

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

Школа: ИШНПТ
Направление подготовки: 150401/Машиностроение
Отделение школы (НОЦ): Материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Обеспечение заданной точности при обработке червячных валов

УДК: 621.824.621.833.38.-021.416

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Голубев Иван Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шамина О.Б.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская А.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		

Томск – 2018г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	
Профессиональные компетенции		
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении	
P2	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	
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать	
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь 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	
Общекультурные компетенции		
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства	
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.	

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

Школа: ИШНПТ
Направление подготовки: 150401/Машиностроение
Отделение школы (НОЦ): Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Голубеву Ивану Сергеевичу

Тема работы:

Обеспечение заданной точности при обработке червячных валов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

--	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
	<ol style="list-style-type: none">1. Конструкторский чертеж червячного вала «СМ.058.00.00.002»2. Программа Mathcad для расчета минимальных припусков на обработку3. Паспорт универсального резьбошлифовального станка 5K822B

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ современных технологий достижения точности при резьбошлифовальной обработке червячных валов 2. Разработка технологии обработки 3. Проведение измерений геометрических параметров профиля и шероховатости винтовой поверхности червяка
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Исследовательский	Шамина Ольга Борисовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алена Васильевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Исследовательский (на англ. яз.)	Пичугова Инна Леонидовна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Обзор литературы

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шамина О.Б.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Голубев Иван Сергеевич		

Выпускная квалификационная работа 133 с., 21 рис., 33 табл., 16 источников, 2 прил..

Ключевые слова: червячный вал, резьбошлифование, точность обработки, шероховатость поверхности, винтовая поверхность.

Объект разработки – червячный вал для червячного редуктора, обеспечивающего открытие и закрытие заслонки в нефтяном трубопроводе.

Цель работы - разработка оптимальной технологии резьбошлифования червячного вала, который применяется в червячном редукторе для нефтепровода.

Степень внедрения: по разработанной автором технологии в ООО «ПК МИОН» была произведена резьбошлифовальная обработка опытной партии червячных валов «СМ.058.00.00.002» которые прошли успешные производственные испытания в НПО ООО «СибМаш» (Россия).

Область применения: нефтяная промышленность.

Экономическая эффективность достигается за счёт того, что проведение резьбошлифовальной обработки в ООО «ПК МИОН» позволит отказаться НПО ООО «СибМаш» от приобретения дополнительного дорогостоящего оборудования и найма высококвалифицированного специалиста.

Оглавление

Введение	8
1. Методы достижения точности при резбошлифовании	11
2. Обеспечение заданной точности при обработке червячных валов	25
2.1. Расчет минимального припуска на резбошлифовальной операции с учетом погрешности угла и шага резьбы	25
2.2. Описание технологического процесса	29
2.3. Описание измерительного оборудования	31
2.3.1. Измерение геометрических параметров резьбы червяка	31
2.3.2. Измерение диаметра по роликам	32
2.3.3. Измерение шероховатости на профиле резьбы с помощью профилометра	33
2.4. Описание обрабатывающего оборудования	36
2.4.1. Конструктивные особенности станка 5K822B	36
2.4.2. Общий вид и устройство станка 5K822B	37
2.4.3. Расположение составных частей резбошлифовального станка 5K822B	38
2.5. Подбор шлифовальных кругов	41
2.5.1. Размер круга	41
2.5.2. Материал круга	41
2.5.3. Выбор круга по твердости	42
2.5.4. Структура круга	42
2.5.5. Выбор круга по зернистости	43
2.6. Измерение шероховатости	44
Заключение	51
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
3.1. Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования	55
3.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	56
3.3. FAST – анализ	58
3.4. SWOT-анализ	64
3.5. Инициация проекта	67
3.6. Цели и результат проекта	68
3.7. Организационная структура проекта	69
3.8. Ограничения и допущения проекта	70
3.9. План проекта	71
3.10. Бюджет научного исследования	74

3.11.	Накладные расходы.....	77
3.12.	Общие итоги финансирования и расходов	78
3.13.	Матрица ответственности.....	79
3.14.	Оценка экономической эффективности проекта.....	80
3.15.	Оценка научно-технического уровня НИР	81
3.16.	Реестр риска проектов.....	85
3.17.	Оценка сравнительной эффективности исследования	86
4.	Социальная ответственность	89
4.1.	Производственная безопасность.....	91
4.2.	Анализ выявленных вредных факторов:.....	92
4.3.	Повышенный уровень шума	94
4.4.	Повышенный уровень вибраций.....	97
4.5.	Недостаточная освещенность рабочей зоны	99
4.6.	Эмоциональные нагрузки	104
4.7.	Анализ выявленных опасных факторов	106
4.8.	Электробезопасность	107
4.9.	Пожарная безопасность	108
4.10.	Охрана окружающей среды.....	112
4.11.	Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)	113
4.12.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда	115
	Список используемых источников	117
	Приложение А	119
	Приложение В	133

Введение

Винтовые поверхности широко применяются в машиностроении, например, для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот, для передачи движения в машинах. Передача вращения между валами происходит через червячную передачу, одним из основных элементов которой является архимедов червяк. Передача предназначена для увеличения крутящего момента и уменьшения угловой скорости. Ведущим звеном служит червяк. Червяк - это винт со специальной резьбой, при эвольвентном профиле зубьев колеса форма профиля резьбы червячного вала приближена к трапецеидальной. Существуют одно-, двух- и четырёхзаходные червяки. Червячное колесо обычно изготавливают из двух материалов: венец — из антифрикционного материала (например, из бронзы), а сердечник — из прочных сталей или чугунов. Входной и выходной валы червячной передачи обычно скрещиваются под прямым углом.

Червячные передачи без смазки и вибрации обладают эффектом самоторможения и являются необратимыми: если приложить момент к зубчатому колесу, т.е. ведомому звену, то передача работать не будет из-за сил трения.

К достоинствам червячных передач можно отнести:

- малозумность;
- повышенную кинематическую точность;
- большое передаточное отношение одной пары;
- низкую материалоемкость (червячные редукторы с большим передаточным числом значительно компактнее и легче, чем эквивалентные шестеренчатые, и менее материалоемки);
- самоторможение — при некоторых передаточных отношениях;
- плавность работы.

При этом червячным передачам присущи следующие недостатки:

1. Высокие требования к сборке и точной регулировки передачи;

2. Передача вращения от винта к колесу только в одном направлении, возможна только при определенных передаточных отношениях.
3. Значительное взаимное проскальзывание рабочих поверхностей и соответственно:
 - достаточно высокие требования к геометрической точности и прочности поверхностей трения;
 - относительно низкий КПД (применяются при мощностях не более 100 кВт)
 - высокие потери на трение с тепловыделением, применение специальных мер по интенсификации теплоотвода;
 - увеличенный износ и расположенность к заеданию.
 - необходимость компенсации осевых усилий, возникающих в опорах червячного вала.

Несмотря на указанные недостатки, червячные передачи широко применяются в нефтяной промышленности, например, червячный редуктор используется для открытия или закрытия заслонок в нефтепроводе (трубе). Требования к элементам червячного редуктора определяются в зависимости от назначения изделия.

Целью данной работы является разработка оптимальной технологии резбошлифования червячного вала, который применяется в червячном редукторе для нефтепровода.

Необходимо обеспечить заданные конструкторским чертежом (приложение В) параметры точности и шероховатости червячных валов.

Для достижения поставленной цели следует выполнить следующие **задачи**:

- 1) Определить необходимые требования к готовому червяку;

- 2) Оценить существующие варианты достижения точности при резьбошлифовании;
- 3) Выбрать оптимальный вариант технологического процесса;
- 4) Провести экспериментальное исследование по обработке червячного вала;
 - Рассчитать минимальный припуск на резьбошлифовальную операцию;
 - Подобрать шлифовальный круг для получения необходимой шероховатости поверхности;
 - Изучить конструкцию и научиться пользоваться инструментальным микроскопом УИМ-21;
 - Освоить конструкцию и настройку станка 5К822В;
 - Провести обработку червячных валов;
 - Измерение профиля резьбы червяка на УИМ-21; микрометром МЗ 50 ГОСТ 6507-90 (методом трёх проволок); измерение шероховатости в 5 сечениях профиля резьбы червяка профилометром SurfTest SJ-210 Mitutoyo.
- 5) Оценить необходимые условия достижения заданной точности.
- 6) Дать заключение о годности червяка.

1. Методы достижения точности при резьбошлифовании

Резьбошлифование производится на специальных резьбошлифовальных станках шлифовальными кругами, рабочая поверхность которых имеет в диаметральном сечении плоский контур, соответствующий профилю резьбы.

При резьбошлифовании используется метод копирования профиля рабочей поверхности шлифовального круга, где профиль образуемой поверхности совпадает с геометрической формой профиля круга. Это создает некоторые трудности при выборе характеристик шлифовального круга. Так как выбор его зернистости и степени твердости определен радиусом закругления впадин резьбы, которому должен соответствовать профиль шлифовального круга при шлифовании винтовой поверхности за период его стойкости до появления прижогов или выхода радиуса закругления впадины за допустимые отклонения.

Резьбошлифование червяков выполняется с целью получения определённой формы профиля червяка, качества поверхности, т.е. полного соответствия конструкторскому чертежу.

Существует несколько вариантов зубошлифования для достижения точности в винтовых/червячных передачах.

Зубошлифование - сложная прецизионная технология, к которой предъявляются высокие требования. Профильный метод зубошлифования самый ресурсосберегающий для станков со специальным программным обеспечением. Малоисследованной технологией профильного зубошлифования является метод бесцентроидного огибания [1, 2]. Высокоточное профильное зубошлифование реализуется только на мехатронном станке, который за счёт сложной многоосевой кинематики имеет большие формообразующие возможности.

Основные технологические проблемы управления точностью профильного зубошлифования связаны с переменной величиной припуска на профиле зубьев, которая зависит от технологически наследуемых погрешностей

заготовки, приходящей на шлифовальную операцию. Еще одна из проблем - это неправильное распределение припуска заготовки, которая снижает производительность и точность при зубошлифовании, что в дальнейшем может привести к браку.

С помощью математического и 3D моделирования, путем автоматизации цикла зубошлифования и управления мехатронным зубошлифовальным станком, работающим профильным кругом по методу копирования [3], можно устранить технологические проблемы, связанные с переменной величиной припуска на профиле зубьев.

В работе [4] приведены общие сведения о резьбах и их параметрах. Основными элементами резьбового соединения являются винт и гайка. Образование резьбы, представляющей собой винтовую линию, можно представить как наворачивания прямоугольного треугольника АСВ на цилиндр (рис.1).

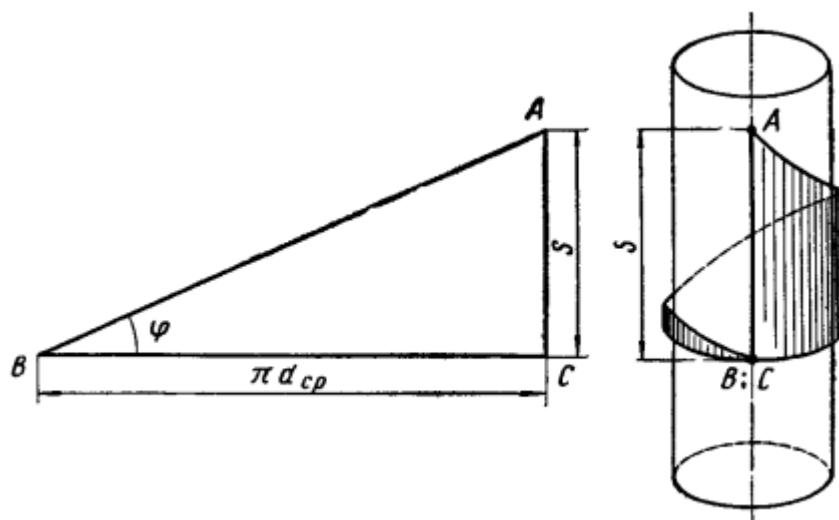


Рисунок 1. Образование винтовой поверхности.

Если катет АС приложить к поверхности цилиндра, а катетом ВС обогнуть поверхность цилиндра, то гипотенуза АВ и будет представлять винтовую линию. Катет ВС представляет собой развернутую окружность цилиндра, а катет АС- шаг резьбы.

Резьбы бывают наружные и внутренние. В зависимости от направления подъема витка резьбы разделяют на правые и левые.

У резьбы основными элементами являются: наружный диаметр d , средний диаметр d_2 , рабочая глубина профиля t_2 (рис.2), внутренний диаметр d_1 , угол профиля α , шаг резьбы S и угол подъема винтовой линии ϕ (рис.1).

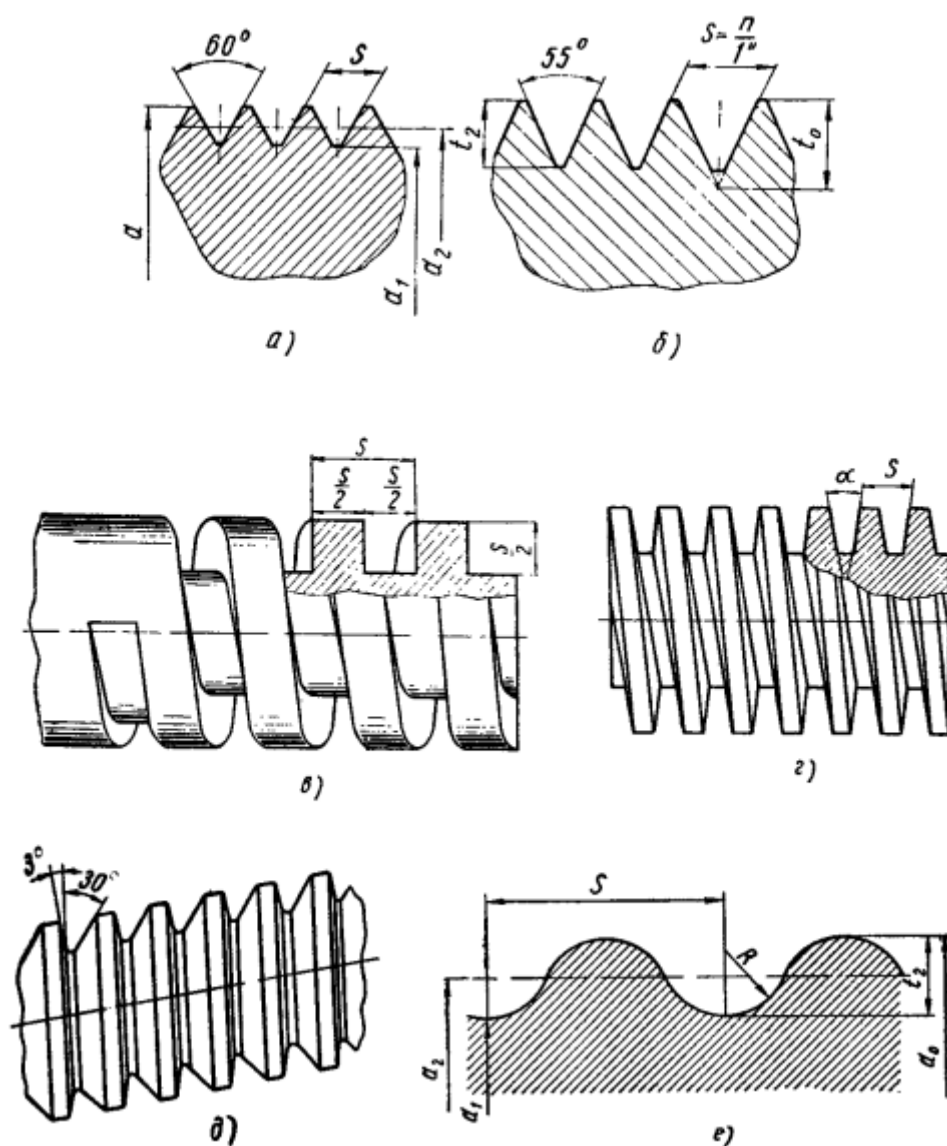


Рисунок 2. Профили резьб:

а- метрической, б- дюймовой, в- прямоугольной, г- трапецеидальной, д- упорной, е- круглой

Обработка винтовой поверхности резьбы является одним из наиболее сложных технологических процессов обработки. Нарезание резьбы резцом на токарно-винторезном станке - самый распространенный метод изготовления резьбы.

Резьбу на токарно-винторезных станках нарезают в результате сочетания вращательного движения заготовки и поступательного движения резца. Поступательное перемещение инструмента за один оборот заготовки должно равняться шагу нарезаемой резьбы.

В статье [5] рассмотрено влияние схем резания червяков на производительность.

Черновое нарезание витка червячного вала производится резцом, который установлен по оси заготовки, при этих условиях создаются самые благоприятные условия резания.

Черновое нарезание червячного вала любого профиля может производиться двухсторонним резцом с прямолинейным профилем. При этом червяк архимеда (ZA) будет иметь правильный теоретический профиль витков, а другие типы червяков получают искаженный профиль, который впоследствии будет устранен при чистовом нарезании резьбы.

Чистовое нарезание для получения правильного профиля червяка без теоретических искажений, необходимо производить резцами с прямолинейным профилем, принимая во внимание особенности каждого типа червяка с последующей, соответствующей установкой резца.

Для обработки архимедова червяка, который имеет прямолинейный профиль в осевом сечении, резец нужно установить таким образом, чтобы его режущие кромки лежали в плоскости оси червяка.

При отдельной обработке левой и правой сторон витка (у червяков с большим углом подъема витка) установка каждого резца должна обеспечить положение его режущей кромки в осевой плоскости червяка.

Отдельная обработка сторон профиля резьбы желательна для червяков с большим углом подъема витка, т.к. использование двухстороннего резца приводит к различным условиям резания по левой и правой сторонам.

Конволютный червяк имеет прямолинейный профиль в сечении, нормальном к впадине, или сечении, нормальном к витку. Резцы с

прямолинейным профилем, устанавливаются таким образом, чтобы режущие кромки лежали в плоскости соответствующего сечения.

Конволютный червяк первого типа обрабатывается двусторонним резцом, а второго типа – обрабатывается отдельно от правой и левой сторон витка односторонними резцами.

Эвольвентный червяк имеет прямолинейный профиль в сечении плоскостью, касательной к основному цилиндру. Резцы с прямолинейным профилем должны быть установлены таким образом, чтобы их режущие кромки лежали в горизонтальных плоскостях, касательных к основному цилиндру.

Червяки в некоторых случаях обрабатывают дисковыми фрезами на резьбофрезерных станках. Фреза устанавливается таким образом, чтобы её ось вращения была наклонена на угол подъема витка червяка λ на среднем диаметре. При данном типе установки червяк профилируется в нормальном сечении по впадине. Для обработки конволютного червяка фреза будет иметь прямолинейный профиль, а для обработки архимедова и эвольвентного – криволинейный. Этот профиль должен быть специально рассчитан. Но в некоторых случаях даже при нарезании конволютного червяка существует опасность возникновения завалов или искажений профиля витка у основания и на вершине из-за различных углов подъема витка λ на внутреннем и наружном диаметрах (рис.3).

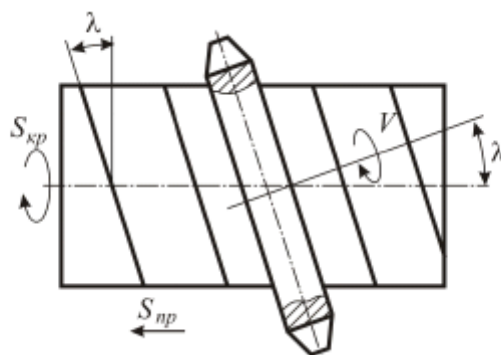


Рисунок 3. Схема нарезания червяка с помощью дисковой фрезы.

Данные искажения возрастают с увеличением угла λ , диаметра фрезы и модуля червяка (рис.4).

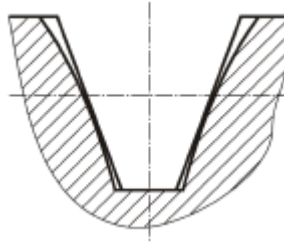


Рисунок 4. Схема искажения профиля червяка

Поэтому необходима коррекция профиля фрезы. Фрезы с рассчитанным криволинейным профилем применяются только для одного определенного червяка, то есть эти фрезы не универсальны. Дисковые фрезы, обладающие большей производительностью, чем резцы, при нарезании червячных валов не могут обеспечить достаточную точность и качество поверхности витков червяка. Их используют в основном при черновом фрезеровании. В таком случае допускается использование фрез с прямолинейным профилем, оставляя припуск под чистовую обработку, превышающий получаемую погрешность профиля червяка.

Нарезание пальцевыми (концевыми) фрезами полностью аналогично фрезерованию дисковыми фрезами. Пальцевую фрезу устанавливают таким образом, чтобы её ось вращения пересекалась с осью червяка под углом 90° . Все вопросы профилирования фрез идентичны дисковым фрезам, а искажения профиля конвolutного червяка не возникает. По сравнению с дисковыми фрезами нарезание резьбы концевыми фрезами имеет низкую производительность. Пальцевые фрезы применяют для обработки крупномодульных червяков в единичном или мелкосерийном производстве.

Нарезание червяков возможно червячными фрезами методом обката, так как любой червяк можно рассматривать как зубчатое колесо с числом зубьев, равным числу заходов червяка.

Нарезание производится на универсальных зубо- и шлицефрезерных станках. Таким способом нарезают эвольвентные червяки с большим углом подъема витка (обычно многозаходные). Обработку производят червячными фрезами с прямолинейной режущей кромкой. При нарезании одно- и

малозаходных червяков с небольшим углом подъема режущие кромки червячной фрезы загружены неравномерно. Кроме этого конструкции универсальных станков (зубо- и шлицефрезерных) не позволяют нарезать мало- и однозаходные червяки, так как одному обороту фрезы должен соответствовать $1/z$ оборота червяка (где z - число заходов червяка). Следовательно, для однозаходного червяка один оборот фрезы соответствует одному обороту нарезаемого червяка, а кинематика станков не рассчитана на обеспечение такого соотношения. Данный способ обеспечивает высокую производительность, т.к. витки многозаходных червяков нарезают одновременно, однако получаемая точность невысокая (примерно 9-я степень), поэтому такой способ нарезания резьбы применяется для предварительных операций.

Высокую точность резьбы 7-ой и ниже степеней получают резьбошлифованием. Для образования резьбы на поверхности деталей применяют следующие основные виды резьбошлифования:

- a) Наружное шлифование резьбы на круглых деталях (рис.5, а);
- b) Шлифование резьбы у круглых деталей на внутренней поверхности (рис.5, б);
- c) Шлифование резьбы на плоских деталях (рис.5, в);
- d) Нарезание зуба у реек и др.

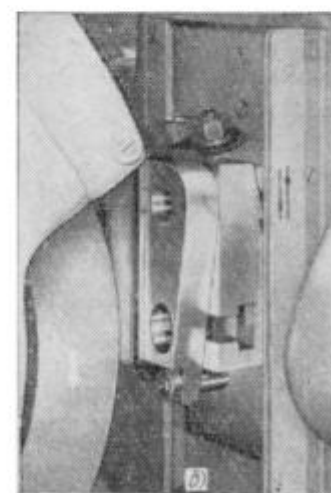
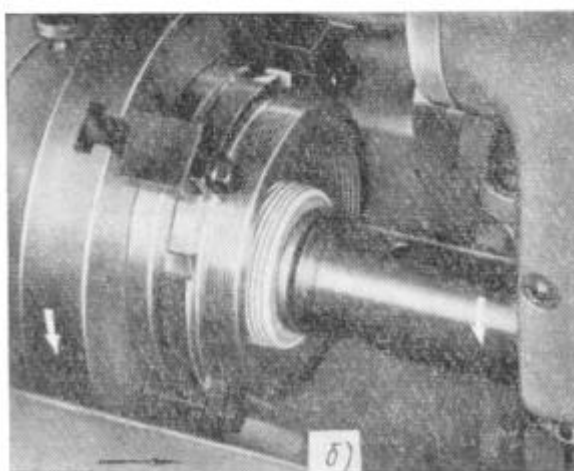
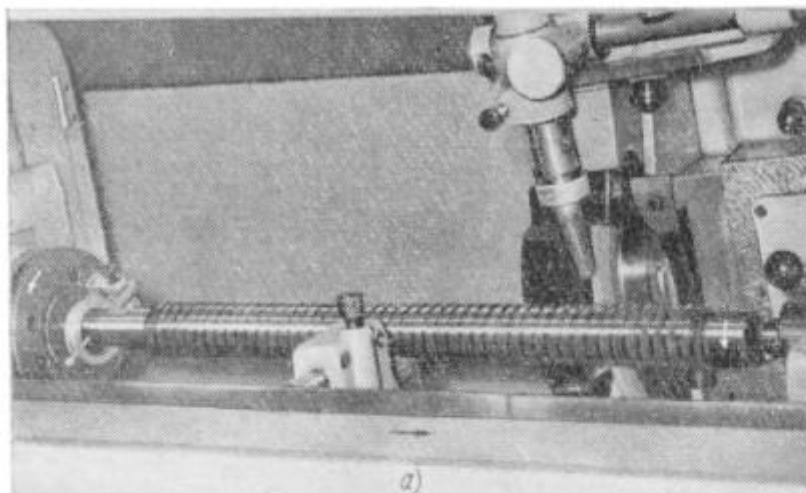


Рисунок 5. Виды резьбошлифования:

а- наружное шлифование резьбы, б- внутреннее шлифование резьбы, в- шлифование профиля резьбы у плоской плашки

По технологическим особенностям различают следующие разновидности обработки резьбы:

- а) Шлифование резьбы одноконтурным кругом в одну сторону (рис.6, а). Этот вид образования резьбы применяется очень давно и является самым точным, но малопродуктивным.
- б) Шлифование резьбы одноконтурным кругом в обе стороны- с использованием прямого и обратного хода. Этот метод является более продуктивным и применяется при обработке резьбы у деталей не менее 10-20 шт. в партии.
- с) Шлифование резьбы многоконтурным кругом (на проход и врезание).

Этот метод шлифования самый прогрессивный.

При шлифовании многониточным кругом «на проход» в работе участвует несколько профилей круга- ниток его рис.6, б), что позволяет обрабатывать резьбу более производительно.

При врезном шлифовании многониточным кругом (рис.6, в) образование резьбы происходит обычно за 1,5 оборота изделия, где часть оборота изделия приходится на врезание, затем происходит шлифование резьбы и 0,25 оборота остается на окончательный сьем заданной глубины резания.

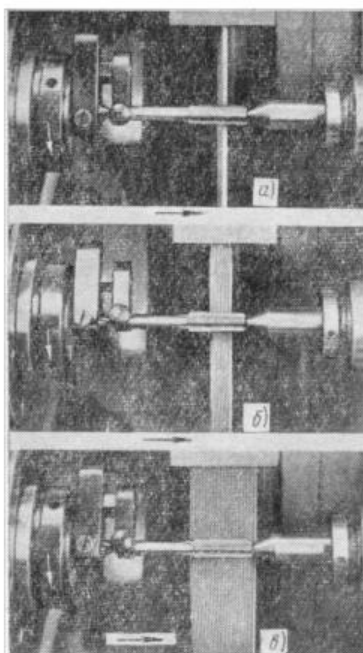


Рисунок 6. Образование резьбы:

а- однопунктным кругом, б- многониточным кругом на проход, в- врезное шлифование резьбы многониточным кругом

Врезное резьбошлифование многониточным кругом является самым производительным методом шлифования резьбы.

Профилирование винтовой поверхности архимедова червяка производится при вращении шлифовального круга и кинематически связанным с подачей инструмента вращением заготовки. С помощью математической модели рассчитывается необходимый профиль шлифовального круга (инструмента), который задается устройством правки на станке.

В статье [6] показано, что при шлифовании архимедова червяка для достижения требуемой точности необходимо поворачивать инструмент (шлифовальный круг) на угол подъема винтовой линии.

В статье [7] дано описание методики проведения сравнительных испытаний обычных и высокопористых шлифовальных кругов на плоско и зубошлифовальных станках и анализ результатов испытаний. В статье приведена методика испытаний с помощью разного абразивного инструмента на двух станках: плоскошлифовальном станке мод. 3E711B1 и на зубошлифовальном станке с ЧПУ HÖFLER RAPID 1250:

-Обычное шлифование с поперечной подачей (глубина 10 мкм)- на каждом круге, без дублирования.

-Шлифование на прижог при глубине по лимбу 50 мкм- на каждом круге.

-Шлифование с накоплением упругих отжатий (10 раз по 10 мкм, т.е. за 10 проходов удаляется 100 мкм)- на каждом круге 3 опыта.

Приведены результаты исследований на прижог, на накопление упругих отжатий. Измерена шероховатость получившейся поверхности, которую измеряли профилометром модели 170621. Приведены таблицы и выбран наилучший шлифовальный круг A9960Js12V (красный).

Резьбошлифование имеет свои особенности в сравнении с другими видами шлифования [8].

При шлифовании резьб, применяется метод копирования. Т.е. профиль круга повторяет профиль образуемой поверхности, для этого шлифовальный круг профилируется алмазным инструментом. В связи с этим возникают трудности при выборе характеристик шлифовального круга: зернистости, степени твёрдости, материала связки, которые в основном определяются радиусом закругления впадины, шагом резьбы.

Из-за несоблюдения правильной геометрической формы профиля шлифовального круга, т.е. из-за редкой правки профиля круга, круг изнашивается по вершине профиля, что в свою очередь влияет на величину радиуса впадины шлифуемой резьбы и на общую геометрию резьбы. Лучшие

результаты при шлифовании получают в случае, если на профилирующем участке радиуса впадины находится несколько зёрен абразива (не менее трёх), в данном случае они устойчиво удерживаются связкой круга. Высокая размерная стойкость шлифовального круга достигается уменьшением зернистости круга, но при этом круг быстрее засаливается, что приводит к увеличению тепловыделения. Твёрдость круга - это способность связки шлифовального круга удерживать абразивные зёрна.

Для самозатачивания шлифовального круга твёрдые материалы необходимо шлифовать мягкими кругами, и наоборот. Если круг подобран неверно, то рабочая поверхность круга осыпается, профиль резьбы становится не прямолинейным, шероховатым и надробленным, процесс резания сопровождается дребезжанием. При засаливании шлифовального круга на верхней части профиля резьбы образуются прижоги (почернение и потеря механических свойств материала).

Между осевым и вращательным движениями заготовки при резьбошлифовании должна быть жесткая связь, которой нет при плоском или круглом шлифовании. Скорости вращения заготовки при резьбошлифовании значительно ниже, чем при круглом шлифовании. В резьбошлифовании условия работы круга более тяжелые, т.к. любые температурные деформации заготовки, приводят к лишнему съему материала, и соответственно, искажает профиль резьбы и вызывает увеличение силы действующей на круг и приводит к увеличению износа круга, особенно в области острия.

Для получения нужного качества профиля резьбы необходимо длительное выхаживание с подачей 0,01-0,02 мм. Необходимо учитывать степень износа станочных узлов, знать величину мёртвого хода узлов станка.

Всё перечисленное выше отражает качественный характер взаимодействия систем СПИД. Для качественной характеристики необходимы исследования и измерения параметров круга, детали, станка с использованием современной измерительной базы.

Основным требованием, определяющим точность ходового винта, является погрешность шага резьбы.

В работах [9-14] изучены причины возникновения и пути уменьшения погрешностей шага резьбы. Показано, что погрешности можно разделить на два вида: технологические и конструкторские.

Наиболее изученными являются конструкторские погрешности, т.е. погрешности, обусловленные неточностью изготовления и сборки узлов резьбошлифовального станка; кинематические погрешности перемещения стола станка и поворота изделия, радиальные и осевые биения шпинделя.

К технологическим погрешностям относятся погрешности базирования винта, деформации технологической системы, погрешности из-за колебаний свойств шлифовальных кругов и заготовок, а также погрешности, обусловленные квалификацией рабочего при настройке станка.

Анализ погрешностей показывает, что конструкторские и технологические погрешности носят систематический характер и могут быть учтены с помощью коррекционных механизмов.

Для достижения точности шага резьбы ходовых винтов необходимо решить две задачи:

- уменьшение величины накопленной погрешности шага за счёт уменьшения осевых температурных деформаций;
- стабилизация накопленной погрешности шага в пределах одной партии заготовок.

Теоретическим решением поставленных задач является исследование влияния осевых температурных деформаций ходового винта на образование накопленной погрешности шага и влияние циклического теплового нагружения при многониточном шлифовании [15].

Важной задачей является измерение основных параметров профиля червяка. В работе [16] дан сравнительный анализ некоторых способов измерения резьбы.

На предприятиях для измерения шага резьбы используются резьбомеры, резьбовые шаблоны, микрометры, инструментальные микроскопы. Погрешность микрометров составляет 0,01-0,1 мм, а микроскопа от $\pm 0,0025$ до $\pm 0,0035$ мм.

Для измерения шага резьбы широко применяются инструментальные микроскопы. Такой способ измерения имеет свои недостатки:

- высокая утомляемость глаз и снижение зрения;
- влияние человеческих факторов на измерения;
- долгая и кропотливая настройка и измерения.

Средний диаметр резьбы в основном измеряют послеоперационными методами контроля: методом трёх, двух и одной проволочки, а также на инструментальном микроскопе с помощью специальных приспособлений.

Косвенный метод трех проволочек является самым распространенным и достаточно сложен для определения действительного размера среднего диаметра резьбы, так как при этом необходимо проводить дополнительный расчёт по формулам [17].

Создание прибора для контроля среднего диаметра резьбы, биения профиля, шага резьбы и волнообразности резьбы позволило бы решить ряд задач процесса резьбошлифования [18]:

- компенсация части первичных погрешностей (от 60 до 90 %);
- уменьшение зависимости погрешности от квалификации рабочего;
- минимизация послеоперационных измерений среднего диаметра резьбы с помощью универсальных инструментов, а также при наладке станка и после правки шлифовального круга;
- предоставление возможности измерения конусообразности среднего диаметра резьбы;
- обеспечение прямых измерений среднего диаметра и остальных основных параметров резьбы;

- автоматизация процесса измерений и обработки резьбообразующего и контрольного инструментов;
- повышение точности и производительности обработки деталей.

Таким образом, резьбошлифование является самым распространенным способом чистовой обработки червячных валов. Вопросы достижения необходимого качества при резьбошлифовании в настоящее время являются актуальными. Данная работа направлена на изучение резьбошлифовальной обработки на станке 5K822В, методов измерения основных геометрических параметров и шероховатости профиля резьбы.

2. Обеспечение заданной точности при обработке червячных валов

2.1. Расчет минимального припуска на резьбошлифовальной операции с учетом погрешности угла и шага резьбы

Достижение заданной точности шага резьбы, угла наклона профиля резьбы зависит от конструкторских и технологических погрешностей.

Проведем расчет минимального припуска на резьбошлифовальную обработку с учетом припуска оставленного после токарной (черновой) операции, обезуглероженного слоя после термической операции, погрешностей угла профиля и шага резьбы.

а) Расчет приведенного диаметра ($d_{\text{прив}}$), впадины зуба (S) и допуска на нее (TS).

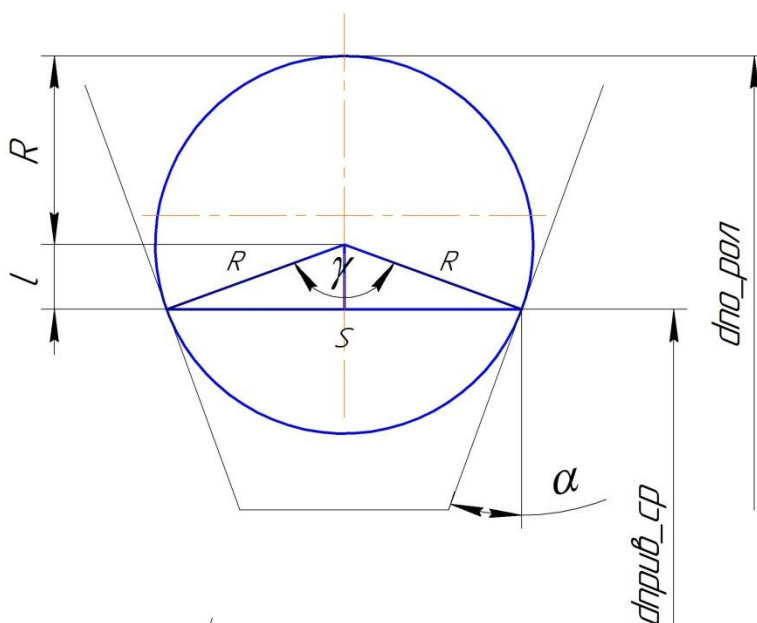


Рисунок 7. Положение измерительного ролика в профиле зубьев.

Из рис.7 находим ширину впадины (хорды S) на приведенном среднем диаметре $d_{\text{прив}}$ (который будет рассчитан позже):

$$S = 2R \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right);$$

$$\text{Допуск на ширину впадины: } TS = \left(\frac{d_{\text{по_рол(max)}} - d_{\text{по_рол(min)}}}{2} \cdot \text{tg}20^\circ \right) \cdot 2.$$

Для определения приведенного среднего диаметра, рассчитаем высоту хорды (l) из прямоугольного треугольника на рис.8.

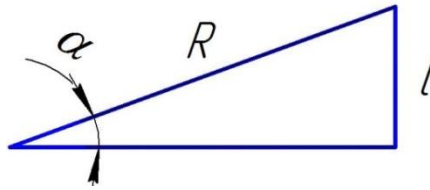


Рисунок 8.

$$l = \sin \alpha \cdot R;$$

Приведенный средний диаметр:

$$d_{\text{прив}} = d - 2(l + R).$$

b) Расчет измерительной высоты ширины впадины зуба.

$$m_{\text{изм}} = \frac{d_a - d_{\text{прив}}}{2}.$$

c) Расчет припуска на шлифование после токарной и термической обработки.

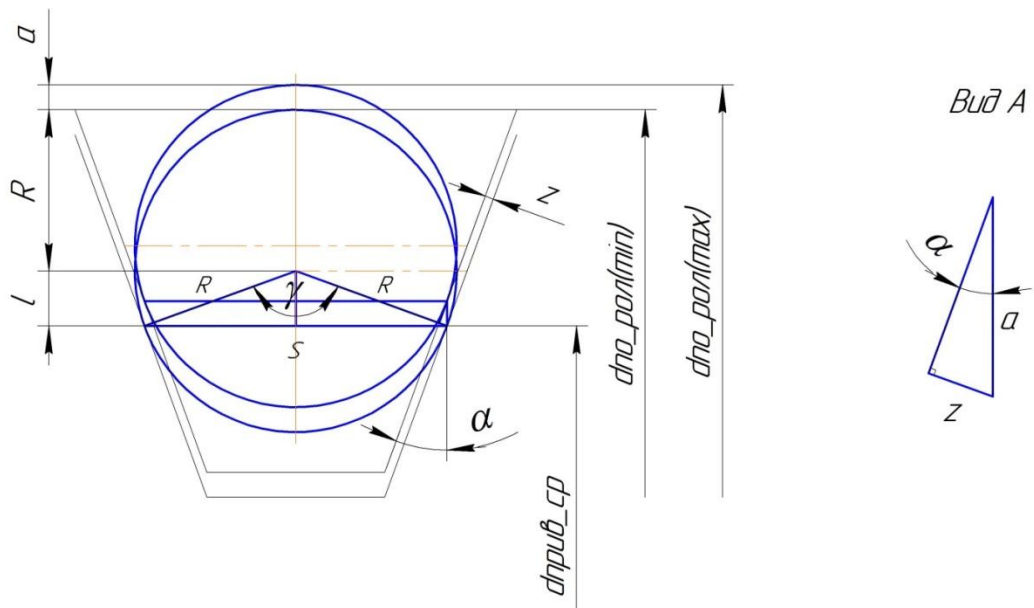


Рисунок 9.

Из прямоугольного треугольника на виде А, находим припуски на шлифование Z:

$$z = \sin \alpha \cdot a,$$

где $a = \left(\frac{d_{\text{по_рол}} - d}{2} \right);$

Нахождение припуска (z') на шлифовальную операцию с учетом погрешности угла ($\Delta\alpha$) и погрешности шага (ΔP).

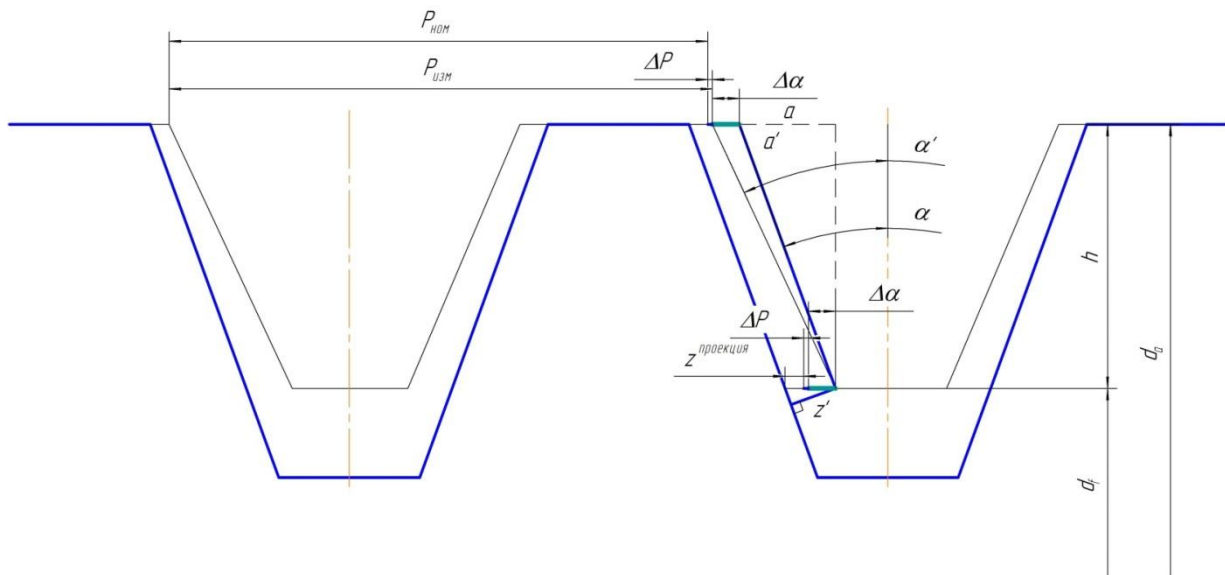


Рисунок 10. Эскиз профиля для построения размерной цепи

Строим размерную цепь для нахождения z' (рис.11).

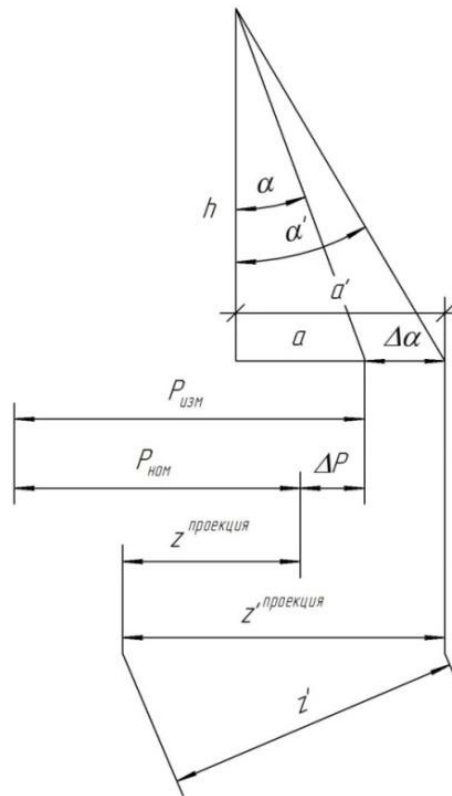


Рисунок 11. Размерная цепь

Определяем высоту зуба до шлифовальной обработки:

$$h = \frac{d_a - d_f}{2};$$

Далее, вычисляем погрешность угла и шага:

$$\Delta\alpha = a' - a = tg\alpha' \cdot h - tg\alpha \cdot h;$$

$$\Delta P = P_{изм} - P_{ном};$$

Из размерной цепи находим $z'^{проекция}$:

$$z'^{проекция} = z^{проекция} + \Delta\alpha + \Delta P;$$

где $z^{проекция} = z / \cos 20^\circ$.

Следовательно, припуск на шлифовальную операцию составит:

$$z' = \cos 20^\circ \cdot z'^{проекция}.$$

d) Расчет значения поперечной подачи на сторону профиля (Т).

Значение подачи на сторону находим по формуле:

$$T = \frac{\cos 20^\circ \cdot z}{tg 20^\circ}.$$

2.2. Описание технологического процесса

В полном объеме технологический процесс описан для операций 5-7, т.к. в соответствии с техническим заданием (приложение В) предприятие ООО «ПК МИОН» необходимо разработать технологию и организовать проведение резбошлифовальной операции червяков. Соответственно, в данной магистерской диссертации дано детальное описание только операций 5-7.

Таблица 1.

№ опер.	Наименование операции	Оборудование	Предприятие занимающееся обработкой
1	Заготовительная	DoAll C420NC	СибМаш
2	Токарно-фрезерная	OKUMA MULTUS B300W	СибМаш
3	Термическая: Закалка до твердости 49...53 HRC		СибМаш
4	Шлифовальная	S40-12	СибМаш
5	Контрольная: А) Контроль геометрических параметров: 1) Угол профиля резьбы; 2) Шаг резьбы; 3) Наружный и внутренний диаметр зубьев; 4) Ширина впадины зубьев на делительном диаметре. Б) Измерение диаметра по роликам.	Инструментальный микроскоп УИМ-21; Чашечный микрометр МЗ 50 ГОСТ 6507-90	ПК МИОН
6	Резбошлифовальная: <i>Наладка станка:</i> А) Настройка гитары на нужный модуль (по таблице) Б) Угол подъема либо по таблице, либо по чертежу (если указан) В) Правка круга алмазным карандашом (общий угол 40 град.) Г) С помощью алмазного приспособления на шлифовальном круге делаем (правим) площадку соответствуя условиям чертежа. Площадка должна	5K822B	ПК МИОН

	<p>иметь размер не больше чем указано в чертеже (-0,01-0,05 мм)</p> <p><i>Резьбошлифование изделия:</i></p> <p>А) Установить изделие</p> <p>Б) Так как изделие (червяк) обработан предварительно на токарном станке. С помощью нониуса станка, попадаем на слух, на глаз, в профиль винтовой канавки на касание</p> <p>В) Затем от касания: подаем по лимбу 0,3 мм на диаметр, следующую подачу 0,25 мм, затем по 0,2 мм.</p> <p>Окончательная подача (чистовая) 0,05-0,08 мм.</p> <p>Г) Скорость вращения изделия на пульте устанавливаем 1,8-2,2</p> <p>Д) Коэффициент подачи с профилем канавки 40 град. 1,65-1,7 мм на сторону, на диаметр (по лимбу) в 2 раза больше.</p>		
7	<p>Контрольная:</p> <p>А) Контроль геометрических параметров:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Угол профиля резьбы; 2) Шаг резьбы; 3) Ширина впадины зубьев на делительном диаметре. <p>Б) Измерение диаметра по роликам.</p>	<p>Инструментальный микроскоп УИМ-21; Чашечный микрометр МЗ 50 ГОСТ 6507-90</p>	<p>ПК МИОН; СибМаш</p>

2.3. Описание измерительного оборудования

Перед тем, как производить резьбошлифовальную обработку, нужно убедиться в наличии нужного припуска оставленного после токарной операции. Для этого проводились следующие измерения.

2.3.1. Измерение геометрических параметров резьбы червяка

УИМ-21 (окулярный) предназначен для измерения линейных и угловых размеров разных изделий в прямоугольных и полярных координатах (рис.12). В частности, на данном микроскопе можно измерять резьбовые изделия, режущий инструмент и т.д.

Универсальный измерительный микроскоп (УИМ-21) находит широкое применение в машиностроительной и приборостроительной промышленности, а также в научно-исследовательских институтах.



Рисунок 12. Инструментальный микроскоп- УИМ-21

Техническая спецификация:

Предел измерений X: 0- 200 мм;

Предел измерений Y: 0- 100 мм;

Пределы измерения угловых размеров: 0- 360°;

Цена деления: 0,001 мм/1';

Наибольший вес измеряемой детали: 10 кг;

Вес: 414 кг;

Габаритные размеры прибора: 1145x1060x705 мм.

Этот метод использовался для контроля шага, угла наклона профиля и ширины впадины на приведенном среднем диаметре, как до обработки для расчета минимального припуска, так и после обработки.

2.3.2. Измерение диаметра по роликам

Выполняется с помощью (рис.13): микрометра зубомерного/чашечного (Микрометр МЗ 50 ГОСТ 6507-90), 3 роликов/проволочек (диаметром: $d_n=3,623$ мм) и стойки под микрометр.

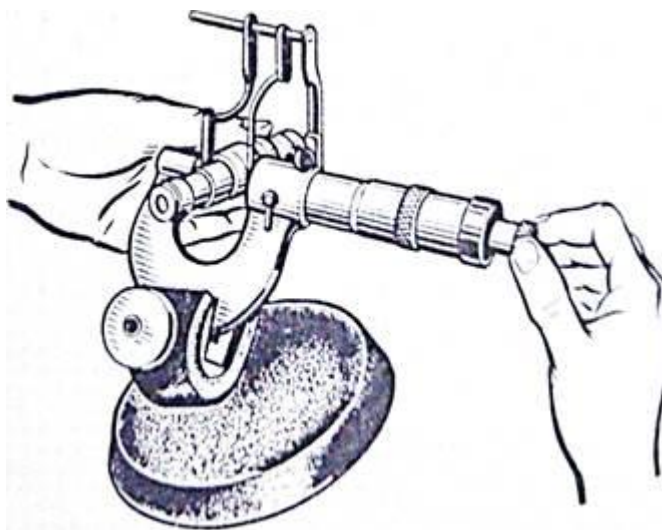


Рисунок 13. Конструкция для измерения диаметра по роликам.

Метод трех проволочек, являющийся косвенным методом измерений. Измерение среднего диаметра резьбы этим методом основывается на измерении среднего диаметра резьбы как диаметра воображаемого цилиндра, поверхность которого пересекает витки резьбы, так что ширина витка в сечении, проходящем через ось резьбы, равна ширине впадины.

Метод заключается в следующем: во впадины резьбы закладываются три проволочки равного диаметра d_n и при помощи какого-либо контактного средства измерения измеряется размер M (рис.14).

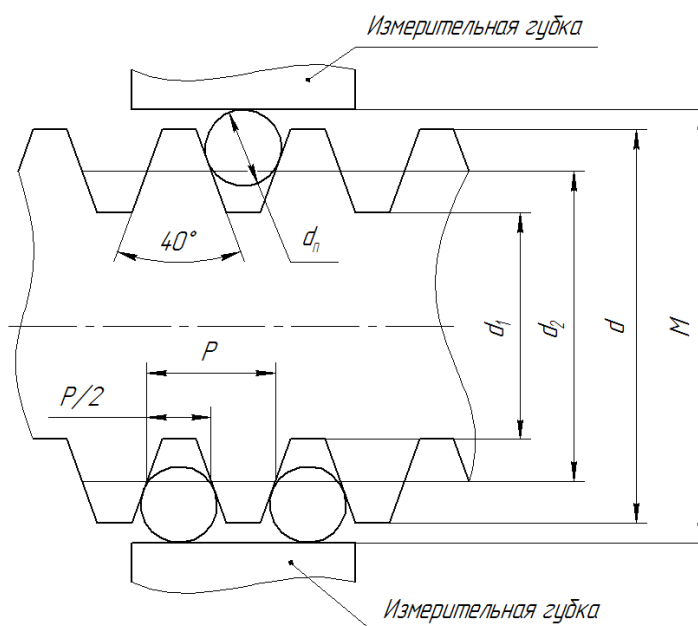


Рисунок 14. Схема измерения.

С помощью данного универсального метода измерялась величина « M » диаметра по роликам уже непосредственно у станка, в процессе обработки.

2.3.3. Измерение шероховатости на профиле резьбы с помощью профилометра

Профилометр Surftest SJ-210 (рис.15) состоит из двух блоков: блока индикации и блока измерен блок измерения может быть установлен непосредственно в блок индикации или соединяться с ним кабелем длиной 1 м, что позволяет контролировать шероховатость поверхности в труднодоступных местах, таких как внутренняя поверхность трубы; а также устанавливать профилометр непосредственно на деталь при изготовлении. Простой в использовании, легко устанавливается, позиционируется на контролируемой

детали. По статистическим данным проводившейся поверки приборов, погрешность не превышала 5%.

Профилометр SJ-210 может работать как от сети переменного тока, так и от портативного источника постоянного тока (батареи).

Отличительные особенности профилометра Surftest SJ-210 Mitutoyo:

- Отображение считывания в любой ориентации, что делает очень удобной эксплуатацию прибора.
- Настройка цвета, профиль шероховатости на экране, одновременное отображение различных параметров шероховатости.
- Возможность сохранения до 10000 считываний на карту памяти, равно как и изображения (захват) экрана.
- Разъемы USB, RS232 для обмена данными с ПК.

Технические данные измерителя шероховатости SurftestSJ-210 Mitutoyo:

- Минимальный диапазон/дискретность (25 мкм / 0.002 мкм)
- Параметры Ra, Rq, Rz, Ry, Rv, Rt, R3z, Rsk, Rku, Rc, RPs, RSm, Rmax*1 Rz1max, S, HSC, RzJIS*2, Rppi, RLa, RΔq, Rlr, Rmr, Rmr(c), Rc, Rk, Rpk, Rvk, Mr1, Mr2, A1, A2, Vo, Rpm, tp, Htp, R, Rx, AR
- Длина трассы 0.08, 0.25, 0.8, 2.5 мм
- Число измерений x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10
- Стандарты JIS'82, JIS'94, JIS'01, ISO, ANSI, VDA
- Результаты измерения: цифровые значения, кривая, график
- Питание: (Ni-MH) аккумуляторная батарея, до 4 ч
- Диапазон измерения профилометра SurftestSJ-210 Mitutoyo: · X-ось (17.5мм) · Z-ось 360 мкм (-200 мкм~+160 мкм)
- Скорость трассировки: При измерении 0.25, 0.5, 0.75 мм/с, При возврате 1 мм/с
- Зонд: Стилус радиусом наконечника 5 мкм



Рисунок 15. Профилметр Mitutoyo SurfTest SJ-210.

В рамках проведения научных исследований с помощью данного метода была измерена шероховатость на винтовой поверхности червяка, выбранного из готовой партии.

2.4. Описание обрабатывающего оборудования

Резьбошлифовальный станок 5K822В предназначен для выполнения резьбошлифовальных операций: шлифования конических и цилиндрических резьбовых калибров-пробок и калибров-колец, точных винтов и червяков; затылования метчиков, мелко модульных червячных фрез и резьбофрез; шлифования роликов для накатывания многониточных резьбошлифовальных кругов и т.д.

Данный станок применяется в инструментальных и производственных цехах машиностроительных заводов. Станок автоматизирован, шлифует одно- и многониточными кругами, что делает его пригодным для серийной работы.

2.4.1. Конструктивные особенности станка 5K822В

Стол станка с установленным на нем передней и задней бабками перемещается по направляющим качения. Шлифовальная бабка на станке барабанного типа. Поворот бабки на угол подъема резьбы механизирован. Перемещение шлифовальной бабки происходит по направляющим качения.

Шпиндель шлифовального круга смонтирован на прецизионных гидродинамических подшипниках.

Привод изделия осуществляется от электродвигателя постоянного тока с бесступенчатым регулированием частоты вращения.

Механизм попадания в нитку позволяет перемещать стол независимо от привода цепи шага на любую величину и во всем диапазоне длины шлифования, а также используется для осевой подачи стола.

Шлифование на станке может производиться тремя способами:

С рабочим ходом стола в одну сторону;

Рабочим ходом стола в одну сторону и автоматически ускоренным возвратом стола в исходное положение;

Рабочим ходом стола в обе стороны.

Класс точности станка: В.

Шероховатость шлифованной поверхности резьбы: $Ra < 0,63$ мкм.

2.4.2. Общий вид и устройство станка 5K822В



Рисунок 16. Общий вид станка 5K822В.

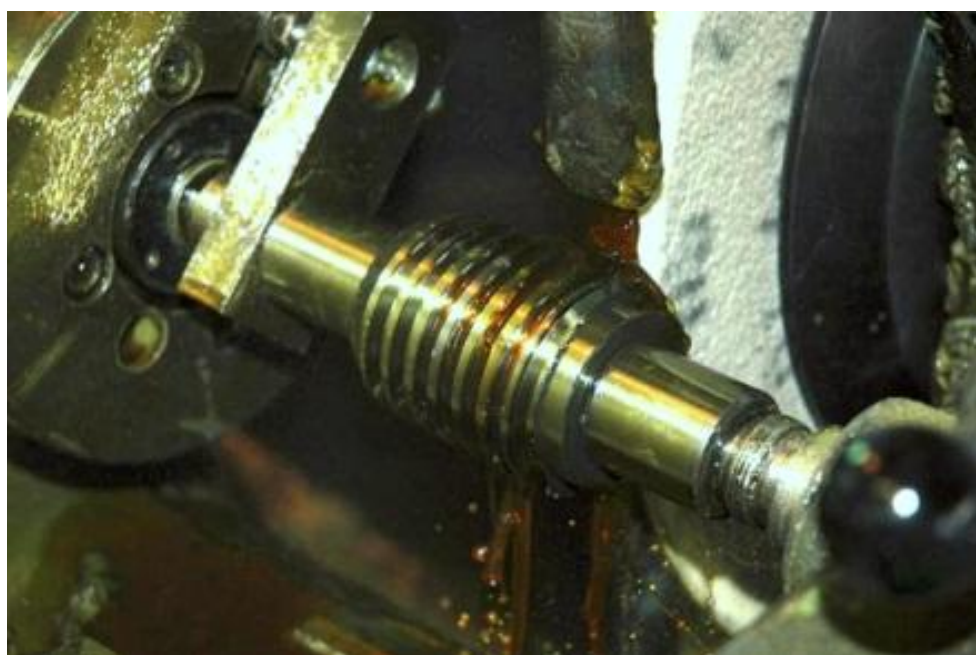


Рисунок 17. Обработка червячного вала.

**2.4.3. Расположение составных частей
резбошлифовального станка 5К822В**

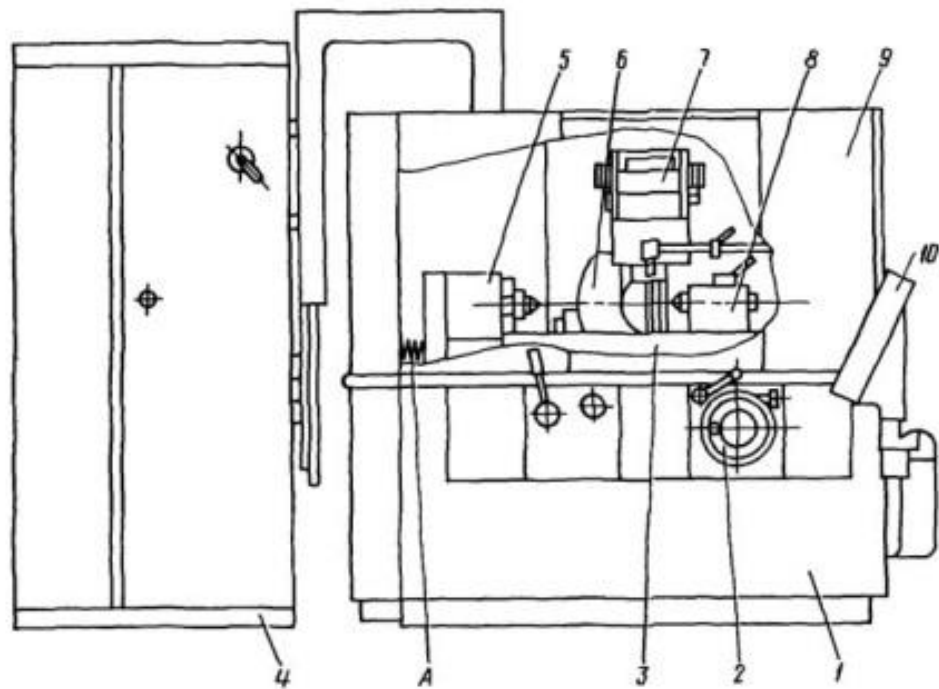


Рисунок 18. Расположение составных частей станка.

- 1) Станина станка;
- 2) Механизм поперечной подачи;
- 3) Стол;
- 4) Электрошкаф;
- 5) Передняя бабка;
- 6) Шлифовальная бабка;
- 7) Правящее устройство;
- 8) Задняя бабка;
- 9) Кожух станка;
- 10) Пульт управления.

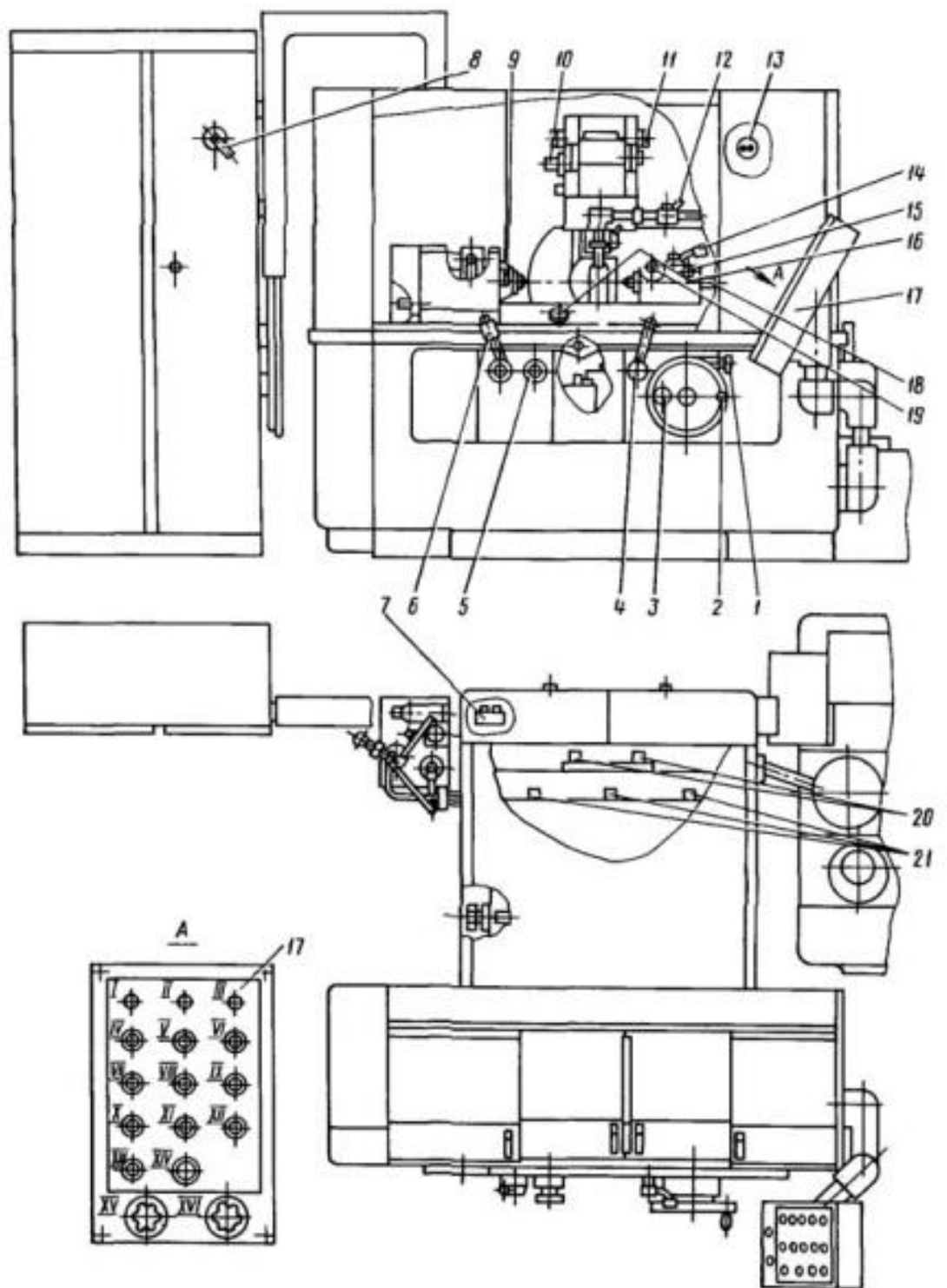


Рисунок 19. Расположение органов управления станка.

- 1) Маховик тонкой поперечной подачи;
- 2) Маховик поперечной подачи;
- 3) Винт зажима лимба поперечной подачи на маховике;
- 4) Рукоятка быстрого подвода и отвода шлифовальной бабки;
- 5) Маховик механизма ввода круга в нитку резьбы (осевая подача);

- б) Рукоятка пуска, реверса, останова стола и шпинделя изделия, ускоренного хода стола;
- 7) Пульт управления приводом механизма разворота шлифовального круга на угол подъема резьбы;
- 8) Вводной механизм;
- 9) Маховик включения движения стола (звено увеличения шага резьбы);
- 10) Ось для рукоятки подъема правящих устройств вручную;
- 11) Маховик перемещения алмазов вручную;
- 12) Кран охлаждения;
- 13) Розетка для подключения профильного микроскопа;
- 14) Ручка подвода и отвода заднего центра;
- 15) Лимб регулировки конусности;
- 16) Лимб коррекции шага шлифуемой резьбы;
- 17) Пульт управления станком;
- 18) Лимб регулировки усилия зажима изделия в центрах;
- 19) Лимб регулировки усилия поджима шпинделя шлифовального круга к подпятнику;
- 20) Винты регулировки усилия натяжных пружин;
- 21) Оси зажима шлифовальной бабки.

2.5. Подбор шлифовальных кругов

2.5.1. Размер круга

Для улучшения условий шлифования рекомендуется выбирать круги с большим диаметром и шириной. Максимальные размеры круга ограничиваются размерами и конструктивными особенностями станка, размерами и формой изделия или инструмента.

2.5.2. Материал круга

Выбор материала круга в основном зависит от физико-механических свойств материала инструмента (изделий), от требования к чистоте обработки и от допустимого изменения структуры и свойств металла в тонких поверхностных слоях.

Круг из белого электрокорунда выбирают для чистовых и доводочных операций по шлифованию закаленных деталей и инструментов из углеродистых, б/р и легированных сталей. Круг из нормального электрокорунда широко применяется для обдирочных и черновых операций для изделий из углеродистых и легированных сталей.

Круг из карбида кремния в основном используют для обработки чугуна и других твердых материалов. Крупнозернистые круги из карбида кремния применяют для обработки неметаллических материалов и для правки шлифовальных кругов.

Круг из монокорунда рекомендуется использовать для получистовых и чистовых операций и для изделий из средне- и высоколегированных сталей.

Круг из электрокорунда ЭХ и ЭГ обладают более высокими режущими свойствами и при шлифовании данными кругам выделяется значительно меньше тепла по сравнению с кругами Э и ЭБ, это позволяет их использовать

на операциях, где нежелательны прижоги, что очень важно при заточке дереворежущих инструментов.

2.5.3. Выбор круга по твердости

Мягкие и средне-мягкие круги применяются для заточки инструментов из твердых сплавов, закаленных углеродистых и легированных сталей, средне-мягкие и средне-твердые — применяются для шлифования изделий из незакаленных углеродистых, легированных сталей и сплавов, чугуна и др..

Средне-твердые и твердые круги применяются для обдирочного и предварительного шлифования, очень твердые и чрезмерно твердые — применяются для правки шлифовальных кругов.

При выборе твердости круга желательно учитывать следующие замечания: при шлифовании периферией круга, используют круги тверже, чем при шлифовании торцем; при шлифовании с применением СОЖ используют круги тверже, чем при шлифовании без СОЖ. При изменении керамической связки на бакелитовую, нормального электрокорунда на белый электрокорунд или белого электрокорунда на моно корунд, и в свою очередь при замене крупно-зернистых кругов на мелко-зернистые следует увеличить твердость круга на одну-две ступени.

2.5.4. Структура круга

Круги со структурами № 5—8 применяются чаще всего. Структуры более пористые № 9—16 применяют в кругах для изменения теплообразования, устранения ожогов и трещин при шлифовании (заточки) инструмента, а также для шлифования- скоростного.

2.5.5. Выбор круга по зернистости

Наиболее широко применяются абразивные круги средней зернистости 40—16, которые при обеспечении необходимой чистоты поверхности и точности обработки, гарантируют высокую производительность. А если вдруг возникает вероятность ожогов на рабочих участках инструмента или деталей, в связи с засаливанием круга, номер зернистости следует повысить, а может и придется использовать круг с другой связкой.

Для проведения резьбошлифовальной обработки выбран шлифовальный круг: 400x8x203 24А 63Р С1 9 К 50 м/с.

2.6. Измерение шероховатости

Была поставлена задача измерения шероховатости на винтовой поверхности червяка с точностью 0,01 мкм.

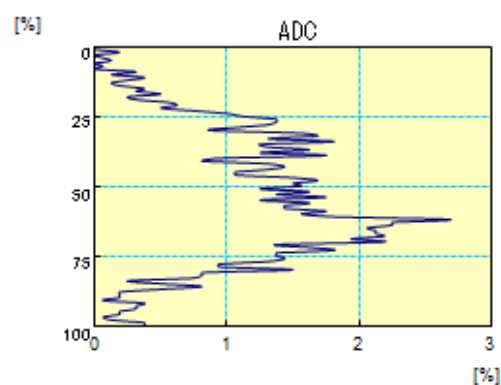
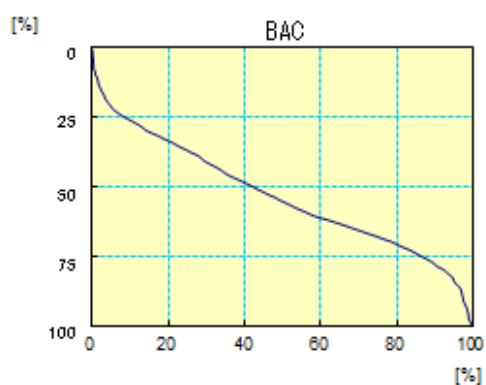
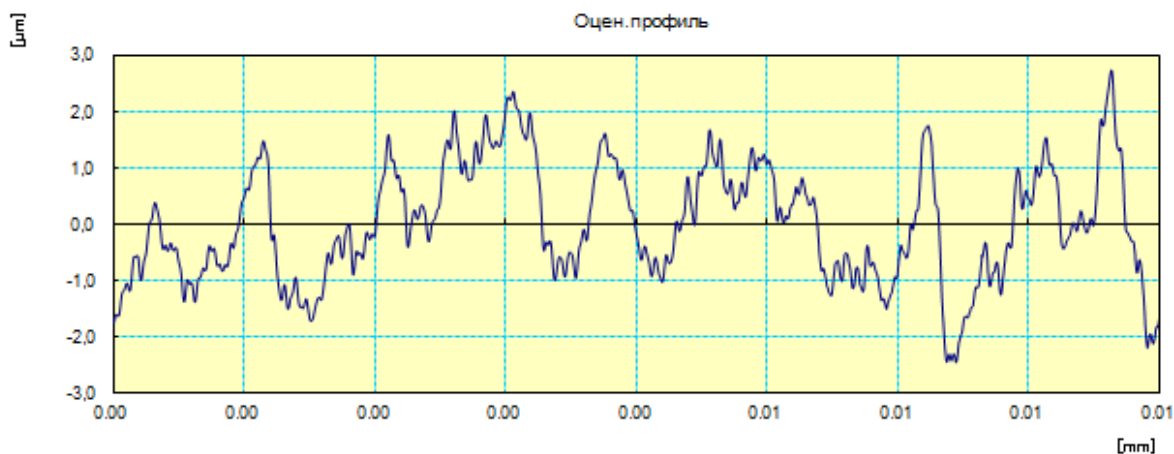
Конструкция для измерения представлена на рис.13.



Рисунок 20. Приспособление для измерения шероховатости.

Проведено 5 измерений в разных сечениях профиля резьбы червяка. Построены графики шероховатости профиля и определена шероховатость на измерительной длине 0.8 мм.

Протокол измерений

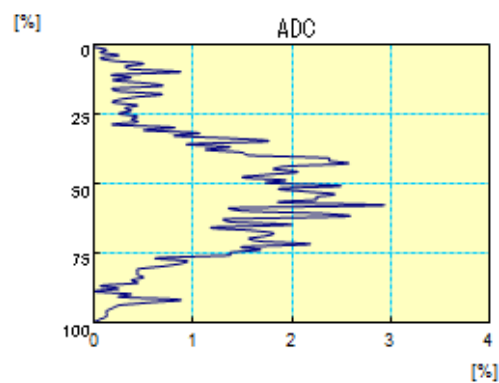
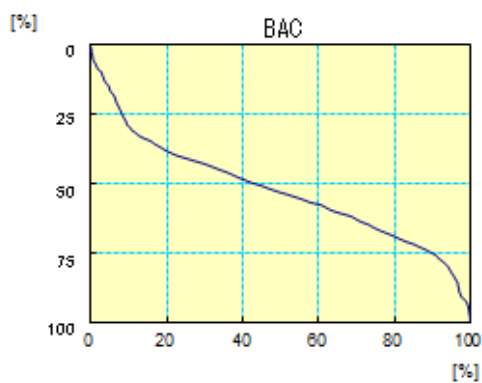
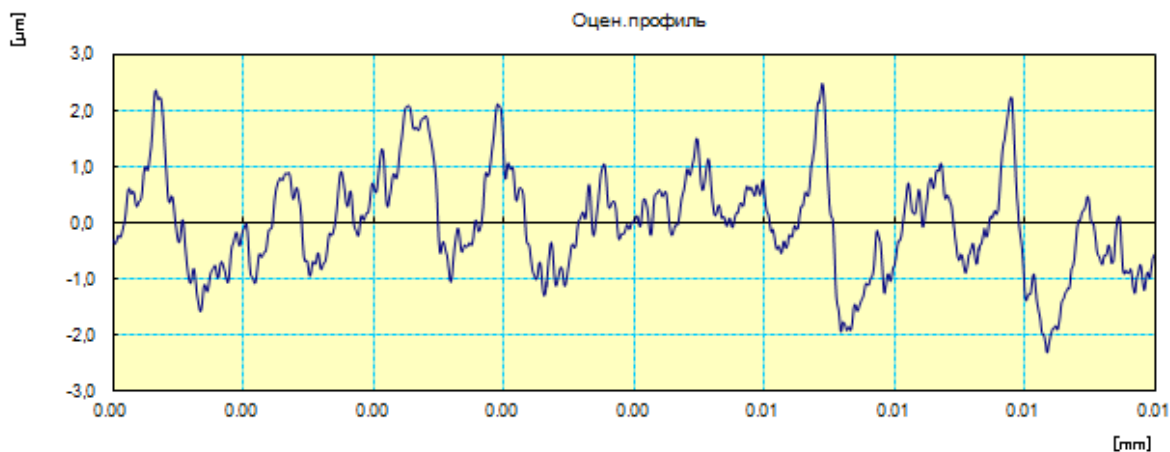


Work Name	Sample	Operator	ArtemB
Measuring Tool	SurfTest SJ210	Comment	Ver2.00
Стандарт	ISO 1997	N	1
Профиль	R	Отсечка шага	0.8mm
λs	2.5µm	Фильтр	GAUSS
Ra	0.868 µm		
Rq	1.037 µm		
Rz	5.199 µm		
Rp	2.738 µm		
Rv	2.462 µm		
Rsk	0.120		
Rku	2.364		
Rk	2.726 µm		
Rpk	0.788 µm		
Rvk	0.886 µm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

В первом сечении профиля резьбы шероховатость $R_a=0.868$ мкм.

Протокол измерений

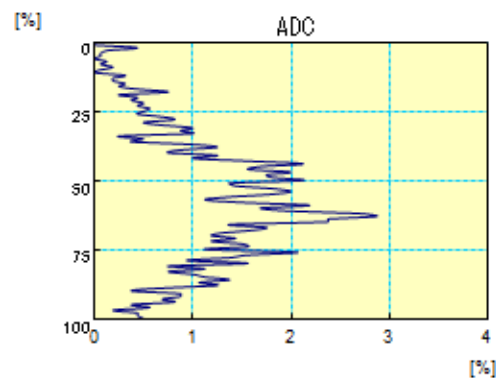
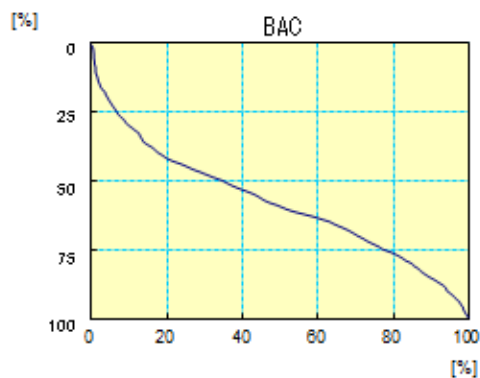
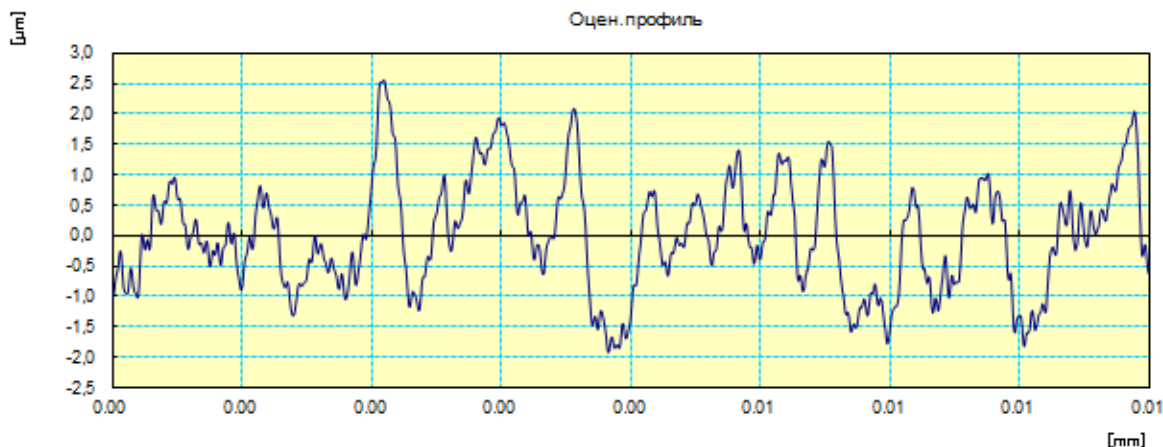


Work Name	Sample	Operator	ArtemB
Measuring Tool	SurfTest SJ210	Comment	Ver2.00
Стандарт	ISO 1997	N	1
Профиль	R	Отсечка шага	0.8mm
λ_s	2.5 μ m	Фильтр	GAUSS
Ra	0.720 μ m		
Rq	0.908 μ m		
Rz	4.806 μ m		
Rp	2.484 μ m		
Rv	2.323 μ m		
Rsk	0.228		
Rku	2.965		
Rk	2.353 μ m		
Rpk	1.311 μ m		
Rvk	0.860 μ m		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Во втором сечении профиля резьбы, шероховатость $R_a=0.720$ мкм.

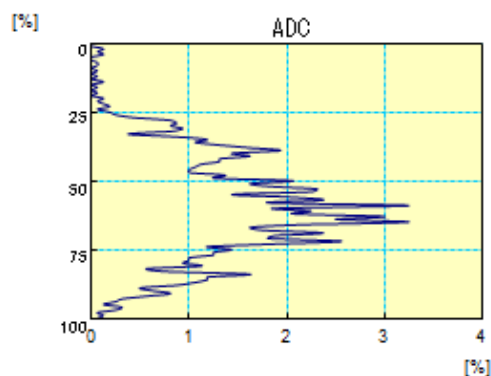
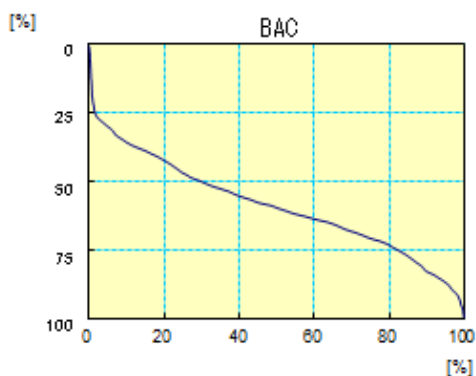
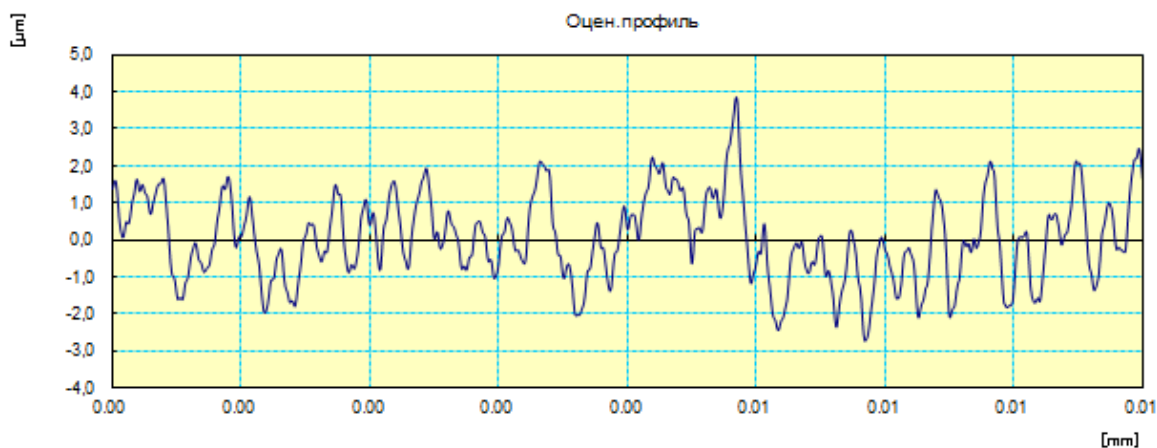
Протокол измерений



Work Name	Sample	Operator	ArtemB
Measuring Tool	SurfTest SJ210	Comment	Ver2.00
Стандарт	ISO 1997	N	1
Профиль	R	Отсечка шага	0.8mm
λs	2.5µm	Фильтр	GAUSS
Ra	0.740 µm		
Rq	0.915 µm		
Rz	4.481 µm		
Rp	2.559 µm		
Rv	1.922 µm		
Rsk	0.228		
Rku	2.646		
Rk	2.517 µm		
Rpk	0.940 µm		
Rvk	0.544 µm		

В третьем сечении профиля резьбы, шероховатость Ra=0.740 мкм.

Протокол измерений

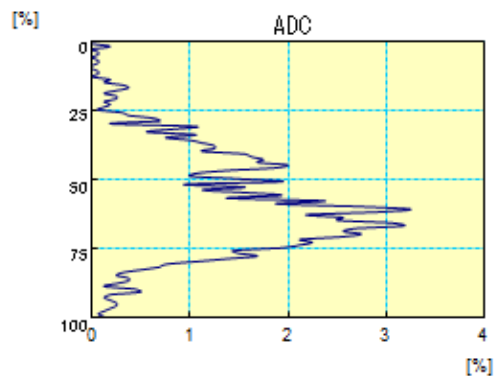
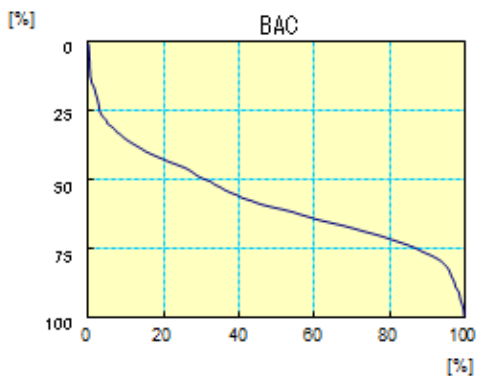


Work Name	Sample	Operator	ArtemB
Measuring Tool	SurfTest SJ210	Comment	Ver2.00
Стандарт	ISO 1997	N	1
Профиль	R	Отсечка шага	0.8mm
λs	2.5µm	Фильтр	GAUSS
Ra	0.922 µm		
Rq	1.145 µm		
Rz	6.605 µm		
Rp	3.858 µm		
Rv	2.747 µm		
Rsk	0.215		
Rku	2.738		
Rk	2.880 µm		
Rpk	1.043 µm		
Rvk	0.930 µm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

В четвёртом сечении профиля резьбы, шероховатость Ra=0.922 мкм.

Протокол измерений



Work Name	Sample	Operator	ArtemB
Measuring Tool	SurfTest SJ210	Comment	Ver2.00
Стандарт	ISO 1997	N	1
Профиль	R	Отсечка шага	0.8mm
λs	2.5µm	Фильтр	GAUSS
Ra	0.767 µm		
Rq	0.949 µm		
Rz	5.665 µm		
Rp	3.216 µm		
Rv	2.449 µm		
Rsk	0.327		
Rku	3.023		
Rk	2.161 µm		
Rpk	1.146 µm		
Rvk	0.922 µm		

В пятом сечении профиля резьбы, шероховатость Ra=0.767 мкм.

Рассчитаем среднеарифметическую шероховатость на винтовой поверхности резьбы:

$$Ra_{cp} = \frac{0,868 + 0,720 + 0,740 + 0,922 + 0,767}{5} = 0,8034 \text{ мкм}$$

Получившаяся шероховатость на винтовой поверхности червяка удовлетворяет условиям конструкторского чертежа (приложение В). Данный червячный вал получит допуск в отделе технического контроля (ОТК).

Заключение

В результате проведённой работы были оценены существующие варианты достижения точности при резьбошлифовании. Выбран наиболее подходящий и оптимальный вариант резьбошлифования, исходя из возможностей оборудования и заданной партии червячных валов 20-30 шт.

В соответствии с техническим заданием подобрано оборудование для обработки червячного вала, разработан оптимальный технологический процесс. Обработка произведена на резьбошлифовальном станке 5K822В.

С помощью инструментального микроскопа УИМ-21 измерены основные геометрические параметры резьбы червячных валов, такие как угол профиля, шаг резьбы, рабочая глубина профиля, рассчитанная ширина впадины на приведенном среднем диаметре резьбы.

С помощью микрометра МЗ 50 ГОСТ 6507-90 и роликов измерен диаметр по роликам «М», который задан на конструкторском чертеже (приложение В).

Измерена шероховатость на винтовой поверхности резьбы.

В результате червячные валы прошли выходной контроль в отделе технического контроля, т.е. оказались годными для использования в червячном редукторе, предназначенном для открытия и закрытия заслонок в трубе нефтепровода в полном соответствии с техническим заданием.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Голубеву Ивану Сергеевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	...
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	...
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	...
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	...
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	...
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Голубев Иван Сергеевич		

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Машиностроение является одной из движущих отраслей индустрии. Эффективный рост промышленности, а также в свою очередь темпы внедрения инновационных технологий в превосходящей степени зависят от уровня развития отрасли машиностроения. Технический прогресс в отрасли машиностроения характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и циклическим улучшением технологии их производства. Очень важно качественно, дешево и в заданные плановые сроки с минимальными затратами живого и овеществленного труда изготовить машину, применив высокопроизводительное оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производственного процесса. От выбранной технологии производства во многом зависит качество работы выпускаемых машин, а также более низкие экономические затраты на их эксплуатацию.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов обработки деталей.

Также машиностроение относится к энергоемким производствам и является крупнейшим потребителем электроэнергии, газа, мазута и других

энергоносителей. Трудовые ресурсы машиностроительных предприятий должны отличаться высоким уровнем профессиональной подготовки от рабочего до управляющего, что обусловлено применением сложной техники, созданием сложнейшей конкурентоспособной продукции и технологических процессов ее изготовления, а также в связи с постоянной необходимостью координации и регулирования хода производства, обусловленных его прерывностью. Указанные особенности машиностроительного производства требуют от каждого работника (мастера, инженера, руководителя) знаний экономических законов, реализуемых на машиностроительном предприятии, умений использования их для достижения главных целей предприятия.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

3.1. Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования

Обрабатываемый червячный вал применяется в нефтяной отрасли в червячном редукторе, который в свою очередь закрывает или открывает заслонку в трубопроводе. Проблема обработки состоит в том, что предприятие на котором изготавливается червячный редуктор не может производить чистовую обработку профиля резьбы червяка, из-за отсутствия нужного оборудования и квалифицированного рабочего для проведения операции резьбошлифования. Поэтому обработка проводится на предприятии ООО «МИОН», где имеется нужное оборудование и рабочий для чистовой обработки червячного вала. Данной обработкой в г.Томске никто не занимается.

3.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основным конкурентным решением является использование заточного обрабатывающего центра с ЧПУ. Но это в разы удорожает производство данной детали (червячный вал).

Основными достоинствами конкурентного решения является точность обработки и более низкая шероховатость на профиле резьбы.

Таблица 2. «Оценочная карта для сравнения конкурентных решений»

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда	0,2	4	5	0,8	1
Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	0,3	0,4
Простота в эксплуатации	0,05	5	2	0,25	0,1
Энергоэкономичность	0,03	4	1	0,12	0,03
Надежность	0,02	3	2	0,06	0,04
Уровень шума	0,05	2	4	0,1	0,2
Безопасность	0,1	2	5	0,2	0,5
Экономические критерии оценки					
Конкурентоспособность	0,1	5	3	0,5	0,3
Уровень проникновения на рынок	0,05	3	3	0,15	0,15
Цена	0,2	5	2	1	0,4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	2	0,4	0,2
ИТОГО	1	40	33	3,88	3,32

Как видно из таблицы, по техническим критериям оба станка имеют равные параметры. При этом универсальный резьбошлифовальный станок сильно выигрывает по энергоэкономичности и простоте в эксплуатации, но уступает в производительности труда, уровне шума и безопасности. Однако, по экономическим критериям универсальный резьбошлифовальный станок

оказывается лучше заточного центра с ЧПУ. У него более длительный срок эксплуатации, значительно ниже цена.

Из всего этого можно сделать вывод, что универсальный резьбошлифовальный станок является более дешевым и следовательно обработка на нем значительно дешевле, его использование на предприятии экономически более оправдано.

3.3. FAST – анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

В качестве объекта FAST-анализа выступает обработка на универсальном резьбошлифовальном станке. Описание главной, основных, и вспомогательных функций представлены в таблице 3.

Таблица 3. «Описание главной, основных, и вспомогательных функций»

Наименование процесса	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранги функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Резьбошлифовальная операция	-	Резьбошлифовальная обработка червяка	X		
Припуски	1	Расчет минимального припуска на обработку червяка исходя из измерений диаметра по роликам		X	
Режущий инструмент	1	Съем материала		X	
Режимы резания	2	Подбор режимов резания для обеспечения заданной шероховатости на винтовой поверхности червяка		X	
Настройка станка	1	Настройка подачи по заданному модулю			X

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Строим матрицу смежности функции таблица 4.

Таблица 4. «Матрица смежности функций»

	Расчет минимального припуска на обработку червяка исходя из измерений диаметра по роликам	Съем материала	Подбор режимов резания для обеспечения заданной шероховатости на винтовой поверхности червяка	Настройка подачи по заданному модулю
Расчет минимального припуска на обработку червяка исходя из измерений диаметра по роликам	=	>	<	<
Съем материала	>	=	<	<
Подбор режимов резания для обеспечения заданной шероховатости на винтовой поверхности червяка	>	>	=	<
Настройка подачи по заданному модулю	<	=	<	=

Преобразуем матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций.

Таблица 5. «Матрица количественных соотношений функций»

	Расчет минимального припуска на обработку червяка исходя из измерений диаметра по роликам	Съем материала	Подбор режимов резания для обеспечения заданной шероховатости на винтовой поверхности червяка	Настройка подачи по заданному модулю	Итог

Расчет минимального припуска на обработку червяка исходя из измерений диаметра по роликам	1	1,5	0,5	0,5	3,5
Съем материала	1,5	1	0,5	0,5	3,5
Подбор режимов резания для обеспечения заданной шероховатости на винтовой поверхности червяка	1,5	1,5	1	0,5	4,5
Настройка подачи по заданному модулю	1	0,5	1	0,5	3
					$\Sigma = 14,5$

Определяем значимость каждой функции:

Расчет минимального припуска на обработку червяка исходя из измерений диаметра по роликам: $3,5/14,5 = 0,24$;

Съем материала: $3,5/14,5 = 0,24$;

Подбор режимов резания для обеспечения заданной шероховатости на винтовой поверхности червяка: $4,5/14,5 = 0,31$;

Настройка подачи по заданному модулю: $3/14,5 = 0,21$;

Таблица 6. «Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования»

Наименование процесса	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Резбошлифовальная операция	-	Резбошлифовальная обработка червяка	-	-	-	-	-
Припуски	1	Расчет минимального припуска на обработку	-	3	200	170	370

		червяка исходя из измерений диаметра по роликам					
Режущий инструмент	1	Съем материала	-	0,5	6870	240	7110
Режимы резания	2	Подбор режимов резания для обеспечения заданной шероховатости на винтовой поверхности червяка	-	1	250	200	450
Настройка станка	1	Настройка подачи по заданному модулю	-	1,5	200	210	410
							$\Sigma = 8340$

Определим относительные затраты на функцию:

Расчет минимального припуска на обработку червяка исходя из измерений диаметра по роликам: $370/8340 = 0,04$;

Съем материала: $7110/8340 = 0,85$;

Подбор режимов резания для обеспечения заданной шероховатости на винтовой поверхности червяка: $450/8340 = 0,05$;

Настройка подачи по заданному модулю: $410/8340 = 0,05$;

Информация об объекте, собранная в рамках предыдущих стадий, обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (рис. 20):

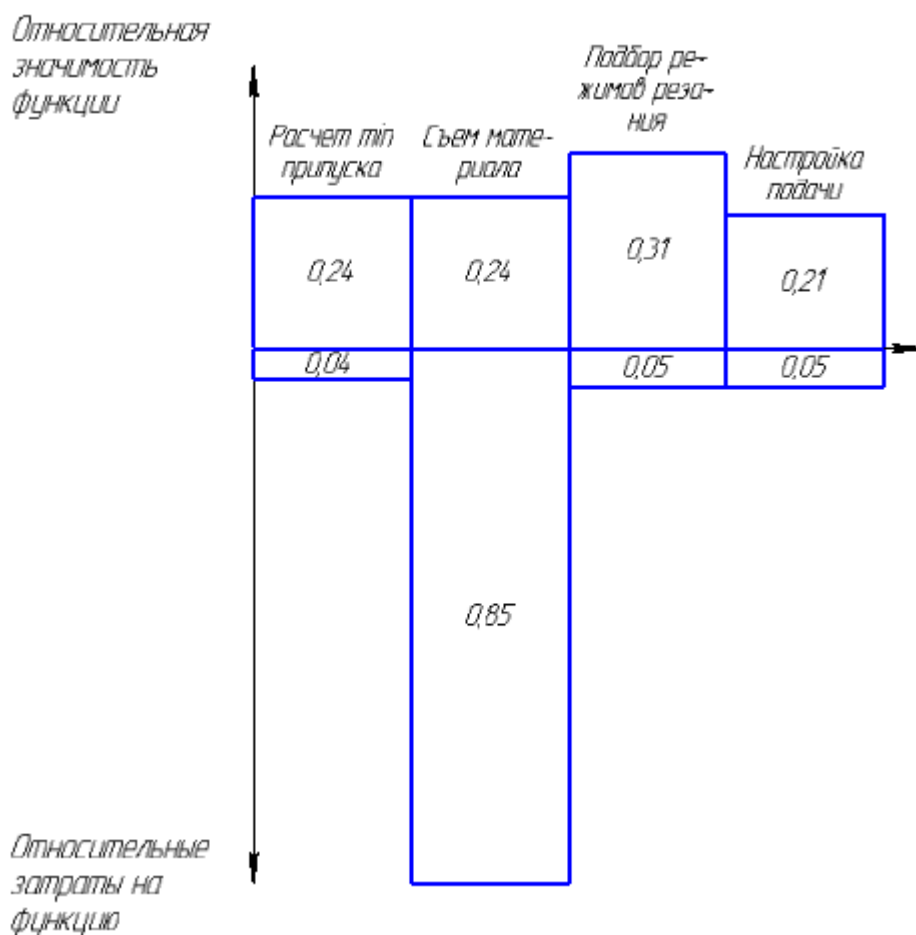


Рисунок 20. Функционально-стоимостная диаграмма

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

- применения принципиально новых конструкторских решений;
- оптимизации технических параметров;
- применения новых техпроцессов, заготовок и материалов;

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

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат;
- уменьшения затрат при сохранении уровня качества;

- сокращения затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня;
- повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

3.4. SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 7.

Таблица 7. «Матрица SWOT»

<p>Strengths (сильные стороны) С1. Достаточно простая кинематика станка. С2. Минимальное количество ускоренных перемещений. С3. Дешевизна станка и следовательно данной обработки в сравнении с конкурентным решением.</p>	<p>Weaknesses (слабые стороны) Сл1. Высококвалифицированный рабочий (шлифовщик). Сл2. Настройка станка. Сл3. Обработка заготовок определенной длины.</p>
<p>Opportunities (возможности) В1. Возможность затылования. В2. Быстрое внедрение в производство. В3. Обработка с высокой точностью.</p>	<p>Threats (угрозы) У1. Нехватка специалистов. У2. Замена данного оборудования на более производительное. У3. Вход на рынок других конкурентных организаций с похожим оборудованием.</p>

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» –если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблицах ниже.

Таблица 8. «Интерактивная матрица проекта Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3
Возможности проекта	B1	0	-	+
	B2	+	0	+
	B3	+	+	+

Таблица 9. «Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

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

Таблица 10. «Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта				
Угрозы		С1	С2	С3
	У1	-	-	-
	У2	-	-	+
	У3	-	-	+

Таблица 11. «Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

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

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 12.

Таблица 12. «Итоговая матрица SWOT»

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Достаточно простая кинематика станка.</p> <p>С2. Минимальное количество ускоренных перемещений.</p> <p>С3. Дешевизна станка и следовательно данной обработки в сравнении с конкурентным решением.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высоккоквалифицированный рабочий (шлифовщик).</p> <p>Сл2. Настройка станка.</p> <p>Сл3. Обработка заготовок определенной длины.</p>
--	--	--

<p>Возможности:</p> <p>В1. Возможность затылования.</p> <p>В2. Быстрое внедрение в производство.</p> <p>В3. Обработка с высокой точностью.</p>	<p>В1С3 В2С1С3 В3С1С2С3</p>	<p>В1Сл1 В2Сл1 В3Сл1Сл2Сл3</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Нехватка специалистов.</p> <p>У2. Замена данного оборудования на более производительное.</p> <p>У3. Вход на рынок других конкурентных организаций с похожим оборудованием. появятся значительные объёмы не загруженного оборудования.</p>	<p>У2С3 У3С3</p>	<p>У1Сл1Сл2 У2Сл1Сл3</p>

3.5. Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

3.6. Цели и результат проекта

В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 13. «Заинтересованные стороны проекта»

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Резьбошлифовальная обработка червяка

В таблице представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 14. «Цели и результаты проекта»

Цели проекта:	Резьбошлифовальная обработка червяка
Ожидаемые результаты проекта:	Получение заданной шероховатости на винтовой поверхности профиля резьбы
Критерии приемки результата проекта:	Измерение шероховатости которая должна соответствовать чертежу
Требования к результату проекта:	Требование:
	Расчет минимального припуска на шлифовальную обработку
	Правильный контроль шероховатости и полученного профиля
	Оформленная магистерская диссертация

3.7. Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информация представлена в таблице 15.

Таблица 15. «Рабочая группа проекта»

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Голубев И.С., магистрант отд. Материаловедения	Исполнитель	1. Расчет минимальных припусков. 2. Проведение измерений и испытаний. 3. Составление отчета.	1470
2	Шамина О.Б., НИ ТПУ, к.т.н., доцент	Руководитель, эксперт	1. Консультация по теоретической части проекта. 2. Помощь в правильности проведения расчетов. 3. Помощь в проведении анализа испытания и оформлении отчета.	145
ИТОГО:				1615

3.8. Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта.

Таблица 16. «Ограничения проекта»

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	10000 руб.
3.1.1. Источник финансирования	ООО «ПК МИОН» г.Томск
3.2. Сроки проекта:	15.10.2017-10.06.2018
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	18.10.2017
3.3. Прочие ограничения и допущения*	-

















3.9. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Календарный график представляется в виде таблицы 18.

Таблица 17. «Календарный план проекта»

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач	4	15.10.17	19.10.17	Шамина О.Б.
2	Изучение литературы	23	22.10.17	13.11.17	Голубев И.С.
3	Разработка календарного плана	4	16.11.17	20.11.17	Шамина О.Б. Голубев И.С.
4	Обсуждение литературы	21	23.11.17	14.12.17	Шамина О.Б. Голубев И.С.
5	Расчет минимальных припусков	25	17.12.17	11.01.18	Шамина О.Б. Голубев И.С.
6	Освоение инструментального микроскопа УИМ-21	15	12.01.18	24.01.18	Голубев И.С.
7	Изучение резьбошлифовального станка 5К822В	20	28.01.18	17.02.18	Голубев И.С.
8	Проведение испытаний на партии червяков	17	26.02.18	15.03.18	Голубев И.С.
9	Анализ результатов испытания	12	19.03.18	31.03.18	Шамина О.Б. Голубев И.С.
10	Оформление пояснительной записки	49	2.04.18	21.05.18	Голубев И.С.
11	Подведение итогов	19	23.05.18	10.06.18	Шамина О.Б. Голубев И.С.
Итого:		209			

Таблица 18. «Календарный план-график проведения НИОКР по теме»

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ												
				окт.	нояб.	дек.	январ.	фев.	март	апр.	май	июнь				
1	Постановка целей и задач	Шамина О.Б.	4													
2	Изучение литературы	Голубев И.С.	23													
3	Разработка календарного плана	Шамина О.Б.	2													
		Голубев И.С.	2													
4	Обсуждение литературы	Шамина О.Б.	10,5													
		Голубев И.С.	10,5													
5	Расчет минимальных припусков	Шамина О.Б.	10													
		Голубев И.С.	15													
6	Освоение инструментального микроскопа УИМ-21	Голубев И.С.	15													
7	Изучение станка 5К822В	Голубев И.С.	20													
8	Проведение испытаний на партии червяков	Голубев И.С.	17													
9	Анализ результатов испытания	Шамина О.Б.	11													
		Голубев И.С.	11													
10	Оформление пояснительной записки	Голубев И.С.	49													
11	Подведение итогов	Шамина О.Б.	4													
		Голубев И.С.	15													

 - руководитель

 - инженер

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Сетевой график – графическое отображение комплекса работ по теме с установленными между ними взаимосвязями.

3.10. Бюджет научного исследования

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

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

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 19. «Сырье, материалы, комплектующие изделия»

Наименование, марка	Размер	Кол-во, шт. (кг)	Цена за единицу (кг), руб.	Сумма, руб.
Шлифовальный круг		1	6870	6870
Заготовка червяка		1	2100	2100
СОЖ		1	320	320
Всего за материалы				9290
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				464,5
Итого по статье C_m				9754,5

2) Основная заработная плата

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

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

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. $F_{\text{д}} = 1790$ рабочих дней.

Месячный должностной оклад работника:

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

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 20.

Таблица 20. «Расчет основной заработной платы»

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.

Руководитель	23264,86	1,2	1,1	1,3	67002,8	389,29	49	19075,21
Инженер	25000	1,2	1,1	1,3	72000	450,5	50	22525

3) **Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала**

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

, где: $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 21. «Заработная плата исполнителей НТИ»

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	19075,21	22525
Дополнительная зарплата	1907,52	2252,5
Итого по статье $C_{\text{зн}}$	45760,23	

4) **Отчисления на социальные нужды**

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

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

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * 45760,23 = 13728,069 \text{ руб.}$$

3.11. Накладные расходы

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

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

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot 45760,23 = 36608,184 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований. Все данные сведены в таблицу 20.

Таблица 22. «Группировка затрат по статьям»

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	9754,5
Основная заработная плата	41600,21
Дополнительная заработная плата	4160,02
Отчисления на социальные нужды	13728,069
Накладные расходы	36608,184
Итоговая плановая себестоимость	105850,983

3.12. Общие итоги финансирования и расходов

Итоговая плановая себестоимость составила 105850,98 рублей, финансирование составило 10000 рублей. Посчитаем разницу:

$$105850,98 - 10000 = 95850,98 \text{ р.}$$

Разница составляет 95850,98 рублей, расходы превышают поступления. Разработка и выполнение проекта велись на базе ООО «ПК МИОН», с использованием оборудования и материалов предприятия. Таким образом, недостающая разница в финансировании проекта была покрыта за счет предприятия.

3.13. Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности.

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Таблица 23. «Матрица ответственности»

Этапы проекта	Инженер (магистрант)	Руководитель проекта
1. Постановка целей и задач	И	О
2. Изучение литературы	И	О
3. Разработка календарного плана	И	О
4. Обсуждение литературы	И	О
5. Расчет минимальных припусков	И	У
6. Освоение инструментального микроскопа УИМ-21	И	О
7. Изучение резьбошлифовального станка 5К822В	И	О
8. Проведение испытаний на партии червяков	И	О
9. Анализ результатов испытания	И	У
10. Оформление пояснительной записки	И	У
11. Подведение итогов	И	О

3.14. Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Однако в данной работе провести оценку экономической эффективности проекта не представляется возможным.

3.15. Оценка научно-технического уровня НИР

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i,$$

, где: R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 24. «Весовые коэффициенты признаков НТУ»

Признак НТУ	Примерное значение весового коэф-та n_i
1. Уровень новизны	0,2
2. Теоретический уровень	0,2
3. Возможность реализации	0,6

Таблица 25. «Баллы для оценки уровня новизны»

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 26. «Баллы значимости теоретических уровней»

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1 Установка закона, разработка новой теории	10
2 Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3 Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6

4 Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5 Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 27. «Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам»

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Таблица 28. «Оценка уровня научно-технического эффекта»

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Таблица 29. «Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР»

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,2	Не обладает новизной	0	Результат, который ранее был известен проверен расчетами и проведенными испытаниями по шлифованию червяка.
Теоретический уровень	0,2	Элементарный анализ связей между фактами	2	Элементарный анализ связей между выбором зернистости, твердости шлифовального круга и качеством поверхности.
Возможность реализации	0,6	В течение первых лет	10	Проведены расчеты и испытания по шлифованию червяков. Сделаны выводы.

Из сводной таблицы оценки научно-технического уровня НИР можно сделать вывод, что несмотря на невысокий теоретический уровень и отсутствия принципиально новой информации, данная резьбошлифовальная обработка показывает себя с наилучшей стороны, позволяет получать хорошую шероховатость поверхности на винтовой поверхности червяка(резьбы). А внедрение в производство достаточно простое из-за низкой стоимости на данное оборудование, но для проведения обработки необходим квалифицированный рабочий.

Исходя из оценки признаков НИОКР, показатель научно-технического уровня для данного проекта составил:

$$K_{\text{нту}} = 0,2 \cdot 0 + 0,2 \cdot 2 + 0,6 \cdot 10 = 0 + 0,4 + 6 = 6,4$$

Таким образом данное исследование имеет средний уровень научно-технического эффекта.

3.16. Реестр риска проектов

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

Таблица 30. «Реестр рисков»

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Поставки материала	Срыв поставок материала	1	1	Низкий	Найти надежных поставщиков	Истечение срока договора
2	Экономический	Снижение финансирования	2	2	Средний	Найти материалы по низкой цене	Экономический кризис
3	Технический	Изменение технологии обработки	4	5	Высокий	Применение более универсального оборудования	Изменение параметров червяка

3.17. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

где I_{Φ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} - максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I^a - интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i - весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p - балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 31. «Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта»

	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
Способствует росту производительности труда пользователя	0,30	5	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	4	3
Помехоустойчивость	0,05	1	1
Энергосбережение	0,05	3	1
Надежность	0,20	5	4
Материалоемкость	0,15	4	3
ИТОГО	1,00	22	16

$$I_{\text{ТП}} = 5 \cdot 0,30 + 4 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 = 4,3;$$

$$I_{\text{Аналог}} = 4 \cdot 0,30 + 3 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 = 3,3.$$

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

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}.$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

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

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

Таблица 32. «Сравнительная эффективность разработки»

№ п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,3	0,77

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,3	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	4,6	5,07
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,1	

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах, т.к. значение меньше единицы, но больше нуля.

При сравнении значений интегральных показателей эффективности разработки и аналога, можно сказать, что более эффективным решением является обработка на универсальном резьбошлифовальном станке 5K822В.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Голубеву Ивану Сергеевичу

Институт	ИШНПТ	Кафедра	Материаловедения
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Машиностроение

Тема квалификационной работы: «Обеспечение заданной точности при обработке червячных валов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	<i>Объектом исследования является участок цеха в котором производится шлифовальная обработка червячных валов, в частности оборудование, находящееся в нём</i>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажность и подвижность воздуха; 2) Повышенный уровень шума; 3) Повышенный уровень вибраций; 4) Недостаточная освещенность рабочей зоны: <ol style="list-style-type: none"> а) расчет освещенности на рабочем месте б) план размещения светильников. 5) Эмоциональные нагрузки. <p>Опасные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) Отлетающие кусочки металла, абразивного материала; б) Электрический ток; в) Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы; б) Электробезопасность; 7) Пожарная безопасность <ol style="list-style-type: none"> а) план эвакуации.
2. Экологическая безопасность	<ol style="list-style-type: none"> 1) Влияние деятельности на литосферу, атмосферу и гидросферу; 2) Способы утилизации отходов
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС на производстве:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Природного характера - воздействие низких температур 2) Техногенного характера - диверсия
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ol style="list-style-type: none"> 1) Приведены мероприятия для обеспечения безопасности рабочего; 2) Дан перечень используемых НТД.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
26.02.2018г.	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю. М.	д.т.н		26.02.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Голубев Иван Сергеевич		26.02.18

Введение

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места оператора резьбошлифовального станка, в процессе производства конечной обработки червячного вала, в соответствии с нормами производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Червячный вал применяется в нефтяной промышленности, в червячных редукторах предназначенных для поворота заслонки, в трубе, которая перекрывает подачу нефти, в связи с экстренными случаями.

Червячный вал выполнен из термообработанной/закаленной стали 40Х.

Для получения нужного профиля червячного вала применяется резьбошлифование, которое осуществляется на специальных резьбошлифовальных станках шлифовальными кругами которые имеют профиль соответствующий конечному контуру резьбы. Поэтому будет рассмотрено влияние процесса изготовления червяка на окружающую среду.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (оператор резьбошлифовального станка), связанного непосредственно с конечной обработкой червячного вала.

4.1. Производственная безопасность

Работа по шлифованию профиля резьбы червяка проводилась на металлообрабатывающем оборудовании:

1) Универсальный резьбошлифовальный станок 5K822В.

При работе на данном станке существует ряд вредных и опасных факторов:

Группы факторов	Виды опасных и вредных факторов
Физические	Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажности и подвижности воздуха
	Повышенный уровень шума
	Повышенный уровень вибраций
	Недостаточная освещенность рабочей зоны
	Отлетающие кусочки металла, абразивного материала
	Электрический ток
Психофизические	Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;
	Эмоциональные нагрузки
	Большой объем информации обрабатываемой в единицу времени

4.2. Анализ выявленных вредных факторов:

Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажность и подвижность воздуха.

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

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

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

Таким образом оптимальные значения физических величин для обеспечения комфортного микроклимата составят:

Таблица 33. Оптимальные значения физических величин для обеспечения комфортного микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140 - 174)	21 - 23	60 - 40	0,1

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	Iб (140 - 174)	22 - 24	60 - 40	0,1

Допустимые величины микроклимата на рабочем месте

- Изменение температуры воздуха по высоте должно быть не более 3°С;
- Изменение температуры воздуха по горизонтали и изменение в течении смены не должно быть более 4 °С для категории работ «Iб».

При температуре воздуха на рабочих местах более 25 °С , допустимые величины относительной влажности воздуха не должны превышать пределы (20-80)% относительной влажности.

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. Повышенный уровень 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 универсальный резьбошлифовальный станок и другое находящееся в данном цеху оборудование.

Повышенный уровень шума на рабочем месте вызывает у человека головную боль, головокружение, может привести к заболеванию нервной и сердечно-сосудистой системы, к развитию тугоухости, нарушению функций желудочно-кишечного тракта и обменных процессов в организме. В условиях постоянного шума повышается утомляемость, замедляется скорость психических реакций, ухудшается память. Нарушается компенсация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что ведет к увеличению травматизма.

Нормируемыми параметрами шума служат уровни в децибелах (дБ) среднеквадратичных звуковых давлений, измеряемых на линейной характеристике шумомера (или шкале С) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Для ориентировочной оценки шума разрешается измерять его общий уровень по шкале А шумомера в дБА. Допустимые нормы шума в лабораторных помещениях не более 80 дБА (согласно ГОСТ 12.1.003–83).

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.

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
	трудового процесса	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени

легкой степени	80	80	75	75	75
----------------	----	----	----	----	----

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

- акустические (звукоизолирующие кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки, звукопоглощающие облицовки, объемные поглотители звука и др.).
- архитектурно-планировочные (создание шумозащищенных зон, рациональное размещение оборудования рабочих мест, рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов и др.).
- организационно-технические (применение малозумных технологических процессов и машин, оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля, использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях и др.).

Наиболее простой вариант шумоизоляции— это каркасно-обшивная гипсокартонная перегородка. На стальной, алюминиевый или деревянный каркас с двух сторон крепятся листы гипсокартона, а пространство между ними заполняется плитами звукоизоляционного материала. Здесь также самыми подходящими будут изделия из каменной ваты плотностью 40 кг/м³ — их формостабильность станет гарантией того, что в конструкции не появятся «акустические мостики».

Каркасная перегородка из двух листов 12 мм гипсокартона, внутреннее пространство которой заполнено каменноватным материалом толщиной в 50 мм (общая толщина конструкции — 85 мм), будет иметь R_w около 42 дБ. Для сравнения, этот показатель для оштукатуренной стены в полкирпича (толщиной 150 мм) будет составлять 47 дБ. То есть даже такая легкая перегородка по шумопоглощению соизмерима с кирпичной стеной.

Для увеличения R_w перегородок используют более сложные конструкции с чередующимися слоями облицовочного и акустического

материалов, а также воздушными промежутками. Суть заключается в том, чтобы создать на пути распространения звука как можно больше перепадов плотностей, где происходит максимальное рассеивание звуковой волны.

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.

4.4. Повышенный уровень вибраций

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

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

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

Коллективная виброзащита включает в себя простые и составные средства виброизоляции и виброгашения: установку вибрирующего оборудования на массивный фундамент, применение демпфирующего покрытия и виброизоляторов, применение гибких вставок в воздуховодных коммуникациях.

Резьбошлифовальный станок 5K822В можно устанавливать на пол цеха, если он лежит непосредственно на твёрдом грунте. Недопустимо расположение станка рядом с машинами ударного действия (молоты, прессы) и машинами, вызывающими сильные вибрации (крупные вентиляторы, точила и т.п.). Если пол не лежит на твёрдом грунте или если на грунте расположены источники вибраций, то станок устанавливается на бетонный фундамент. Его следует изолировать от боковых сотрясений слоем шлака, торфяного порошка или пробковых плит. Этот слой толщиной около 50 мм должен окружать фундамент со всех сторон.

Глубина заложения фундамента принимается в зависимости от грунта, но не менее 500 мм. Станок устанавливается на 8 стальных клиньях, уложенных на стальные плитки с размерами приблизительно 180x180x8, или на 8 башмаках.

В случае установки станка на междуэтажном перекрытии рекомендуется ставить его на амортизаторы для предохранения от внешних сотрясений. Амортизаторы можно изготовить из одного или двух слоев листовой резины с суммарной толщиной 40-50 мм в виде прямоугольных плит, на которые кладут сверху пластинки из стали толщиной 6-7 мм.

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.

4.5. Недостаточная освещенность рабочей зоны

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

В цеху, помимо искусственных источников света, установлены большие окна по всему периметру помещения (станок находится в отдельном помещении).

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

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	Более 1	3	1

	точности	до 10		
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 лабораториях 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.

Световой поток создаваемый каждой из ламп рассчитывается по формуле (2):

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta}, \quad (2)$$

где F – световой поток одной лампы, лк;

E – минимальная освещенность, лк, E = 150 лк;

S – площадь помещения, м^2 , $S = 80 \text{ м}^2$;

z – поправочный коэффициент, $z = 1,1$;

k – коэффициент запаса, $k = 1,5$;

η – коэффициент использования осветителей, %;

n – число светильников в помещении.

Коэффициент k для помещений, освещаемых люминесцентными лампами, при условии чистки светильников не реже двух раз в год, берется равным от 1,4 до 1,5.

Выбираем лампу ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{\text{лд}} = 2300 \text{ Лм}$.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Коэффициент использования может быть определен по известному индексу помещения (i), рассчитанный по выражению (3):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (3)$$

где A – длина помещения, м, $A = 4,5$ м;

B – ширина помещения, м, $B = 4,5$ м.

Для соответствующих размеров цеха со светлым потолком и стенами, окрашенными в белый цвет, согласно методическим указаниям, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 50 \%$ и потолка $\rho_n = 70 \%$.

По формуле (4) определим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью (h).

$$h = H - h_p - h_c, \quad (4)$$

где h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м, $h_p = 0,8$ м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м, $h_c = 1,5$ м;

H – высота потолка в помещении, м, $H = 5$ м.

Из расчетов следует, что $h = 2,7$ м, тогда согласно выражению (3)

$$i = \frac{4,5 \cdot 4,5}{2,7 \cdot (4,5 + 4,5)} = 0,83 \quad (5)$$

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c и ρ_n примем $\eta = 36\%$.

Для осуществления проверочного расчета с целью определения того, создает ли существующая система освещенности требуемую освещенность по СНиП 23-05, рассчитаем количество лампочек в помещении, выразив отношение из формулы (2).

$$n = \frac{150 \cdot 20.25 \cdot 1.1 \cdot 1.5}{2300 \cdot 0.36} \approx 6 \quad (6)$$

Общее число светильников: $n = 3$.

Размещаем светильники в 2 ряда.

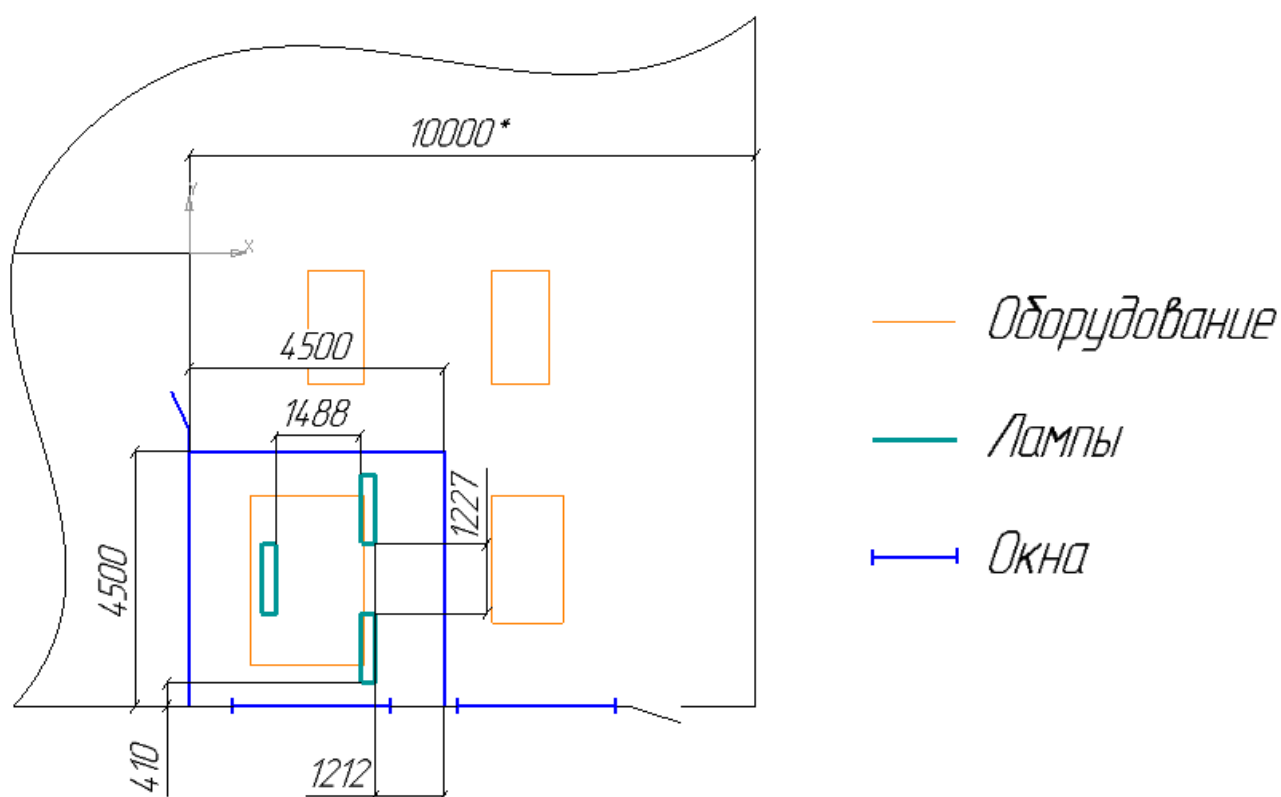


Рисунок 1. План размещения светильников в помещении.

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

$$\frac{2}{3}L_1 + 2L_1 + 2 \cdot 265 = 4500$$

$$L_1 = 1488 \text{ мм}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_2 + L_2 + 2 \cdot 1227 = 4500$$

$$L_2 = 1227 \text{ мм}$$

Расчет светового потока группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 4,5 \cdot 4,5 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,36} = 2320$$

Проверяем выполнение условия:

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

$$\frac{2300 - 2320}{2300} \cdot 100 \approx 4,3\%$$

$-10\% \leq 4,3\% \leq 20\% \sim$ Условие выполнено.

4.6. Эмоциональные нагрузки

Эмоциональные нагрузки определяются тремя параметрами:

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

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

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

По данному показателю оценивается ответственность работника за качество элементов заданий вспомогательных работ, основной работы или конечной продукции. Например, для оператора станка с ЧПУ конечной продукцией являются изготовленные им детали, для мастера токарного участка - все детали, изготовленные на этом участке, а для начальника механического цеха - работа всего цеха.

Степенью риска для собственной жизни и ответственностью за безопасность других лиц в случае с оператором станка с ЧПУ можно пренебречь, так как станки подобного рода жёстко ограничены в

функциональности при наличии неисправности станка. Обработка деталей не начнётся до тех пор, пока не будет закрыта защитная дверь, которая и будет являться гарантом собственной безопасности и безопасности окружающих.

4.7. Анализ выявленных опасных факторов

К опасным производственным факторам, для оператора станка, относятся, как уже было указано:

- Нагрев обрабатываемых поверхностей;
- Электрический ток;
- Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;

В процессе резания металла, он нагревается до высоких температур (200-600°C), большая часть тепла (50-80%) отводится стружкой, однако, при постоянном воздействии шлифовального круга 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.

4.8. Электробезопасность

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.

Цех в котором находится резьбошлифовальный станок относится к II классу электроопасности - помещению с повышенной опасностью, которая характеризуется наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Резьбошлифовальный станок 5K822В работает в сети с напряжением 380 В.

В цехе применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Станки и оборудование оснащены заземлителями. Защитное заземление или зануление должно обеспечивать защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. $R_{\text{заз.}} < 4 \text{ Ом}$.

А так же должно быть соблюдено безопасное напряжение и безопасная величина тока для человека. $U=36 \text{ В}$, $I=0.1 \text{ А}$.

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

4.9. Пожарная безопасность

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.

Категория помещения	Хар-ка веществ и материалов, находящихся в помещении
А — повышенная взрывопожароопасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б — взрывопожароопасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрыво-опасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1 — В4 — пожароопасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б .
Г — умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
Д — пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Помещение, в котором осуществляется процесс изготовления изделия, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д: негорючие вещества и материалы находятся в холодном состоянии.

Тем не менее, никогда не стоит забывать об опасности возникновения пожара. 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.

В зависимости от своего прямого назначения и предполагаемого класса пожара все огнетушители условно можно разделить на пять видов:

1. Жидкостные, или водные виды огнетушителей представляют собой противопожарные средства, предназначенные для тушения пожаров класса А (возгорание твердых веществ) и Б (горение жидких веществ). Они имеют вид баллонов с маркировкой «ОВ» и содержат воду или раствор на водной основе, в состав которой входят химически активные вещества.

2. Порошковые устройства - это универсальные виды применяемых огнетушителей, которые можно смело использовать при тушении почти всех классов пожаров: А, Б, В (возгорание газообразных веществ) Они имеют установленную маркировку «ОП»
3. Газовые или углекислотные приспособления – это большая группа устройств, имеющих одну общую маркировку «ОУ». К ней относятся следующие виды огнетушителей:
 - аэрозольные;
 - углекислотно-бромэтиловые.
4. Пенные огнетушители «ОВП» – это приборы, которые используются для подавления очагов возгорания материалов, склонных к длительному тлению, например, бумаги, угля, дерева и пластмассы. Кроме того, с помощью таких огнетушителей можно потушить пламя, возникшее на жидкостях, имеющих масляную основу, к примеру, нефть, масла и краски.
5. Эмульсионные огнетушители «ОВЭ» – устройства, созданные для тушения пожаров классов А, Б и В. Их принцип действия основан на энергии сжатого воздуха, применяемый при подаче огнетушащей эмульсии на пламя. С помощью таких огнетушителей нельзя потушить возгорания, связанные с газообразными веществами (пропаном, аммиаком, бытовым газом), щелочноземельными металлами и горением хлопка и пироксилина.

В помещении необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Желательно помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

На рисунке 21 представлен план эвакуации именно из помещения в котором находится резьбошлифовальный станок 5К822В на котором производится конечная обработка червяка. Остальная часть цеха не рассматривается.

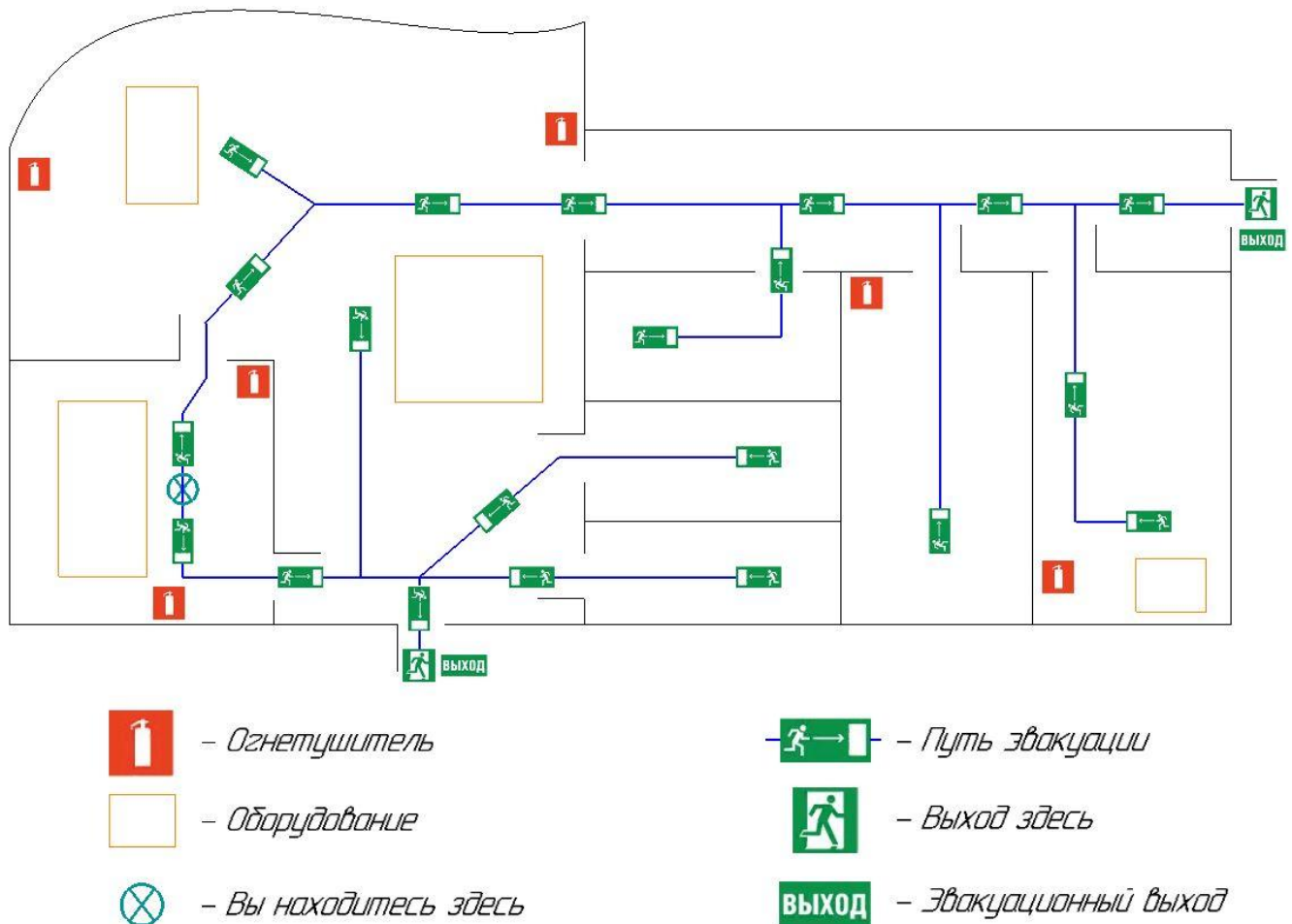


Рисунок 21. План эвакуации.

4.10. Охрана окружающей среды

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, подлежащих особым условиям утилизации. Однако, с целью рационализации использования природных ресурсов (металл, СОЖ), рекомендуется:

- 1) Смазочно-охлаждающую жидкость фильтровать и вернуть в цикл, металлический порошок собрать магнитным приспособлением и вывезти на предприятия для дальнейшей переработки или утилизации.
- 2) Абразивную пыль собрать из улавливателей и сдать в строительную или дорожную промышленность в качестве инертного материала.

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 производилось.

4.11. Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

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

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

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

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

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

2) замена воздушных линий на кабельные подземные;

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

Другой вариант чрезвычайной ситуации – это возможная диверсия. Так как в городе Томске мало кто занимается резьбошлифовальной обработкой червяков, может возникнуть угроза диверсии. 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, расположений помещений и оборудования в помещениях, сигнализаторах, их местах установки и количестве.

4.12. 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.

Деятельность рабочего и используемого им оборудования, а также окружающей его рабочей среды должна регламентироваться требованиями следующих нормативно-правовых документов:

- ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности.
- ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
- СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
- СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
- ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
- СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха.
- ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
- СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
- СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- ТОИ Р-15-050-97. Типовая инструкция по охране труда для станочников металлообрабатывающих станков (токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные, шлифовальные, заточные станки).
- ГОСТ 7599-82. Станки металлообрабатывающие. Общие технические условия.

Список используемых источников

- [1] Макаров В.М. Обеспечение точности профильного шлифования винтовых зубьев крупномодульных цилиндрических колес на основе имитационного моделирования: Дисс. на соискание уч. степени д-р наук. - Саратов. 2010. 509 с
- [2] Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. - М.: Наука, 1968. 584 с.
- [3] Makarov V. M., Dekopolitov M. I. Управление точностью профильного зубошлифования Control accuracy profile grinding gear teeth // ВЕСТНИК. – 2011. – С. 50.
- [4] Тульпа С. М. Резьбошлифовальные работы. – Yuri Vishnevsky, 1973.- 5-23 с..
- [5] Гапонов Д. Е., Кузнецов Е. Ю., Ямников А. С. Анализ способов нарезания резьбы червяков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – №. 10.
- [6] Газизов А. Ф. Машиностроение и машиноведение компьютерное моделирование обработки и шлифование наружных винтовых поверхностей на примере архимедова червяка // Контактная информация организационного комитета конференции. – 2017. – С. 25.
- [7] Ларшин В. П. и др. Профильное шлифование высокопористыми // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2016. – №. 2 (13). – С. 121-129.
- [8] Сафин В. Н. и др. Особенности нарезания резьбы на резьбошлифовальных станках // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 66-й науч. конф./отв. за вып. СД Ваулин; Юж.-Урал. гос. ун-т.- Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014.-1764 с. – Издательский центр ЮУрГУ, 2014.
- [9] Соколов Ю.Н. Температурные расчеты в станкостроении. - М.: НТО Машпром, 1965. - 79с.

[10] Хабаров Н.Н. О погрешностях шага и среднего диаметра симметричных и остроугольных резьб //Вестник машиностроения. – 1967. №8. – С.63.

[11] Хайловский Н.Т. Исследование взаимосвязей основных показателей качества шариковых винтовых пар с технологией обработки и сборки их деталей: Дис.. канд.техн.наук: 05.02.08. – 07.06.77 – Одесса, 1976 . – 242 с .

[12] Соболева Н.В. Исследование технологических возможностей повышения производительности обработки резьбы ходовых винтов качения длиной до 250 мм: Дис...канд. техн. наук: 05.02.08. - Защищена 22.04.81. – М., 1981 . – 186 с .

[13] Головин Г.Ф. Остаточные напряжения, прочность и деформация при поверхностной закалке ТВЧ. – Л.: Машиностроение, 1973. — 144с.

[14] Конструктивно-технологическое обеспечение качества деталей машин //В.П. Пономарев, А.С. Батов, А.В. Захаров и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 184с.

[15]Соколов В. Ф., Sokolov V. F. Анализ погрешностей при формировании резьбы ходовых винтов //Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2015. – №. 1 (8). – С. 184-188.

[16] Пушная К., Краузе А. А., Николаева Е. В. Автоматизация контроля среднего диаметра резьбы и шага контролируемой резьбы при резьбошлифовании //Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – №. 2. – С. 24-25.

[17] Кутай, А.К. Справочник по производственному контролю в машиностроении /под ред. А.К. Кутая. – Ленинград: Машиностроение, 1974. – 976 с

[18] Высоцкий А.В., Карпович И.Б. и др. Приборы для автоматического управления обработкой на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1995. – 328 с

Приложение А

Ensuring the specified accuracy in the processing of worm shafts

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Голубев Иван Сергеевич		

Консультант отделения материаловедения ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шамина О.Б.	К.Т.Н.		

Консультант–лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пичугова И.Л.			

Introduction

Screw surfaces are widely used in mechanical engineering, for example, to convert rotational motion into translational and Vice versa, to transfer motion in machines. The transfer of rotation between the shafts occurs through the worm gear, one of the elements of such a transmission, is Archimedes worm.

A worm drive is a gear arrangement in which a worm (which is a gear in the form of a screw) meshes with a worm gear (which is similar in appearance to a spur gear). The two elements are also called the worm screw and worm wheel. The terminology is often confused by imprecise use of the term worm gear to refer to the worm, the worm gear, or the worm drive as a unit.

Like other gear arrangements, a worm drive can reduce rotational speed or transmit higher torque. A worm is an example of a screw, one of the six simple machines.

One of the major advantages of worm gear drive units is that they can transfer motion in 90 degrees.

Explanation

A gearbox designed using a worm and worm-wheel is considerably smaller than the one made from plain spur gears, and has its drive axes at 90° to each other. With a single start worm, for each 360° turn of the worm, the worm-wheel advances only one tooth of the gear wheel. Therefore, regardless of the worm's size (sensible engineering limits notwithstanding), the gear ratio is the "size of the worm wheel - to - 1. Given a single start worm, a 20 tooth worm wheel reduces the speed by the ratio of 20:1. With spur gears, a gear of 12 teeth must match with a 240 tooth gear to achieve the same 20:1 ratio. Therefore, if the diametrical pitch (DP) of each

gear is the same, then, in terms of the physical size of the 240 tooth gear to that of the 20 tooth gear, the worm arrangement is considerably smaller in volume.

Types

There are three different types of gears that can be used in a worm drive.

The first are non-throated worm gears. They don't have a throat, or groove, machined around the circumference of either the worm or worm wheel. The second are single-throated worm gears, in which the worm wheel is throated. The final type is double-throated worm gears, which have both gears throated. This type of gearing can support the highest loading.

An enveloping (hourglass) worm has one or more teeth and increases in diameter from its middle portion toward both ends.

Double-enveloping wormgearing comprises enveloping worms mated with fully enveloping wormgears. It is also known as globoidal wormgearing.

Direction of transmission

Unlike ordinary gear trains, the direction of transmission (input shaft vs output shaft) is not reversible when using large reduction ratios, due to the greater friction involved between the worm and worm-wheel, when usually a single start (one spiral) worm is used. This can be an advantage when it is desired to eliminate any possibility of the output driving the input. If a multistart worm (multiple spirals) is used then the ratio reduces accordingly and the braking effect of a worm and worm-gear may need to be discounted, as the gear may be able to drive the worm.

Worm gear configurations in which the gear cannot drive the worm are called self-locking.

Applications

In early 20th century automobiles prior to the introduction of power steering, the effect of a flat or blowout on one of the front wheels tended to pull the steering mechanism toward the side with the flat tire. The use of a worm screw reduced this effect. Further worm drive development led to recirculating ball bearings to reduce frictional forces, which transmitted some steering force to the wheel. This aids vehicle control and reduces wear that could cause difficulties in steering precisely.

Worm drives are a compact means of substantially decreasing speed and increasing torque. Small electric motors are generally high-speed and low-torque; the addition of a worm drive increases the range of applications that it may be suitable for, especially when the worm drive's compactness is considered.

Worm drives are used in presses, rolling mills, conveying engineering, mining industry machines, on rudders, and worm drive saws. In addition, milling heads and rotary tables are positioned using high-precision duplex worm drives with adjustable backlash. Worm gears are used on many lift/elevator and escalator-drive applications due to their compact size and the non-reversibility of the gear.

In the era of sailing ships, the introduction of a worm drive to control the rudder was a significant advance. Prior to its introduction, a rope drum drive controlled the rudder. Rough seas could apply substantial force to the rudder, often requiring several men to steer the vessel—some drives had two large-diameter wheels so up to four crewmen could operate the rudder.

Worm drives have been used in a few automotive rear-axle final drives (though not the differential itself). They took advantage of the location of the gear being at either the very top or very bottom of the differential crown wheel. In the 1910s they were common on trucks; to gain the most clearance on muddy roads the worm gear was placed on top. In the 1920s the Stutz firm used them on its cars; to have a lower floor than its competitors, the gear was located on the bottom. An example from

around 1960 was the Peugeot 404. The worm gear carries the differential gearing, which protects the vehicle against rollback. This ability has largely fallen from favour due to the higher-than-necessary reduction ratios.

A more recent exception to this is the Torsen differential, which uses worms and planetary worm gears in place of the bevel gearing of conventional open differentials. Torsen differentials are most prominently featured in the HMMWV and some commercial Hummer vehicles, and as a centre differential in some all-wheel drive systems, such as Audi's quattro. Very heavy trucks, such as those used to carry aggregates, often use a worm gear differential for strength. The worm drive is not as efficient as a hypoid gear, and such trucks invariably have a very large differential housing, with a correspondingly large volume of gear oil, to absorb and dissipate the heat created.

Worm drives are used as the tuning mechanism for many musical instruments, including guitars, double-basses, mandolins, bouzoukis, and many banjos (although most high-end banjos use planetary gears or friction pegs). A worm drive tuning device is called a machine head.

Plastic worm drives are often used on small battery-operated electric motors, to provide an output with a lower angular velocity (fewer revolutions per minute) than that of the motor, which operates best at a fairly high speed. This motor-worm-gear drive system is often used in toys and other small electrical devices.

A worm drive is used on jubilee-type hose clamps or jubilee clamps. The tightening screw's worm thread engages with the slots on the clamp band.

Occasionally a worm gear is designed to run in reverse, resulting in the output shaft turning much faster than the input. Examples of this may be seen in some hand-cranked centrifuges or the wind governor in a musical box.

The purpose of this work is to develop the optimal technology of thread grinding on the machine 5k822v to ensure/achieve a given design drawing parameters of accuracy, roughness worm shafts.

To achieve this goal, one must perform the following tasks:

- a) Determine the necessary requirements for the finished worm;
- b) Evaluate the existing options for achieving accuracy in thread grinding;
- c) Choose the best option of the process;
- d) Conduct an experimental study on the processing of the worm shaft;
- e) Evaluate the parameters of achieving accuracy.

The thread-grinding is carried out on special thread grinding machines with grinding wheels, the working surface of which has in the diametric section a flat contour corresponding to the profile of the thread.

When thread grinding is applied, the method of copying the profile of the working surface of the grinding wheel, in which the profile of the surface formed coincides with the shape of the profile of the circle. This imposes certain difficulties in choosing the grinding wheel characteristics, since the choice of its grain size and degree of hardness is determined by the radius of curvature of the thread corners, which must correspond to the profile of the grinding wheel when grinding the helical surface for the period of its resistance to the appearance of burns or the radius of the rounding of the cavity for permissible deviations.

Thread grinding of worms is performed in order to obtain a certain shape of the worm profile, surface quality, i.e. full compliance with the design drawing.

Literature review

1. Existing technology to achieve precision screw / worm gears.

Gear grinding is a complex precision technology, which has high requirements. Profile method of gear grinding is the most resource-saving for machines with special software. Unexplored technology profile gear grinding is the method of centerless rounding [1, 2]. High-precision profile gear grinding is realized only on the mechatronic machine, which due to the complex multi-axis kinematics has great forming capabilities.

The main technological problems of precision control profile grinding associated with a variable value of the allowance on the profile of the teeth, which depends on the technologically inherited errors of the workpiece, coming to the grinding operation. Another problem is the incorrect distribution of the stock allowance, which reduces the productivity and accuracy in gear grinding, which can further lead to defective products.

With the help of mathematical and 3D modeling, by automating the cycle of gear grinding and control mechatronic gear grinding machine, working profile circle by copying method [3], it is possible to eliminate the technological problems associated with the variable size of the allowance on the profile of the teeth.

2. Depending on the purpose, the exact screw surface of the worm is obtained by special thread grinding machines.

Profiling of the screw surface of the Archimedean worm is made by rotating the grinding wheel and kinematically connected with the tool feed rotation of the workpiece. With the help of a mathematical model, the required profile of the grinding wheel (tool) is calculated, which is set by the editing device on the machine.

When grinding Archimedean worm it is necessary to rotate the tool (grinding wheel) at the angle of the helix rise to achieve the required accuracy [4].

3. The features of thread grinding in comparison with other types of grinding [5].

When grinding threads, copy method is used. That is, the profile of the circle repeats the profile of the formed surface, for this the grinding wheel is profiled with a diamond tool. In this regard, there are difficulties in choosing the characteristics of the grinding wheel grit, hardness, material ligament, which are mainly determined by the radius of curvature of the cavity, thread pitch.

Due to non-compliance with the correct geometric shape of the profile of the grinding wheel, i.e. due to the rare editing of the profile of the circle, the circle wears on the top of the profile, which affects the size of the radius of the cavity of the polished thread and the overall geometry of the thread. The best results in grinding are obtained if the profile area of the cavity radius is several grains of abrasive (at least three), in this case, they are held steadily by a bunch of circle. High dimensional stability of the grinding wheel is achieved by reducing the grain of the circle, but the circle quickly salted, which leads to an increase in heat. The hardness of the wheel is the ability of the bond of the grinding wheel to hold the abrasive grains.

For self-sharpening of the grinding wheel, hard materials must be sanded with soft circles, and Vice versa. If the circle is picked up incorrectly, the working surface of the circle falls off, the thread profile becomes not rectilinear, rough and notched, the cutting process is accompanied by rattling. When salting the grinding wheel on the top of the thread profile formed burns (blackening and loss of mechanical properties of the material).

Between the axial and rotational movements of the workpiece during thread grinding should be a rigid connection, which is not in flat or round grinding. The speed of rotation of the workpiece in the thread grinding is much lower than in the round grinding. In the thread grinding, the working conditions of the circle are heavier, since any temperature deformation of the workpiece leads to excessive removal of the material, and accordingly, distorts the thread profile and causes an increase in the force acting on the circle and leads to an increase in wear of the circle, especially in the tip area.

To obtain the desired quality of the thread profile, long-term nursing with a supply of 0.01-0.02 mm is necessary. It is necessary to take into account the degree of wear of machine units, to know the value of the dead stroke of the machine units.

All of the above reflects the qualitative nature of the interaction of AIDS systems. For high-quality characteristics it is necessary to research and measure the parameters of the circle, parts, machine with the use of modern measuring base.

4. The main requirement that determines the accuracy of the lead screw is the error of the thread pitch.

The errors can be divided into two types: technological and design [6-11].

The most studied are the design, i.e. errors due to inaccuracy of manufacturing and assembly of the thread grinding machine units; kinematic errors of movement of the machine table and the rotation of the product, radial and axial beating of the spindle.

Technological errors include screw basing, deformation of the technological system, errors due to fluctuations in the properties of grinding wheels and blanks, as well as errors due to the qualification of the worker in the machine setting.

The analysis of these types of errors shows that design and technological errors are systematic and can be taken into account using corrective mechanisms, judging by experience.

To improve the accuracy of the thread pitch of the lead screws, two tasks must be solved:

- a) Reduction of the accumulated step error due to the reduction of the axial temperature deformations;
- b) Stabilization of the accumulated step error within one batch of blanks.

The theoretical solution of the tasks is to study the effect of axial temperature deformation of the lead screw on the formation of the accumulated step error and the effect of cyclic thermal loading in multi-grinding [12].

5. The method of testing with a different abrasive tool on two machines: the plane grinding machine mod. 3e711b1 and HÖFLER RAPID 1250 CNC gear grinding machine [13].

- Grinding with cross feed (depth 10 μm) - on each circle, without overlapping.
 - Grinding on burn at a depth of 50 μm limb - on every lap.
 - Grinding with the accumulation of elastic depressions (10 times for 10 microns, i.e. for 10 passes removed 100 microns)- on each circle 3 experience.
 - Surface roughness control for all stages given above.
6. Measurement of the main parameters of the worm profile.

The technological process of tool-thread-forming production differs from other types of tool production and has a number of features [14].

At the enterprises, thread meters, thread templates, micrometers, instrumental microscopes are used to measure the thread pitch. The error of micrometers is 0.01-0.1 mm, and the microscope is from ± 0.0025 to ± 0.0035 mm.

Instrumental microscopes are widely used to measure the thread pitch. The disadvantages of this method of measurement are:

- high eye fatigue and reduced vision;
- the influence of human factors on measurement;
- long and painstaking setup and measurement.

The average diameter of the thread is mainly measured by postoperative control methods: by three, two and one wires, as well as by an instrumental microscope with the help of special devices.

Indirect method of three wires is the most common and has difficulty in determining the actual size of the average diameter of the thread due to the calculation of the formulas [15].

The creation of a device to control the average diameter of the thread, the beating profile, thread pitch and waviness of the thread would solve a number of problems of the thread grinding process [16]:

- compensate part of primary errors (from 60 to 90 %);
- reduce the dependence of the error on the qualification of the worker;

- to minimize the postoperative measurements of the average diameter of the threads with a universal tool, as well as when adjusting the machine and after the grinding wheel;
- provide the ability to measure the taper of the average diameter of the threads;
- provide direct measurements of the average diameter and other basic parameters of the threads;
- automate the process of measuring and processing of thread forming and control tools;
- improve the accuracy and performance of machining parts.

Conclusion

In conclusion, this section describes the main worm geometric parameters, types and methods of achieving accuracy in thread grinding. Selection of abrasive wheels and their comparison have been done. In addition, methods for measuring the profile of the worm thread have been discussed.

References

- [1] Макаров В.М. Обеспечение точности профильного шлифования винтовых зубьев крупномодульных цилиндрических колес на основе имитационного моделирования: Дисс. на соискание уч. степени д-р наук. - Саратов. 2010. 509 с
- [2] Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. - М.: Наука, 1968. 584 с.
- [3] Makarov V. M., Dekopolitov M. I. Управление точностью профильного зубошлифования Control accuracy profile grinding gear teeth // ВЕСТНИК. – 2011. – С. 50.
- [4] Газизов А. Ф. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ И ШЛИФОВАНИЕ НАРУЖНЫХ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ АРХИМЕДОВА ЧЕРВЯКА // Контактная информация организационного комитета конференции. – 2017. – С. 25.
- [5] Сафин В. Н. и др. Особенности нарезания резьбы на резьбошлифовальных станках // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 66-й науч. конф./отв. за вып. СД Ваулин; Юж.-Урал. гос. ун-т.- Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014.-1764 с. – Издательский центр ЮУрГУ, 2014.
- [6] Соколов Ю.Н. Температурные расчеты в станкостроении. - М.: НТО Машпром, 1965. - 79с.
- [7] Хабаров Н.Н. О погрешностях шага и среднего диаметра симметричных и остроугольных резьб // Вестник машиностроения. – 1967. №8. – С.63.
- [8] Хайловский Н.Т. Исследование взаимосвязей основных показателей качества шариковых винтовых пар с технологией обработки и сборки их деталей: Дис.. канд.техн.наук: 05.02.08. – 07.06.77 – Одесса, 1976 . – 242 с .

[9] Соболева Н.В. Исследование технологических возможностей повышения производительности обработки резьбы ходовых винтов качения длиной до 250 мм: Дис...канд. техн. наук: 05.02.08. - Защищена 22.04.81. – М., 1981 . – 186 с .

[10] Головин Г.Ф. Остаточные напряжения, прочность и деформация при поверхностной закалке ТВЧ. – Л.: Машиностроение, 1973. — 144с.

[11] Конструктивно-технологическое обеспечение качества деталей машин //В.П. Пономарев, А.С. Батов, А.В. Захаров и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 184с.

[12]Соколов В. Ф., Sokolov V. F. Анализ погрешностей при формировании резьбы ходовых винтов //Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2015. – №. 1 (8). – С. 184-188.

[13] Ларшин В. П. и др. ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ ВЫСОКОПРИСТЫМИ КРУГАМИ //Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2016. – №. 2 (13). – С. 121-129.

[14] Пушная К., Краузе А. А., Николаева Е. В. Автоматизация контроля среднего диаметра резьбы и шага контролируемой резьбы при резьбошлифовании //Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – №. 2. – С. 24-25.

[15] Кутай, А.К. Справочник по производственному контролю в машиностроении /под ред. А.К. Кутая. – Ленинград: Машиностроение, 1974. – 976 с

[16] Высоцкий А.В., Карпович И.Б. и др. Приборы для автоматического управления обработкой на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1995. – 328 с

