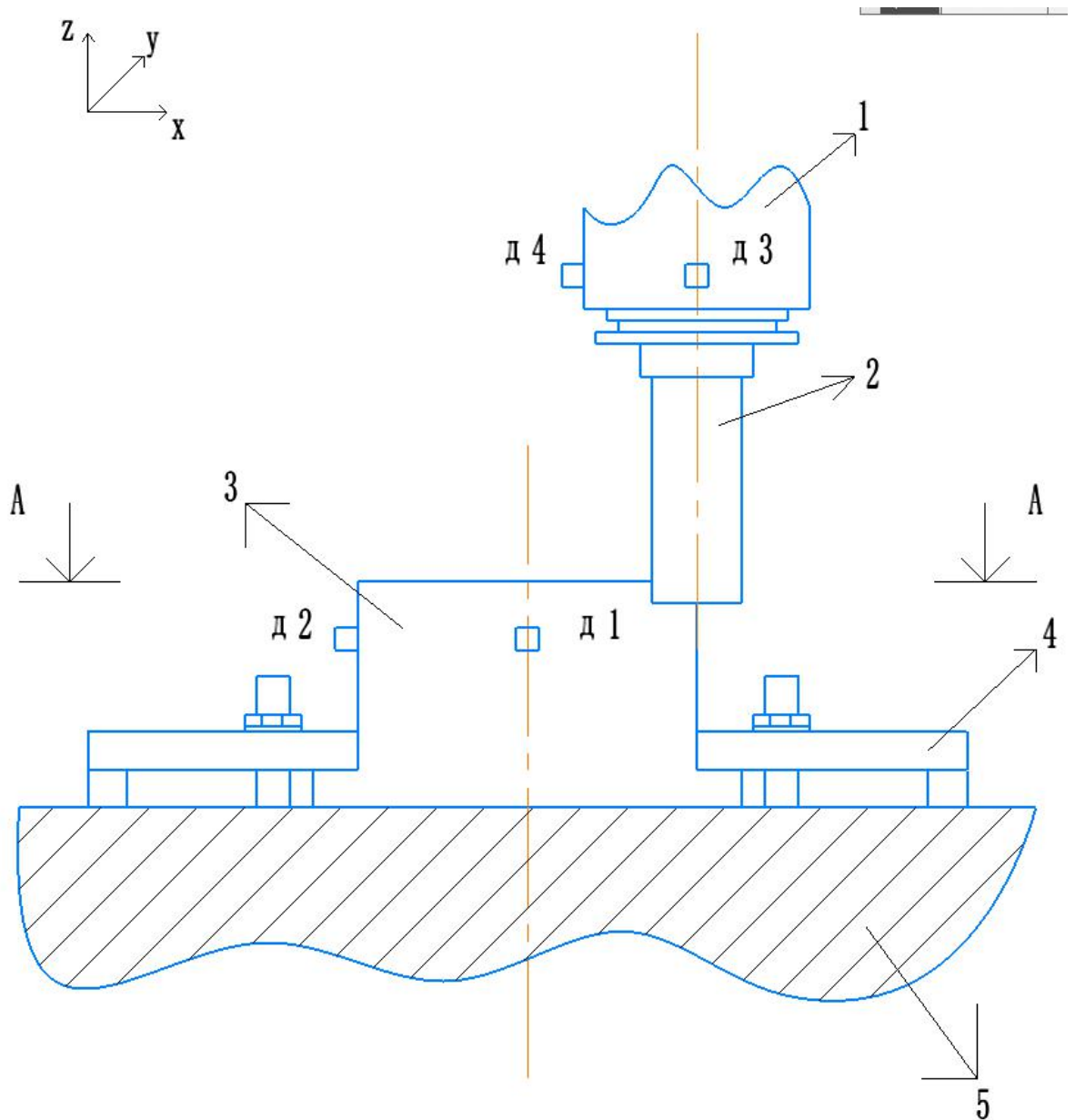


Рисунок 17 - Принципиальная схема обработки

1-шпиндель; 2-фреза; 3-заготовка; 4-прижим; 5-стол;  
 д1-датчик для измерения вибрации заготовки по оси Y,  
 д2-датчик для измерения вибрации заготовки по оси X,  
 д3-датчик для измерения вибрации шпинделя по оси Y,  
 д4-датчик для измерения вибрации шпинделя по оси X.

А - А

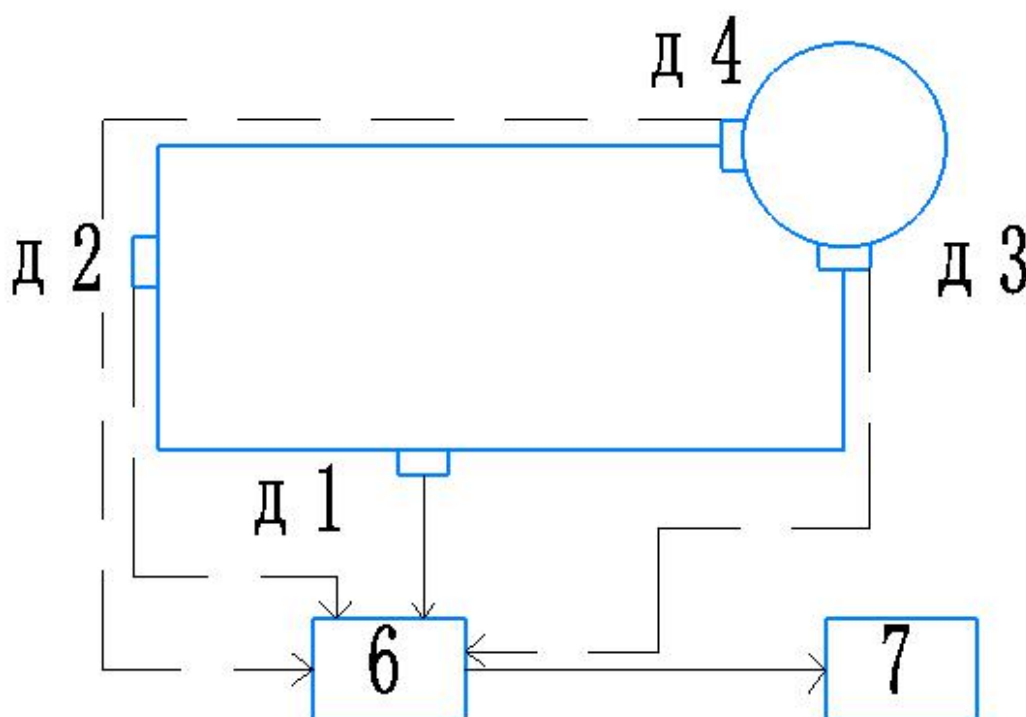


Рисунок 18 - Блок схема информационно-измерительного комплекса

6-Блок АР 2037-100; 7-ноутбук

Для проведения эксперимента (вибродиагностика) в этот период было отрегулировано экспериментальное оборудование:

-крепление 4 устанавливается на верстак фрезерного станка и фиксируется в Т-образном пазу верстака с помощью крепежа;

-Закрепите отливку 3 на верстаке 5 с помощью приспособления 4;

-На шпинделе станка 1 установлена концевая фреза 2;

-С помощью магнитов датчики d1-4 мобильной диагностической аппаратуры устанавливаются на заготовку и шпиндельную головку по оси виброцентровки.

#### 2.1.4.Настройка мобильного диагностического центр

Настроить комплексное оборудование: датчик подключается к измерительному модулю, этот модуль подключается к ноутбуку, и, наконец, все устройства подключаются к источнику питания. Подключаемся через стандартный разъем, это удобно и быстро.

### 2.1.5. Разработка плана эксперимента

План эксперимента представлен в таблице 1. Было решено провести трехфакторный эксперимент для достижения цели диагностики вибрации фрезерного станка.

Таблица 1–План эксперимента.

№	Подачи(s) мм/мин	Частоты(n) об/мин	Фрезерный метод
1	50	200	Встречный
2	50	200	Попутный
3	50	400	Встречный
4	50	400	Попутный
5	50	800	Встречный
6	50	800	Попутный
7	100	200	Встречный
8	100	200	Попутный
9	100	400	Встречный
10	100	400	Попутный
11	100	800	Встречный
12	100	800	Попутный
13	200	200	Встречный
14	200	200	Попутный
15	200	400	Встречный
16	200	400	Попутный
17	200	800	Встречный
18	200	800	Попутный

### **2.1.6. Проведение эксперимента**

Ход эксперимента:

1- записать параметры в процессе резания, такой как скорость и перемещение вибрации, а также ее пиковое и среднеквадратичное значения (СКЗ).

2- определение наилучшего режима обработки в выбранном диапазоне (таблица 1):

-подачи  $s$ ;

-частоты резания  $n$ ;

-типа фрезерования (попутное или встречное фрезерование).

Оптимальность относится к работе, выполняемой в условиях относительно низкой вибрации в условиях резания.

### **2.2. Анализ данных вибрации**

После проведения эксперимента в соответствии с планом эксперимента, приведенным в таблице выше, были получены соответствующие данные о вибрации, которые были представлены в виде рисунок 19.

Подачи(S <sub>1</sub> ) мм/мин	Частоты(n) об/мин	Подачи(S <sub>2</sub> )мм/об по 1 зубьев S <sub>2</sub> =S <sub>1</sub> / (n*z)	Фрезерный метод	Тип	Канал1		Канал2		Канал3		Канал4	
					Пик	СКЗ	Пик	СКЗ	Пик	СКЗ	Пик	СКЗ
50	200	0,0417	Встречный	Скорость	5,23	1,38	4,17	1,05	6,43	0,80	8,96	1,49
			Попутный	мм/сек	4,49	0,88	9,96	1,56	11,80	1,01	12,69	1,25
			Встречный	Перемещение	26,22	8,13	18,07	5,85	15,43	5,22	19,40	5,65
			Попутный	мм	56,36	9,00	34,76	8,50	23,46	6,05	18,30	4,46
	400	0,0208	Встречный	Скорость	5,91	1,35	5,63	1,42	5,80	1,10	12,57	2,20
			Попутный	мм/сек	3,89	0,77	8,41	1,79	7,45	1,18	11,35	1,72
			Встречный	Перемещение	44,06	7,06	17,66	6,50	21,30	7,25	25,32	6,64
			Попутный	мм	41,33	5,75	25,56	7,63	30,33	7,24	44,42	5,12
	800	0,0104	Встречный	Скорость	5,75	1,92	7,63	2,57	8,96	1,52	17,94	3,60
			Попутный	мм/сек	12,90	3,82	20,92	6,87	16,09	3,02	18,90	4,58
			Встречный	Перемещение	17,67	5,60	23,18	8,21	27,07	5,52	22,15	6,11
			Попутный	мм	24,06	8,16	43,40	15,06	23,46	7,22	24,34	7,84
100	200	0,0833	Встречный	Скорость	11,22	2,88	8,94	1,50	14,58	1,04	21,58	2,94
			Попутный	мм/сек	7,95	1,78	15,12	3,15	12,20	1,52	18,28	2,16
			Встречный	Перемещение	49,00	15,72	23,70	6,94	30,47	6,61	48,99	11,44
			Попутный	мм	125,11	14,94	51,87	14,61	31,28	8,59	33,65	7,84
	400	0,0417	Встречный	Скорость	8,84	2,58	8,09	2,64	8,66	1,18	18,11	3,20
			Попутный	мм/сек	5,39	1,47	11,23	3,21	8,80	1,36	13,25	2,35
			Встречный	Перемещение	31,37	10,94	24,22	9,56	21,95	6,33	34,07	10,07
			Попутный	мм	63,47	9,50	35,80	12,07	26,87	6,93	25,56	7,14
	800	0,0208	Встречный	Скорость	8,40	3,01	9,48	3,64	8,78	1,70	19,74	4,75
			Попутный	мм/сек	4,83	1,54	10,97	3,48	10,66	1,85	13,47	2,89
			Встречный	Перемещение	23,49	8,11	31,72	12,32	26,61	8,26	37,17	8,58
			Попутный	мм	18,94	6,64	65,51	13,40	25,63	8,97	18,64	5,79
200	200	0,1667	Встречный	Скорость	17,14	5,22	11,99	2,43	14,08	1,49	25,66	5,36
			Попутный	мм/сек	12,17	3,26	23,05	5,23	13,14	1,98	25,15	3,69
			Встречный	Перемещение	83,10	29,99	37,53	10,31	28,00	6,48	83,18	23,03
			Попутный	мм	58,88	19,88	72,26	22,21	31,86	10,22	65,43	16,18
	400	0,0833	Встречный	Скорость	13,54	4,12	10,26	3,65	11,90	1,53	23,85	4,91
			Попутный	мм/сек	9,60	3,01	15,69	5,49	15,72	1,81	16,20	3,52
			Встречный	Перемещение	43,33	16,29	31,77	12,73	21,18	5,94	46,86	15,99
			Попутный	мм	154,03	15,33	47,34	19,30	21,40	21,40	125,46	36,56
	800	0,0417	Встречный	Скорость	12,28	5,63	9,89	3,19	10,74	2,01	22,00	6,64
			Попутный	мм/сек	7,11	2,49	14,48	5,65	12,37	2,57	17,11	4,03
			Встречный	Перемещение	33,80	12,16	62,93	11,19	22,76	7,17	59,89	15,57
			Попутный	мм	21,83	7,79	44,77	17,23	29,29	10,78	26,09	7,41

Рисунок 19 - Данные о вибрации

Чтобы более наглядно показать взаимосвязь между интенсивностью вибрации и режимом обработки, данные представлены в виде линейного графика.

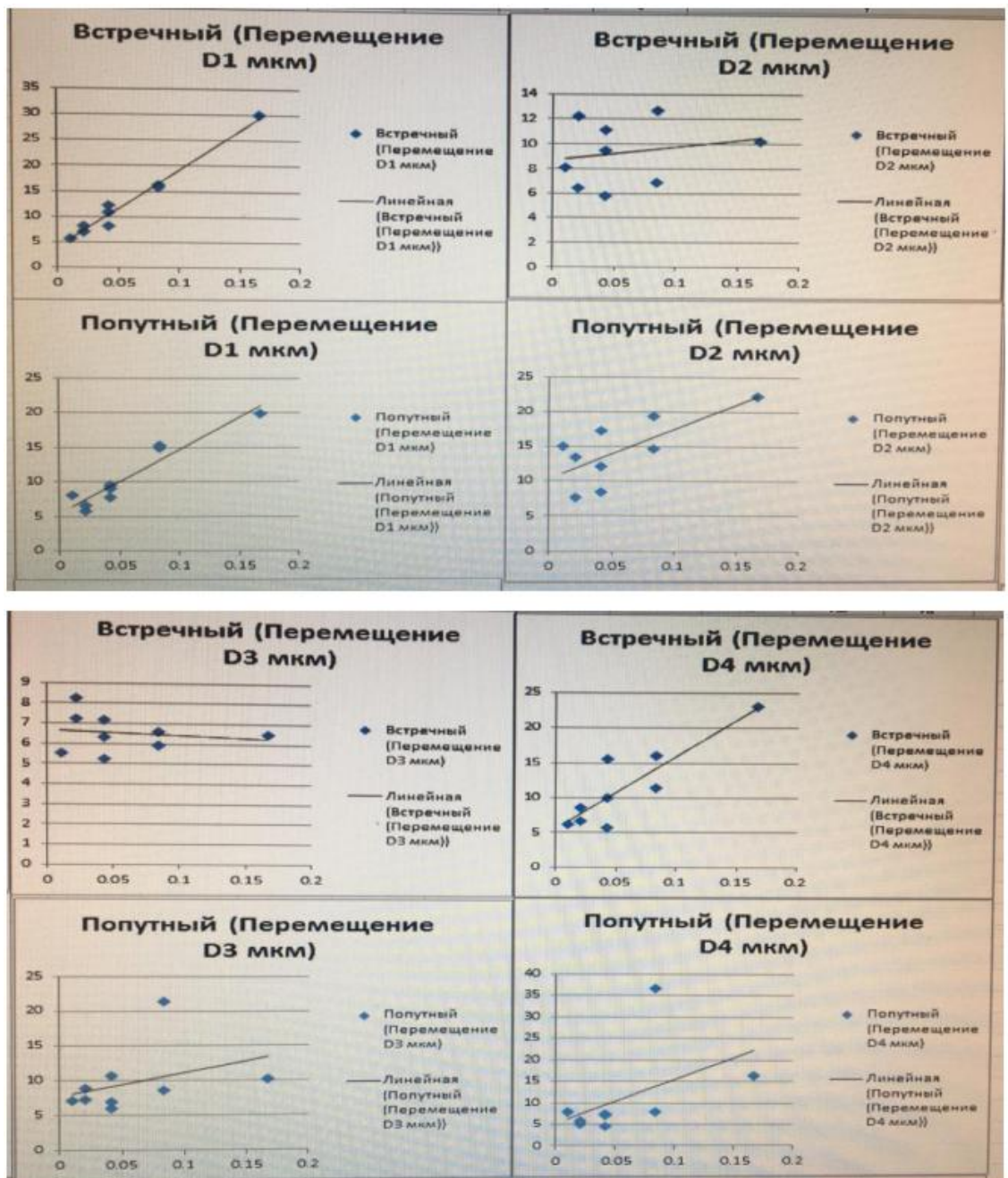


Рисунок 20 - Сравнение величины вибрации (перемещение), которое зависит от подача на зуб при встречном и попутном фрезеровании

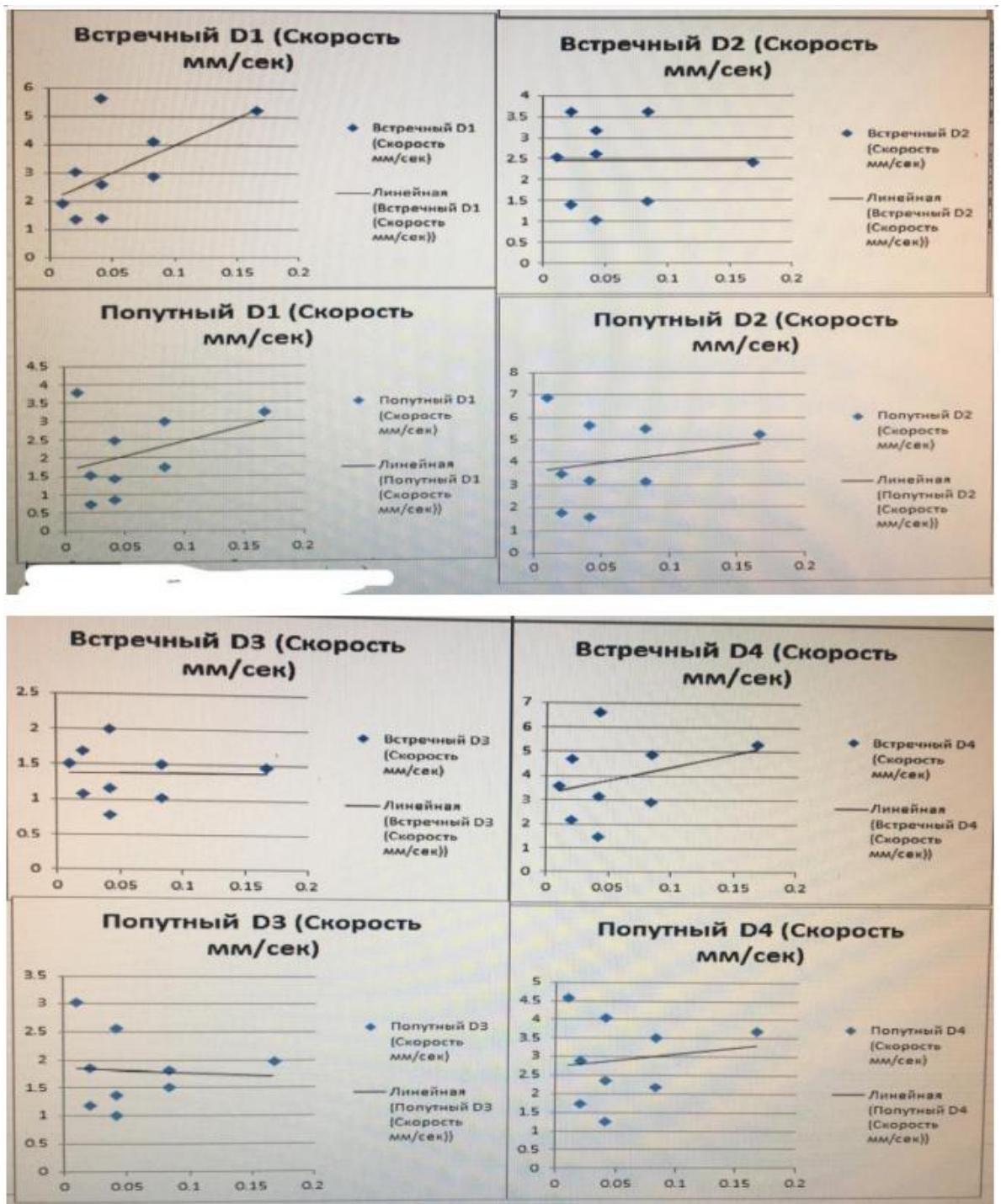


Рисунок 21 - Сравнение величины вибрации (скорости), которое зависит от подачи на зуб при встречном и попутном фрезервании

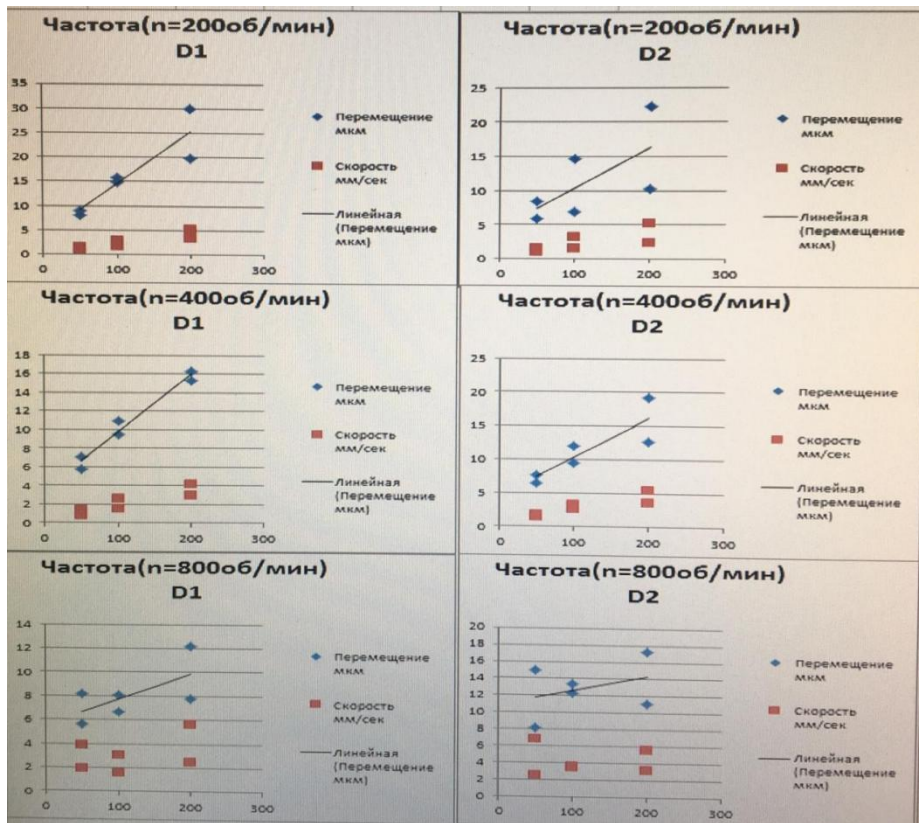


Рисунок 22 - Интенсивность вибрации заготовки во время обработки зависит от падачи на зуб

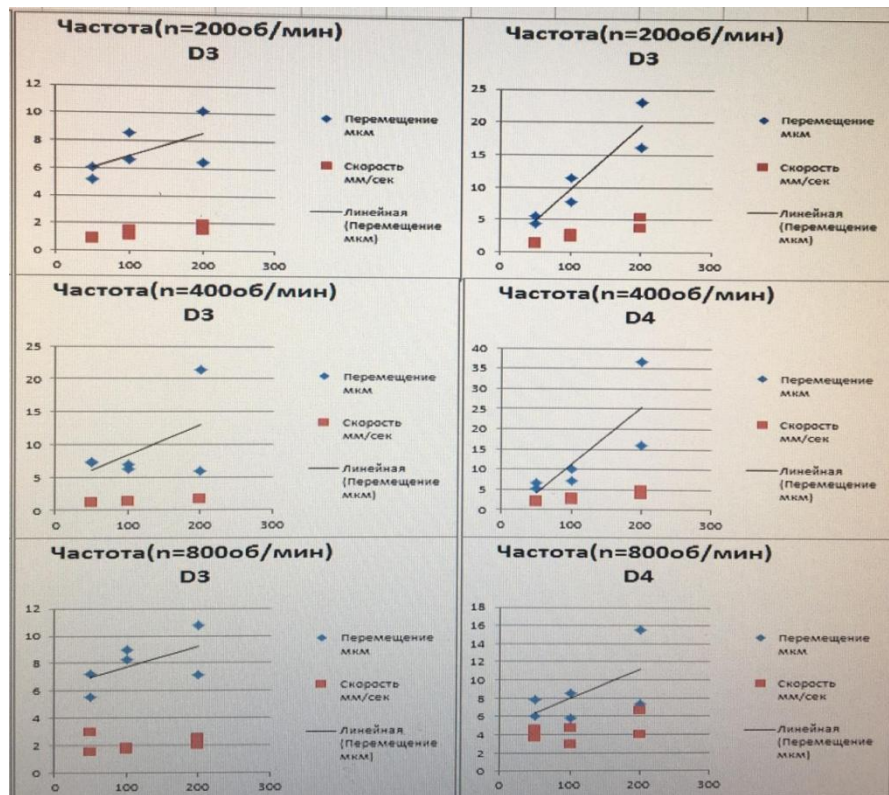


Рисунок 23 - Интенсивность вибрации шпинделя во время обработки зависит от падачи на зуб



## 2.3. Влияние подачи на шероховатость

### 2.3.1. Разработка плана эксперимента

Чтобы определить влияние зубчатой подачи на шероховатость, был разработан план эксперимента, как показано в следующей таблице:

Таблицы 2—план эксперимента

№	подачи	чистота	Подачи на зуб
1	200	200	0,167
2	100	200	0,083
3	100	125	0,133
4	50	200	0,042

### 2.3.2. Измерение шероховатости

Заготовка, полученная обработкой, показана на рисункунке ниже.



Рисунок 24 - Заготовка после обработки



Рисунок 25 - Принципиальная схема обнаружения шероховатости



Рисунок 26 - Принципиальная схема обнаружения шероховатости  
Инструмент, необходимый для измерения шероховатости: Taylor-

HOBSON TALYSURF model 3. Следующие изображения, измерено TALYSURF модель 3.

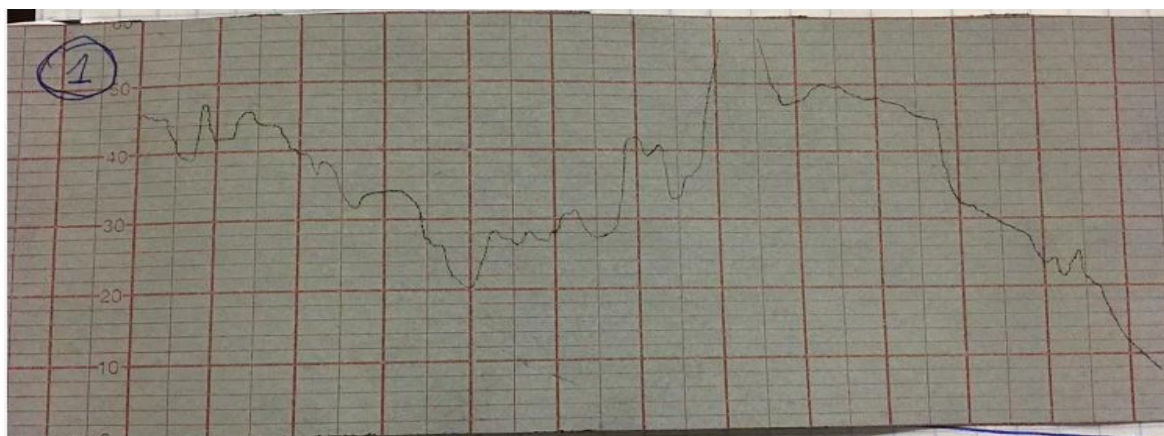


Рисунок 27 - Шероховатость первой обработанной поверхности

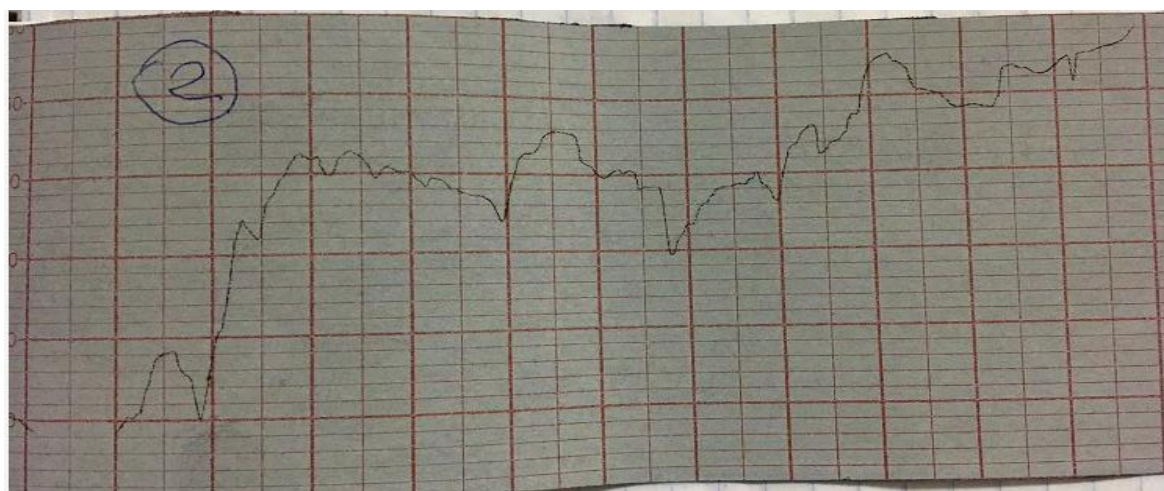


Рисунок 28 - Шероховатость второй обработанной поверхности

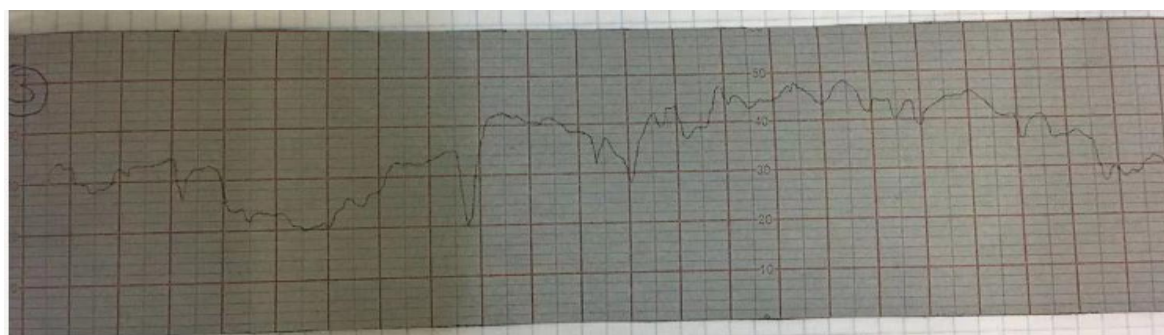


Рисунок 29 - Шероховатость третьей обработанной поверхности

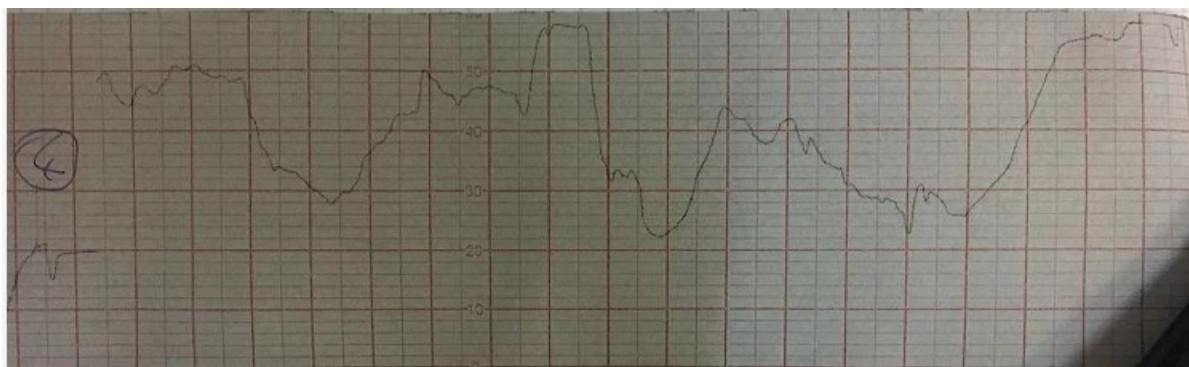


Рисунок 30 - Шероховатость четвертой обработанной поверхности

В силу технических ограничений мы рассматриваем (максимальная высота профиля) как (высота неровностей профиля снятая в 10 точках).

Таблицы 3–Данные о шероховатости.

№	подачи	чистота	подачи на зуб	шероховатость
1	200	200	0,167	66,44мкм
2	100	200	0,083	67,80мкм
3	100	125	0,133	37,97мкм
4	50	200	0,042	51,53мкм

## 2.4. Заключение

Сравнение величины вибрации (перемещение и скорости), которое зависит от подачи на зуб при встречном и попутном фрезеровании (рисунок 19 и рисунок 20). Вибрация увеличивается с подачей на зуб, попутное фрезерование вибрация больше, чем встречное фрезерование.

Наблюдая за данными в таблице 2, очевидно, что вибрация увеличивается с частотой резания. Поскольку при увеличении скорости инструмента скорость удара заготовки также увеличивается.

Увеличивая подачу, также увеличивает давление между инструментом и заготовкой. Таким образом, вибрация увеличилась.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что шероховатость увеличивается с увеличением подачи зуба.

По результатам анализа данных в таблице 2 определено, что оптимальным режимом обработки в этом эксперименте является подачи  $S=100$  мм/мин,  $N=400$  об/мин, попутное фрезерование. При обработке в этом режиме обработки генерируемая вибрация не будет слишком высокой, но эффективность обработки не низкая, нет возможности налипания стружки на пластине.

### 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

<b>Группа</b> 4АМ91	<b>ФИО</b> Лю Чжэнь
------------------------	------------------------

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>Материаловедение</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	15.04.01Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

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

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

#### Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

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

#### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		22.02.21

#### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4АМ91	Лю Чжэнь		22.02.21

## **Введение**

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

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.

Цель НИР - провести вибрационные испытания на станке во время обработки, чтобы найти оптимальных режимов работы.

### 3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности

Проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

#### 3.1.1. Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о покрытиях различного состава:

- 1) Анализ методов вибродиагностики металлорежущих станков.
- 2) Вибродиагностика центробежных насосных систем.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый тип покрытия имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 4 показано сравнение разработок - конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 4 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Трещиностойкость	0,14	5	3	3	0,7	0,42	0,42
3. Ударопрочность	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
4. Стабильность соединения с подложкой	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
5. Простота изготовления	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
6. Эффективность работы	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Безопасность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена сырья	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>4,37</b>	<b>3,74</b>	<b>3,59</b>

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

$$K = \sum B_i * B_i = 0,1 * 4,37 = 0,437$$

где – конкурентоспособность проекта; – вес показателя (в долях



единицы); – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

### 3.1.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.	Сл1. Отсутствие полноценного прототипа научной разработки.
С2. Экологичность технологии.	Сл2. Присутствие дополнительных затрат при эксплуатации.
С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Сл3. Отсутствие бюджетного финансирования.
С4. Простота и удобство в эксплуатации.	Сл4. Небольшой срок эксплуатации.
С5. Мобильность разработки.	Сл5. Использование недорогих составляющих прибора.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.
В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.	У2. Развитая конкуренция технологий производства.
В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.	У3. Ограничения на экспорт технологии.
В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях.	У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции
В5. Актуальность разработки в будущем.	У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

Соотношения параметров представлены в таблицах 6–9.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	-	-
	B2	+	-	+	-	+
	B3	+	-	+	-	+
	B4	+	+	-	+	-
	B5	+	-	+	-	-

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	+	-	-	-	-
	B4	-	+	-	-	-
	B5	-	-	-	+	-

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	+	+	+
	У2	+	-	+	+	-
	У3	-	-	+	-	-
	У4	-	-	+	-	-
	У5	-	-	+	-	+

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	-	-	-	-
	У2	-	-	+	-	+
	У3	+	+	-	-	+
	У4	-	-	+	-	+
	У5	+	-	-	-	+

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 10.

Таблица 10 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b>            С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.            С2. Экологичность технологии.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b>            Сл1. Отсутствие полноценного прототипа научной разработки.</p>
--	--	--

	<p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Простота и удобство в эксплуатации.</p> <p>С5. Мобильность разработки.</p>	<p>Сл2. Присутствие дополнительных затрат при эксплуатации.</p> <p>Сл3. Отсутствие бюджетного финансирования.</p> <p>Сл4. Небольшой срок эксплуатации.</p> <p>Сл5. Использование недорогих составляющих прибора.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований.</p> <p>В5. Актуальность разработки в будущем.</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С5. Мобильность разработки.</p> <p>В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p>Сл1. Отсутствие полноценного прототипа научной разработки.</p> <p>Сл3. Отсутствие бюджетного финансирования.</p> <p>Сл4. Небольшой срок эксплуатации.</p> <p>Сл5. Использование недорогих составляющих прибора.</p> <p>В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p><b>Угрозы развития</b></p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p><b>Уязвимости:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие полноценного прототипа научной разработки.</p> <p>Сл2. Присутствие дополнительных затрат при эксплуатации.</p> <p>Сл4. Небольшой срок эксплуатации.</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества

разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

### 3.2. Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель
	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Выбор моделей и способов анализа	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка моделей для исследования	Инженер, научный руководитель
	6	Поиск методов решения	Инженер
	7	Реализация моделей	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, выводы	Инженер
	9	Оценка эффективности полученных	Инженер,

		результатов	Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Инженер

### 3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.1)$$

где – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

– минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

– максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{Pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{Pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где – продолжительность одной работы, рабочие дни;

– ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

– численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и

ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ки.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

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

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

– календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожі}$ , чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление и утверждение задания НИР	2	-	4	-	2,8	-	2,8	5
Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	1	3	3	4	1,8	3,4	3,4	6
Выбор моделей и способов анализа	-	6	-	10	-	7,6	7,6	12
Календарное планирование работ	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6

Разработка моделей для исследования	2	6	4	8	2,8	6,8	6,8	11
Поиск методов решения	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
Реализация моделей	-	15	-	20	-	17	17	26
Анализ полученных результатов, выводы	-	10	-	15	-	12	12	18
Оценка эффективности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,8	6
Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	14
<b>Итого:</b>	<b>7</b>	<b>59</b>	<b>15</b>	<b>84</b>	<b>10,2</b>	<b>69</b>	<b>71,8</b>	<b>113</b>

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 13).

Таблица 13 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	█												
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		█											
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			█										
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			█										
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				█									
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					█								
8	Обработка полученных данных	Исп2	18							█						
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5									█				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13											█		

Примечание: – Исп. 1 (научный руководитель), – Исп. 2 (инженер)

### 3.3. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 3.3.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении образца. Результаты расчета затрат представлены в таблице 14.

Таблица 14. – материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Картридж для лазерного принтера	3 490	1	3 490
Итого:			4690

#### 3.3.2. Расчет амортизации специального оборудования

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПЭВМ - Asus. Срок полезного использования данного



ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 15. Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	3	30	30
<b>Итого</b>		30 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$N_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{N_A \cdot I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где – итоговая сумма, тыс. руб.;

$m$  – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$N_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{N_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 30000}{12} \cdot 3 = 2475 \text{ руб.}$$

### 3.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

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

Основная заработная плата одного работника рассчитывается по

следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_p \quad (4.7)$$

Где:  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дней. (по таблице 13. для инженера: дней, для руководителя:  $T_{p1} = 11$  дней).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.8:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \times M}{F_D} \quad (4.8)$$

Где:

$Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$F_D$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дней (в данном случае );

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

– при отпуске в 28 раб. дня – месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц определяется по формуле 4.9:

$$Z_M = Z_{мс} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p \quad (4.9)$$

Где:

$Z_{мс}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб (для руководителя

$Z_{мс1} = 28600$  руб, а для инженера  $Z_{мс2} = 11280$  руб.);

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

$k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томск);

По формуле 4.9 определяется должностной оклад руководителя за

месяц:

$$\begin{aligned} Z_{M1} &= Z_{mc1} \times (1 + k_{пр} + k_{д}) \times k_p = 28600 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 \\ &= 55770 \text{ руб} \end{aligned}$$

По формуле 4,9 определяется должностной оклад инженера за месяц:

$$\begin{aligned} Z_{M2} &= Z_{mc2} \times (1 + k_{пр} + k_{д}) \times k_p = 11280 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 \\ &= 21996 \text{ руб} \end{aligned}$$

Среднедневная заработная плата у руководителя рассчитывается по формуле 4.8:

$$Z_{дн1} = \frac{Z_M \times M}{F_D} = \frac{55770 \times 10,3}{247} = 2325,63 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата у инженера рассчитывается по формуле 4.8:

$$Z_{дн2} = \frac{Z_M \times M}{F_D} = \frac{21996 \times 11,2}{247} = 997,40 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле 4.7:

$$Z_{осн2} = Z_{дн2} \times T_{р2} = 997,40 \times 69 = 68820,6$$

Основная заработная плата инженера рассчитывается по формуле 4.7:

руб.

Таким образом, затраты на общую основную заработную плату составляют:

$$Z_{осн\ общ} = Z_{осн1} + Z_{осн2} = 25581,93 + 68820,6 = 94402,53 \text{ руб.}$$

Перечисленные информации представляются в таблице 16:

Таблица 16 – Расчеты основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{mc}$ , руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_p$	$Z_M$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	28600	0,3	0,2	1,3	55770	2325,36	11	25581,93
Инженер	11280	0,3	0,2	1,3	21996	997,40	69	68820,6

Итого:	94402,53
--------	----------

### 3.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0,15 * 25581,93 = 3837,3 \text{ руб} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0,15 * 68820,6 = 10323,1 \text{ руб} \quad (4.11)$$

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

$$Z_{\text{доп общ}} = Z_{\text{доп1}} + Z_{\text{доп2}} = 3837,3 + 10323,1 = 14160,4 \text{ руб.}$$

### 3.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{внеб1}} = K_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3(25581,93 + 3837,3) = 8825,8 \text{ руб} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{внеб2}} = K_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3(68820,6 + 10323,1) = 23743,1 \text{ руб} \quad (4.13)$$

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).

$$Z_{\text{внеб общ}} = Z_{\text{внеб1}} + Z_{\text{внеб2}} = 8825,8 + 23743,1 = 32568,9 \text{ руб.}$$

### 3.3.6. Накладные расходы

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

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей} \div 5) \cdot k_{пр}, \quad (4.14)$$

где  $k_{пр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента принимается равной 0,16.

### 3.3.7. Бюджетная стоимость НИР

Таблица 17 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
30000	4690	94402.5	14160,4	32568,9	175821.8	28131.49	203953.29

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Вибродиагностика фрезерной металлорежущей системы» по форме, приведенной в таблице 18. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 18 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	4690	9000.2	15945
2	Затраты на специальное оборудование	30000	30158.6	44453
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	94402.5	148391	148391

4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14160,4	22258,7	22358,7
5	Отчисления во внебюджетные фонды	32568,9	51194,9	51294,9
6	Накладные расходы	28131.49	49776,6	49776,6
Бюджет затрат НИР		203953.29	310780	332219,2

Где:Исп.2 – Аналог 1,Исп.3- Аналог 2.

### **3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

#### **3.4.1. Интегральный показатель финансовой эффективности**

Научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Анализ методов вибродиагностики металлорежущих станков.
- 2) Вибродиагностика центробежных насосных систем

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.15)$$

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

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

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{текущ.проект} = 203953.29$  руб,  $\Phi_{исп.1} = 310780$  руб,  $\Phi_{исп.2} = 332219,2$  руб.

$$\Phi_{max} = \Phi_{исп.3} = 332219,2 \text{ руб}$$

$$I_{финр}^{текущ.проект} = \frac{\Phi_{текущ.проект}}{\Phi_{max}} = \frac{\blacksquare}{332219,2} = 0,61$$

$$I_{финр}^{исп.2} = \frac{\Phi_{исп.2}}{\Phi_{max}} = \frac{310780}{332219,2} = 0,94$$

$$I_{финр}^{исп.3} = \frac{\Phi_{исп.3}}{\Phi_{max}} = \frac{332219,2}{332219,2} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

### 3.4.2. Интегральный показатель ресурсоэффективности

Вариантов выполнения НИР ( $I_{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 19).

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4

2. Стабильность работы	0,2	5	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	4	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	4
5. Материалоёмкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,85	4,15	4,35

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$0.15*4+0.2*5+0.2*5+0.3*5+0.15*5=4.85$$

$$0.15*4+0.2*4+0.2*4+0.3*4+0.15*5=4.15$$

$$0.15*4+0.2*5+0.2*4+0.3*4+0.15*5=4.35$$

### 3.4.3. Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}} \quad (4.16)$$

$$I_{эф.текущ.проект} = \frac{I_{р}^{текущ.проект}}{I_{финр}^{текущ.проект}} = \frac{4,85}{0,61} = 7,95$$

$$I_{эф.исп.2} = \frac{I_{р}^{исп.2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{4,15}{0,94} = 4,41$$

$$I_{эф.исп.3} = \frac{I_{р}^{исп.3}}{I_{финр}^{исп.3}} = \frac{4,35}{1} = 4,35$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 20).

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.61	0,94	1



2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,15	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	7,95	4,41	4,35
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,57	0,56

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

## **Выводы по разделу**

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 113 дней; общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер, составляет 103 дней; общее количество рабочих дней, в течение которых работал руководитель, составляет 16 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 203953.29 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,61, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,85, по сравнению с 4,15 и 4,35;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 7,95, по сравнению с 4,41 и 4,35, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студенту:

Группа 4АМ91	ФИО Лю Чжэнь
-----------------	-----------------

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01Машиностроение

Тема ВКР:

Вибродиагностика фрезерной металлорежущей системы	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются вибрационные характеристики фрезерования и резания металла в реальных условиях эксплуатации. Область применения: малое предприятие машиностроительной отрасли
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</li> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажности и подвижности воздуха;</li> <li>2) Повышенный уровень шума;</li> <li>3) Повышенный уровень вибраций</li> <li>4) Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>5) Эмоциональные нагрузки;</li> <li>6) Отлетающие кусочки металла, абразивного материала;</li> <li>7) Электрический ток;</li> <li>8) Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;</li> </ol>
<b>3. Экологическая безопасность</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Влияние деятельности на литосферу, атмосферу и гидросферу: Токсичные выбросы, неразлагающийся мусор.</li> <li>2) Способы утилизации отходов</li> </ol>
<b>4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Возможные ЧС на производстве:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Природная характера - воздействие низких температур</li> </ol>

	2) Техногенное возникновение пожара
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.03.2021

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна	-		23.03.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ91	Лю Чжэнь		23.03.2021

#### **4.1. Введение по разделу социальная ответственность**

При выполнении работы большая часть времени проводилась в 16А корпусе ТПУ, в аудитории №106 и №222 . В аудитории № 106 проводилось исследование интенсивность вибрации, соответствующая различным режимам обработки при токарной обработке стали 45 (ГОСТ 27772-2015).

Используемое оборудование и материалы имеют следующие виды:

- 1) фрезерный станок модели 675П;
- 2) концевая фреза диаметром  $d=40$ мм с числом зубьев  $z=6$ ;
- 3) заготовка призматической формы из материала-Сталь 45;
- 4) приспособление для закрепления заготовки-прижим;
- 5) В качестве информационно-измерительного комплекса

использован

Мобильный диагностический комплекс К-5101.

Полученные результаты позволяют инженерам понять интенсивность вибрации при различных режимах обработки.

В этом разделе рассматриваются вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии со стандартами промышленной санитарии, промышленной безопасности и охраны окружающей среды.

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

#### **4.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда**

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, сан.узлу;
- регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;
- оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью (стулья, кресла, столы, холодильник, микроволновая печь, электрический чайник);
- доступ к питьевой воде.

Перечень НТД, используемой в данном разделе:

1. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ (Система стандартов безопасности труда). Оборудование производственное
2. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические

требования к воздуху рабочей зоны.

4. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

5. 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.

6. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума.

7. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

8. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями).

### **4.3.Производственная безопасность**

#### **4.3.1. Условий труда на рабочем месте**

Рабочее место располагается на 1 этаже в цеху, помещение представляет собой комнату размером 10м на 8м, высотой 3,5м, 2 окна выходящих на север, в помещении находится 2 шлифовального станка, 1 пильный станок, 2 токарного станка и 2 сверлильного станка. 7 рабочие здесь работают.

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 так же применять смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Основы безопасности и требования при работе с движущимися частями машин приводятся в ГОСТ 7599-82.

Работники должны обращать внимание на процесс установки деталей на машину, чтобы они не вылетели из машины и не нанесли

травмы. И рабочие должны носить защитные очки при обработке деталей.

Утечка СОЖ может вызвать загрязнение окружающей среды, и СОЖ должна быть восстановлена в реальной работе. Рабочие должны очистить участок после завершения работ.

Таблица 21. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо о	Изгото в	Эксплу а	
1. Отклонение показателей микроклимата;	+	+	+	ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования
2. Превышение уровня шума;		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.005-88
3. Повышенный уровень вибраций;	+	+	+	ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. Отсутствие или недостаток естественного света;	+	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны;		+	+	безопасности. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
6. Эмоциональные нагрузки;	+	+	+	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
7. Анализ электробезопасности	+	+	+	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
8. Повышенные температуры материалов;	+	+	+	Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями).

#### 4.3.2. Анализ показателей шума и вибрации

##### 4.3.2.1. Анализ показателей шума

В рабочем помещении должны соблюдаться нормы уровня шума согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96.



Источником шума в рассматриваемом рабочем пространстве является двигатель станка, а также пневматический пружинный зажим алмазной режущей головки в работе.

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 22

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	78	80	79	75	73

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.

Также 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.

#### **4.3.2.2. Анализ показателей вибрации**

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 треть октавных 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: виброзащитные обувь, перчатки со специальными упруго-

демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию.

#### **4.3.2.3. Анализ 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 рисунок 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.

#### **4.3.2.4. Анализ освещенности 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 устанавливаются в зависимости от характеристик зрительной работы.

Таблица 23. Величина к.е.о. в разных ситуациях.

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
1	2	3	4	5
I	Особо точные работы	0,1 и менее	10	3,5
II	Работы высокой точности	Более 0,1 до 0,3	7	2
III	Точные работы	Более 0,3 до 1	5	1,5
IV	Работы малой точности	Более 1 до 10	3	1
V	Грубые работы	Более 10	2	0,5
VI	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.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 10$  м, ширина  $B = 8$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,0$  м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:  $S = A \times B$ , где  $A$  – длина, м;  $B$  – ширина, м.

$$S = 10 \times 8 = 80$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор  $C=40\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho П=70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $KЗ = 1,2$ . Коэффициент

неравномерности для люминесцентных ламп  $Z=1,1$ .

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен ФЛД = 3000 Лм. Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа 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  $\lambda=1,2$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:  $h = H - h_p - h_c$ , где  $H$  – высота светильника над полом, высота подвеса,  $h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $H = 3,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

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

Число рядов светильников в помещении:

$$N_a = \frac{B}{L} = \frac{8}{2,4} = 3,3 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{10}{2,4} = 4,16 \approx 4$$

Общее число светильников:

$$N = N_a * N_a = 4 * 3 = 12$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)} = \frac{10 * 8}{2 * (10 + 8)} = 2,22$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при  $\Pi = 70 \%$ ,  $C = 40\%$  и индексе помещения  $i = 2,22$  равен  $\eta = 0,52$ . Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{N * \eta} = 2538 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{2600 - 2538}{2600} * 100 = 2,38 \approx 2\%$$

$$-10\% \leq 2\% \leq 20\%$$

Таким образом: условие выполнено.

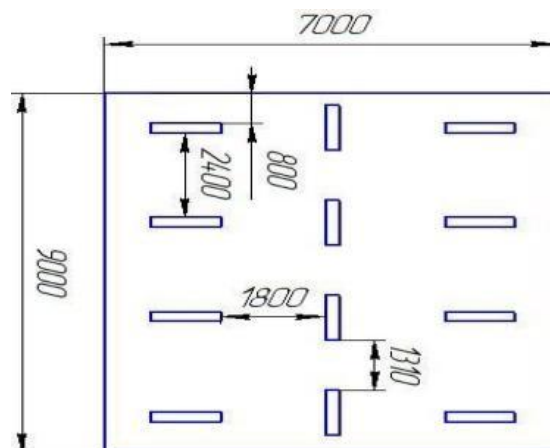


Рисунок 31 - план размещения светильников

#### 4.3.2.5. Анализ электробезопасности

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 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.

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

#### **4.4. 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.

#### **4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Исследование проводилось в городе Томск с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

В зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случаи обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случаи ЧС на них.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

#### **4.6. Анализ пожарной безопасности**

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия. Помещение относится к категории ВЗ – пожароопасное.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;

курение в строго отведенном месте;  
содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5. В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисункунок 31).

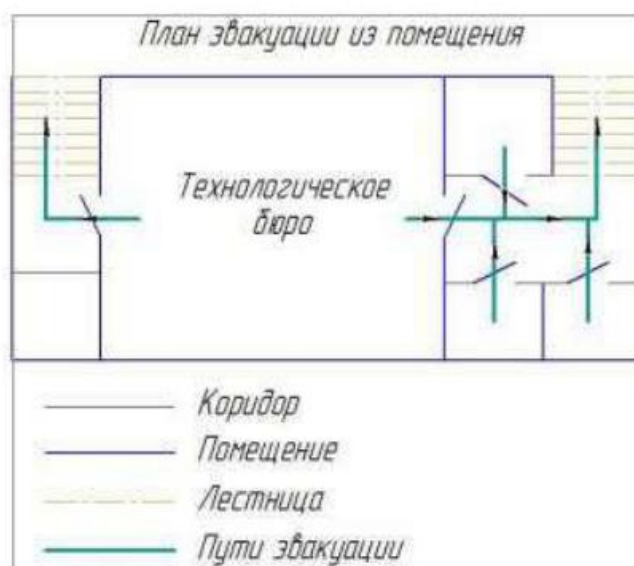


Рисунок 32 - План эвакуации

#### 4.7. Заключение по разделу социальная ответственность

В данном разделе «Социальная ответственность» были

рассмотрены различные виды вредного воздействия на человека и окружающую среду, а так же способы уменьшения их воздействия.

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

### **Список литературы:**

1. Вибрации в технике. Т. 5. Ред. совет: В. Н. Челомей и др. М: Машиностроение, 1981, 496 с.
2. Барков А. В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации: Учеб. Пособие / Барков А. В., Баркова Н. А., Азовцев А. Ю. — СПб., 2000. — 158 с.
3. Технические средства диагностирования: Справочник/В. В. Ключев, П. П. Пархоменко, В. Е. Абрамчук и др.; под общ. Ред. В. В. Ключева. М.: Машиностроение, 1989. — 672 с.
4. Инструментальный широкоуниверсальный фрезерный станок 675П. Руководство, г. Одесса.
5. Рябов С.А. Современные фрезерные станки и их оснастка, 2006.
6. ГОСТ Р.ИСО 10816-1-97 Вибрация. Контроль состояния машины по результатам измерения вибрации на не вращающихся частях.
7. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
8. Вибрация в технике: справочник в 6 т. / под ред. В.Н. Челомея. – М: Машиностроение, 1978. – Т. 6. – 456 с.

## **5. Раздел ВКР на иностранном языке**

### **Vibration detection technology**

The efficiency of using metal-cutting machines is characterized by a number of indicators, the main of which are indicators of productivity, accuracy. In this regard, the main directions of the metalworking development were the expansion of the technological capabilities of machine tools by increasing the range of regulation of cutting conditions (frequency of rotation and feed) and the use of highly wear-resistant tools. This made it possible to carry out machining at high speeds and / or with a greater depth of cut.

When milling machines are in operation, it is not just the cutting process that has a significant impact on the occurrence of vibrations, but its impact character. Therefore, it is important to ensure the operability of machine tools to test them for vibration resistance during cutting.

The experiments on vibrodiagnostics in the process of cutting are being intensively conducted; the results were used to construct amplitude-frequency characteristics. Frequency response data enables to set the relationship between the assigned cutting modes and the level of vibration of the technical means elements, thereby establishing technological modes taking into account the dynamic characteristics of the technical means.

2. Purpose of the work: Learn how to perform vibration tests on a machine during processing in order to find optimal operating modes. One of the ways to increase the efficiency of metal-cutting machines is expanding technological capabilities – ranges of cutting modes. This research is aimed at developing methods for vibration diagnostics of milling metal-cutting machines.

A fundamental scheme of vibration diagnostics has been proposed and a test procedure has been described, a plan for an experiment has been developed. A three-factor experiment was carried out with changes in the specified ranges: spindle speed, feed and types of milling. Obtaining a

vibration level diagram depends on the designated cutting conditions, which made it possible to select the optimal modes that determine the operation of the technological system “machine-tool-tool-part” with a lower vibration level. A conclusion was made about the prospects of using the developed vibration diagnostics method to increase the efficiency of the milling machine tool.

The relevance of the work. In order to machine high-precision parts, the effects of vibration must be taken into account. Currently, harmful vibration during machining affects the accuracy of the workpiece, reduces machining efficiency, and can even be hazardous to users. Obviously, a low vibration machining mode is safer, the damage to the tool and the machine tool will be reduced, and the precision of the machined parts will be improved.

### 3. The development of vibration detection technology

Machining of parts is always accompanied by vibration. Vibration cannot be eliminated, but it can only be reduced as much as possible. Over the past 70 years or so, there have been dramatic changes in the methods, tools, technology and practice of measuring, analyzing and monitoring machinery: from mechanical instruments that can collect data from simple low-frequency time signals, to modern high-performance digital instruments that can analyze the chemical composition of fluids and wear products in lubricating oil, motor current and perform complex spatial vibration, ultrasonic and thermal imaging analysis.

The changes in this area are amazing, especially over the past twenty years. We could witness the implementation of data collectors/microprocessor-based analyzers for on-site operation of equipment, personal computers for automatic monitoring, diagnosis and information management, and electronic and signal processing methods for evaluating technical conditions, detecting and diagnosing faults.

Now, it is almost unbelievable that today’s portable data collectors have more functions and efficiency than laboratory analysis equipment less than

25 years ago. Today, most faults can be detected at the earliest stages in a time sufficient to minimize their impact on performance, thus avoiding emergency situations. The vibration measurement application of industrial equipment can be represented by at least five basic steps:

- 1) vibration tolerance - 1939
- 2) frequency analysis - 1953
- 3) shaft displacement monitoring - 1965
- 4) real-time analyzer - 1972
- 5) portable data collector - 1985

Each of these stages contributed to the use, efficiency and effectiveness of information obtained from vibration as a measure of technical condition. During this time, a way was made from a simple general vibration level measurement (measured 70 years ago) to its complex dynamic characteristics, and it is currently being used for detailed description of the state. Monitoring the vibration of machines with an assessment of their condition has now become an integral part of the safe operation of equipment and improving the efficiency of modern production processes.

#### 4. Experimental part

##### 4.1. Preparation before experiment

Before performing experiments, you must:

- be able to use a 675P milling machine for metal processing;
- understand the structure of end mills and its parameters;
- learn about the types of milling: climb and counter milling;
- be able to use the mobile diagnostic complex K-5101 for vibration

monitoring and data analysis.

##### 4.2. Choosing the object of vibration diagnostics and diagnostic complex

For the experiment, the following elements of the technical means were selected:



- milling machine model 675P;
- end mill with diameter  $d = 40\text{mm}$  with number of teeth  $z = 6$ ;
- preparation of a prismatic form from the material Steel 45;
- device for fixing the workpiece-clamp;

As an information-measuring complex, the mobile diagnostic complex K-5101 was used, which includes:

- Sensors;
- Measuring module AR2037-100 performing the function of an analog-to-digital converter;
- a laptop with the installed SPMO “Vibroregistrator-M2”, which allows to visualize the time signal, build spectrograms, generate reports and make vibration tests in the Microsoft Word document format.

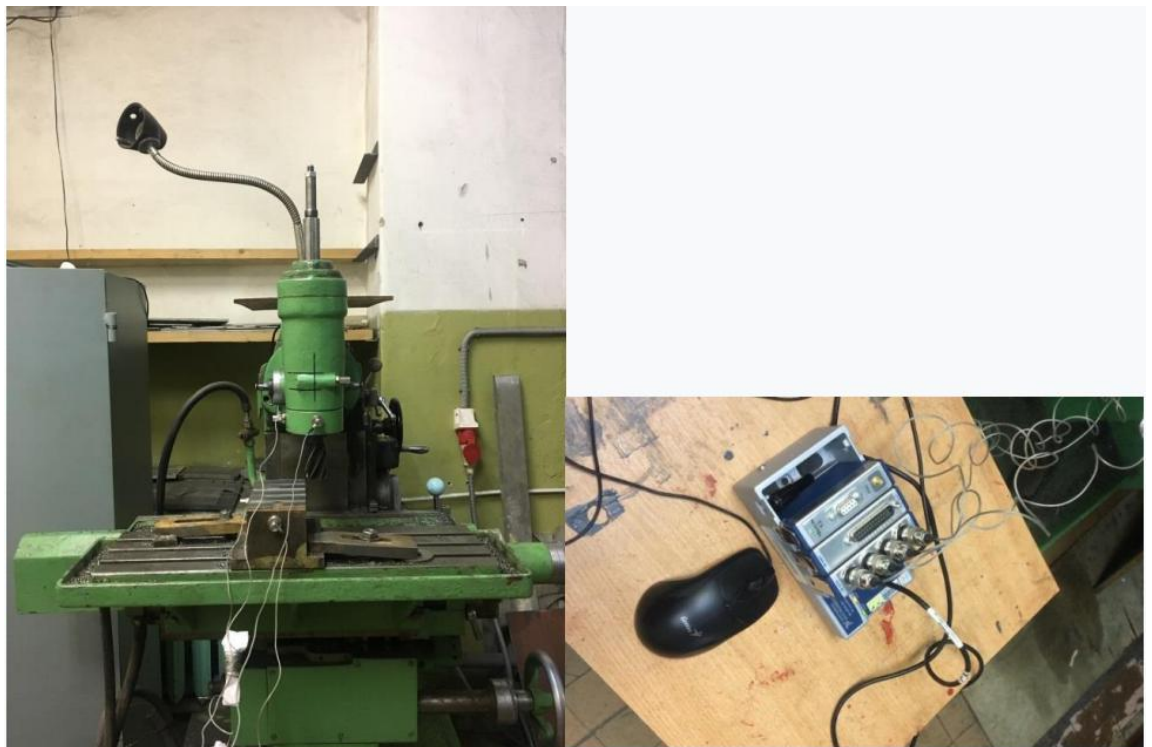


Fig. 1. Plan of installation of the device for measuring vibration

#### 4.3. Development of a schematic diagram of the experiment

The schematic diagram of the experiment and the block diagram of the information-measuring system are shown in Figure 8 and Figure 9.

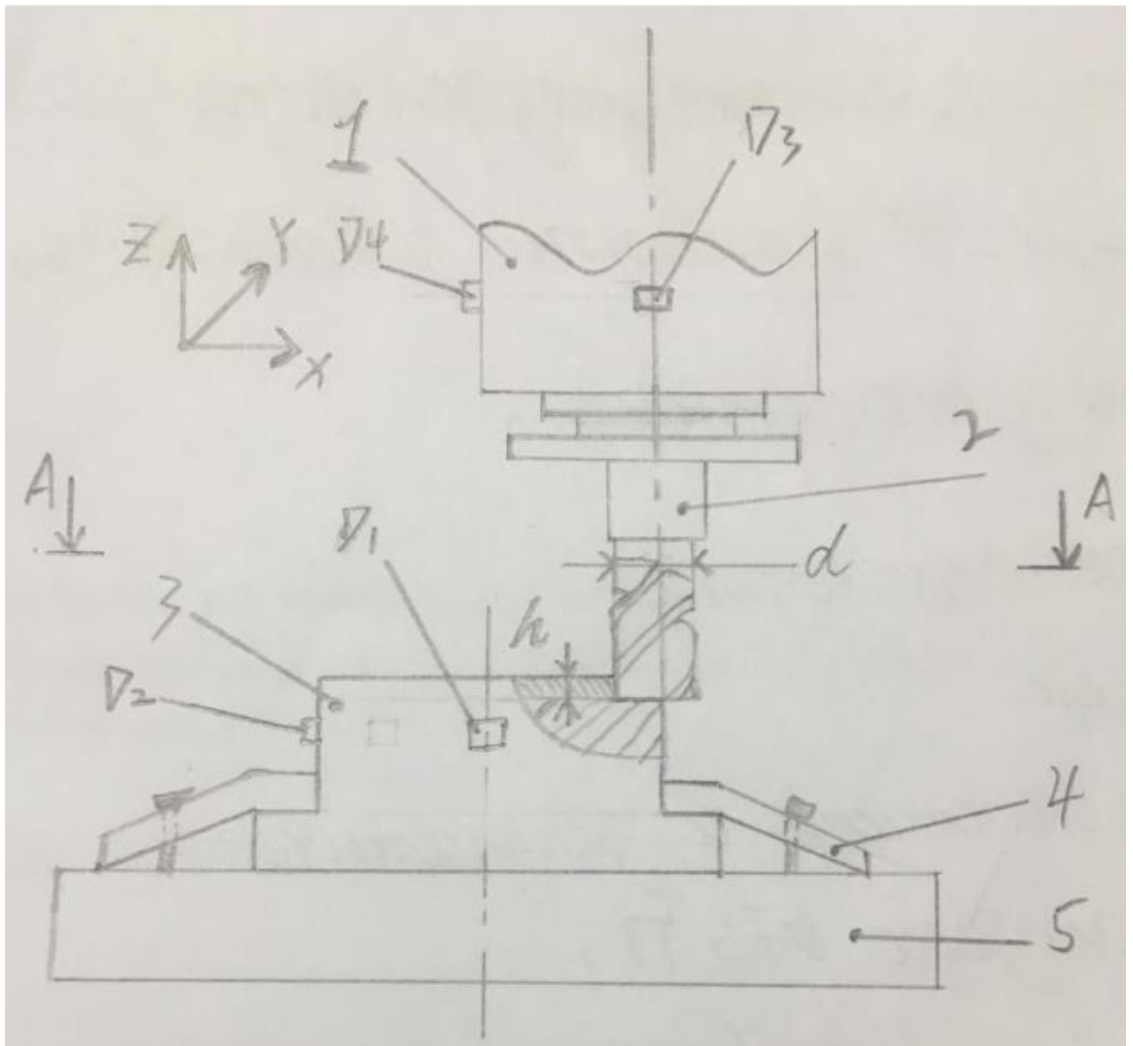


Fig. 2. Schematic diagram of processing

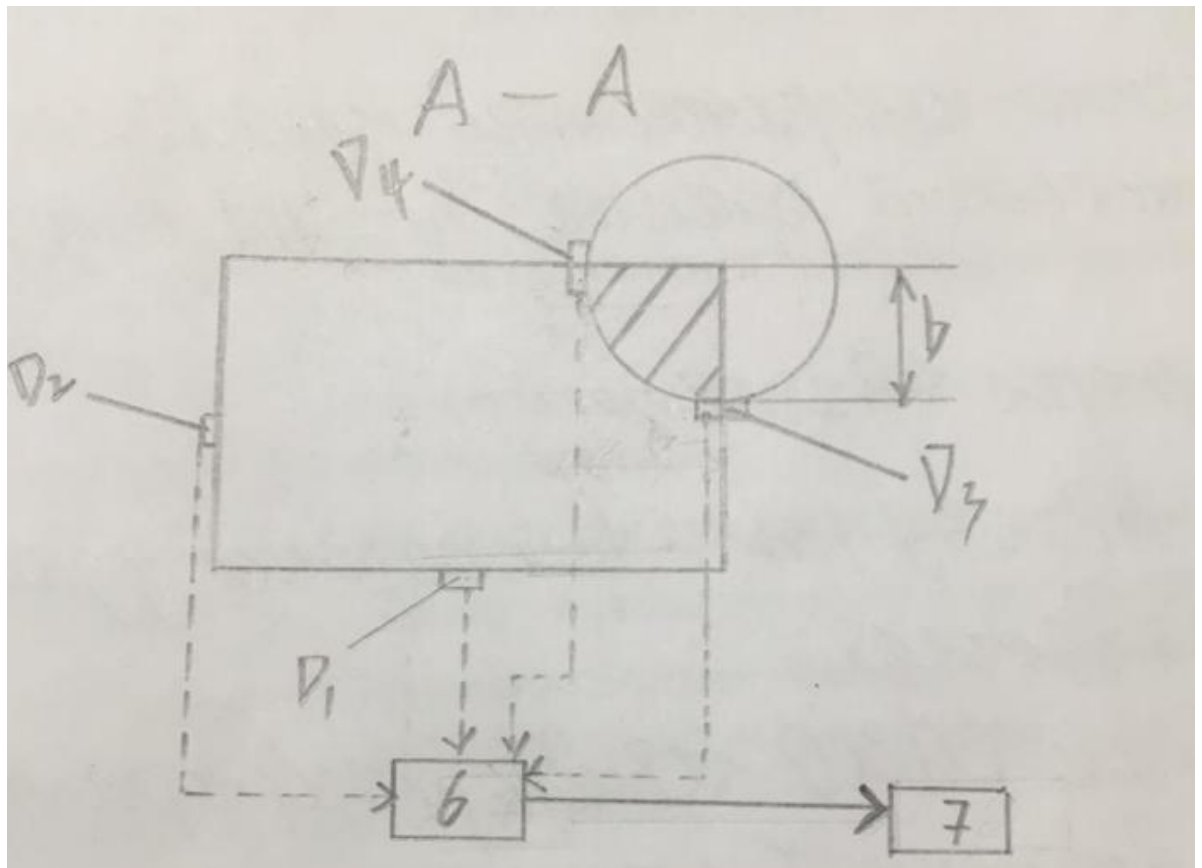


Fig.3. Block diagram of the information-measuring complex

1-spindle; 2-cutter; 3-blank; 4-clamp; 5-table;

d1, d2, d3, d4-sensors; 7-Block AP 2037-100 ; 8-laptop

To carry out the experiment (vibration diagnostics), the experimental equipment was adjusted. The experiment included the following steps:

- clamp 4 was installed on the table of the milling machine and fixed in the T-shaped slots of the table with fasteners;
- in the clamp 4, the workpiece 3 was based and fixed;
- a tool was installed in the spindle of machine 1 - end mill 2;
- sensors d1-4 of the mobile diagnostic complex using magnets were installed on the workpiece and on the spindle head along the vibration registration axes.

#### 4.4. Adjustment of the mobile diagnostic center

The adjustment of the complex includes connecting the sensor to the measurement module, connecting the module to the portable computer, and connecting the complex to the power source.

The connection is made through a standard connector, so it is convenient and quick.

#### 4.5. Set-up of the mobile diagnostic center

When setting up a mobile device group, the following actions are performed:

Determine the color of the sensor channel on the notebook computer by tapping the sensor (applying load);

Set up the SPMO shell:

Select the registered parameters (vibration speed, vibration displacement); the purpose of the tool and its parameter description, for example: end mill, diameter. The number of teeth, the inclination angle of the helix, etc.

#### 4.6. Development of an experiment plan

For the vibration diagnosis of the milling machine, a three-factor experiment was conducted. The plan is shown in Table 1.

Table 1-Experimental plan

<b>number</b>	<b>Feed(s) mm / min</b>	<b>Speed. laps/min</b>	<b>Milling method</b>
1	50	200	Counter
2	50	200	Climbing
3	50	400	Counter
4	50	400	Climbing
5	50	800	Counter
6	50	800	Climbing
7	100	200	Counter
8	100	200	Climbing
9	100	400	Counter
10	100	400	Climbing

11	100	800	Counter
12	100	800	Climbing
13	200	200	Counter
14	200	200	Climbing
15	200	400	Counter
16	200	400	Climbing
17	200	800	Counter
18	200	800	Climbing

#### 4.7. Performance of the experiment

The purpose of the experiment is to determine the best mode of the cutting process in the selected variation range (Table 1):

- Cutting frequency  $n$ ;
- Feed  $s$ ;
- Milling type.

Metal processing under cutting conditions with relatively low vibration conditions should be considered as the best processing mode.

The main purpose of the experiment is to record the parameters in the cutting process, such as the vibration speed, and its peak and root mean square values.

## References

1. Frolov \_\_ Technical Vibration, 2007, Vol. 6 -206 p.
2. Genkin M.D., Sokolova A.G. Vibroacoustic diagnostics of machines and mechanisms.-M.: Mechanical engineering, 1987.-288 p.
3. Birger I.A. Technical diagnostics. - M .: Mechanical engineering, 1978 .- 239 p.
4. Vibration in technology: a reference book in 6 volumes / ed. V.N. Chelomeya. - M:Mechanical engineering, 1978 .-Vol. 6. - 456 p.