

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

---

Институт: ИнЭО

Направление подготовки: 15.03.01. «Машиностроение»

Кафедра: ТМСР

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Технологическая подготовка производства детали типа «Червяк»</b>
УДК 621.833.38-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л22	Рябченко Дмитрий Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Боголюбова М.Н.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулина Ю.И.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Доктор технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСР	Вильнин А.Д.			

Томск – 2017 г.

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

---

Институт: Электронного обучения (ИнЭО)

Направление подготовки: 15.03.01. «Машиностроение»

Кафедра: «Технология машиностроения и промышленная робототехника» (ТМСПр)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ТМСПр

\_\_\_\_\_ Вильнин А.Д.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л22	Рябченко Дмитрию Андреевичу

Тема работы:

Технологическая подготовка производства детали типа «Червяк»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

18.04.2017 №2771/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Деталь – червяк; материал – сталь 50 ГОСТ8479-70; масса – 1,59 кг; годовая программа выпуска – 1500 шт.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Совершенствование технологического процесса изготовления детали «Червяк». Разработка приспособления, назначение режимов резания и инструмента для обработки, расчет экономических показателей.
<b>Перечень графического материала</b>	Чертёж детали; чертеж заготовки; карта технологического процесса; размерная схема и граф технологического процесса; чертёж приспособления.

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
1. Технологический	Боголюбова Мария Никитична
2. Конструкторский	Боголюбова Мария Никитична
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Юлия Игоревна
4. Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Боголюбова М.Н.	к.т.н.,доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Л22	Рябченко Дмитрий Андреевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b> 3-8Л122	<b>ФИО</b> Рябченко Дмитрию Андреевичу
--------------------------	---

<b>Институт</b> Уровень образования	<b>ИнЭО</b> Бакалавриат	<b>Кафедра</b> Направление/специальность	<b>ТМСПР</b> 15.03.01 «Машиностроение»
--	----------------------------	---	---

**«Технологическая подготовка производства детали типа «Червяк»»**

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 26300 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Премиальный коэффициент инженера 30%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Определение эффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i>
2. <i>График Гантта</i>
3. <i>Расчет бюджета затрат НИ</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Шулинина Ю.И.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Л122	Рябченко Дмитрий Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Л22	Рябченко Дмитрий Андреевич

<b>Институт</b>	<b>ИнЭО</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТМСР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

**«Технологическая подготовка производства детали типа «Червяк»»**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<b>1. Характеристика объекта исследования</b>	<i>Объектом исследования является деталь технологический процесс изготовления детали «Червяк» Материал детали – сталь марки 50 ГОСТ 8479-70 Рабочая зона расположена в ремонтном цеху завода ООО «ЛАТАТ».</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</b>	<i>Вредные и опасные факторы : 1.1 Микроклимат; 1.2 Движущиеся машины и механизмы; 1.3 Освещенность; 1.4 Производственный шум; 1.5 Электробезопасность; 1.6 Вибрация; 1.7 Повышенная загазованность и запыленность в рабочей зоне. 1.8 Пожарная безопасность</i>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	<i>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); литосферу (отходы); мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду.</i>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>Защита в чрезвычайных ситуациях: -Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия -Разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС; -Разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; -Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</i>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	<i>Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Л22	Рябченко Дмитрий Андреевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 126 с., 15 рис., 26 табл., 16 источников.

*Ключевые слова:*

Технология машиностроения, технологический процесс, режущие инструменты, режимы резания, штамповка, металлообрабатывающие станки, приспособление, финансовый менеджмент, социальная ответственность.

*Объектом исследования является:*

Технология изготовления детали типа «Червяк» мотор-редуктора «SIEMENS MOTOX 110».

*Цель работы:*

- совершенствование технологического процесса изготовления детали «Червяк».
- разработка приспособления, назначение режимов резания и инструмента для обработки, расчет экономических показателей.

*В процессе проектирования проводились:*

- расчет заготовки;
- расчет технологических размеров, общих и операционных припусков;
- размерный анализ техпроцесса;
- расчет режимов резания и норм времени для операций техпроцесса.
- расчет точности, сил закрепления приспособления.

*В результате проектирования:*

- рассчитаны уточненные технологические размеры;
- даны рекомендации по выбору режимов резания, режущего инструмента и оборудования;

*Степень внедрения:*

На стадии обсуждения с конструкторским отделом.

*Область применения:*

Изделие общего машиностроения, входящее в состав мотор-редуктора «SIEMENS MOTOX 110».

<b>Содержание</b>	
<b>Введение</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Технологическая часть</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1. Исходные данные. Назначение детали и её конструкторско-технологическое описание</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2. Определение типа, форм и методов организации работ</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3. Анализ технологичности конструкции детали</b> .....	<b>18</b>
<b>1.4. Выбор исходной заготовки и методов её изготовления</b> .....	<b>21</b>
<b>1.5. Выбор типового технологического процесса</b> .....	<b>28</b>
<b>1.6. Проектирование технологического процесса изготовления детали</b> .....	<b>30</b>
<b>1.6.1. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержания технологических операций</b> .....	<b>31</b>
<b>1.6.2. Размерный анализ технологического процесса: расчёт допусков, припусков, промежуточных и исходных размеров заготовки</b> .....	<b>35</b>
<b>1.7. Выбор оборудования и технологической оснастки</b> .....	<b>52</b>
<b>1.8. Расчет режимов резания</b> .....	<b>58</b>
<b>1.9. Нормирование технологического процесса</b> .....	<b>78</b>
<b>1.10. Технико-экономическое обоснование и показатели технологического процесса изготовления детали</b> .....	<b>71</b>
<b>2. Конструкторская часть</b> .....	<b>75</b>
<b>2.1. Служебное назначение приспособления</b> .....	<b>75</b>
<b>2.2. Исходные данные для проектирования</b> .....	<b>75</b>
<b>2.3. Кинематическая схема приспособления</b> .....	<b>76</b>
<b>2.4. Расчет сил закрепления и выбор привода. Расчет на точность</b> .....	<b>76</b>
<b>2.5. Описание работы станочного приспособления</b> .....	<b>81</b>
<b>2.6. Экономическое обоснование применения приспособления</b> .....	<b>81</b>
<b>3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b> .....	<b>83</b>
<b>3.1. Потенциальные потребители результатов исследования</b> .....	<b>83</b>
<b>3.2. Анализ конкурентных технических решений</b> .....	<b>84</b>
<b>3.3. Структура работы в рамках научного исследования</b> .....	<b>86</b>
<b>3.4. Определение трудоемкости работ</b> .....	<b>87</b>
<b>3.5. Разработка графика проведения научного исследования</b> .....	<b>90</b>
<b>3.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)</b> .....	<b>97</b>
<b>3.6.1. Расчет материальных затрат НТИ</b> .....	<b>97</b>
<b>3.6.2. Основная заработная плата исполнителей темы</b> .....	<b>98</b>
<b>3.6.3. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала</b> .....	<b>101</b>
<b>3.6.4. Отчисления на социальные нужды</b> .....	<b>101</b>
<b>3.6.5. Накладные расходы</b> .....	<b>102</b>
<b>3.6.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта</b> .....	<b>103</b>
<b>3.7. Определение эффективности исследования</b> .....	<b>103</b>
<b>4. Социальная ответственность</b> .....	<b>105</b>

<b>4.1 Производственная безопасность.....</b>	<b>105</b>
<b>4.1.1. Микроклимат.....</b>	<b>106</b>
<b>4.1.2 Движущиеся машины и механизмы.....</b>	<b>107</b>
<b>4.1.3 Освещенность.....</b>	<b>108</b>
<b>4.1.4 Производственный шум.....</b>	<b>110</b>
<b>4.1.5 Электробезопасность.....</b>	<b>111</b>
<b>4.1.6 Повышенный уровень вибрации.....</b>	<b>113</b>
<b>4.1.7 Повышенная загазованность и запыленность в рабочей зоне.....</b>	<b>114</b>
<b>4.1.8 Пожарная безопасность.....</b>	<b>116</b>
<b>4.2 Экологическая безопасность.....</b>	<b>119</b>
<b>4.3 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.....</b>	<b>121</b>
<b>4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....</b>	<b>122</b>
<b>Заключение.....</b>	<b>124</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>125</b>

## **Аннотация**

Темой выпускной квалификационной работы является «Технологическая подготовка производства детали типа «Червяк».

Цель работы - совершенствование технологического процесса изготовления детали «червяк» устройства мотор-редуктора «SIEMENS MOTOX 110».

Необходимость данной работы обусловлена экономической ситуацией в стране, а именно падение курса рубля. Большая часть оборудования предприятия – импортная, следственно и цена на нее выросла в разы. Вследствие этого было принято решение об импортозамещению данной детали в составе мотор-редуктора «SIEMENS MOTOX 110».

В данной ВКР проанализирован заводской технологический процесс изготовления детали «Червяк» и был предложен ряд мероприятий по усовершенствованию данного процесса, спроектировано и рассчитано приспособление для фрезерной операции. Дополнительно рассчитана экономическая часть и рассмотрены меры социальной ответственности на предприятии.

## Введение

В современной технологии машиностроения развитие происходит по следующим направлениям:

- повышение качества и экономичности средств технологического оснащения;
- создание эффективных технологических процессов;
- создание оптимальной системы управления и планирования производства;
- комплексная автоматизация производства на базе АСУП, включающая разработку конструкций изделий, технологическое проектирование, календарное планирование и др.

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 получения заготовок с минимальными припусками под механическую обработку. Критерии построения эффективного технологического процесса зависит от типа производства и возможностей предприятия. Автоматизация производства на всех его этапах позволяет существенно сократить время подготовки производства, внедрения новых изделий, оперативно вносить изменения в действующие технологические процессы.

## 1. Технологическая часть

### 1.1. Исходные данные. Назначение детали и её конструкторско – технологическое описание.

Предприятие ООО «ЛАТАТ», создано «DIEFFENBACHER», вследствие этого многие транспортные линии завода оснащены различными модификациями мотор редукторов фирмы «SIEMENS». В настоящее время возникла необходимость изготовления червяков моторредукторов, в частности «SIEMENS MOTOX 110», где и устанавливается данный червячный вал (рис. 1). Данный редуктор – одноступенчатый.



Рис. 1 - Червяк.

Червячный редуктор служит для передачи крутящего момента между валами со скрещивающимися осями. Червячные механизмы обладают возможностью большого редуцирования скорости ( $i=6...80$ ), возможностью самоторможения, бесшумностью, плавностью зацепления, имеют относительно небольшую массу передачи на единицу передаваемой мощности.

В редукторе червяк является ведущим элементом передачи. Червяк представляет собой ступенчатый вал с нарезанной на средней ступени винтовой

поверхностью. По ГОСТ 19036-94 – ZA, принято условное обозначение типа червяка, червяк имеет архимедову винтовую поверхность. Винтовая поверхность червяка должна иметь малую шероховатость для уменьшения трения в передаче; на данном червяке шероховатость винтовой поверхности – Ra 1,6. Также данная деталь имеет 2 точные шейки под подшипники. Точность этих шеек задана допуском на размер (к6), допуском на отклонение формы (допуск на отклонение от цилиндричности), допуском на взаимное расположение поверхностей (допуск на отклонение от соосности). Для исключения перекоса подшипника после установки задан допуск на отклонение от перпендикулярности торцевой поверхности в которую упирается подшипник. Шпоночный паз также имеет достаточно высокую точность и шероховатость (Ra3,2), так как шпонка является концентратором напряжений и необходимо исключить чрезмерный зазор или натяг в данном соединении. Материал изготовления червяка – сталь 50 (углеродистая конструкционная сталь) – легко поддается обработке резанием. Материал червяка должен обладать высокой твердостью, поэтому винтовую поверхность червяка подвергают закалке, после которой твердость составляет HRC 56...62 ед.

Классификация поверхностей детали по служебному назначению:

На рис. 2 представлена систематизация поверхностей.

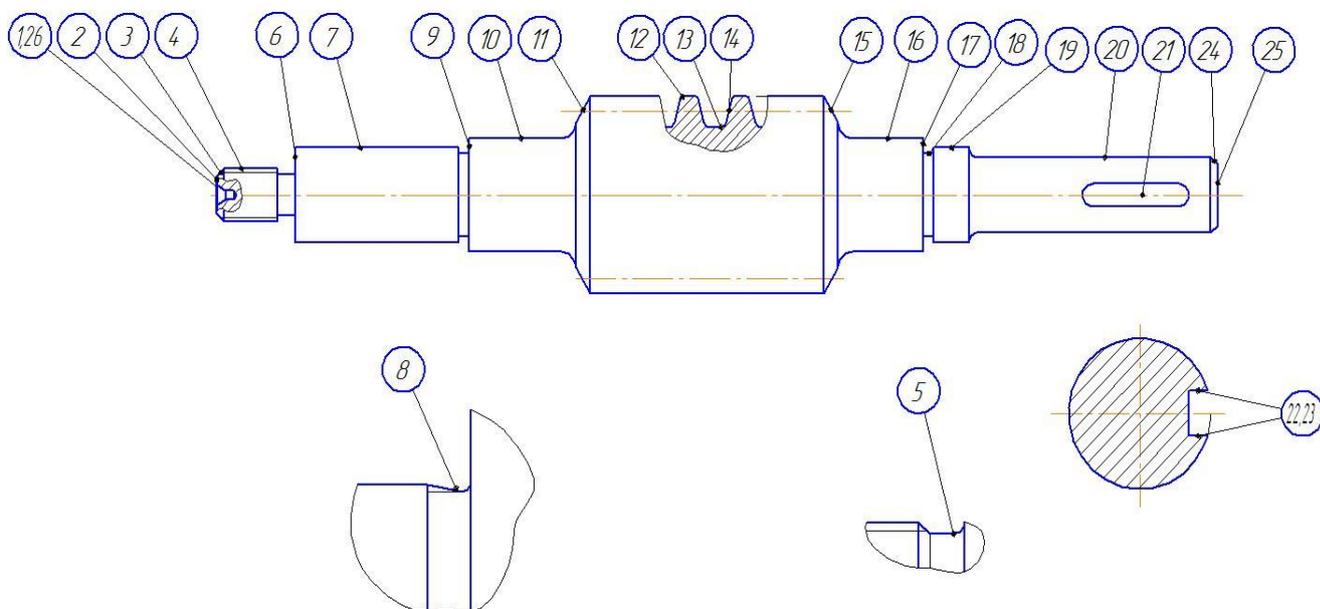


Рис. 2 - Систематизация поверхностей

Таблица 1

Классификация поверхностей детали по служебному назначению.

	Вид поверхностей	Номера поверхностей
1	Исполнительные	21,22,23,12,13,14
2	Основные конструкторские базы (ОКБ)	7,19
3	Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ)	1,26
4	Свободные	остальные

Таблица 2

Химический состав стали марки 50 по ГОСТ 8479-70

Химический состав в % стали 50	
<b>C</b>	0,47 - 0,55
<b>Si</b>	0,17 - 0,37
<b>Mn</b>	0,5 - 0,8
<b>Ni</b>	до 0,25
<b>S</b>	до 0,04
<b>P</b>	до 0,035
<b>Cr</b>	до 0,25
<b>Cu</b>	до 0,25
<b>As</b>	до 0,08
<b>Fe</b>	~97



Термообработка: Нормализация

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 800. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Твердость материала:  $HV_{10}^{-1} = 207 \text{ МПа}$ 

Свариваемость материала: трудно свариваемая. Способы сварки: РДС.

Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

## Механические свойства поковок

Механические свойства поковок ГОСТ 8479-70							
Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ %	КСУ (Дж / см <sup>2</sup> )	НВ, не более
Нормализация	100-300	275	530	17	38	34	156-197
	До 100	315	570	17	38	39	167-207

**$\sigma_{0,2}$** - предел текучести условный, МПа

**$\sigma_B$** - временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении), МПа

**$\delta_5$** - относительное удлинение после разрыва, %

**$\psi$** - относительное сужение, %

**КСУ**- ударная вязкость, определенная на образце с концентраторами соответственно вида U и V, Дж/см<sup>2</sup>

**НВ**- твердость по Бринеллю

## 1.2. Определение типа, форм и методов организации работ.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает число различных операций, закреплённых в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца.

По ГОСТ 3.1121-84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций  $k_{з.о.}$ :

массовое производство -  $k_{з.о.} = 1$ ;

крупносерийное -  $k_{з.о.} = 2 \dots 10$ ;

среднесерийное -  $k_{з.о.} = 10 \dots 20$ ;

мелкосерийное -  $k_{з.о.} = 20 \dots 40$ ;

единичное -  $k_{з.о.} > 10$ .

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\delta}}{t_{шц}}, \quad [3, с.209]$$

где  $t_{\delta}$  – такт выпуска детали, мин.;

$t_{шц}$  – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\delta} = \frac{60 \cdot \Phi_{д}}{N}, \quad [3, с.209]$$

где  $\Phi_{д}$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N$  – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме работы:  $\Phi_{д} = 4029$  ч.

Тогда

$$t_{\delta} = \frac{4029 \cdot 60}{1500} = 161,16 \text{ мин.};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса: [3, с.209]

$$t_{шц} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шц i}}{n},$$

где  $t_{шц i}$  – штучно – калькуляционное время  $i$ -ой основной операции, мин.;

$n$  – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3-и операции ( $n=3$ ).

Штучно – калькуляционное время  $i$ -ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1, с.147]:

$$t_{шц i} = \phi_{к.и} \cdot T_{oi}$$

где  $\varphi_{к.і}$  – коэффициент і- ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{0.і}$  – основное технологическое время і- ой операции, мин.

В качестве основных операций выберем 3 операции (n=3): две токарные с ЧПУ и кругло шлифовальную (см. операционную карту).

Для первой и второй операции (токарной)  $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 2,14$ ;

для шлифовальной:  $\varphi_{к.3} = 2,10$ .

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [1, с.147], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой токарной операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов (черновое и чистовое точение: точить шейки, подрезка торцов. (согласно рис. 3):

$$T_{0.1} = (0,037(D^2-d^2)+0,17 \cdot d \cdot l \cdot i+0,17 \cdot d \cdot l \cdot i+0,037(D^2-d^2)+0,17 \cdot d \cdot l \cdot i+0,17 \cdot d \cdot l \cdot i+0,037(D^2-d^2)+0,17 \cdot d \cdot l \cdot i+0,17 \cdot d \cdot l \cdot i) \cdot 10^{-3} \text{ '}$$

где  $d$  – диаметр, мм;

$l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм.

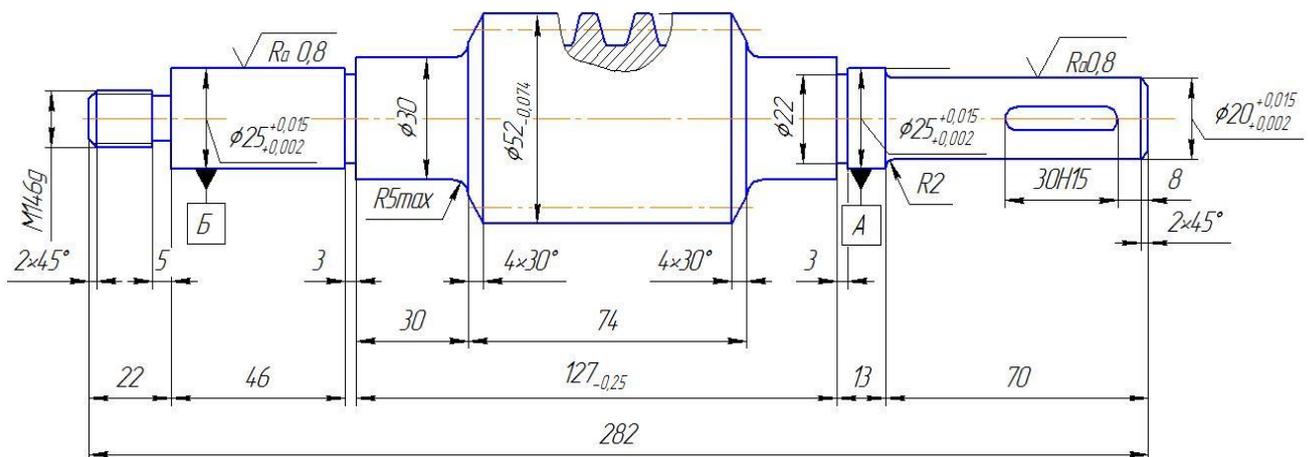


Рис. 3 – чертеж детали «Червяк».

Значения вышеперечисленных переменных определяем, по рис. 3.

Тогда

$$T_{0,1} = (0,037(20^2-0)+0,17 \cdot 20 \cdot 6 \cdot 68+0,17 \cdot 20 \cdot 68 \cdot 2+0,037(25^2-20^2)+0,17 \cdot 26 \cdot 4 \cdot 13+ \\ +0,17 \cdot 25 \cdot 13 \cdot 2++0,037(30^2-25^2)+0,17 \cdot 31 \cdot 24+0,17 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 2 + 0,037(52^2-30^2)+ \\ +0,17 \cdot 53 \cdot 74+0,17 \cdot 52 \cdot 74 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 4,56 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной :

$$t_{шт1} = \phi_{к.1} \cdot T_{0,1} = 2,14 \cdot 4,56 = 9,8 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарной операции определяем для следующих переходов: черновое и чистовое точение: точить шейки, подрезка торцов, нарезание резьбы(см. операционную карту):

$$T_{0,2} = (0,17 \cdot d \cdot l + 0,037(D^2-d^2)+0,17 \cdot d \cdot l \cdot i + 0,17 \cdot d \cdot l \cdot i + \\ + 0,037(D^2-d^2)+0,17 \cdot d \cdot l \cdot i + 0,17 \cdot d \cdot l \cdot i + 19 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} ,$$

тогда

$$T_{0,2} = (0,17 \cdot 16 \cdot 3 \cdot 22 + 0,037(27 \cdot 2^2 - 14^2) + 0,17 \cdot 25 \cdot 6 \cdot 49 + 0,17 \cdot 20 \cdot 49 \cdot 2 + \\ + 0,037(33 \cdot 6^2 - 25^2) + 0,17 \cdot 32 \cdot 6 \cdot 30 + 0,17 \cdot 30 \cdot 30 \cdot 2 + 19 \cdot 14 \cdot 22) \cdot 10^{-3} = 7,11 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции :

$$t_{шт2} = \phi_{к.2} \cdot T_{0,2} = 2,14 \cdot 7,11 = 15,21 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для третьей операции (см. операционную карту):

$$T_{0,3} = 0,15 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} ,$$

тогда

$$T_{0,3} = 0,15 \cdot 25 \cdot 46 \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции :

$$t_{шт3} = \phi_{к.3} \cdot T_{0,3} = 2,10 \cdot 0,18 = 0,38 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле :

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n} = \frac{T_{ш.к 1} + T_{ш.к 2} + T_{ш.к 3}}{3} = \frac{9,8 + 15,21 + 0,38}{3} = 8,05 \text{ мин.}$$

Тогда коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о} = \frac{t_{Д}}{T_{ср}} = \frac{161,16}{8,05} = 20,02$$

Так как  $K_{з.о} = 20,02 > 20$ , то тип производства мелкосерийный.

### **1.3. Анализ технологичности конструкции детали.**

Цель анализа – выявление особенностей конструкции по сведениям чертежей и технических требований, возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции. [4, с.10]

В задачи анализа входят уменьшение трудо- и металлоемкости, стремление к обработке высокопроизводительными методами. Улучшение технологичности конструкции позволит снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения. [4, с.10-11]

Анализ состоит из следующих пунктов:

1) Упрощение конструкции и целесообразность замены материала. Конструкция детали максимально проста и не имеет сложных элементов (не считая стандартизованной винтовой поверхности червяка), а материал сталь 50 является часто применяющимся для изготовления червяков. Более того, материал червяка выбирается конструктором исходя из расчета червячной передачи на прочность.

2) Применение высокопроизводительных методов обработки. Цилиндрические поверхности червяка, как детали относящейся к классу валов, целесообразно обрабатывать обычным проходным резцом, и данная конструкция детали позволяет это сделать, поэтому в этом пункте конструкцию можно считать технологичной. Также и жесткость червяка позволяет получить необходимую точность. Для повышения производительности можно выбрать более производительный метод для самой трудоемкой операции – получение винтовой поверхности червяка.

3) Анализ конструктивных элементов на технологичность. Считаю, что все конструктивные элементы достаточно технологичны.

4) Возможность совмещения технологических и измерительных баз. Совмещение баз для данной детали нецелесообразно. Измерительными базами данного червяка являются поверхности опорных шеек, однако использование их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей затруднительно, поэтому на большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки. Это позволяет обрабатывать все наружные поверхности червяка на единых базах с установкой его в центрах.

5) Возможность непосредственного измерения заданных чертежом размеров. Все линейные размеры измеряются непосредственно средствами измерения. Диаметры шеек также можно непосредственно измерить с помощью калибров. Профиль винтовой поверхности, размеры шпоночного паза, резьба контролируются шаблонами, калибрами;

6) Поверхности, используемые для базирования. В качестве базирующих поверхностей необходимо использовать центровые отверстия на торцах червяка. Это позволяет обрабатывать все наружные поверхности червяка на единых базах с установкой его в центрах.

7) Специфических требований к детали не предъявляется, поэтому дополнительные технологические операции не требуются;

8) Выбор рационального метода получения заготовки с учетом экономических факторов. Заготовку можно получить штамповкой на молотах или кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП). Следует сказать, что штамповка на КГШП дает более высокую точность и шероховатость поверхности, меньшие штамповочные уклоны и больший  $K_{им}$ , но окончательный метод определится после расчета.

Технологичность конструкции деталей оценивается количественно с помощью системных показателей, которые вычисляются по следующим формулам:

коэффициент использования материала:

$$КИМ = \frac{m_d}{m_3} [2,с,23]$$

где  $m_d$  - масса детали

$m_3$  - масса заготовки

$$КИМ = \frac{1,59}{2,39} = 0.67$$

коэффициент точности обработки:

$$K_{т.о.} = \frac{Q_{р.н.т}}{Q_p} [2,с.23]$$

где:  $Q_{р.н.т}$  - число размеров необоснованной точности;

$Q_p$  -общее число размеров;

$$K_{т.о.} = \frac{24}{30} = 0.8$$

коэффициент шероховатости:

$$K_{ш.} = \frac{Q_{р.н.ш}}{Q_n} [2,с.23]$$

где:  $Q_{р.н.ш}$  - число поверхностей необоснованной шероховатости

$Q_n$  - общее число поверхностей

$$K_{ш.} = \frac{87}{130} = 0.67$$

Коэффициент унификации:

Унифицированным называется такой элемент, который получен на универсальном оборудовании с использованием универсально режущего и контролируемый универсальным измерительным инструментом.

$$K_y = \frac{Q_{y.э}}{Q_э} = \frac{15}{35} = 0,43 [2,с.22]$$

где  $Q_э$  - общее число элементов  $Q_{y.э}$  - число унифицированных элементов

Вывод: По всем расчетным коэффициентам и по проведению анализа унифицированных инструментов видим, что деталь является технологичной, т.к. 3 коэффициента из 4-х  $> 0.6$

Вторым методом оценки технологичности является качественный метод. В этом методе оценка указывается словами «хорошо - плохо»

1. Так как детали имеет вес 1,59кг , а заготовка 2,39кг, то вес отходов составляет 0,7кг,а это меньше половины массы заготовки – «хорошо»

2. Деталь имеет пазы и зубья при обработке которых режущий инструмент заходит внутрь заготовки и сталкивается с сопротивлением, которое оказывает материал детали, что может привести к излому инструмента – «плохо»

3. Коэффициент унификации = 0.43 – «плохо».

По этому методу оценки деталь нетехнологична, т.к. 2 показателя оцениваются «плохо».

#### **1.4. Выбор исходной заготовки и методов её изготовления**

При выборе метода получения заготовки решающими факторами являются: форма детали, масса, материал, объём выпуска деталей. Выбрать заготовку - значит установить способ ее получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на неточность изготовления. От правильного выбора заготовки зависит трудоемкость и себестоимость обработки.

При выборе исходной заготовки сначала формируется группа приоритетных способов получения заготовки на основе исходной информации о детали. Этот этап называется техническим. Затем из выбранных приоритетных способов определяется путем расчета наиболее экономичный способ получения исходной заготовки. Этот этап называется экономическим.

##### **Технический этап.**

Анализ и классификация исходной информации.

1) Тип производства – среднесерийное (СС).

2) Материал детали – сталь 50. По ковкости такая сталь относится к группе – **M2**, значит сталь обладает удовлетворительной ковкостью.

3) Масса поковки. По чертежу детали массу поковки в 1-ом приближении можно определить по формуле:  $G_n = \frac{G_d}{K_{им}^{cp}} = \frac{1,593}{0,62} = 2,57_{кг}$ .

$K_{им}^{cp}$  принимается равным 0,62 независимо от способа формообразования. Классификационный индекс по массе заготовки – **G2**.

4) Степень сложности поковки. Определяется из отношения:  $C = \frac{C_n}{C_\phi}$ ,

где  $C_n$  - масса (объем) поковки,  $C_\phi$  - масса (объем) геометрической фигуры, которой можно описать поковку.

Геометрическая фигура, описывающая поковку – цилиндр. При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение обработанных поверхностей. Значит, диаметр  $D_{цил} = 52 \times 1,05 = 54,6_{мм}$ ;  $L = 282 \times 1,05 = 296,1_{мм}$ .

Объем цилиндра:  $C_\phi = V_{цил} = \frac{\pi D^2}{4} L = \frac{3,14(54,6)^2}{4} 296,1 = 693288_{мм^3}$

$C = \frac{C_n}{C_\phi} = \frac{204215}{693288} = 0,295$ . Значит классификационный индекс поковки по

степени сложности – **C3**.

5) Конструктивная форма. По конструктивной форме данную поковку можно отнести к группе К2 – осесимметричные, штампуемые вдоль оси, стержневые, вал-шестерни.

6) Весовые коэффициенты исходных параметров. Анализ исходных параметров показывает, что каждый параметр по своей весомости (значимости) по-разному влияет на выбор способа горячей объёмной штамповки. Значимость каждого исходного параметра оценивают, так называемым, весовым коэффициентом **a**.

Значения весового коэффициента а.

Исходный параметр	Тип производства	Материал	Масса	Степень сложности	Конфигурация
Обозначение весового к-та	$a_m$	$a_M$	$a_g$	$a_c$	$a_k$
Значение коэффиц-та	0,25	0,1	0,15	0,3	0,2

$$\sum a_i = 0.25 + 0.1 + 0.15 + 0.3 + 0.2 = 1$$

Предварительный выбор способов штамповки методом балльной оценки.

По каждому способу штамповки по таблице определяем суммарное количество баллов, соответствующих найденным классификационным индексам.

$$B_{\text{сум}}^i = a_T \times B_T^i + a_M \times B_M^i + a_g \times B_g^i + a_C \times B_C^i + a_K \times B_K^i$$

Таблица 5

Способы штамповки и их баллы.

Способ штамповки	Суммарное количество баллов
1. На молотах	$B_{\text{сум}}^i = 0.25 \cdot 6 + 0.1 \cdot 7 + 0.15 \cdot 7 + 0.3 \cdot 10 + 0.2 \cdot 2 = 6,65$
2. На КГШП	$B_{\text{сум}}^i = 0.25 \cdot 7 + 0.1 \cdot 10 + 0.15 \cdot 6 + 0.3 \cdot 9 + 0.2 \cdot 4 = 7,15$
3. На ГКМ	$B_{\text{сум}}^i = 0.25 \cdot 8 + 0.1 \cdot 9 + 0.15 \cdot 5 + 0.3 \cdot 4 + 0.2 \cdot 10 = 6,85$
4. На винтовом прессе	$B_{\text{сум}}^i = 0.25 \cdot 5 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.3 \cdot 5 + 0.2 \cdot 4 = 4,55$
5. На гидравлическом прессе	$B_{\text{сум}}^i = 0.25 \cdot 5 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 2 + 0.3 \cdot 5 + 0.2 \cdot 6 = 4,55$
6. Высокоскоростная штамповка	$B_{\text{сум}}^i = 0.25 \cdot 6 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 8 + 0.3 \cdot 6 + 0.2 \cdot 7 = 6,4$
7. Штамповка жидкого металла	$B_{\text{сум}}^i = 0.25 \cdot 8 + 0.1 \cdot 1 + 0.15 \cdot 10 + 0.3 \cdot 8 + 0.2 \cdot 8 = 7,6$

Далее производим учет относительной производительности процессов и относительной технологической стоимости производства единицы массы поковок различными способами горячей объёмной штамповки. Определяем окончательный суммарный балл.

$$B_{\text{сум}}^{i0} = B_{\text{сум}} \times \frac{P_i}{Cm_i},$$

где  $P_i$  - относительная производительность способа,

$Cm_i$  - относительная себестоимость.

Таблица 6

Способы штамповки и их суммарные баллы.

Способ штамповки	Суммарный балл
1. На молотах	$B_{\text{сум}}^{i0} = \frac{6,65 \cdot 1}{1} = 6,65$
2. На КГШП	$B_{\text{сум}}^{i0} = \frac{7,15 \cdot 1,3}{0,9} = 10,33$
3. На ГКМ	$B_{\text{сум}}^{i0} = \frac{6,85 \cdot 1,25}{0,8} = 10,7$
4. На винтовом прессе	$B_{\text{сум}}^{i0} = \frac{4,55 \cdot 0,9}{1,1} = 3,72$
5. На гидравлическом прессе	$B_{\text{сум}}^{i0} = \frac{4,55 \cdot 0,8}{1,4} = 2,6$
6. Высокоскоростная штамповка	$B_{\text{сум}}^{i0} = \frac{6,4 \cdot 1,4}{1,15} = 7,79$
7. Штамповка жидкого металла	$B_{\text{сум}}^{i0} = \frac{7,6 \cdot 0,6}{1,08} = 4,22$

Формирование группы приоритетных способов штампования.

Формируем группу приоритетных способов штамповки по полученным значениям  $B_{\text{сум}}^{i0}$ , включая способы по которым получено максимальное количество баллов, считая и те способы, по которым разница значений  $B_{\text{сум}}^{i0}$  от максимального  $B_{\text{сум}}^{\text{max}}$  не превышает 30%. Согласно этому в приоритетную группу

войдут 2 способа: штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП), и штамповка на горизонтально-ковачной машине (ГКМ). Разновидность способа штамповки – в открытых штампах.

Далее из двух приоритетных методов следует выбрать наиболее экономичный.

### Экономический этап.

1) Экономический расчет метода штамповки на КГШП.

- Предварительно находим массу заготовки:  $G_{заг} = \frac{G_{дет.}}{K_3} = \frac{1,593}{0,65} = 2,451$  кг.

- Стоимость заготовки:  $C_{заг} = G_{заг} \times C_{1кг} = \frac{2,451}{1000} \times 476 \times 0,8 = 933$  руб.

- Стоимость механической обработки (подсчитаем по приближенной формуле):

$C_{мо} = C_{мо}^{уд} (G_{заг} - G_{дет.}) = 0,495(2,451 - 1,593) = 425$  р/шт, где  $C_{мо}^{уд}$  - стоимость механической обработки, отнесенная на единицу массы снимаемой стружки ( $C_{мо}^{уд} = 0,495$  р/кг – для общего машиностроения)

- Стоимость отходов:

$$C_{отх} = C_{отх}^{уд} \left\{ \alpha \frac{(1 - k_1 \cdot k_2) G_{дет.} \cdot k_3}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 + \beta(1 - k_2) G_{дет.}} \right\} = 0,02 \frac{0,87(1 - 0,79 \cdot 0,82) \cdot 1,593 \cdot 0,65}{0,79 \cdot 0,82 \cdot 0,65 + 0,85(1 - 0,82) \cdot 1,593} = 12 \frac{р}{кг}$$

- Стоимость детали:  $C_{дет.} = C_{заг} + C_{мо} - C_{отх} = 933 + 425 - 12 = 1350$  руб.

- Расход металла оцениваем сквозным коэффициентом использования металла:

$$K_{ум}^{ск} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 0,79 \cdot 0,82 \cdot 0,65 = 0,421$$

- Общие приведенные затраты на единицу продукции:

$$Z_{пр} = C_{дет.} + 0,15 \cdot K \cdot G_{заг} = 1350 + 0,15 \cdot 1,88 \cdot 2,451 = 1350,7$$
 р/шт,

где, K – удельные капитальные вложения, р/кг.

2) Экономический расчет метода штамповки на ГКМ.

- Предварительно находим массу заготовки:  $G_{заг} = \frac{G_{дет.}}{K_3} = \frac{1,593}{0,6} = 2,655$  кг.

- Стоимость заготовки:  $C_{заг} = G_{заг} \times C_{1кг} = \frac{2,655}{1000} \times 476 \times 0.7 = 885 \text{руб.}$

- Стоимость механической обработки (подсчитаем по приближенной формуле):

$C_{мо} = C_{мо}^{уд} (G_{заг} - G_{дет}) = 0,495(2,655 - 1,593) = 526 \text{р/шт}$ , где  $C_{мо}^{уд}$  - стоимость механической обработки, отнесенная на единицу массы снимаемой стружки ( $C_{мо}^{уд} = 0,495 \text{р/кг}$  – для общего машиностроения)

- Стоимость отходов:

$$C_{отх} = C_{отх}^{уд} \left\{ \alpha \frac{(1 - k_1 \cdot k_2) G_{дет} \cdot k_3}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 + \beta (1 - k_2) G_{дет}} \right\} = 0.02 \frac{0.87(1 - 0.79 \cdot 0.82) \cdot 1.593 \cdot 0.6}{0.79 \cdot 0.82 \cdot 0.6 + 0.85(1 - 0.82) \cdot 1.593} = 12 \frac{\text{р}}{\text{кг}}$$

- Стоимость детали:  $C_{дет} = C_{заг} + C_{мо} - C_{отх} = 885 + 526 - 12 = 1400 \text{руб.}$

- Расход металла оцениваем сквозным коэффициентом использования металла:

$$K_{им}^{ск} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 0.79 \cdot 0.82 \cdot 0.6 = 0.389$$

- Общие приведенные затраты на единицу продукции:

$$З_{пр} = C_{дет} + 0,15 \cdot K \cdot G_{заг} = 1400 + 0,15 \cdot 1,88 \cdot 2,655 = 1400,8 \text{ р/шт.}$$

Затем по каждому из 2-х методов в диагностическую таблицу выписываем вычисленные значения  $K_{им}^{ск}$ ,  $K_{им}$ ,  $C_{заг}$ ,  $C_{мо}$ ,  $C_{дет}$ ,  $C_{отх}$ ,  $G_{заг}$ . При выборе базового варианта по данным таблицы учитывают конкретные задачи, стоящие перед производством.

Таблица 7

Диагностическая таблица сравнения КГШП и ГКМ.

	$K_{им}^{ск}$	$K_{им}$	$C_{заг}$	$C_{мо}$	$C_{дет}$	$C_{отх}$	$G_{заг}$
КГШП	0,421	0,65	933	425	1350	12	2,451
ГКМ	0,389	0,6	885	526	1400	12	2,655

Из таблицы видно, что метод штамповки на ГКМ уступает методу штамповки на КГШП, следовательно штамповка на КГШП более экономична, поэтому в качестве базового метода выбираю штамповку на КГШП.

## Проектирование поковки

1) Выбор положения и конфигурации плоскости разъема.

Плоскость разъема выбираю по оси симметрии детали. Такое положение плоскости разъема, установленное в плоскости наибольших габаритных размеров, обеспечивает наименьшую глубину и наибольшую ширину ручья штампа, облегчая их заполнение и уменьшая напуски. Единственным недостатком данного расположения плоскости разъема является увеличение периметра и объема заусенца.

2) Определение классификационных индексов параметров проектируемой поковки.

Частные индексы приведенные выше для выбора способа штамповки, необходимо изменить согласно ГОСТ 7505-89 для проектирования поковки.

- группа материала МЗ;
- степень сложности С3;
- класс точности поковки Т4.

Далее по вновь выбранным классификационным индексам определяем обобщенный исходный индекс по ГОСТ 7505-89. Получаем, что для данной поковки исходный индекс – **14**. Затем, исходя из обобщенного исходного индекса и размеров детали определяем основные и дополнительные припуски на механическую обработку и составляем чертеж заготовки (рис.4)

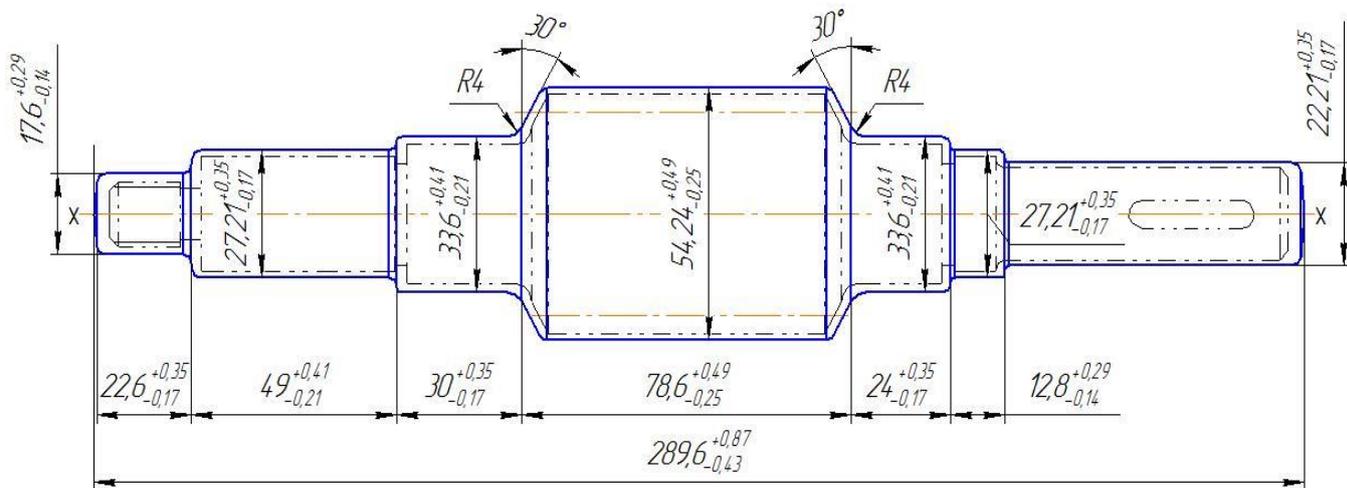


Рис. 4 - Заготовка детали

### 1.5. Выбор и анализ типового технологического процесса.

Рассмотрим маршрутную карту аналогового технологического процесса (рис. 5), сконцентрировав внимание на важных пунктах.

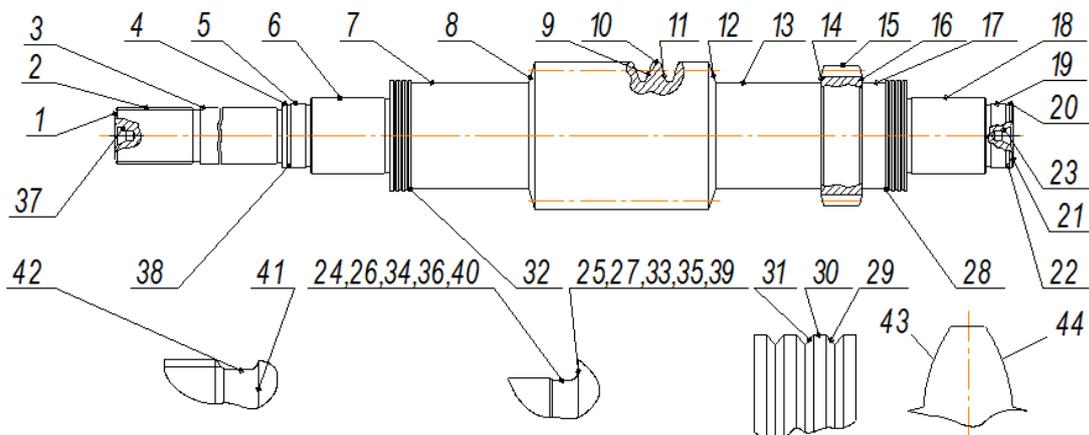


Рис. 5 - эскиз детали на аналоговом технологическом процессе

Таблица 8

Маршрутная технология аналогового технологического процесса.

№ операции	Наименование операции	Оборудование (тип, модель)	Содержание операции
05	Заготовительная (штамповка)	КГШП	Штамповать заготовку
10	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР-76М	Фрезеровать торцы 1,21; сверлить центровочные отверстия 23,37;
15	Токарная	Токарно – винторезный 16К20	Точить поверхности 7,8,32 под люнет
20	Токарная черновая	Токарно – винторезный 16К20	Точить поверхности 8,10,12-19,30,28,39,35
25	Токарная черновая	Токарно – винторезный 16К20	Точить поверхности 3,4,6,30,25,27,33
30	Токарная чистовая	Токарно – винторезный 16К20	Точить поверхности 8,10,12,13,14,15,16,17,30,18,19,20, 22,39,35,40,36,31,29,28
35	Токарная чистовая	Токарно – винторезный 16К20	Точить поверхности 2-6, 30,38,24,26,34,25,27, 33,41,42,31,29
40	Червячно-	Червячно-	Нарезать червяк, получая

	фрезерная	фрезерный 5К63 (КУ-28)	поверхности 9,11
45	Зубофрезерная	Зубофрезерный 5К301П	Нарезать шестерню, получая поверхности 43,44
50	Шлифовальная предварительная	Круглошлифовальный 5М151	Шлифовать поверхности 20,19,39,18,35,30,15,10
55	Шлифовальная предварительная	Круглошлифовальный 5М151	Шлифовать поверхности 3,4,5,27,6,33,30
60	Токарная	Токарно – винторезный 16К20	Нарезать резьбу 2
65	Закалка	Калить 37...42 HRC	
70	Центрошлифовальная	Центрошлифовальный МВ119	Шлифовать центровые отверстия 23,37
75	Шлифовальная окончательная	Круглошлифовальный 5М151	Шлифовать поверхности 20,19,18,10
80	Шлифовальная окончательная	Круглошлифовальный 5М151	Шлифовать поверхности 3,4,5,6
85	Моечная		
90	Контрольная	Контролировать точность	

Данный типовой технологический процесс полностью нам подходит, за исключением операция для получения 15 поверхности. На точность механической обработки оказывает значительное влияние погрешность базирования на станках. Достоинством этого технологического процесса является то, что для обработки используется универсальное оборудование и универсальная оснастка. В свою очередь недостаток этого технологического процесса очевиден: очень длительный цикл обработки, большое количество станков.

Его модифицируем путем внедрения станков с ЧПУ на токарных операциях.

## **1.6. Проектирование технологического процесса изготовления детали.**

Задачей проектирования технологического процесса механической обработки является определение такой ее последовательности, при которой наиболее полно используются технологические возможности станков, приспособлений и инструментов, а деталь изготавливается с наименьшими материальными затратами. Такие же задачи решаются и при проектировании технологического процесса восстановления изношенных и поврежденных деталей. Технологический процесс должен быть разработан с учетом производственных возможностей предприятия и передового опыта. Необходимо также иметь следующие исходные данные:

1. Годовую производственную программу, которая влияет на выбор оборудования, приспособлений, инструментов, а также на структуру технологического процесса.

2. Рабочий чертеж детали, по которому составляют технологический маршрут обработки, определяют виды, методы механической обработки и место термической обработки в общем технологическом процессе изготовления детали, составляют технические условия (ТУ) на приемку обрабатываемой детали, выбирают оборудование, приспособления и инструмент. Рабочий чертеж детали должен быть выполнен в масштабе 1:1. Исключение делается для деталей больших и малых размеров. На рабочем чертеже проставляют все необходимые размеры для обработки детали. Размеры на сопрягаемые поверхности приводят с допусками, характеризующими точность обработки. Кроме того, указывают допуски на неточность взаимного расположения отдельных обрабатываемых поверхностей. Шероховатость обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей обозначают условными знаками в соответствии с ГОСТом. На рабочем чертеже также указывается материал, из которого должна быть изготовлена деталь, ее масса, термическая обработка, твердость детали (сердцевины), ее отдельных поверхностей и другие сведения.

3. Указания по использованию имеющегося оборудования и его загрузке. Если разрабатывается технологический процесс для действующего предприятия, то обычно оговаривают в задании, на каком оборудовании обрабатывать, число смен работы и т. п.

4. Справочные материалы, к которым относятся каталоги или паспортные данные станков, справочники по режимам резания, нормированию, по приспособлениям, инструменту и т. д.

Проведя анализ исходных данных, с целью подбора существующей типовой технологии следует установить, к какому классу или группе деталей относится обрабатываемое изделие. При разработке технологии необходимо учитывать имеющийся опыт изготовления типовых деталей на передовых предприятиях, по возможности использовать новое прогрессивное оборудование, приспособления и инструменты, а также наиболее совершенные формы организации производства. Чтобы обеспечить изготовление деталей с наименьшими затратами, для большинства основных деталей на заводах серийного и особенно крупносерийного производства составляют несколько вариантов технологий. По результатам экономического анализа выбирают наиболее эффективный вариант.

Таким образом, при разработке технологии приходится учитывать технические и экономические факторы.

**1.6.1. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержания технологических операций.**

Таблица 9

Проводимые операции и используемое оборудование.

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
05	Фрезерно - центровая	фрезерно-центровальный полуавтомат мод. МР-76М
10	Токарная с ЧПУ	токарный станок с ЧПУ мод. 16А20Ф3
15	Токарная с ЧПУ	токарный станок с ЧПУ мод. 16А20Ф3
20	Шпоночно-фрезерная	станок шпоночно-фрезерный ДФ-96Г
25	Резьбофрезерная	резьбофрезерный полуавтомат 5К63
30	Слесарная	электро-химическая установка ЕСD204
35	Термическая	Индукционная нагревательная установка ПЕТРА-0501
40	Центровая	Автомат центровальный двусторонний 2910
45	Шлифовальная	кругло-шлифовальный станок мод.3М151
50	Шлифовальная	кругло-шлифовальный станок мод.3М151
55	Шлифовальная	кругло-шлифовальный станок мод.3М151
60	Моечная	моечная машина АМL00V
65	Контрольная	контрольный стол

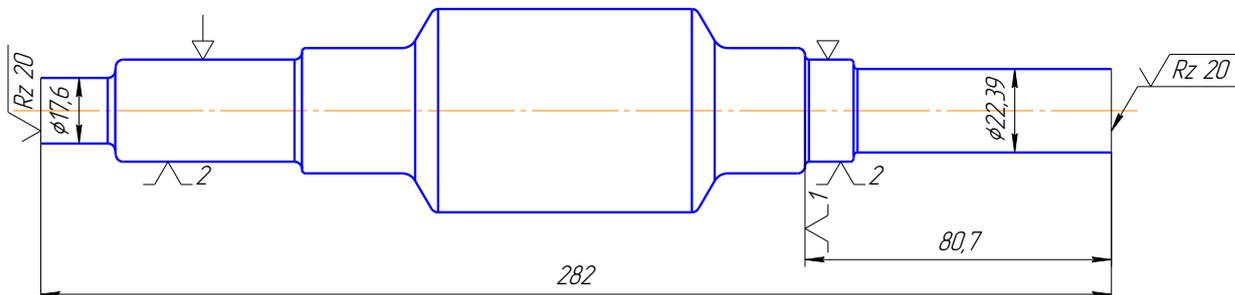
### Технологический маршрут:

**005** Фрезерно-центральная.

Поз. 1 – загрузочная.

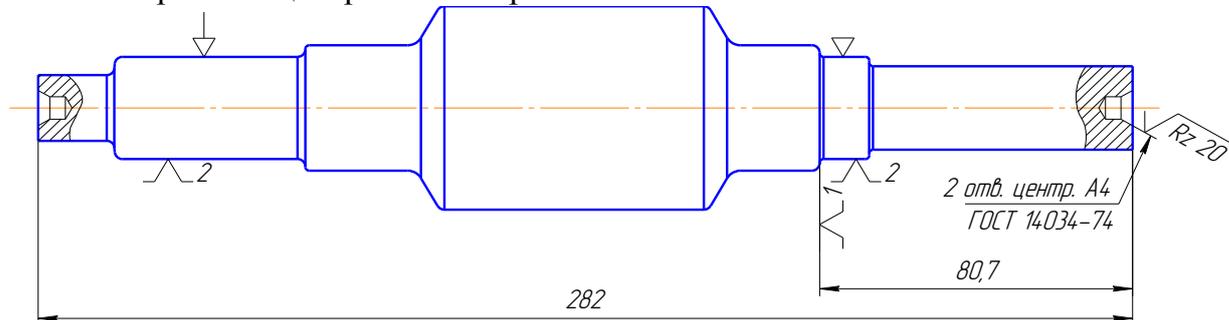
Поз. 2 – фрезерная.

Фрезеровать торцы с обеих сторон заготовки.

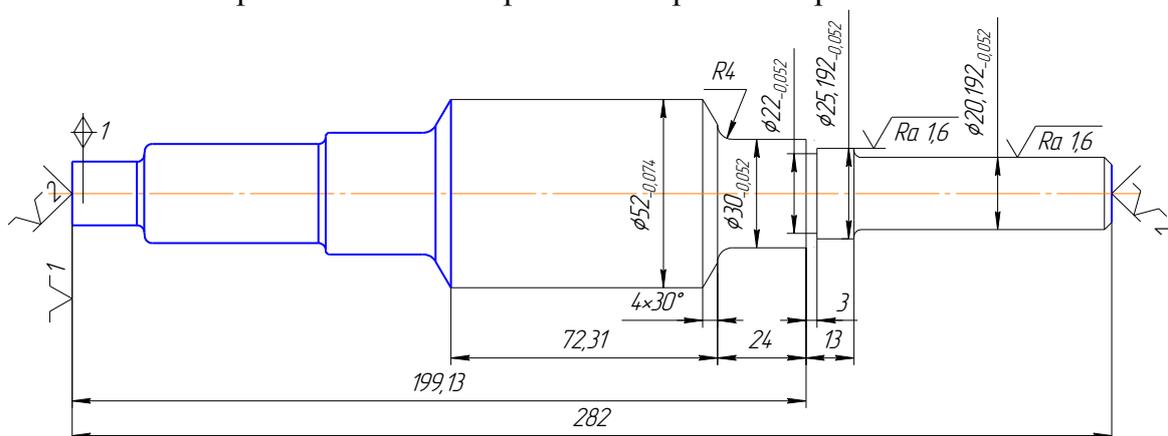


Поз. 3 – центральная.

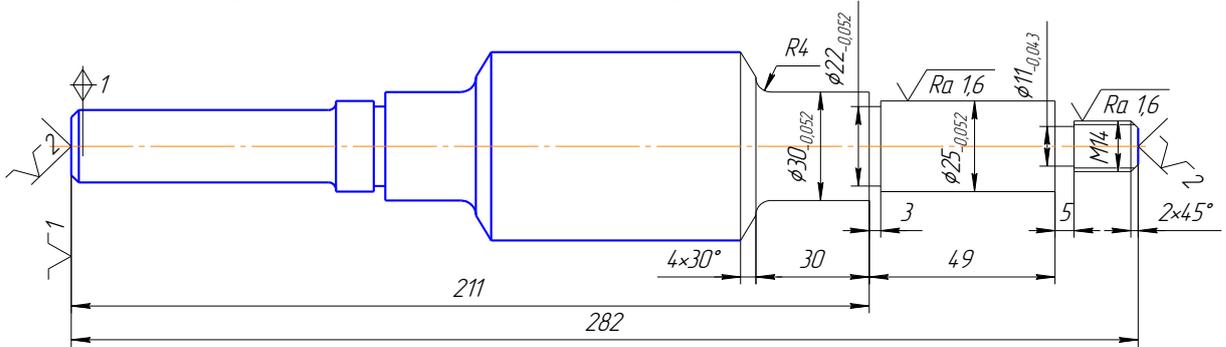
Сверлить 2 центральных отверстия.



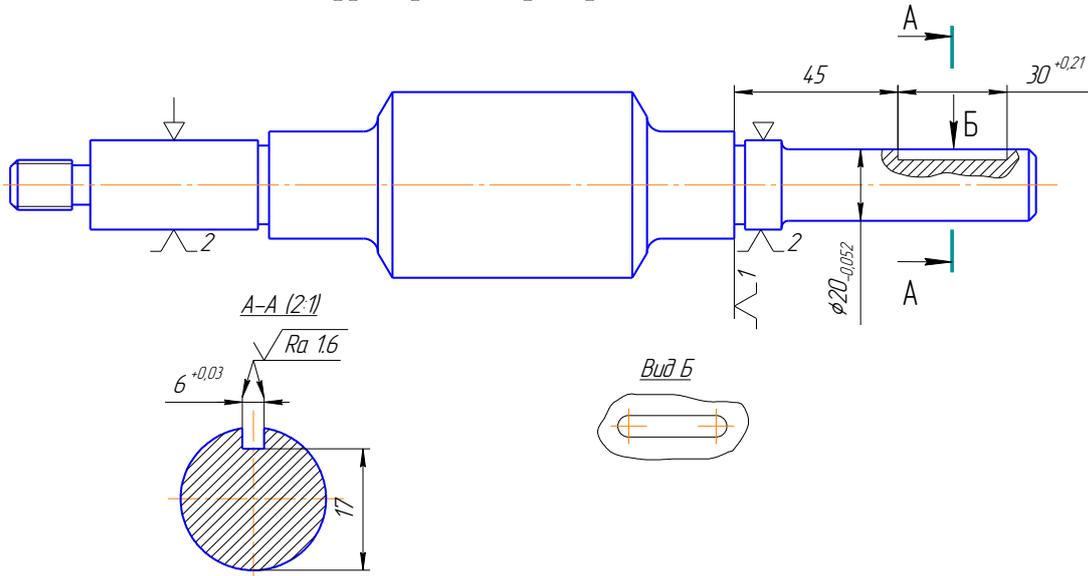
**010** Токарная. Точить поверхность с правой стороны вала.



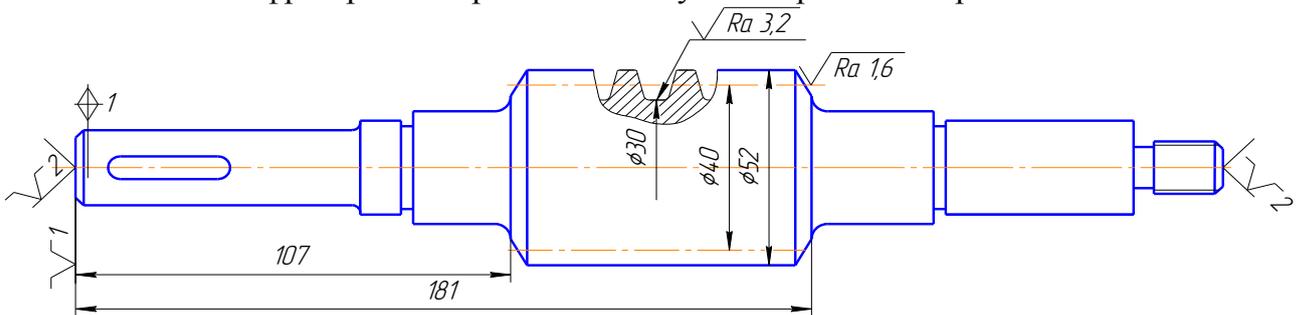
**015** Токарная. Точить поверхность с правой стороны вала.



**020** Шпоночно-фрезерная. Фрезеровать шпоночный паз.



**025** Резьбофрезерная. Нарезать винтовую поверхность червяка

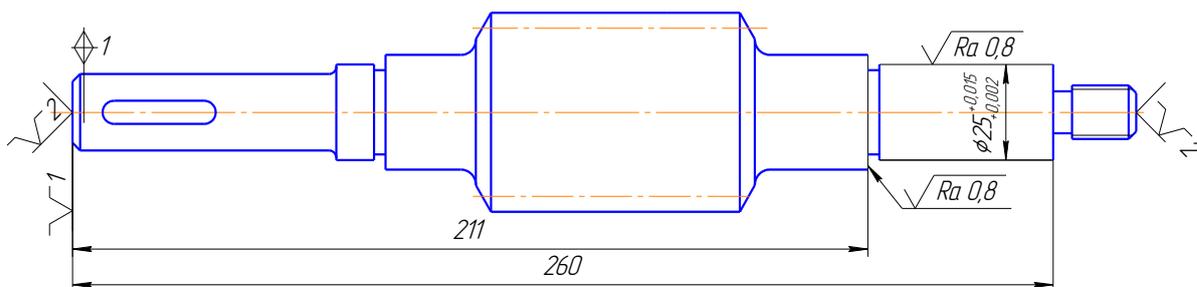


**030** Слесарная. Снять заусенец и притупить острые кромки.

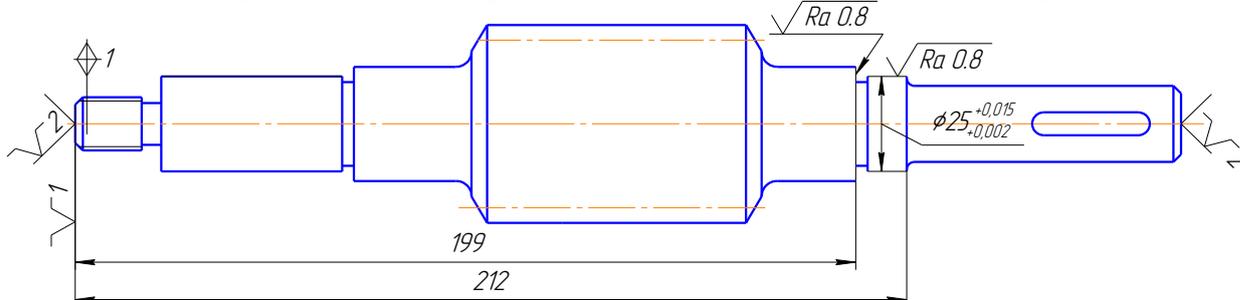
**035** Термическая. Закалить деталь (поверхностная закалка)

**040** Центровальная. Править центровые отверстия.

**045** Шлифовальная. Шлифовать шейку под подшипник диаметром Ø25к6.



**050** Шлифовальная. Шлифовать шейку под подшипник диаметром Ø25к6.



**055** Шлифовальная. Шлифовать шейку диаметром Ø20к6.



**060** Моечная. Промыть деталь.

**065** Контрольная.

### 1.6.2. Размерный анализ технологического процесса: расчёт допусков, припусков, промежуточных и исходных размеров заготовки.

Теперь рассчитаем припуски на механическую обработку и межоперационные размеры детали. Заготовка получена в открытых штампах на КГШП, имеет точность IT14 и шероховатость Ra40.

**Расчет припуска на механическую обработку посадочной поверхности под подшипник Ø25к6<sup>(+0.015/-0.002)</sup>.**

Шероховатость поверхности детали  $\sqrt{Ra0,8}$ , допуск на размер детали  $\delta_{дет}=0,013$ мм, отклонения формы не выходят за предел допуска диаметра детали.

Шероховатость поверхности заготовки  $\sqrt{Ra40}$ , допуск на диаметр по 14-му качеству  $\delta_{заг}$  (IT 14) = 0.52мм = 520мкм.

Для получения размера цилиндрической поверхности шейки вала с требуемой точностью необходимо в результате обработки обеспечить получение уточнения  $\varepsilon_{дет} = \frac{\delta_{заг}}{\delta_{дет}} = \frac{520}{13} = 40$ , и шероховатости поверхности  $\sqrt{Ra0,8}$ .

Основным методом обработки поверхностей валов, позволяющим получить требуемую точность и шероховатость поверхности является круглое шлифование. Но заготовки, поступающие на шлифование должны иметь диаметральный размер с допуском, меньшим

$\delta_{заг} = 0.52$ мм, и примерно соответствующим 9-му качеству (h9), т.е. с  $\delta_{чист} = 0,052$ мм, и с шероховатостью поверхности  $\sqrt{Ra1.6}$ .

Круглое шлифование экономично может дать уточнение:

$$\varepsilon_{шлиф} = \frac{\delta_{чист}}{\delta_{дет}} = \frac{0,052}{0,013} = 4.$$

Сопоставляя эту величину с требуемой  $\varepsilon_{дет} = 40$ , видим, что осуществить переход от заготовки к готовой детали путем одного перехода не представляется возможным. Необходимо найти еще 1 или несколько методов обработки, которые бы обеспечили получение оставшейся величины

уточнения:  $\varepsilon_{ост} = \frac{\varepsilon_{дет}}{\varepsilon_{шлиф}} = \frac{40}{4} = 10.$

Для обработки штампованной заготовки выбираю черновое точение.

Черновое точение при экономичной обработке может дать уточнение:

$$\varepsilon_{черн.точ.} = \frac{\delta_{заг}}{\delta_{черн.точ.}} = \frac{0,52}{0,21} = 2,48. \text{ Допуск на диаметральный размер после черного}$$

точения определен по 12-му качеству (h12)  $\delta_{черн.точ.} = 0,21$ мм.

Как видно, величина уточнения 2-х намеченных операций равна:

$$\varepsilon_{получ} = \varepsilon_{шлиф} \cdot \varepsilon_{черн.точ.} = 4 \cdot 2,48 = 9,92, \text{ вместо требуемого } \varepsilon_{дет} = 40, \text{ следовательно,}$$

между черновым точением и круглым шлифованием необходимо ввести ещё

обработку, которая бы давала уточнение:  $\varepsilon_{\text{чист}} = \frac{\varepsilon_{\text{дет}}}{\varepsilon_{\text{получ}}} = \frac{40}{9,92} = 4,03$ . В качестве

такой обработки можно применить чистовое точение. Чистовое точение при

экономичной обработке может дать уточнение:  $\varepsilon_{\text{чист.точ}} = \frac{\delta_{\text{черн.точ}}}{\delta_{\text{чист.точ}}} = \frac{0,21}{0,052} = 4,04$ .

Таким образом, для получения требуемой точности диаметра шейки вала, заготовка должна пройти 3 операции:

1) черновое точение  $\varepsilon_{\text{черн.точ}} = \varepsilon_1 = 2,48$ ;

2) чистовое точение  $\varepsilon_{\text{чист.точ}} = \varepsilon_2 = 4,04$ ;

3) круглое шлифование  $\varepsilon_{\text{шлиф}} = \varepsilon_3 = 4$ .

В результате обработки общее уточнение:

$$\varepsilon'_{\text{дет}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 2,48 \cdot 4,04 \cdot 4 = 40,08.$$

Установив последовательность обработки, выбрав методы обработки, рассчитаем припуски и межпереходные размеры.

Расчет припусков на механическую обработку ведется с использованием таблицы (расчетной карты):

Таблица 9

Расчетная карта  $\varnothing 25\text{к}6 \begin{pmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{pmatrix}$ .

Технологические переходы при обработке поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $Z_i^{\text{мин}}$ , мкм	Расчетный размер, мм	Допуск $\delta_i$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz <sub>(i-1)</sub>	T <sub>(i-1)</sub>	ρ <sub>(i-1)</sub>	ε <sub>i</sub>				$d_{\text{мин}}^{\text{np}}$	$d_{\text{max}}^{\text{np}}$	$Z_{i \text{ мин}}^{\text{np}}$	$Z_{i \text{ max}}^{\text{np}}$
Цилиндрическая поверхность вала $\varnothing 25\text{к}6 \begin{pmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{pmatrix}$											
Исходная заготовка – IT14	160	200	472	-	-	27,04	520	27,04	27,56	-	-

Продолжение таблицы 9.

Черновое точение – h12	40	50	28	-	2·832	25,376	210	25,38	25,59	1660	1970
Чистовое точение – h9	10	40	19	-	2·118	25,14	52	25,14	25,192	240	398
Круглое шлифован ие – к6	5	15	9	-	2·69	25,002	13	25,002	25,015	138	177
Итого										2038	2545

Минимальный симметричный припуск при обработке поверхностей вращения находят по формуле  $2Z_i^{\min} = 2(Rz_{(i-1)} + T_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + E_i^2})$ .

По [4, с.64-65] нахожу значения дефектного слоя Т и шероховатости для выбранных методов механической обработки:

- черновое точение – Rz40, T=50мкм;
- чистовое точение – Ra1,6, T=40мкм;
- круглое шлифование – Ra0,8, T=15мкм;

Погрешность установки  $\epsilon_i$  в радиальном направлении равна 0, так как обработка ведется в центрах. [4, с. 89].

Суммарное пространственное отклонение:  $\rho_z = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}$ .

$\rho_{cm}$  - пространственное отклонение, определяемое смещением одних участков поверхности относительно других. Это смещение обусловлено смещением по поверхности разъёма штампа.  $\rho_{cm} = 0,3$ мм.

$\rho_{кор}$  - пространственное отклонение выражающееся в короблении детали.  $\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 0,8 \cdot 55 = 0,05$ мм. ( $\Delta_k$  - удельная кривизна заготовки на 1мм длины, l – длина участка вала от обрабатываемой шейки до ближайшего торца).

$\rho_u$  - пространственное отклонение, выражающееся в погрешности зацентровки.  $\rho_u = \sqrt{(\delta_s/2)^2 + 0,25^2} = \sqrt{(0,52/2)^2 + 0,25^2} = 0,361\text{мм}$

Находим суммарное отклонение:  
 $\rho_3 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_u^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,05^2 + 0,361^2} = 0,472\text{мм}$

Остаточное пространственное отклонение после каждого перехода можно определить по формулам:

- после черного точения:  $\rho = 0,06\rho_3 = 28\text{мкм}$ ;
- после чистового точения:  $\rho = 0,04\rho_3 = 19\text{мкм}$ ;
- после круглого шлифования:  $\rho = 0,02\rho_3 = 9\text{мкм}$ .

После определения всех неизвестных в формуле для расчета припуска, можно рассчитать припуск, затем определить предельные размеры и предельные значения припуска на каждом переходе. Затем нужно произвести проверку:  $520-13=2545-2038$ ;  $507=507$  – равенство верно, значит расчет выполнен правильно.

Определим межпереходные размеры. В соответствии с ГОСТ 7505-89 допуск на штампованную поковку перераспределяем так, чтобы примерно 1/3 его была направлена в тело, т.е. выставляем размер  $\text{Ø}27,21^{(+0.17)}_{(-0.35)}$ . Размер после черного точения определяем по h12:  $\text{Ø}25,59_{-0.21}$ . Размер после чистового точения определяем по h9:  $\text{Ø}25,192_{-0.052}$ . Размер после круглого шлифования (размер детали):  $\text{Ø}25\text{к}6^{(+0.015)}_{(+0.002)}$ . Далее по количеству переходов составляем наглядный эскиз обработки наружной поверхности  $\text{Ø}25\text{к}6^{(+0.015)}_{(+0.002)}$  (рис. 6)

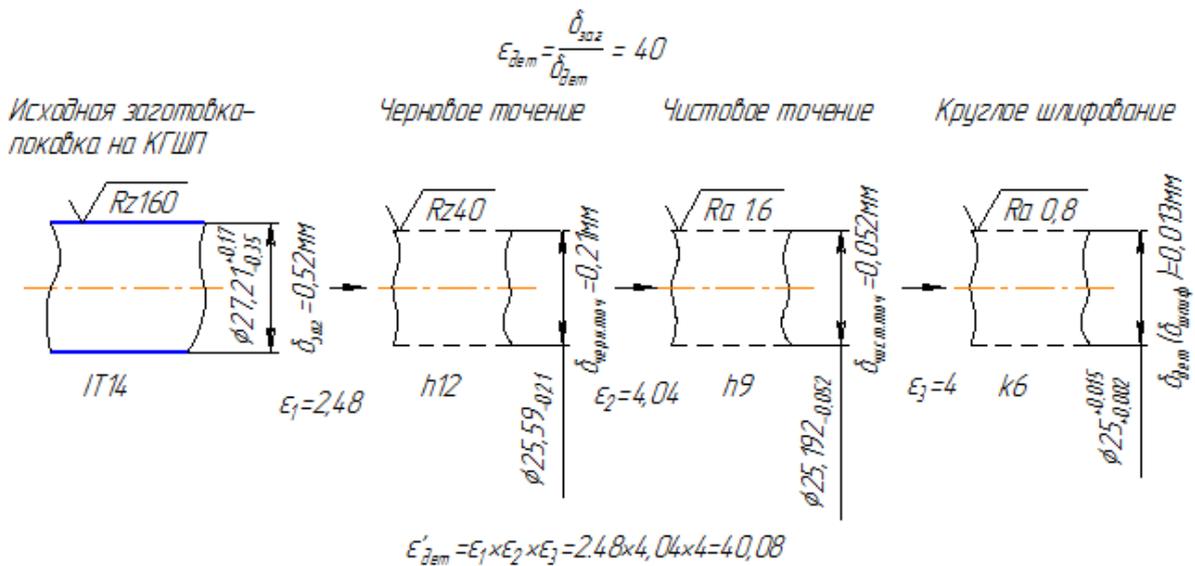


Рис. 6 – Количество переходов при обработки наружной цилиндрической поверхности вала  $\varnothing 25k6 \begin{pmatrix} +0.015 \\ +0.002 \end{pmatrix}$ .

**Расчет припуска на механическую обработку шейки вала  $\varnothing 20k6 \begin{pmatrix} +0.015 \\ +0.002 \end{pmatrix}$ .**

Шероховатость поверхности детали  $\sqrt{Ra0,8}$ , допуск на размер детали  $\delta_{дет}=0,013\text{мм}$ , отклонения формы не выходят за предел допуска диаметра детали.

Шероховатость поверхности заготовки  $\sqrt{Ra40}$ , допуск на диаметр по 14-му качеству  $\delta_{заз}(\text{IT } 14) = 0.52\text{мм} = 520\text{мкм}$ .

Для получения размера цилиндрической поверхности шейки вала с требуемой точностью необходимо в результате обработки обеспечить получение уточнения  $\varepsilon_{дет} = \frac{\delta_{заз}}{\delta_{дет}} = \frac{520}{13} = 40$ , и шероховатости поверхности  $\sqrt{Ra0,8}$ .

Видно, что уточнение в данном расчете равно уточнению в предыдущем расчете, так же, как и в предыдущем расчете в данном расчете припуск определяется для цилиндрической поверхности вала. Поэтому требуемое уточнение также можно получить с помощью 3-х способов обработки:

- 1) черновое точение  $\varepsilon_{черн.точ.} = \varepsilon_1 = 2.48$ ;
- 2) чистовое точение  $\varepsilon_{чист.точ.} = \varepsilon_2 = 4.04$ ;

3) круглое шлифование  $\varepsilon_{шлиф} = \varepsilon_3 = 4$ .

В результате обработки общее уточнение:  
 $\varepsilon'_{дет} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 2,48 \cdot 4,04 \cdot 4 = 40,08$ .

Установив последовательность обработки, выбрав методы обработки, рассчитаем припуски и межпереходные размеры.

Минимальный симметричный припуск при обработке поверхностей вращения находят по формуле  $2Z_i^{\min} = 2(Rz_{(i-1)} + T_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + E_i^2})$ .

По [4, с.64-65] нахожу значения дефектного слоя T и шероховатости для выбранных методов механической обработки:

- черновое точение – Rz40, T=50мкм;
- чистовое точение – Ra1,6, T=40мкм;
- круглое шлифование – Ra0,8, T=15мкм;

Погрешность установки  $\varepsilon_i$  в радиальном направлении равна 0, так как обработка ведется в центрах. [4, с. 89].

Суммарное пространственное отклонение:  $\rho_3 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}$ .

$\rho_{см}$  - пространственное отклонение, определяемое смещением одних участков поверхности относительно других. Это смещение обусловлено смещением по поверхности разъёма штампа.  $\rho_{см} = 0,3$ мм.

$\rho_{кор}$  - пространственное отклонение выражающееся в короблении детали.  $\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 0,8 \cdot 40 = 0,03$ мм. ( $\Delta_k$  - удельная кривизна заготовки на 1мм длины, l – длина участка вала от обрабатываемой шейки до ближайшего торца).

$\rho_{ц}$  - пространственное отклонение, выражающееся в погрешности зацентровки.  $\rho_{ц} = \sqrt{(\delta_3/2)^2 + 0,25^2} = \sqrt{(0,52/2)^2 + 0,25^2} = 0,361$ мм

Находим суммарное отклонение:  
 $\rho_3 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,03^2 + 0,361^2} = 0,472$ мм

Остаточное пространственное отклонение после каждого перехода можно определить по формулам:

- после черного точения:  $\rho = 0.06\rho_3 = 28\text{мкм}$ ;
- после чистового точения:  $\rho = 0.04\rho_3 = 19\text{мкм}$ ;
- после круглого шлифования:  $\rho = 0.02\rho_3 = 9\text{мкм}$ .

Расчет припусков на механическую обработку ведется с использованием таблицы (расчетной карты):

Таблица 10

Расчетная карта  $\text{Ø}20\text{к}6\left(\begin{smallmatrix} +0.015 \\ +0.002 \end{smallmatrix}\right)$ .

Технологические переходы при обработке поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $Z_i^{\min}$ , мкм	Расчетный размер, мм	Допуск $\delta_i$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	$Rz_{(i-1)}$	$T_{(i-1)}$	$\rho_{(i-1)}$	$\epsilon_i$				$d_{\min}^{np}$	$d_{\max}^{np}$	$Z_{i\min}^{np}$	$Z_{i\max}^{np}$
Цилиндрическая поверхность вала $\text{Ø}25\text{к}6\left(\begin{smallmatrix} +0.015 \\ +0.002 \end{smallmatrix}\right)$											
Исходная заготовка – IT14	160	200	472	-	-	22,04	520	22,04	22,56	-	-
Черновое точение – h12	40	50	28	-	2·832	20,376	210	20,38	20,59	1660	1970
Чистовое точение – h9	10	40	19	-	2·118	20,14	52	20,14	20,192	240	398
Круглое шлифование – к6	5	15	9	-	2·69	20,002	13	20,002	20,015	138	177
									Итого	2038	2545

После определения всех неизвестных в формуле для расчета припуска, можно рассчитать припуск, затем определить предельные размеры и предельные значения припуска на каждом переходе. Затем нужно произвести проверку:  $520-13=2545-2038$ ;  $507=507$  – равенство верно, значит расчет выполнен правильно.

Определим межпереходные размеры. В соответствии с ГОСТ 7505-89 допуск на штампованную поковку перераспределяем так, чтобы примерно 1/3 его была направлена в тело, т.е. выставляем размер  $\varnothing 22,21^{(+0.17)}_{(-0.35)}$ . Размер после черного точения определяем по h12:  $\varnothing 20,59_{-0.21}$ . Размер после чистового точения определяем по h9:  $\varnothing 20,192_{-0.052}$ . Размер после круглого шлифования (размер детали):  $\varnothing 20k6^{(+0.015)}_{(+0.002)}$ . Далее по количеству переходов составляем наглядный эскиз обработки наружной поверхности  $\varnothing 20k6^{(+0.015)}_{(+0.002)}$  (рис. 7)

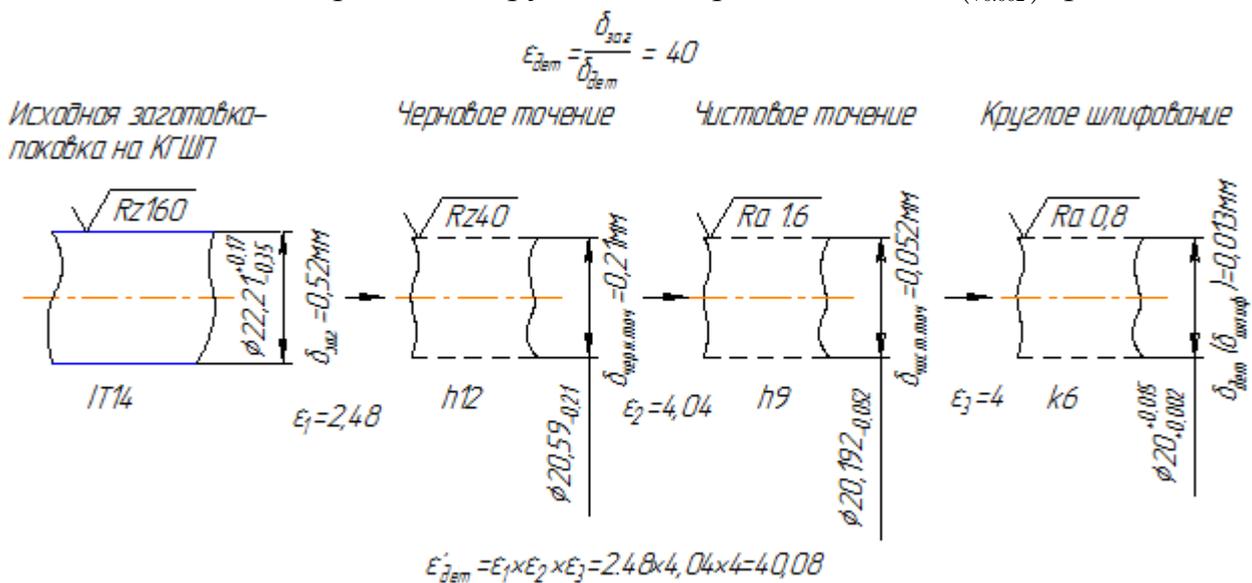


Рис. 7 – Количество переходов при обработке наружной цилиндрической поверхности вала  $\varnothing 20k6^{(+0.015)}_{(+0.002)}$ .

### Расчет припуска на механическую обработку шейки вала $\varnothing 52h9_{-0.074}$

Шероховатость поверхности детали  $\sqrt{Ra1.6}$ , допуск на размер детали  $\delta_{дет}=0,074$ мм, отклонения формы не выходят за предел допуска диаметра детали.

Шероховатость поверхности заготовки  $\sqrt{Ra40}$ , допуск на диаметр по 14-му качеству  $\delta_{заг}$  (IT 14) = 0.74мм = 740мкм.

Для получения размера цилиндрической поверхности шейки вала с требуемой точностью необходимо в результате обработки обеспечить получение уточнения  $\varepsilon_{дет} = \frac{\delta_{заг}}{\delta_{дет}} = \frac{740}{74} = 10$ , и шероховатости поверхности  $\sqrt{Ra1.6}$ .

Основным методом обработки поверхностей валов, позволяющим получить требуемую точность и шероховатость поверхности является чистовое точение. Но заготовки, поступающие на чистовое точение должны иметь диаметральный размер с допуском, меньшим  $\delta_{заг} = 0.74$ мм, и примерно соответствующим 12-му качеству (h12), т.е. с  $\delta_{черн} = 0,3$ мм, и с шероховатостью поверхности  $\sqrt{Ra3.2}$ .

Чистовое точение экономично может дать уточнение:

$$\varepsilon_{чист.точ} = \frac{\delta_{черн}}{\delta_{дет}} = \frac{0,3}{0,074} = 4,05.$$

Сопоставляя эту величину с требуемой  $\varepsilon_{дет} = 10$ , видим, что осуществить переход от заготовки к готовой детали путем одного перехода не представляется возможным. Необходимо найти еще 1 или несколько методов обработки, которые бы обеспечили получение оставшейся величины

$$\text{уточнения: } \varepsilon_{ост} = \frac{\varepsilon_{дет}}{\varepsilon_{чист.точ}} = \frac{10}{4,05} = 2,47.$$

Оставшуюся величину уточнения можно получить при черновом точении. Для обработки штампованной заготовки выбираю черновое точение. Черновое точение при экономичной обработке может дать уточнение:

$$\varepsilon_{черн.точ} = \frac{\delta_{заг}}{\delta_{черн.точ}} = \frac{0,74}{0,3} = 2,47. \text{ Допуск на диаметральный размер после черногого}$$

точения определен по 12-му качеству (h12)  $\delta_{черн.точ} = 0,3$ мм.

Таким образом, для получения требуемой точности диаметра шейки вала, заготовка должна пройти 2 операции:

1) черновое точение  $\varepsilon_{\text{черн.точ.}} = \varepsilon_1 = 2.47$ ;

2) чистовое точение  $\varepsilon_{\text{чист.точ.}} = \varepsilon_2 = 4.05$ ;

В результате обработки общее уточнение:  $\varepsilon'_{\text{дет}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = 2,47 \cdot 4,05 = 10$ .

Установив последовательность обработки, выбрав методы обработки, рассчитаем припуски и межпереходные размеры.

Расчет припусков на механическую обработку ведется с использованием таблицы (расчетной карты):

Таблица 11

Расчетная карта вала  $\varnothing 52h9_{(-0.074)}$ .

Технологические переходы при обработке поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $Z_i^{\min}$ , мкм	Расчетный размер, мм	Допуск $\delta_i$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	$Rz_{(i-1)}$	$T_{(i-1)}$	$\rho_{(i-1)}$	$\varepsilon_i$				$d_{\min}^{np}$	$d_{\max}^{np}$	$Z_{i \min}^{np}$	$Z_{i \max}^{np}$
Цилиндрическая поверхность вала $\varnothing 52h9_{(-0.074)}$											
Исходная заготовка – IT14	160	200	550	-	-	53,99 2	740	53,99	54,73	-	-
Черновое точение – h12	40	50	33	-	2·910	52,17 2	300	52,2	52,5	1790	2230
Чистовое точение – h9	10	40	22	-	2·123	51,92 6	74	51,92 6	52	274	500
Итого									2064	2730	

Минимальный симметричный припуск при обработке поверхностей вращения находят по формуле  $2 Z_i^{\min} = 2(Rz_{(i-1)} + T_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + E_i^2})$ .

По [4, с.64-65] нахожу значения дефектного слоя  $T$  и шероховатости для выбранных методов механической обработки:

- черновое точение –  $Rz40$ ,  $T=50\text{мкм}$ ;
- чистовое точение –  $Ra1,6$ ,  $T=40\text{мкм}$ ;

Погрешность установки  $\varepsilon_i$  в радиальном направлении равна 0, так как обработка ведется в центрах. [4, с. 89].

$$\text{Суммарное пространственное отклонение: } \rho_z = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}.$$

$\rho_{cm}$  - пространственное отклонение, определяемое смещением одних участков поверхности относительно других. Это смещение обусловлено смещением по поверхности разъёма штампа.  $\rho_{cm} = 0,3\text{мм}$ .

$\rho_{кор}$  - пространственное отклонение выражающееся в короблении детали.  $\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 0,7 \cdot 140 = 0,1\text{мм}$ . ( $\Delta_k$  - удельная кривизна заготовки на 1мм длины,  $l$  – длина участка вала от обрабатываемой шейки до ближайшего торца).

$\rho_{ц}$  - пространственное отклонение, выражающееся в погрешности зацентровки.  $\rho_{ц} = \sqrt{(\delta_s/2)^2 + 0,25^2} = \sqrt{(0,74/2)^2 + 0,25^2} = 0,45\text{мм}$

Находим суммарное отклонение:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,1^2 + 0,45^2} = 0,550\text{мм}$$

Остаточное пространственное отклонение после каждого перехода можно определить по формулам:

- после чернового точения:  $\rho = 0,06\rho_z = 33\text{мкм}$ ;
- после чистового точения:  $\rho = 0,04\rho_z = 22\text{мкм}$ ;

После определения всех неизвестных в формуле для расчета припуска, можно рассчитать припуск, затем определить предельные размеры и предельные значения припуска на каждом переходе. Затем нужно произвести проверку:  $740-74=2730-2064$ ;  $666=666$  – равенство верно, значит расчет выполнен правильно.

Определим межпереходные размеры. В соответствии с ГОСТ 7505-89 допуск на штампованную поковку перераспределяем так, чтобы примерно 1/3

его была направлена в тело, т.е. выставляем размер  $\varnothing 54,24^{(+0,49)}_{(-0,25)}$ . Размер после черного точения определяем по h12:  $\varnothing 52,5_{-0,3}$ . Размер после чистового точения (размер детали) определяем по h9:  $\varnothing 52_{-0,074}$ . Далее по количеству переходов составляем наглядный эскиз обработки наружной поверхности  $\varnothing 52h9_{-0,074}$  (рис. 8)

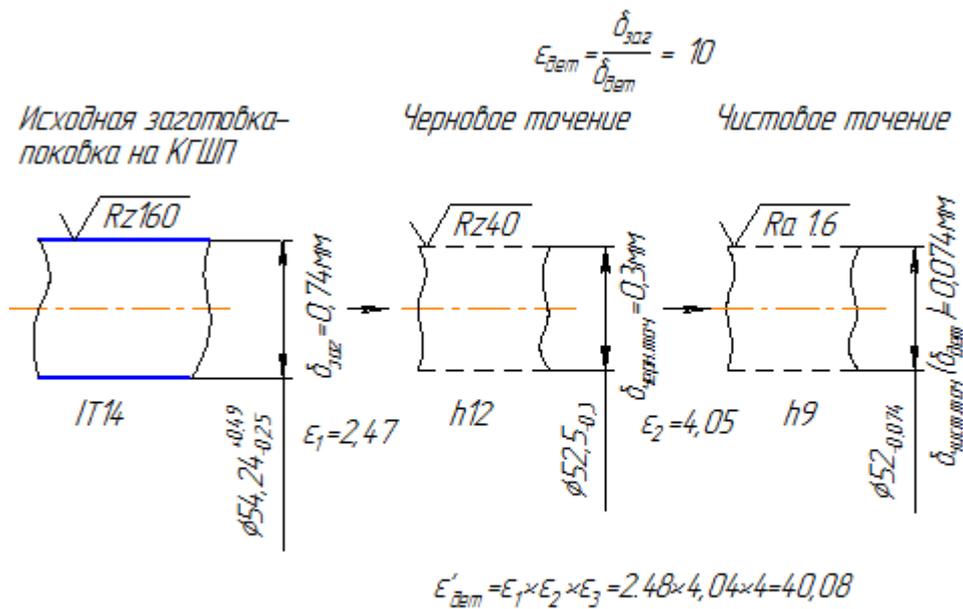


Рис. 8 – Количество переходов при обработке наружной цилиндрической поверхности вала  $\varnothing 52h9_{-0,074}$ .

Построим Размерную схему технологического процесса изготовления «червяка».

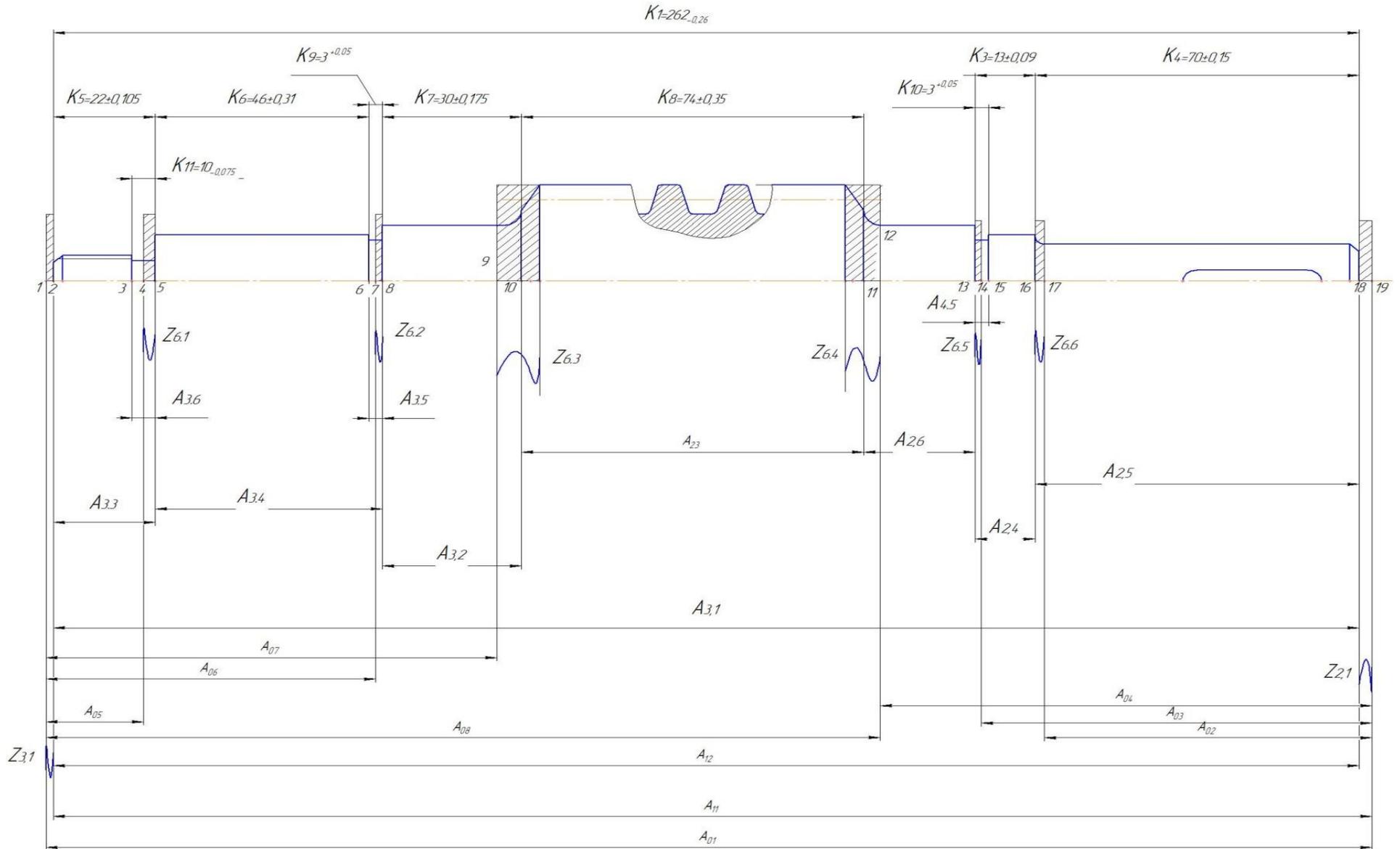


Рис. 9- Размерная схема технологического процесса изготовления «червяка».

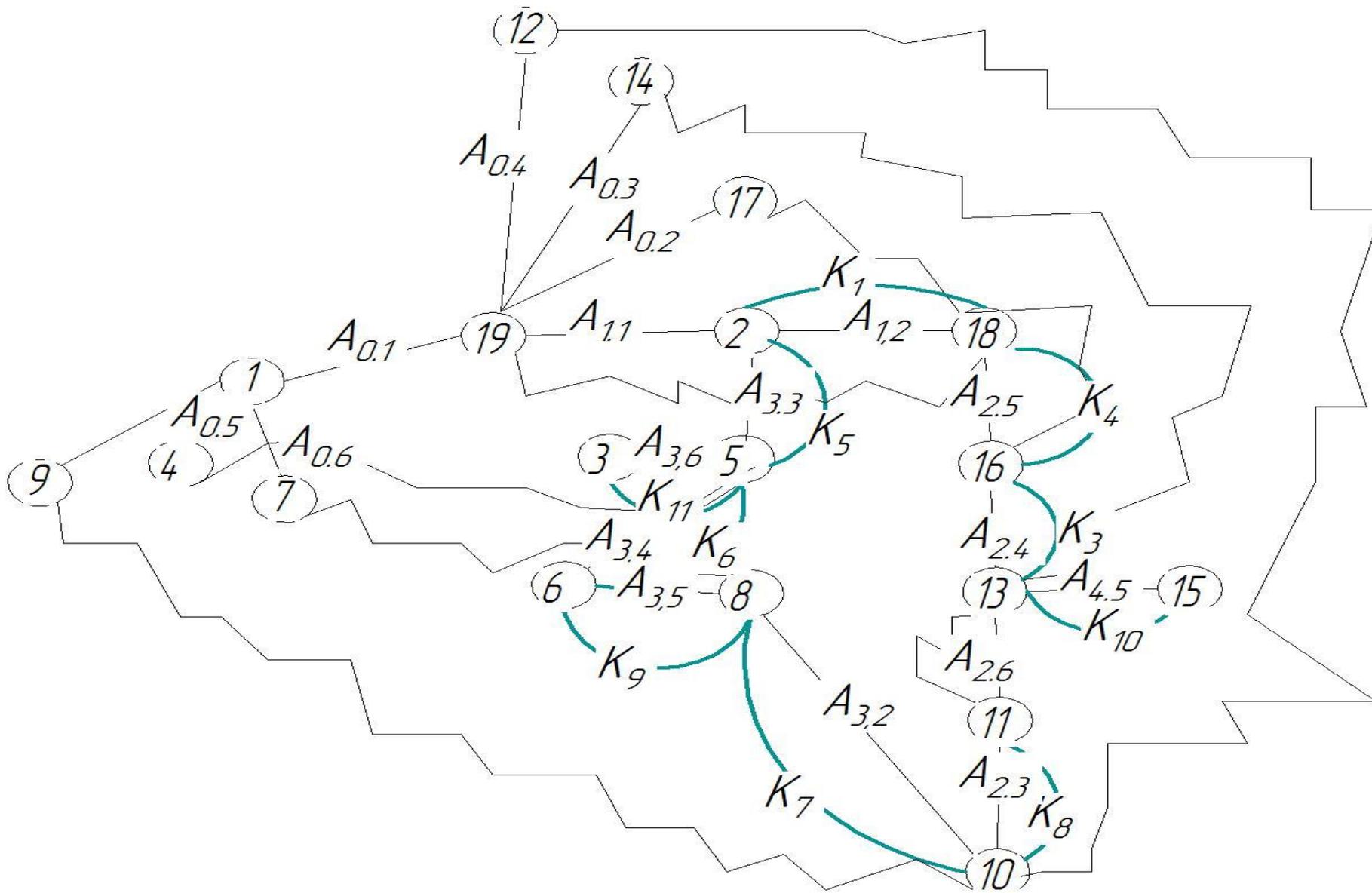


Рисунок 10- Граф технологических размерных цепей.

Допуски на технологические размеры:

$$TA_{0.1} = 1,3$$

$$TA_{0.2} = 0,74$$

$$TA_{0.3} = 1,3$$

$$TA_{0.4} = 1,3$$

$$TA_{0.5} = 0,52$$

$$TA_{0.6} = 0,74$$

$$TA_{0.7} = 1,04$$

$$TA_{0.8} = 1,32$$

$$TA_{1.1} = 0,26$$

$$TA_{2.3} = 0,7$$

$$TA_{3.2} = 0,35$$

$$TA_{4.5} = 0,05$$

$$TA_{1.2} = 0,26$$

$$TA_{2.4} = 0,18$$

$$TA_{3.3} = 0,21$$

$$TA_{2.5} = 0,3$$

$$TA_{3.4} = 0,25$$

$$TA_{2.6} = 0,21$$

$$TA_{3.5} = 0,05$$

$$TA_{3.6} = 0,05$$

При расчете вероятностным методом проверим условие обеспечения точности конструкторского размера:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i \quad [7, \text{с. } 8]$$

$$TK_1 = TA_{1.2} = 0,26;$$

$$TK_3 = TA_{2.4} = 0,18;$$

$$TK_4 = TA_{2.5} = 0,3;$$

$$TK_5 = TA_{3.3} = 0,21;$$

$$TK_6 = TA_{3.4} = 0,25; \sqrt{TA_{3.5}^2 + TA_{3.4}^2} = 0,25 \geq \sqrt{0,1^2 + 0,25^2}; \quad 0,5 \geq 0,025$$

$$TK_7 = TA_{3.2} = 0,35;$$

$$TK_8 = TA_{2.3} = 0,3;$$

$$TK_9 = TA_{3.5} = 0,05;$$

$$TK_{10} = TA_{4.5} = 0,1$$

$$TA_{11} = TA_{3.6} = 0,1;$$

Далее рассмотрим двухзвенные цепи. Из этих цепей имеем:

$$K_1 = A_{1.2} = 262_{-0,26};$$

$$K_3 = A_{2.4} = 13_{\pm 0,09};$$

$$K_4 = A_{2.5} = 70_{\pm 0,15};$$

$$K_5 = A_{3.3} = 22_{\pm 0,105};$$

$$K_7 = A_{3.2} = 30_{\pm 0,175};$$

$$K_8 = A_{2.3} = 74 \pm 0,35;$$

$$K_9 = A_{3.5} = 3 \pm 0,05;$$

$$K_{10} = A_{4.5} = 3 \pm 0,05;$$

$$K_{11} = A_{3.6} = 3 \pm 0,05;$$

После этого рассматриваем размерную цепь с одним неизвестным технологическим размером и, используя способ средних значений, в итоге определяем его номинальное значение и предельные отклонения.

Найдем технологический размер  $A_{3.4}$  по размерной схеме (рис.11)

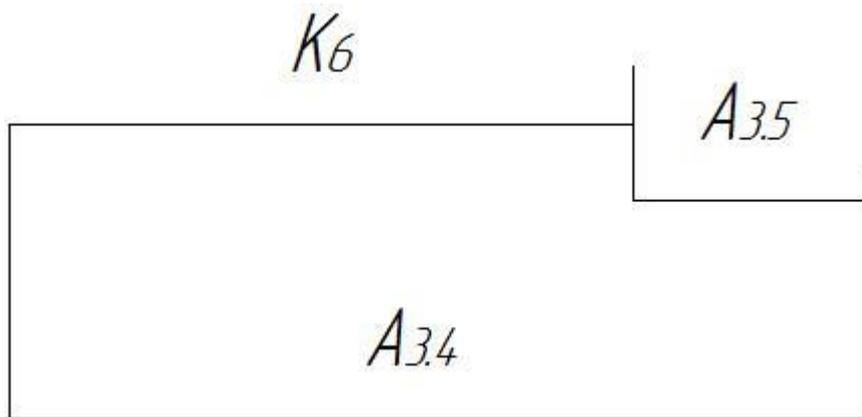


Рис. 11- Размерная схема для  $A_{14}$

$$K_2 = A_{3.5} - A_{3.4};$$

$$A_{3.4} = -K_2 + A_{3.5};$$

$$A_{3.5}^c = -K_6^c + A_{3.4}^c;$$

$$K_6^c = K_6 + \frac{BOK_6 + HOK_6}{2} \quad [7, c10]$$

$$K_6^c = 46 + \frac{0 + (-0.62)}{2} = 45,69 \text{ мм};$$

$$A_{3.5}^c = 3 + \frac{0,05 + (-0.0)}{2} = 3,025 \text{ мм};$$

$$A_{12}^c = 300 + \frac{0 + (-0.46)}{2} = 299.77 \text{ мм};$$

$$A_{3.4}^c = 45,69 + 3,025 = 48,715 \text{ мм};$$

Принимаем  $A_{3.4} = 48715 \pm 0,125 \text{ мм}$ .

## 1.7. Выбор оборудования и технологической оснастки

### 005 Фрезерно-центровальная.

Оборудование: фрезерно-центровальный полуавтомат мод. МР-76М.

Технические характеристики станка мод. МР-76М:

Размеры обрабатываемой детали:

- диаметр - 25-800 мм.

- длина - 250-1000 мм.

Фрезерные головки:

- число скоростей шпинделя - 7.

- число оборотов шпинделя в минуту - 270-1254.

- подача - 20-400 мм/мин.

Сверлильные головки:

- число скоростей шпинделя - 6.

- число оборотов шпинделя в минуту - 238-1125.

- подача - 20-300 мм/мин.

Диаметр применяемого центровального сверла - 3x10, 6x15 мм.

Вес станка - 8700 кг

Класс точности по ГОСТ 8-82 (Н,П,В,А,С)-П

Станочное приспособление: зажимное с призматическими установочными элементами, оснащенное пневмоприводом.

Поз.1 – загрузочная.

Поз. 2 – фрезерная. Фрезеровать торцы с обеих сторон заготовки.

Режущий инструмент:

2 торцевые фрезы, 01.2.0200.000-00 Т15К6 ТУ 2-035-874-82.

вспомогательный инструмент 6222-0116 Оправка ГОСТ26538-85.

Поз. 3 – центровальная. Сверлить 2 центровых отверстия.

Режущий инструмент:

2 центровых сверла Р6М5 ГОСТ 14952-75, вспомогательный инструмент оправка 6039-0008 ГОСТ 2682-72.

**010** Токарная. Точить поверхность с правой стороны вала.

Оборудование: токарный станок с ЧПУ мод. 16А20Ф3.

Технические характеристики станка мод. 16А20Ф3:

Диаметр обработки над станиной, мм 500

Диаметр обработки над суппортом, мм 200

Наибольшая длина обработки в центрах, мм 1000

Наибольший поперечный ход суппорта, мм 210

Наибольший продольный ход суппорта, мм 905

Мах. рекомендуемая скорость продольной рабочей подачи, мм 2000

Мах. рекомендуемая скорость поперечной рабочей подачи, мм 1000

Количество управляемых координат, шт. 2

Количество одновременно управляемых координат, шт. 2

Дискретность задания перемещения, мм 0,001

Пределы частот вращения шпинделя, мин-1 20 - 2500

Мощность электродвигателя главного движения, кВт 11

Класс точности по ГОСТ 8-82 (Н,П,В,А,С) П

Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм 3700 × 2260 × 1650

Масса станка, кг 4000

Станочное приспособление: МН 4050-62 Патрон с эксцентриковыми кулачками.

Режущие инструменты:

1) PDINR2020K15 Резец контурный пластиной из твердого сплава (ГОСТ 24256-80) ТУ 2-035-892-82 ;

2) 035-2126-1801 Резец канавочный с пластиной из твердого сплава (ГОСТ 24256-80) ОСТ 2И10-7-84.

Вспомогательный инструмент 191711044 Резцедержатель ТУ 2-024-5539-81.

**015** Токарная. Точить поверхность с правой стороны вала.

Оборудование: токарный станок с ЧПУ мод. 16A20Ф3.

Станочное приспособление: МН 4050-62 Патрон с эксцентриковыми кулачками.

Режущие инструменты:

1) PDINR2020K15 Резец контурный пластиной из твердого сплава (ГОСТ 24256-80) ТУ 2-035-892-82 ;

2) 035-2126-1801 Резец канавочный с пластиной из твердого сплава (ГОСТ 24256-80) ОСТ 2И10-7-84.

3) 035-2159-0535 Резец резьбовой ОСТ 2И10-9-84.

Вспомогательный инструмент 191711044 Резцедержатель ТУ 2-024-5539-81.

**020** Шпоночно-фрезерная. Фрезеровать шпоночный паз.

Оборудование: станок шпоночно-фрезерный ДФ-96Г.

Технические характеристики ДФ-96Г:

Пределы частоты вращения шпинделя Min об/мин 400

Пределы частоты вращения шпинделя Max об/мин 1275

Класс точности станка по ГОСТ 8-82, (Н,П,В,А,С) Н

Мощность двигателя кВт 3

Диаметр обрабатываемой детали, мм 1720

Длина детали, мм 250

Наибольший диаметр устанавливаемой заготовки, мм 400

Габариты станка Длина Ширина Высота (мм) 1400\_750\_1246

Масса, кг 1300

Станочное приспособление: Приспособление зажимное с двумя призмами опорными ГОСТ12195-66 , оснащенное пневмоприводом

Режущий инструмент: 2234-0205 Фреза шпоночная ГОСТ 16463-80.

Вспомогательный инструмент: 1-30-6-90 патрон цанговый ГОСТ 26539-85.

**025** Резьбофрезерная. Нарезать винтовую поверхность червяка

Оборудование: резьбофрезерный полуавтомат 5К63.

Полуавтомат резьбофрезерный 5К63 предназначен для фрезерования коротких цилиндрических резьб при закреплении изделия в центрах, патроне, цанге или в люнете.

Класс чистоты поверхности резьбы не ниже  $\sqrt{5}$  по ГОСТ 2789—59. Станок обеспечивает фрезерование резьб по второму классу точности. Станок работает по полуавтоматическому циклу.

Технические характеристики 5К63:

Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм 320

Диаметр нарезаемой резьбы, мм 100

Длина детали, мм 750

Станочное приспособление: поводковый патрон.

Режущий инструмент: фасонная дисковая резьбовая фреза.

Вспомогательный инструмент: 6225-0181 Оправка ГОСТ 15068-75

**030** Слесарная. Снять заусенец и притупить острые кромки.

Оборудование: электро-химическая установка ECD204.

Электрохимическая установка для снятия заусенцев ECD204 предназначена для выполнения операции по снятию заусенцев. В станке заложены передовые технические решения в области электрохимической обработки, что позволяет снимать заусенцы с деталей из широкого спектра металлов и в однокомпонентном электролите.

**035** Термическая. Закалить деталь (поверхностная закалка)

Оборудование: Индукционная нагревательная установка ПЕТРА-0501 для закалки червячных валов; Приспособление: индуктор.

**040** Центровальная. Править центровые отверстия.

Оборудование: центровальный станок. Станочное приспособление: Приспособление зажимное с двумя призмами опорными ГОСТ12195-66 , оснащенное пневмоприводом

Режущий инструмент: 2 центровых сверла Р6М5 ГОСТ 14952-75, вспомогательный инструмент оправка 6039-0008 ГОСТ 2682-72.

**045** Шлифовальная. Шлифовать шейку под подшипник диаметром Ø25к6.

Оборудование: кругло-шлифовальный станок мод. 3М151.

Технические характеристики станка 3М151

Класс точности по ГОСТ 8-82 (Н,П,В,А,С) П/В

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм 200

Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм 700

Наибольший диаметр шлифования, мм 200

Наименьший диаметр шлифования, мм 10

Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг 55

Мощность эл. установки 15квт

Габаритные размеры и масса станка

Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм  
4605x450x2170

Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг 5600

Станочное приспособление: поводковый патрон.

Режущий инструмент: шлифовальный круг ПП 400×40×127 33А 40Н СМ2 5 К5 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83. вспомогательный инструмент: Оправка ГОСТ2323-76.

**050** Шлифовальная. Шлифовать шейку под подшипник диаметром Ø25к6.

Оборудование: кругло-шлифовальный станок мод.3М151.

Станочное приспособление: поводковый патрон.

Режущий инструмент: шлифовальный круг ПП 400×40×127 33А 40Н СМ2 5 К5 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83. вспомогательный инструмент: Оправка ГОСТ2323-76.

**055** Шлифовальная. Шлифовать шейку Ø20к6.

Оборудование: кругло-шлифовальный станок мод.3М151.

Станочное приспособление: поводковый патрон.

Режущий инструмент: шлифовальный круг ПП 400×40×127 33А 40Н СМ2 5 К5 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83. вспомогательный инструмент: Оправка ГОСТ2323-76.

**060** Моечная

Оборудование: моечная машина для деталей и агрегатов Моторные технологии АМ600 АV.

**065** Контрольная.

Оборудование: контрольный стол.

В процессе контроля применяются безшкальные средства: калибры, скобы и шаблоны, которые, не смотря на свою специфичность, окупаются в среднесерийном производстве и позволяют упростить труд контроллера и уменьшить время, затрачиваемое на контроль изделия, по сравнению со шкальными средствами измерения.

Для контроля взаимного расположения поверхностей и отклонений формы поверхностей применяются измерительные установки: для проверки радиального биения и отклонения от цилиндричности используются центры и измерительная головка, для измерения отклонения от перпендикулярности – измерительная головка, призма упор. При контроле радиального биения и цилиндричности червяк устанавливается в центра и сверху на контролируемые поверхности накладывается игла измерительной головки, червяк проворачивается вокруг своей оси и показания снимаются с прибора. При контроле перпендикулярности червяк устанавливается в призмы.

## 1.8. Расчет режимов резания.

Расчет режимов резания является одним из основных этапов проектирования технологического процесса. Режимы резания определяются глубиной резания –  $t$  мм, подачей –  $s$  мм/об и скоростью резания –  $v$  м/мин, которые оказывают значительное влияние на точность и качество обрабатываемой поверхности, производительность и технологическую себестоимость обработки.

При обработке поверхности на предварительно-настроенном станке глубина резания равна припуску на заданный размер этой поверхности по выполняемому технологическому переходу.

Подача должна быть установлена максимально допустимой. При черновой обработке она ограничивается прочностью и жесткостью элементов технологической системы станка, а при чистовой и отделочной – точностью размеров и шероховатостью обрабатываемой поверхности. Определенная расчетом или по нормативам подача должна соответствовать паспортным данным станка.

Скорость резания зависит от выбранной глубины резания, подачи, качества и марки обрабатываемого материала, геометрических параметров режущей части инструмента и ряда других факторов.

При назначении режимов резания следует учитывать вид обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал заготовки, тип и состояние станка.

### **005 Фрезерно-центровальная.**

Поз.1. Фрезеровать торцы с обеих сторон заготовки.

Исходные данные: диаметр заготовки с левой стороны  $\varnothing 17,6$ ; с правой –  $\varnothing 22,39$ . Длина заготовки  $L = 289,6$  мм. Шероховатость  $\sqrt{Rz20}$ . Диаметр фрезы  $D = 100$  мм. Число зубьев фрезы  $z = 6$ .

$$\text{Глубина резания: } t = \frac{l_{\text{заг}} - l_{\text{дет}}}{2} = \frac{289,6 - 282}{2} = 3,8 \text{ мм}$$

Ширина фрезерования:  $B_1 = 17,6 \text{ мм}$  - с левой стороны;  $B_2 = 22,39 \text{ мм}$  - с правой стороны.

Подача на зуб фрезы:  $S_z = 0,07 \dots 0,18 \text{ мм/зуб}$ ; выбираю  $S_z = 0,07 \text{ мм/зуб}$   
 $S_M = S_z \cdot n \cdot z = 0,07 \cdot 958 \cdot 6 = 400 \text{ мм/мин}$  Выбранный станок имеет бесступенчатое регулирование величины подачи, максимальная подача  $S_M = 400 \text{ мм/мин}$ .

Период стойкости:  $T = 180 \text{ мин}$ .

Скорость резания [3,с.282]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot k_v = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 3,8^{0,1} \cdot 0,07^{0,4} \cdot 17,6^{0,2} \cdot 6^0} \cdot 1,06 = 447 \text{ м/мин} -$$

фрезерование торца с левой стороны заготовки.

$$v = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 3,8^{0,1} \cdot 0,07^{0,4} \cdot 22,39^{0,2} \cdot 6^0} \cdot 1,06 = 426 \text{ м/мин} - \text{ фрезерование торца с}$$

правой стороны заготовки.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:  $k_v = k_{Mv} \cdot k_{Iv} \cdot k_{Iv} = 1,32 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,06$

Частота вращения обеих фрез одинакова, поэтому рассчитаем её для скорости резания  $v=426 \text{ м/мин}$  [3,с.282]:  $n = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 426}{3,14 \cdot 100} = 1357 \text{ об/мин}$ ;

Скорректируем частоту вращения шпинделя по станку:  $n_o = 958 \text{ об/мин}$ .

Действительная скорость резания [3,с.282]:

$$V_o = \frac{\pi D n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 958}{1000} = 301 \text{ м/мин} = 5 \text{ м/с}$$

Сила резания [3,с.283]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{Mp} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3,8^1 \cdot 0,07^{0,75} \cdot 22,39^{1,1} \cdot 6}{100^{1,3} \cdot 958^{0,2}} \cdot 0,92 = 458 \text{ Н}$$

$$k_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{570}{750} \right)^{0,3} = 0,92$$

Мощность, затрачиваемая на резание [3,с.283]:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_o}{1000} = \frac{458 \cdot 5}{1000} = 2,29 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{шт}} = N_{\text{ош}} \cdot \eta = 6,6 \cdot 0,75 = 4,95 \text{ кВт}; N_{\text{рез}} = 2,9 \text{ кВт} \leq N_{\text{шт}} = 4,95 \text{ кВт}, \text{ значит}$$

мощность привода выбранного станка достаточна, обработка возможна.

$$\text{Длина рабочего хода фрезы: } L_p = l_1 + B + l_2 = 1 + 22,39 + 1 = 24,39 \text{ мм}.$$

$$\text{Основное время: } T_o = \frac{L_p}{S_M} = \frac{24,39}{400} = 0,06 \text{ мин}$$

Поз. 2. Сверлить центровые отверстия с обоих торцов заготовки.

Параметры отверстия:  $D=3.15 \text{ мм}$ ;  $l=6.97 \text{ мм}$ .

Глубина резания  $t=0,5D=1.575 \text{ мм}$ .

Подача  $S=0,1 \text{ мм/об}$ .

Частота вращения сверлильного шпинделя:  $n = 1000 \text{ об/мин}$

$$\text{Основное время } T_o = \frac{L_p}{S_M} = \frac{7}{0,1 \cdot 1000} = 0,07 \text{ мин}$$

### **010 Токарная с ЧПУ.**

1. Точить начерно правую половину вала.

**Точить фаску  $2 \times 45^\circ$**  (траектория от т.1 до т.2).

Подача  $S=0,4 \text{ мм/об}$ ;  $S_{\text{п}}=0,4 \text{ мм/об}$ ; частота вращения  $n=1800 \text{ об/мин}$ ;

скорость резания  $V=125,5 \text{ м/мин}$ ; Длина рабочего хода резца:

$$L_p = l_{\text{заг}} + l_1 = 2 + 1,5 = 3,5 \text{ мм}$$

$$\text{Основное время: } T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{3,5}{0,4 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

**Точить шейку червяка  $\varnothing 20$**  (траектория от т.2 до т.3).

$$\text{Глубина резания: } t = \frac{D-d}{2} = \frac{22,21-20,59}{2} = 0,81 \text{ мм}$$

Подача:  $S_o = 0,3 \dots 0,4 \text{ мм/об}$ , скорректируем по паспортным данным

станка:  $S_o = 0,4 \text{ мм/об}$

Период стойкости резца:  $T = 60 \text{ мин}$ .

$$\text{Скорость резания: } V_c = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_o^{y_v}} \cdot k_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,81^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,95 = 208,5$$

м/мин

Общий поправочный коэффициент:

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{iv} \cdot k_{\dot{E}v} \cdot k_{\rho v} \cdot k_{ov} = 1,32 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,95$$

$$k_{Mv} = k_{\dot{A}} \left( \frac{750}{\sigma_{\dot{A}}} \right)^{n_v} = 1 \left( \frac{750}{570} \right)^1 = 1,32$$

Частота вращения шпинделя:  $n = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 208,5}{3,14 \cdot 22,21} = 2990 \text{ об/мин};$

Скорректируем частоту вращения шпинделя по станку:  $n_{\delta} = 1800 \text{ об/мин}.$

Действительная скорость резания:

$$V_{\delta} = \frac{\pi D n_{\delta}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22,21 \cdot 1800}{1000} = 125,5 \text{ м/мин} = 2,09 \text{ м/с}$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot S_o^{Y_{Pz}} \cdot V_{\delta}^{n_{Pz}} \cdot k_{Pz} = 300 \cdot 0,81^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 125,5^{-0,15} \cdot 0,912 = 55 \text{ кГс} = 55 \cdot 9,81 = 539,55 \text{ Н}$$

$$k_{Pz} = k_{M_{Pz}} \cdot k_{\varphi_{Pz}} \cdot k_{\gamma_{Pz}} \cdot k_{\lambda_{Pz}} = 0,97 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 = 0,912$$

Мощность, затрачиваемая на резание:  $N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_{\delta}}{1000} = \frac{539,55 \cdot 2,09}{1000} = 1,13 \text{ кВт}$

Проверим, достаточна ли мощность привода станка для обработки.

$$N_{рез} \leq N_{им}; \quad N_{им} = N_{\delta} \cdot \eta = 4 \cdot 0,75 = 3 \text{ кВт}; \quad N_{рез} = 1,13 \text{ кВт} \leq N_{им} = 3 \text{ кВт}, \text{ значит}$$

мощность привода выбранного станка достаточна, обработка возможна.

Длина рабочего хода резца:  $L_{\delta} = 68 \text{ мм}.$

Основное время:  $T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{68}{0,4 \cdot 1800} = 0,094 \text{ мин}$

**Подрезать торец** (траектория от т.3 до т.4)

$$t=2 \quad \text{мм}; \quad S=0,4 \text{ мм/об}; \quad V=125 \quad \text{м/мин}; \quad n=1800 \text{ об/мин}.$$

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{2,5}{0,4 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

**Точить шейку червяка Ø25** (траектория от т.4 до т.5).

$$t=0,81 \text{ мм}; \quad S=0,4 \text{ мм/об}; \quad V=141 \text{ м/мин}; \quad n=1800 \text{ об/мин};$$

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{13}{0,4 \cdot 1800} = 0,02 \text{ мин}$$

**Подрезать торец** (траектория от т.5 до т.6)

$$t=2 \quad \text{мм}; \quad S_{п}=0,4 \text{ мм/об}; \quad V=141 \quad \text{м/мин}; \quad n=1800 \text{ об/мин}.$$

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{2,5}{0,4 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

**Точить шейку червяка Ø30** (траектория от т.6 до т.7).

$t=1,3$  мм;  $S=0,4$  мм/об;  $V=170$  м/мин;  $n=1800$  об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{24}{0,4 \cdot 1800} = 0,03 \text{ мин}$$

**Подрезать торец** (траектория от т.7 до т.8)

$t=2$  мм;  $S_{\Pi}=0,4$  мм/об;  $V=170$  м/мин;  $n=1800$  об/мин.

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{2,5}{0,4 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

**Точить фаску  $4 \times 30^\circ$**  (траектория от т.8 до т.9).

Подача  $S=0,4$  мм/об;  $S_{\Pi}=0,6$  мм/об; частота вращения  $n=1800$  об/мин;

скорость резания

$$V=290 \text{ м/мин; Основное время: } T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{4}{0,4 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

**Точить шейку червяка Ø52** (траектория от т.9 до т.10).

$t=0,87$  мм;  $S=0,4$  мм/об;  $V=290$  м/мин;  $n=1800$  об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{68}{0,4 \cdot 1800} = 0,09 \text{ мин}$$

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot S_o^{Y_{Pz}} \cdot V_o^{n_{Pz}} \cdot K_{Pz} = 300 \cdot 0,87^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 290^{-0,15} \cdot 0,912 = 51 \text{ кгс} = 51 \cdot 9,81 = 501 \text{ Н}$$

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_o}{1000} = \frac{501 \cdot 4,83}{1000} = 2,42 \text{ кВт}$$

2. Точить начисто правую половину вала.

**Точить фаску  $2 \times 45^\circ$**

$t=0,2$  мм;  $S=0,1$  мм/об;  $V=125,5$  м/мин;  $n=1800$  об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{2}{0,1 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

**Точить шейку червяка Ø20**

$t=0,2$  мм;  $S=0,1$  мм/об;  $V=125,5$  м/мин;  $n=1800$  об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{68}{0,1 \cdot 1800} = 0,38 \text{ мин}$$

### **Подрезать торец**

$t=0,5$  мм;  $S_{п}=0,1$ мм/об;  $V=125,5$  м/мин;  $n=1800$ об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{2,5}{0,1 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

### **Точить шейку червяка Ø25**

$t=0,2$ мм;  $S=0,1$ мм/об;  $V=141$  м/мин;  $n=1800$ об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{13}{0,1 \cdot 1800} = 0,07 \text{ мин}$$

### **Подрезать торец**

$t=0,5$  мм;  $S_{п}=0,1$ мм/об;  $V=125,5$  м/мин;  $n=1800$ об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{2,5}{0,1 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

### **Точить шейку червяка Ø30**

$t=0,5$ мм;  $S=0,1$ мм/об;  $V=170$  м/мин;  $n=1800$ об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{24}{0,1 \cdot 1800} = 0,13 \text{ мин}$$

### **Подрезать торец**

$t=0,5$  мм;  $S_{п}=0,1$ мм/об;  $V=170$  м/мин;  $n=1800$ об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{2,5}{0,1 \cdot 1800} = 0,01 \text{ мин}$$

### **Точить фаску $4 \times 30^\circ$**

Подача  $S=0,1$ мм/об;  $S_{п}=0,2$ мм/об; частота вращения  $n=1800$ об/мин;

скорость резания

$V=290$  м/мин; Основное время:  $T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{4}{0,1 \cdot 1800} = 0,02 \text{ мин}$

### **Точить шейку червяка Ø52**

$t=0,5$  мм;  $S=0,1$ мм/об;  $V=290$  м/мин;  $n=1800$ об/мин;

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \cdot n} = \frac{68}{0,1 \cdot 1800} = 0,38 \text{ мин}$$

## **045 Шлифовальная.**

1) Шлифовать шейку червяка.

Исходные данные: мощность станка  $N=10\text{кВт}$ , параметры обрабатываемой поверхности:

$d=25\text{к6}$ ;  $L_{\text{заг}}=49\text{мм}$ ;  $\sqrt{Ra}0,8$ ; сталь 50; шлифовальный круг ПП 400×40×127 33А 40Н СМ2 5 К5 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83.

Скорость шлифовального круга:  $V = \frac{\pi D_{\text{к}} n_{\text{к}}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 33,3\text{м/с}$ , т.е.

в пределах рекомендуемого по справочнику диапазона (30...35 м/с).

Скорость вращения заготовки:  $V_{\text{соок}} = 15...55\text{м/мин}$ ,

принимаю  $V_{\text{соок}} = 35\text{м/мин} = 0,58\text{м/с}$ .

Частота вращения заготовки:  $n_3 = \frac{1000 \cdot V_{\text{соок}}}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 25} = 445\text{об/мин}$ , станок

мод. 3М151 имеет бесступенчатое регулирование частот вращения заготовки от 50 до 500 об/мин, поэтому корректировка не требуется.

Поперечная подача круга. Станок имеет бесступенчатое регулирование величины поперечной подачи шлифовальной бабки на 1 ход стола от 0,001 до 0,05мм. Назначаю  $S_x = 0,005\text{мм/ход}$ ;

Продольная подача на 1 оборот заготовки:  
 $S_o = (0,2...0,4)B_k = 0,3 \cdot 40 = 12\text{мм/об}$ ;

Скорость продольной подачи:  $V_{\text{снпро}} = \frac{S_o \cdot n_3}{1000} = \frac{12 \cdot 445}{1000} = 5,34\text{м/мин} = 0,089\text{м/с}$ ;

скорректируем по станку. Станок имеет бесступенчатое регулирование скорости перемещения стола 0,05...5м/мин, поэтому принимаю

$V_{\text{снпро}} = 5\text{м/мин} = 0,083\text{м/с}$ .

Мощность, затрачиваемая на резание:

$N = C_N \cdot V_3^r \cdot S_x^x \cdot S_y^y \cdot d^q = 2,65 \cdot 35^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 12^{0,55} \cdot 1 = 4,35\text{кВт}$ .

Проверим, достаточна ли мощность электродвигателя станка:

$N_{\text{ин}} = N_{\text{ов}} \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5\text{кВт}$ ;  $N_{\text{рез}} = 4,35\text{кВт} \leq N_{\text{ин}} = 7,5\text{кВт}$ , значит мощность

привода выбранного станка достаточна, обработка возможна.

$$\text{Основное время: } T_o = \frac{L_{\text{заг}} \cdot h}{n_3 S_o S_x} k = \frac{49 \cdot 0,192}{445 \cdot 12 \cdot 0,005} \cdot 1,4 = 0,5 \text{ мин}$$

2) Шлифовать торец.

$$V = 33,3 \text{ м/с}; \quad V_{\text{соок}} = 35 \text{ м/мин} = 0,58 \text{ м/с}; \quad n_3 = 445 \text{ об/мин}; \quad S_o = 0,005 \text{ мм/об};$$

$$T_o = \frac{L_{\text{бурт}}}{n_k S_p} = 0,37 \text{ мин}$$

Таблица 12

Сводные данные режимов резания.

Номер операции	Наименование операции, перехода	Глубина резания $t$ , мм	Длина резания $l_{\text{рез}}$ , мм	Подача $s_0$ , мм/об		Скорость $V$ , м/мин		Частота вращения, $\text{мин}^{-1}$		Минутная подача $S_M$ , мм/мин
				расчётная	принятая	расчётная	принятая	расчётная	принятая	
05	<u>Фрезерно-центровальная</u>									
	1. Фрезеровать два торца одновременно	3,8	24,39	0,07	0,07	446	301	1357	958	400
	2. Сверлить два центровых отверстия	1,5	6,97	0,1	0,1	301	301	958	958	400
010	<u>Токарная с ЧПУ</u>									
	Точить начерно:									
	1. Точить фаску $2 \times 45^\circ$	0,8	3,5	0,4	0,4	125,5	125,5	1800	1800	
	2. Точить шейку червяка $\varnothing 20$	0,8	68	0,4	0,4	208,5	125,5	2990	1800	
	3. Подрезать торец	2	2,5	0,4	0,4	125,5	125,5	1800	1800	
	4. Точить шейку червяка $\varnothing 25$	0,8	13	0,4	0,4	141	141	1800	1800	
	5. Подрезать торец	0,8	2,5	0,4	0,4	141	141	1800	1800	
6. Точить шейку червяка $\varnothing 30$	1,3	24	0,4	0,4	170	170	1800	1800		

	7.Подрезать торец	2	2,5	0,4	0,4	170	170	1800	1800
	8.Точить фаску 4×30°	0,8	4	0,4	0,4	290	290	1800	1800
	9.Точить шейку червяка Ø52	0,8	68	0,4	0,4	290	290	1800	1800
	Точить начисто:								
	10.Точить фаску 2×45°	0,2	2	0,1	0,1	125,5	125,5	1800	1800
	11.Точить шейку червяка Ø20	0,2	68	0,1	0,1	125,5	125,5	1800	1800
	12.Подрезать торец	0,5	2,5	0,1	0,1	125,5	125,5	1800	1800
	13.Точить шейку червяка Ø25	0,2	13	0,1	0,1	141	141	1800	1800
	14.Подрезать торец	0,5	2,5	0,1	0,1	125,5	125,5	1800	1800
	15.Точить шейку червяка Ø30	0,5	24	0,1	0,1	170	170	1800	1800
	16.Подрезать торец	0,5	2,5	0,1	0,1	170	170	1800	1800
	17.Точить фаску 4×30°	0,2	4	0,1	0,1	290	290	1800	1800
	18.Точить шейку червяка Ø52	0,5	68	0,1	0,1	290	290	1800	1800
015	<u>Токарная с ЧПУ</u> Точить начерно:								
	1.Точить фаску 2×45°	0,8	3,5	0,4	0,4	125,5	125,5	1800	1800
	2.Точить шейку вала Ø14	1,3	22	0,4	0,4	79	79	1800	1800
	3.Подрезать торец	2	2,5	0,4	0,4	100	100	1800	1800
	4.Точить шейку червяка Ø25	0,8	49	0,4	0,4	141	141	1800	1800
	5.Подрезать торец	2	2,5	0,4	0,4	141	141	1800	1800

6.Точить шейку червяка Ø30	1,3	30	0,4	0,4	170	170	1800	1800
7.Подрезать торец	2	2,5	0,4	0,4	170	170	1800	1800
8.Точить фаску 4×30°	0,4	4	0,4	0,4	290	290	1800	1800
Точить начисто:								
9.Точить фаску 2×45°	0,2	2	0,1	0,1	79	79	1800	1800
10.Точить шейку червяка Ø14	0,2	22	0,1	0,1	79	79	1800	1800
11.Подрезать торец	0,5	2,5	0,1	0,1	100	100	1800	1800
12.Точить шейку червяка Ø25	0,2	49	0,1	0,1	141	141	1800	1800
13.Подрезать торец	0,5	2,5	0,1	0,1	141	141	1800	1800
14.Точить шейку червяка Ø30	0,5	30	0,1	0,1	170	170	1800	1800
15.Подрезать торец	0,5	2,5	0,1	0,1	170	170	1800	1800
16.Точить фаску 4×30°	0,1	4	0,1	0,1	290	290	1800	1800
17.Нарезать резьбу.	0,35	17	2	2	79	79	1800	1800

020	<u>Шпоночно-фрезерная</u> 1. Фрезеровать паз.	0,3	30	0,3	0,3	146,4	75	7750	4000	800
025	<u>Резьбофрезерная</u> 1. Нарезать винтовую поверхность	11	89	12,5	12,5	68	62,8	270	250	42
		0,01	193,5	150	150	35	35	56	56	42
045	<u>Шлифовальная.</u> 1. Шлифовать шейку червяка. 2. Шлифовать торец.	0,19	49	0,005	0,005	35	35	445	445	
		0,41	3	0,005	0,005	35	35	445	445	
050	<u>Шлифовальная.</u> 1. Шлифовать шейку червяка.	0,19	3	0,005	0,005	35	35	445	445	
055	<u>Шлифовальная.</u> 1. Шлифовать шейку червяка.	0,5	70	0,005	0,005	35	35	557	557	

### 1.9. Нормирование технологического процесса

В мелко- и среднесерийном производстве рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени по формуле [1,с.101]

$$T_{шт.-к.} = T_{шт.} + \frac{T_{п.з.}}{n}$$

где:  $t_{шт}$  - штучное время, мин;

$t_{п.з.}$  - подготовительно-заключительное время, мин;

$n$  - размер партии деталей деталей.

005 Фрезерно-центровальная

Основное время:  $T_o = 0,07 \text{ мин}$

Время на установку и снятие детали, закрепление ее и открепление  
 $T_{у.с.} + T_{з.о.} = 0,136 \text{ мин.}$

Подготовительно-заключительное время: установка приспособления – 5 мин, установка фрез – 4 мин, получение и сдача инструмента и приспособлений – 7 мин:  $T_{пз}=5+4+7=16$  мин.

Время на приемы управления: включить и выключить станок кнопкой – 0,01 мин, поворот барабана 2 раза – 0,11 мин:  $T_{уп}=0,11+0,01=0,12$  мин.

Вспомогательное время:  $T_{в}=(0,136+0,12)1,85=0,46$  мин.

Оперативное время:  $T_{оп}=0,07+0,46=0,53$  мин

Время на обслуживание рабочего места и отдых составляет 6% оперативного:

$T_{об.от.}=0,53 \times 0,06=0,035$  мин.

$T_{шт}=T_{оп}+T_{об.от.}=0,59+0,035=0,63$  мин.

$$T_{шт.-к.} = T_{шт.} + \frac{T_{н.з.}}{n} = 0,63 + \frac{16}{1500} = 0,64$$

010 Токарная с ЧПУ

Основное время  $T_o = 1,3$  мин;

Подготовительно-заключительное время: наладка станка, инструмента и приспособлений 7 мин, установка патрона 7 мин, получение и сдача инструмента и приспособлений 7 мин;  $T_{пз}=21$  мин.

Время на установку, снятие, закрепление и открепление детали:  $T_{ус}+T_{зо}=0,14$  мин.

Время на приемы управления: включить-выключить станок кнопкой 0,01 мин, поворот револьверной головки 0,015 мин, подвод и отвод инструмента 0,03 мин:  $T_{уп}=0,055$  мин.

Время на измерение детали при 50% контролируемых деталей:  $T_{изм}=0,11 \times 0,5=0,065$  мин.

Поправочный коэффициент для среднесерийного производства:  $k=1,85$ .

Вспомогательное время:  $T_{в}=(0,14+0,055+0,065) 1,85=0,48$  мин.

Оперативное время  $T_{оп}=1,3+0,48=1,78$  мин.

Время на техническое обслуживание рабочего места  $T_t=T_oK1/100=0,366 \times 2,5/100=0,01$  мин.

Сумма времен организационного обслуживания и перерывов в работе:  
 $T_{\text{пер}}+T_{\text{торг}}=T_{\text{оп}} \cdot K_2/100=0,666 \cdot 3/100=0,02\text{мин.}$

Определим штучное время:  $T_{\text{шт}}=1,78+0,01+0,02=1,81\text{мин.}$

$$T_{\text{шт.-к.}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{н.з.}}}{n} = 1,81 + \frac{21}{1500} = 1,82$$

045 Круглошлифовальная

Основное время:  $T_{\text{о}}=0,5+0,37=0,87\text{мин.}$

Подготовительно-заключительное время: установка приспособления 7мин, установка круга 2 мин, получение и сдача инструмента и приспособлений 7мин:  $T_{\text{пз}}=16\text{мин.}$

Время на установку, снятие, закрепление и открепление детали:  
 $T_{\text{у.с.}}+T_{\text{з.о.}}=0,136\text{мин.}$

Время на приемы управления: включить и выключить станок кнопкой 0,01мин, подвести деталь к кругу в вертикальном направлении 0,11мин, подвести деталь к кругу в продольном направлении 0,03мин:  $T_{\text{уп}}=0,15\text{мин.}$

Время на измерение детали (50% деталей):  $T_{\text{из}}=0,5 \cdot 0,18=0,09\text{мин.}$

Вспомогательное время:  $T_{\text{в}}=(0,136+0,15+0,09) \cdot 1,85=0,7\text{мин.}$

Оперативное время:  $T_{\text{оп}}=0,87+0,7=1,57\text{мин.}$

Время на обслуживание рабочего места и отдых составляет 6% оперативного:

$T_{\text{об.от.}}=1,57 \times 0,06=0,09\text{мин.}$

Штучное время:  $T_{\text{шт}}=T_{\text{оп}}+T_{\text{об.от.}}=1,57+0,09=1,66\text{ мин.}$

$$T_{\text{шт.-к.}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{н.з.}}}{n} = 1,66 + \frac{16}{1500} = 1,67$$

Сводные данные нормирования технологического процесса изготовления детали  
«червяк».

Номер операции	Наименование операции	Основное время	Вспомогательное время	Оперативное время	Время на обслуживание и отдых	Штучное время	Величина партии	Штучно-калькуляционное время
05	Фрезерно - центральная	0,136	0,46	0,53	0,035	0,63	1500	0,64
010	Токарная с ЧПУ	1,3	0,48	1,78	0,02	1,81		1,82
015	Токарная с ЧПУ	0,83	0,48	1,31	0,02	1,33		1,34
020	Шпоночно-фрезерная	0,38	0,59	0,97	0,06	1,03		1,04
025	Резьбофрезерная	12,9	0,45	13,35	0,02	13,38		13,4
030	Слесарная	0,4	0,13	0,43	0,01	0,44		0,45
035	Термическая	5	0,02	5,02	0,01	5,12		5,12
040	Центральная	0,07	0,46	0,53	0,03	0,56		0,57
045	Шлифовальная	0,87	0,7	1,57	0,09	1,66		1,67
050	Шлифовальная	0,37	0,7	1,07	0,06	1,13		1,14
055	Шлифовальная	9,62	0,7	1,33	0,08	1,41		1,42
060	Моечная	1,9	0,21	2,11	0,21	2,32		2,32

**1.10. Техничко – экономическое обоснование и показатели технологического процесса.**

В качестве одного из критериев для оценки вариантов механической обработки детали на каждой операции используются технологическая себестоимость, определяемая по формуле:

$$C = M + Z + C_u + C_n + C_a + C_{\text{Э}} + C_p$$

где: М – стоимость материала или заготовки;

З – заработная плата с начислениями рабочего, выполняющего операцию;

$C_u$  – затраты на эксплуатацию инструмента на выполняемой операции;

$C_n$  – затраты по эксплуатации применяемого приспособления;

$C_a$  – амортизационные отчисления, отнесённые к операции;

$C_э$  – затраты на силовую энергию;

$C_p$  – затраты на текущий ремонт оборудования, отнесённые к одной операции.

Заработная плата производственного рабочего, выполняющего операцию, определяется по формуле [8, с.32]:

$$З = \frac{K \cdot 1000 \cdot C_з \cdot t}{60} = 1,9 \cdot C_з \cdot t$$

где: К – коэффициент, учитывающий расходы по соцстраху, дополнительную

заработную плату и премию;

$C_з$  – часовая зарплата в зависимости от разряда рабочего по тарифной сетке, руб.;

t – время на операцию.

Затраты на эксплуатацию инструмента при выполнении операции определяется по формуле 8, с.32]:

$$C_u = \frac{S_u \cdot t_0 \cdot \eta_p}{T}$$

где:  $S_u$  - затраты на эксплуатацию инструмента за период его стойкости, руб

$t_0$  - основное технологическое время, мин;

$\eta_p$  - коэффициент, учитывающий изменения стойкости инструмента при много инструментальной обработки;

T – стойкость инструмента, мин.

Затраты на эксплуатацию приспособления определяется по формуле [8, с.33]:

$$C_n = S_{np} \cdot t \cdot K_1 \cdot K_2$$

где:  $S_{np}$  – затраты на эксплуатацию приспособления в течении одной минуты, руб [5, с.107];

$K_1$  – коэффициент, учитывающий срок службы приспособления [8, с.98];

$K_2$  – коэффициент, учитывающий степень использования приспособления [5, с.98].

Амортизационные отчисления определяются по формуле [8, с.34]:

$$C_a = \frac{at}{60F_d \eta_z}$$

где:  $a$  – величина ежегодных отчислений, руб;

$\eta_z$  - коэффициент загрузки оборудования.

Величина ежегодных амортизационных отчислений определяется по формуле:

$$a = 12,7C_0$$

где  $C_0$  – стоимость оборудования, руб..

Затраты на силовую электроэнергию при выполнении операции определяют по формуле:

$$C_z = \frac{N_{уст.} \cdot a \beta S_z}{60}$$

где:  $N_{уст.}$  – суммарная установочная мощность всех электродвигателей станка, кВт;

$a$  и  $\beta$  - коэффициенты использования установочной мощности соответственно по времени и величине;

$S_z$  - цена 1 кВт энергии, руб.

Затраты на текущий ремонт оборудования определяется по формуле [8, с.35]:  $C_p = \frac{\rho t}{60F_d \eta_z}$

где:  $\rho$  - затраты на текущий ремонт станка.

## Сводные данные анализа технологической себестоимости детали «Червяк»

Операция	Модель станка	T <sub>шт</sub> , мин	М, р.	З, р.	С <sub>и</sub> , р.	С <sub>п</sub> , р.	С <sub>а</sub> , р.	С <sub>э</sub> , р.	С <sub>р</sub> , р.
005 Фрезерно - центровальная	фрезерно- центровальный	0,63	1350	20,1	2,5	01,3	8,8	10,1	10,7
010 Токарная с ЧПУ	токарный станок с ЧПУ мод. 1А616 Ф3	1,81	1350	57,9	7,2	3,6	25,3	29,1	30,7
015 Токарная с ЧПУ	токарный станок с ЧПУ мод. 1А616 Ф3	1,33	1350	42,6	5,3	2,6	18,6	21,2	22,6
020 Шпоночно- фрезерная	станок шпоночно- фрезерный ДФ-96	1,03	1350	32,9	4,2	2,1	14,4	16,4	17,5
025 Резьбофрезерная	резьбофрезерный полуавтомат 5К63	13,35	1350	427, 2	53,4	6,7	186,9	213,6	226,9
030 Слесарная	электро-химический полуавтомат	0,44	1350	14,8	01,8	9	6,1	7	7,4
035 Термическая	установка ТВЧ	5,12	1350	162, 1	20,5	10,2	71,6	81,9	87
040 Центровальная	Автомат центровальный двусторонний 2910	0,56	1350	17,9	2,2	1,1	7,8	8,9	9,5
045 Шлифовальная	кругло-шлифовальный станок мод.3М151	1,66	1350	53,1	6,6	3,3	23,2	26,5	28,2
050 Шлифовальная	кругло-шлифовальный станок мод.3М151	1,13	1350	36,1	4,5	2,7	15,8	18	19,2
055 Шлифовальная	кругло-шлифовальный станок мод.3М151	1,41	1350	45,2	5,6	2,8	19,7	22,5	23,9
060 Моечная	моечная машина	2,32	1350	74,2	9,2	4,1	32,4	37,1	39,4
Итого $\Sigma$			1350	979, 6	123,2	246,4	862,4	985,6	1047
С=5594,5руб.									

## **2. Конструкторская часть**

### **Проектирование станочного приспособления.**

#### **2.1. Служебное назначение приспособления.**

Приспособление, использующееся на шпоночно-фрезерной (020) операции, служит для зажима обрабатываемой заготовки. Для обработки заготовка устанавливается в призмы и прижимается сверху прихватом, который исключает возможность проворачивания заготовки во время обработки. Главным требованием, предъявляемым к приспособлению, является обеспечение достаточной силы зажима заготовки. Также необходимо обеспечить точность приспособления, и прочность всех деталей приспособления.

#### **2.2. Исходные данные для проектирования.**

Для проектирования известны следующие данные: мощность, затрачиваемая на резание  $N_{рез} = 2,29 кВт$ , сила резания  $P_z = 458 Н$ , диаметр шейки вала, устанавливаемой на призму  $d=27мм$ , давление сжатого воздуха  $p=0,5 МПа$ , дана схема обработки, кинематическая схема приспособления.

Весь расчет приспособления ведется по [13,с.106-138]

### 2.3. Кинематическая схема приспособления.

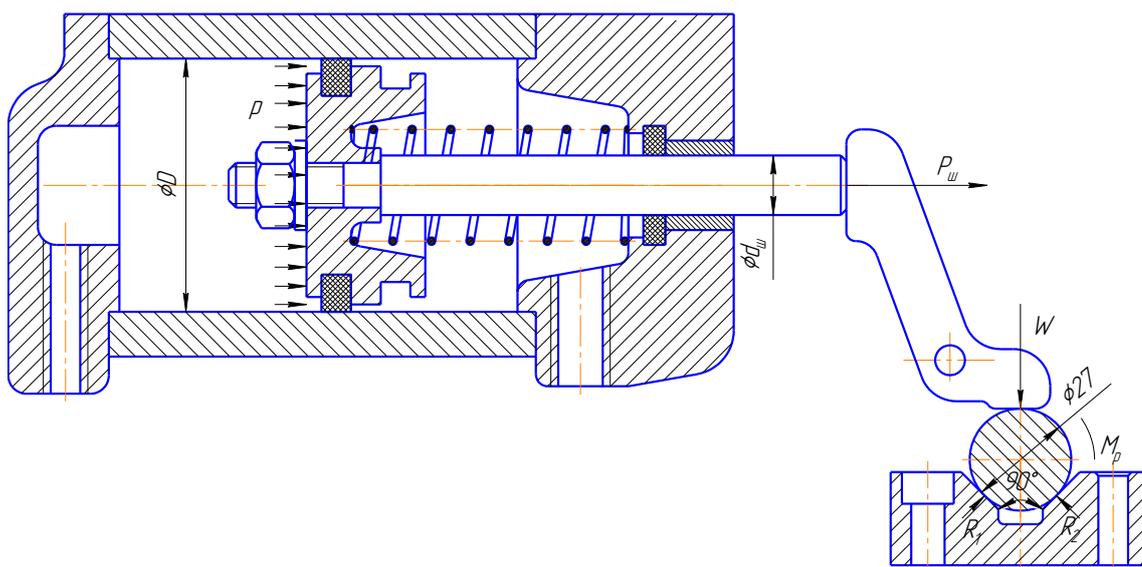


Рис. 12 - Кинематическая схема приспособления.

### 2.4. Расчет силы закрепления заготовки и выбор привода. Расчет на точность. Расчет слабого звена на прочность.

#### 1) Расчет силы закрепления.

Составляем уравнение равновесия заготовки (с учетом коэффициента запаса) на основании схемы сил закрепления заготовки (рис.13):

$kM_p = M_{mp.1} + M_{mp.2} = Wf_1r + Wf_{i\delta}r$ , откуда силу зажима можно выразить так:

$$W = \frac{kM_p}{r(f_1 + f_{i\delta})}$$

где,  $f_1$  - коэффициент трения между прихватом и заготовкой,

$$f_1 = 0,25$$

$f_{i\delta}$  - приведенный коэффициент трения,  $f_{i\delta} = f_2 \frac{1}{\sin(\alpha/2)} = 0,25 \frac{1}{\sin 45} = 0,35$

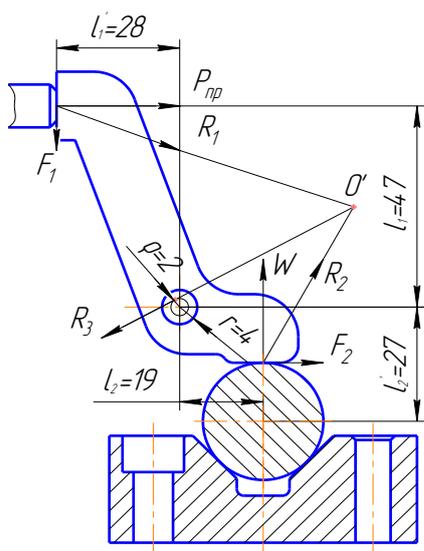
$M_p$  - момент обработки.  $M_p = P_z \cdot r = 458 \cdot 0,0135 = 6,18$  Нм.

$k$  - коэффициент запаса.  $k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 = 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,808$ .

$k_0=1,5$  - гарантированный коэффициент запаса,  $k_1=1,3$  - коэффициент, учитывающий возрастание сил обработки при затуплении инструмента,  $k_2=1,2$  - коэффициент, учитывающий неравномерность сил резания, из-за непостоянства снимаемого припуска.

$k_3=1,2$  - коэффициент, учитывающий изменение сил обработки при прерывистом резании (для торцового фрезерования).  $k_4=1$  - коэффициент, учитывающий непостоянство развиваемых приводами сил зажима.

Потребная сила зажима равна: 
$$W = \frac{kM_p}{r(f_1 + f_{\text{вд}})} = \frac{2,808 \cdot 6,18}{0,0135(0,25 + 0,35)} = 2142 \text{ Н.}$$



Теперь найдем силу привода приспособления.

Составим уравнение равновесия рычага:  $\sum M_O = 0;$

$$-P_{np}l_1 + F_1l_1' + R_3\rho + Wl_2 + F_2l_2' = 0$$

$$F_1 = P_{np}f_1; \quad F_2 = P_{np}f_2; \quad R_3 = 0,4P_{\text{вд}} + 0,96W;$$

$$\rho = f'r = 0,2 \cdot 8 = 1,6 \text{ мм} - \text{ радиус круга трения в цапфе.}$$

Рис. 13 - Схема сил, действующих на рычаг.

$$P_{np} = \frac{W(l_2 + f_2l_2' + 0,96\rho)}{l_1 + f_1l_1' + 0,4\rho} = \frac{2142(19 + 0,25 \cdot 27 + 0,96 \cdot 1,6)}{47 + 0,15 \cdot 28 + 0,4 \cdot 1,6} = 1127 \text{ Н}$$

Рассчитаем необходимый привод - пневмоцилиндр. То есть на штоке пневмоцилиндра должно быть усилие 1127Н.

Найдем теперь диаметр необходимый диаметр пневмоцилиндра.

Силу на штоке пневмоцилиндра можно найти следующим образом:

$$P_{ш} = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta - P_n, \text{ откуда}$$

$$\text{Диаметр цилиндра } D = \sqrt{\frac{4(P_{ш} + P_n)}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4(1127 + 299)}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,06 \text{ м} = 60 \text{ мм}$$

Где,  $P_\phi = P_{i\phi}$  - сила на штоке,  $P_i$  - сила сопротивления возвратной пружины,  $p$  – давление сжатого воздуха,  $\eta$  - КПД цилиндра.

$$P_n = c \cdot \Delta x = 14,93 \cdot 20 = 299H$$

Выбираю цилиндр с  $D=60$ мм, диаметр штока равен  $d_{ш} = 16$ мм.

## 2) Расчет слабого звена на прочность.

Наиболее нагруженным звеном приспособления при зажиме заготовки является ось, вокруг которой поворачивается рычаг.

Сила, действующая на ось равна реакции  $R_3 = 0,4P_{np} + 0,96W = 0,4 \cdot 1127 + 0,96 \cdot 2142 = 2507H$ .

Ось воспринимает радиальную нагрузку, которая будет создавать напряжение среза в оси на стыке рычага и места крепления оси.

Условие прочности оси на срез:  $\tau_{cp} \leq [\tau_{cp}]$  ;

$$\tau_{cp} = \frac{R_3}{S_n} = \frac{R_3}{\pi d^2 / 4} = \frac{2507 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,008^2} = 49,9 МПа$$

$[\tau_{cp}] = 85 МПа$  - допускаемое напряжение среза для стали 45 после отжига,

$\tau_{cp} = 49,9 \leq [\tau_{cp}] = 85$ , значит прочность слабого звена (оси) достаточна.

По результатам расчетов приспособление будет надежно зажимать заготовку при обработке и обладать при этом достаточной прочностью.

## 3) Расчет на точность.

Точность обработки заготовок в значительной степени зависят от правильного назначения требований к точности изготовления приспособлений.

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих суммарную погрешность. Наиболее существенными из них являются:

$\varepsilon_\delta$  – погрешности базирования заготовки в приспособлении;

$\varepsilon_3$  – погрешности, возникающие в результате деформации заготовки приспособления при закреплении;

$\varepsilon_{yc}$  – погрешности установки приспособления на станке;

$\varepsilon_{np}$  – погрешности, возникающие в результате неточности изготовления приспособления;

$\varepsilon_n$  – погрешность установки и смещения режущего и вспомогательного инструмента на станке, вызываемая неточностью изготовления направляющих элементов приспособления;

$\varepsilon_u$  – погрешности вызываемые в результате износа деталей приспособления;

$W$  – табличное значение средней экономической точности для рассматриваемого метода обработки детали в приспособлении.

Суммарная погрешность обработки определяется как сумма всех перечисленных выше составляющих и должна быть меньше допуска на размер детали, а их разность представляет собой допустимую погрешность изготовления приспособления:

$$\sum \varepsilon_{об} \leq T; \varepsilon_{об} \leq T - \sum \varepsilon_{об}$$

Таким образом, погрешность, допустимая для данного приспособления и вызываемая неточностью его изготовления, может быть определена по формуле:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K \sqrt{(K_1 \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_2 W)^2}$$

Где  $K$  – коэффициент, учитывающий возможное отклонение от нормального распределения отдельных погрешностей  $K = 1, 2$ ;

$K_1$  – коэффициент уменьшения погрешности  $\varepsilon_\delta$  вследствие того, что действительные размеры установочной поверхности редко равны предельным;  
 $K_1 = 0.8 - 0.85$ .

$$K_2 = 0.6 - 0.8.$$

Погрешность базирования  $\Sigma\delta$ , есть отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого.

Погрешность базирования для данной схемы установки заготовки определили по формуле:

$$\varepsilon_\delta = 0,5ITd\left(\frac{1}{\sin\alpha} + 1\right), [4, с.523],$$

где  $ITd$  – допуск на размер;

$$2\alpha = 90^\circ - \text{угол призмы},$$

$$\varepsilon_\delta = 0,5 * 0,0017 * \left(\frac{1}{0,8509} + 1\right) = 0,00174 \text{ мм} = 1,7 \text{ мкм}.$$

Погрешность закрепления  $\varepsilon_z$  для чистовой обработки 0,05 мм;

Погрешность  $\varepsilon_{yc}$  возникает в результате смещения и перекоса корпуса приспособления на станке.

В серийном производстве при однократном закреплении приспособления,  $\varepsilon_{yc}$  доводится выверкой до 0,01–0,02 мм и остается постоянной в течении эксплуатации.

Погрешность  $\varepsilon_n$  возникает из-за неточности изготовления направляющих элементов приспособления. Технологические возможности изготовления этих элементов обеспечивают их точность в пределах 0,01-0,005 мм.

При отсутствии направляющих этот коэффициент не учитывают.

Погрешности, возникающие в результате износа деталей приспособления  $\varepsilon_u$  можно определить в зависимости от числа контактов заготовок с установочными элементами приспособлений.

Для неразборных специальных приспособлений (НСП) число контактов можно принять равным 4X годовой программы. Тогда  $\varepsilon_u = 0,086\text{мм}$ .

$$\varepsilon_{np} \leq 0,3 - 1,2 \sqrt{(0,8 * 0,00174)^2 + 0,05^2 + 0,01^2 + 0,001^2 + 0,086^2 + (0,6 * 0,1)^2} = 0,0136\text{мм}$$

Таким образом, погрешность, допустимая для данного приспособления и вызываемая неточностью его изготовления не должна превышать 0,0136мм

## 2.5. Описание работы спроектированного приспособления.

Приспособление состоит из установочных элементов – призм, в которые устанавливается заготовка, и зажимной части. Зажим осуществляется с помощью сжатого воздуха, который поступает в пневмоцилиндр и давит на поршень. От поршня усилие передается на шток, который действует на поворотный рычаг, рычаг поворачивается и прижимает заготовку сверху к призме.

## 2.6 Экономическое обоснование применение приспособления

Расчет основывается на сопоставлении затрат на приспособление и получаемой экономии. Условие эффективности приспособления:

$$\varepsilon_n \geq P,$$

где  $\varepsilon_n$  – годовая экономия (без учета годовых затрат на приспособление), руб;

P – годовые затраты на приспособление, руб.

Годовая экономия может быть определена следующим образом:

$$\mathcal{E}_n = (T_{шт} + T_{шт}^{пр}) * \frac{(l_m + C_{ч.з.}) * N}{60}, \quad [13, \text{стр}52]$$

где  $T_{шт}$  – штучное время до применения приспособления, мин;

$T_{шт}^{пр}$  – штучное время в результате применения приспособления, мин;

$l_m = 160,6$  – часовая тарифная ставка рабочего;

$C_{ч.з.}$  – часовые затраты на эксплуатацию рабочего места, Р/час:

$$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.у.} * K_M,$$

где  $C_{ч.з.}^{б.у.} = 143,9$  Р/час - часовые затраты в базовом устройстве;

$K_M = 1,1$  – машинный коэффициент;

$N$  – годовая программа выпуска, шт.

Часовые затраты, Р/час:

$$C_{ч.з.} = 143,9 * 1,1 = 158,29$$

Годовая экономия, руб:

$$\mathcal{E}_n = (1,425 + 1,179) * \frac{(160,6 + 158,29) * 1500}{60} = 18336,2$$

Годовые затраты на приспособление, руб:

$$P = S_{пр} * (A + B),$$

где  $S_{пр}$  – себестоимость приспособления, принимается укрупненно в зависимости от группы сложности приспособления (3 группа сложности),  $S_{пр} = 16200$  руб.;

$A = 0,5$  – коэффициент амортизации при окупаемости 2 года;

$B = 0,1$  – коэффициент, учитывающий ремонт и хранение приспособления.

Тогда годовые затраты на приспособление, руб:

$$P = 16200 * (0,5 + 0,1) = 9720$$

Экономический эффект применения приспособления, руб:

$$\Delta_n = \mathcal{E}_n - P,$$

$$\Delta_n = 18336,2 - 9720 = 8616,2$$

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **3.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В качестве потенциального потребителя модернизированного технологического процесса изготовления детали «Червяк» является ООО «ЛАТАТ». Модернизированный технологический процесс позволит предприятию, как сэкономить на полном цикле производства детали «Червяк», так и на фонде заработной платы, энергозатратах.

Умение рационально и эффективно использовать ресурсы является неотъемлемой частью ресурсоэффективности и ресурсосбережения финансового менеджмента.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» совершенствование технологического процесса изготовления детали «Червяк», отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить потенциальных потребителей результатов исследования;
- проанализировать конкурентные технические решения;
- Разработать план выполнения ВКР;
- определить трудоемкость выполненной работы и разработать график проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет научно-технического исследования.

### 3.2 Анализ конкурентных технических решений

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 15

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений  
(разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Производительность труда рабочего	0,06	64	100	0,64	0,0384
2. Время изготовления детали «Червяк»	0,2	78	100	0,78	0,156
3. Качество изготовления детали «Червяк»	0,3	100	100	1	0,1596

Продолжение таблицы 15.

4. Вид получения заготовки «Червяк»	получения детали	0,1	59	100	0,59	0,059
5. Уровень квалификации рабочего		0,03	31	100	0,31	0,0093
6. Количество технологического процесса	операция	0,07	42	100	0,42	0,0294
7. Гибкость технологического процесса		0,01	23	100	0,23	0,0023
8. Цена детали «Червяк»		0,1	15	100	0,15	0,015
9. Уровень сложности изготовления детали «Червяк»		0,04	88	100	0,88	0,0352
10. Уровень автоматизации технологического процесса		0,09	75	100	0,75	0,0675
<b>Итого</b>		<b>1</b>	<b>575</b>	100	<b>5,75</b>	<b>0,5717</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad [14, \text{с.} 10]$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

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

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

$$P_{cp} = 3,84 + 15,6 + 30 + 5,9 + 0,93 + 2,94 + 0,23 + 1,5 + 3,52 + 6,75 = 71,21$$

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{cp}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Значение  $P_{cp} = 71,21$  показывает, что перспективность модернизации технологического процесса изготовления детали «Червяк» на рынке выше среднего.

### 3.3 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование ВКР включает в себя: обсуждение проблематики выбранной темы, цели работы, вопросы, которые должны быть проработаны, составления перечня работ, необходимых к выполнению, определение участников и построения графика проведения работ.

Таблица 16

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор научного руководителя ВКР	Студент
	2	Составление и утверждение темы ВКР	Научный руководитель, студент
	3	Составление календарного плана-графика выполнения ВКР	Научный руководитель

	4	Подбор и изучение литературы по техническому проектированию	Студент
Основной этап	5	Выполнение технологической части работы	Студент
	6	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	Научный руководитель Студент
	7	Выполнение конструкторской части	Студент
	8	Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	Научный руководитель, Студент
Заключительный этап	9	Выполнение других частей работы	Студент
	10	Подведение итогов, оформление работы по стандарту	Студент

### 3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad [14, \text{с.20}]$$

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

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

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{\text{ож}1} = \frac{(3*2)+(2*3)}{5} = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{\text{ож}2} = \frac{(3*4)+(2*5)}{5} = \frac{22}{5} = 4,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{\text{ож}3} = \frac{(3*3)+(2*4)}{5} = \frac{17}{5} = 3,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{\text{ож}4} = \frac{(3*10)+(2*12)}{5} = \frac{54}{5} = 10,8 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{\text{ож}5} = \frac{(3*23)+(2*27)}{5} = \frac{123}{5} = 24,6 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{\text{ож}6} = \frac{(3*7)+(2*10)}{5} = \frac{41}{5} = 8,2 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож}7} = \frac{(3*16)+(2*19)}{5} = \frac{86}{5} = 17,2 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож}8} = \frac{(3*7)+(2*10)}{5} = \frac{22}{5} = 4,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{\text{ож}9} = \frac{(3*14)+(2*18)}{5} = \frac{78}{5} = 15,6 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{\text{ож}10} = \frac{(3*5)+(2*7)}{5} = \frac{29}{5} = 5,8 \text{ чел.-дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad [14, \text{с.20}]$$

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

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Продолжительность выполнения 1-й

$$T_{p1} = \frac{2,4}{1} = 2,4 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 2-й

$$T_{p2} = \frac{4,4}{2} = 2,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 3-й

$$T_{p3} = \frac{3,4}{1} = 3,4 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 4-й

$$T_{p4} = \frac{10,8}{1} = 10,8 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 5-й

$$T_{p5} = \frac{24,6}{1} = 24,6 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 6-й

$$T_{p6} = \frac{8,2}{2} = 4,1 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 7-й

$$T_{p7} = \frac{17,2}{1} = 17,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 8-й

$$T_{p8} = \frac{4,4}{2} = 2,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 9-й

$$T_{p9} = \frac{15,6}{1} = 15,6 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 10-й

$$T_{p10} = \frac{5,8}{2} = 5,8 \text{ дня.}$$

### 3.5 Разработка графика проведения научного исследования

В данном разделе на примере диаграммы Ганта разработан график проведения ВКР с целью расчета времени на проделанные работы.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad [13, \text{с.21}]$$

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

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad [14, \text{с.21}]$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 102 - 16} = 1,48$$

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях

$$T_{k1} = 2,4 * 1,48 = 4 \text{ дня}$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях

$$T_{k2} = 2,2 * 1,48 = 3 \text{ дня}$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях

$$T_{k3} = 3,4 * 1,48 = 5 \text{ дней}$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях

$$T_{k4} = 10,8 * 1,48 = 16 \text{ дня}$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях

$$T_{k5} = 24,6 * 1,48 = 36 \text{ дней}$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях

$$T_{k6} = 4,1 * 1,48 = 6 \text{ дня}$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях

$$T_{k7} = 17,2 * 1,48 = 25 \text{ дней}$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях

$$T_{k8} = 2,2 * 1,48 = 3 \text{ дней}$$

Продолжительность выполнения 9-й работы в календарных днях

$$T_{к9} = 15,6 * 1,48 = 23 \text{ дня}$$

Продолжительность выполнения 10-й работы в календарных днях

$$T_{к10} = 5,8 * 1,48 = 9 \text{ дня}$$

Таблица 17

Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	tmin, чел-дни	tmax, чел-дни	тожi, чел-дни			
Выбор научного руководителя ВКР	2	3	2,4	Студент	2,4	2
Составление и утверждение темы ВКР	4	5	4,4	Научный руководитель, студент	2,2	3
Составление календарного плана-графика выполнения ВКР	3	4	3,4	Научный руководитель	3,4	16
Подбор и изучение литературы по техническому проектированию	10	12	10,8	Студент	10,8	24
Выполнение технологической части работы	23	27	24,6	Студент	24,6	36

Продолжение таблицы 17.

Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	7	10	8,2	Научный руководитель, Студент	4,1	2
Выполнение конструкторской части	16	19	17,2	Студент	17,2	25
Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	7	10	4,4	Научный руководитель, Студент	2,2	5
Выполнение других частей работы	14	18	15,6	Студент	15,6	4
Подведение итогов, оформление работы по стандарту	5	7	5,8	Студент	5,8	2

На основе таблицы 17 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени ВКР.

## Календарный план-график проведения ВКР

№ раб от	Вид работ	Исполните ли	Кол- во дней , Ткі	Продолжительность выполнения работ, календарные дни												
				Февраль 2017			Март 2017			Апрель 2017			Май 2017			Июнь 2017
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Выбор научного руководителя ВКР	Студент	2	□												
2	Составление и утверждение темы ВКР	Научный руководите ль, студент	3	□												
3	Составление календарного плана-графика выполнения ВКР	Научный руководите ль	16		□											
4	Подбор и изучение	Студент	24			□										

	литературы по техническому проектированию																
5	Выполнение технологической части работы	Студент	36														
6	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	Научный руководите ль, Студент	2														
7	Выполнение конструкторской части	Студент	25														
8	Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	Научный руководите ль, Студент	5														

9	Выполнение других частей работы	Студент	4																
10	Подведение итогов, оформление работы по стандарту	Студент	2																

- студент,  - научный руководитель,

По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине декады февраля. Вторая, шестая и восьмая работы выполняются одновременно. По графику видно, что выполнение технологической части работы, самая продолжительная часть работы и составляет 36 дней. Такие работы, составление и утверждение темы ВКР, согласование выполненной технологической части с научным руководителем, согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы в конце первой декады июня.

### 3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

#### 3.6.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi} , \quad [14,с.24]$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.).

В данной работе к материальным затратам можно отнести: бумага, ручки, корректор, USB-накопитель, ежедневник, степлер, скобы для степлера.

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 19.

## Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З <sub>м</sub> ), руб.
Бумага	лист	200	1,5	300
Ручка	Шт.	4	25	100
USB накопитель	М/бит	1	250	250
Степлер	Шт.	1	70	70
Скобы для степлера	упаковка	2	15	30
Ежедневник	Шт	1	150	150
Корректор	Шт	1	35	35
<b>Итого:</b>				<b>935</b>

Материальные затраты на выполнение научно-технического исследования составили 935 рублей.

### 3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научного руководителя и студента.

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

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad [14, с.26]$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, \quad [14, \text{с.26}]$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \quad [14, \text{с.27}]$$

где  $Z_M$  – 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;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 20

Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	61
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	186

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p, \quad [14, с.26]$$

где  $Z_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный (т.е. 30% и 20% соответственно от  $Z_{TC}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет (30% от  $Z_{TC}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 30% (город Томск).

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_M = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 0,3 = 12642$$

Месячный должностной оклад бакалавра, руб.:

$$Z_M = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 0,3 = 8160$$

Среднедневная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{12642 \cdot 10,4}{199} = 660,6 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата бакалавра темы, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{8160 \cdot 11,4}{186} = 500,1 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата одного руководителя, руб.:

$$Z_{оснР} = 12 \cdot 660,3 = 7857,6$$

Основная заработная плата одного бакалавра, руб.:

$$Z_{оснБ} = 85 \cdot 500,1 = 42458$$

Таблица 21

Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{TC}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	Тр, раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26300	0,3	0,3	0,3	12642	660,3	12	7857,6
Бакалавр	17000	0,3	0,3	0,3	8160	500,12	85	42460,2
Итого $Z_{осн}$ :								50317,8

Основная заработная плата научного руководителя составила 7857,6 рублей, заработная плата

бакалавра – 42460,2 рублей. Общая основная заработная плата составила 50317,8 рублей.

### **3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы**

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad [17, \text{с.28}]$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 12%).

Следовательно дополнительная заработная плата:

научного руководителя будет равной:  $Z_{\text{доп}} = 0,12 * 7857,6 = 942,9$  руб.,

бакалавра  $Z_{\text{доп}} = 0,12 * 42458 = 5094,96$  руб.

### **3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad [17, \text{с.29}]$$

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

2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Таблица 22

Отчисления во внебюджетный фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	7857,6	942,9
Бакалавр	42460,2	5095,2
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого:	15095,34	

По расчетам из таблицы 22 отчисления во внебюджетные фонды от научного руководителя –2357,28 рублей, от студента – 12738,06 рублей. Общие отчисления составляют 15095,34рублей.

### 3.6.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\sum стате́й) \cdot k_{нр}, \quad [14, с.31]$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы равны:  $Z_{накл} = (50317,8+6038,1+945+15095,34) \cdot 0,16 = 11499,4$  рублей.

### 3.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 9.

Таблица 23

#### Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат
Материальные затраты НИИ	1045	0,003
Затраты по основной заработной плате исполнителей ВКР	50317,8	0,59
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей ВКР	6038,1	0,081
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	15095,34	0,196
Накладные расходы	11499,4	0,13
Бюджет затрат НИИ	84095,64	1

Бюджет затрат на выполнение ВКР работы составил 84095,64 рублей.

### 3.7 Определение эффективности исследования

Потенциальный потребитель модернизированного технологического процесса изготовления детали «Червяк» является ООО «ЛАТАТ». Модернизированный технологический процесс позволит предприятию, как сэкономить на полном цикле производства детали «Червяк», так и на фонде заработной платы, энергозатратах.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD соответствует показателю  $P_{cp} = 71,21$  что соответствует перспективности модернизации

технологического процесса изготовления детали «Червяк», и показывает что перспективность на рынке выше среднего.

В рамках планирования выполнения ВКР была составлена структура работ, разработка графика этих работ и определение их трудоемкости. По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине декады февраля. Вторая, шестая и восьмая работы выполняются одновременно. По графику видно, что выполнение технологической части работы, самая продолжительная часть работы и составляет 36 дней. Такие работы, составление и утверждение темы ВКР, согласование выполненной технологической части с научным руководителем, согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы в конце первой декады июня.

Расчет коэффициента календарности позволил построить план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения исследования составило 10 этапов. Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Гантта, обладающая высокой степенью информативности. Далее был определен бюджет исследования, который составил 84095,64 руб.

## **4. Социальная ответственность**

### **4.1 Производственная безопасность**

Выпускная квалификационная работа по теме «Модернизация технологического процесса изготовления детали «Червяк»» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации ООО «ЛАТАТ», г. Томск. Основная задача данной работы состоит в том, чтобы путем модернизации технологического процесса достигнуть оптимального уровня трудозатрат и экономической эффективности.

Предприятие размещается на производственной площади в 15 Га, по адресу: г.Томск, ул.Кузовлевский тракт, д.4, стр.2

ООО «ЛАТАТ» специализируется на деревообработке глубокого цикла.

Расстояние до ближайшей жилой зоны составляет: 2000 м. Расстояние до ближайшего водного объекта (Озерный массив и река Киргизка) -3000 м.

Основной целью данного раздела является создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

При изготовлении детали «Червяк» действуют следующие опасные и вредные факторы:

1. Микроклимат;
2. Движущиеся машины и механизмы;
3. Освещенность;
4. Производственный шум;
5. Электробезопасность;
6. Вибрация;
7. Повышенная загазованность и запыленность в рабочей зоне.
8. Пожарная безопасность

В машиностроительном производстве присутствует целый ряд опасных и вредных факторов, которые негативно влияют на состояние здоровья человека, снижают производительность труда и качество выпускаемой продукции.

#### 4.1.1 Микроклимат

Параметры микроклимата в производственном помещении на ООО «ЛАТАТ» установлены в соответствии СанПиН 2.2.4.548-96 в следующих пределах: температура воздуха в тёплое время года от +19 до +24, в холодное время года от + 17 до +23, относительная влажность не более 60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

Под микроклиматом производственной среды согласно ГОСТ 12. 1.005 - 88. ССБТ понимают сочетание температуры, относительной влажности воздуха и интенсивности теплового излучения. Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, надежность работы.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам - разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 24.

Таблица 24

##### Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения
Холодный	средняя	21 -23	40-60	0.1
Теплый	средняя	22-24	50-60	0.2

Помещение, где находятся рабочие места, соответствуют данным нормам.

Помещение, его размеры (площадь, объем) должны в первую очередь соответствовать количеству рабочих и размещенному в нем оборудованию.

Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться 4,5 м<sup>2</sup> площади помещения и 20 м объема воздуха.

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

#### **4.1.2 Движущиеся машины и механизмы**

Подвижными частями оборудования являются:

- подвижные столы и стойки станков;
- вращающиеся шпиндели с закрепленными в них заготовкой или инструментом;
- ходовые винты;
- передачи (ременные, цепные и др.) расположенные вне корпусов станков.

Основной величиной характеризующей опасность подвижных частей является скорость их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с.

Движущиеся части оборудования представляют опасность травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-74 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением.

Одним из важных условий безопасного труда является

недоступность подвижных частей оборудования, для рабочего, в ходе технологического процесса.

При работе на токарных, фрезерных станках, используемых в данном технологическом процессе, возможен захват волос или элементов одежды вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжелая травма, и даже смертельный исход.

Мероприятия по устранению травматизма, вызванного вращающимися частями станков:

Для того чтобы предотвратить захват волос вращающимися частями станков или режущим инструментом необходимо выдавать рабочим специальные береты.

#### **4.1.3 Освещенность**

При работе на станках недостаточная освещенность рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей утомляемости рабочего.

Мероприятия по устранению недостаточной освещенности:

Освещенность рабочего места должна быть согласно СНиП 23-05-95 в пределах 300 лк. Обеспечить это требование естественным освещением практически невозможно, поэтому должно применяться комбинированное освещение.

Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует проводить один раз в год.

#### **Расчёт общего равномерного освещения**

Помещение станочного парка с размерами: длина 24 м, ширина 12 м, высота  $H = 4,5$  м. Высота рабочей поверхности  $h_{рп} = 0,8$  м. Требуется создать освещенность  $E = 300$  лк.

Коэффициент отражения стен  $R_c = 30 \%$ , потолка  $R_n = 50 \%$ .  
Коэффициент запаса  $k = 1,5$ , коэффициент неравномерности  $Z = 1,1$ .

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем люминесцентные светильники типа ОДОР(1227x265x155),  $\lambda = 1,2$ .

Приняв  $h_c = 0,2$  м, получаем  $h = 4,5 - 0,2 - 0,8 = 3,5$  м;

$L = 1,2 \cdot 3,5 = 4,2$  м;  $L/3 = 1,4$  м.

Размещаем светильники в три ряда. В каждом ряду можно установить 12 светильников типа ОДОР мощностью 40 Вт (с длиной 1,227 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. В каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 72$ .

Составляем план станочного помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами (рис. 14) согласно расчетам.

Находим индекс помещения

$$i = 288 / [3,5(24 + 12)] = 2,3.$$

По значению индекса помещения  $i$  в зависимости от коэффициентов отражения стен и потолка определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,5.$$

$$F = \frac{E_n \times S \times K_z \times Z}{N \times \eta} = \frac{300 \times 288 \times 1,2 \times 1,1}{72 \times 0,5} = 3168 \text{ Лм}$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 40 Вт с потоком 2850 Лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{F_{л.станд} - F_{л.расч}}{F_{л.станд}} \times 100\% \leq +20\%$$

$$\text{Получаем} \quad -10\% \leq 8,78\% \leq +20\% .$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 72 \cdot 40 = 2880 \text{ Вт}.$$

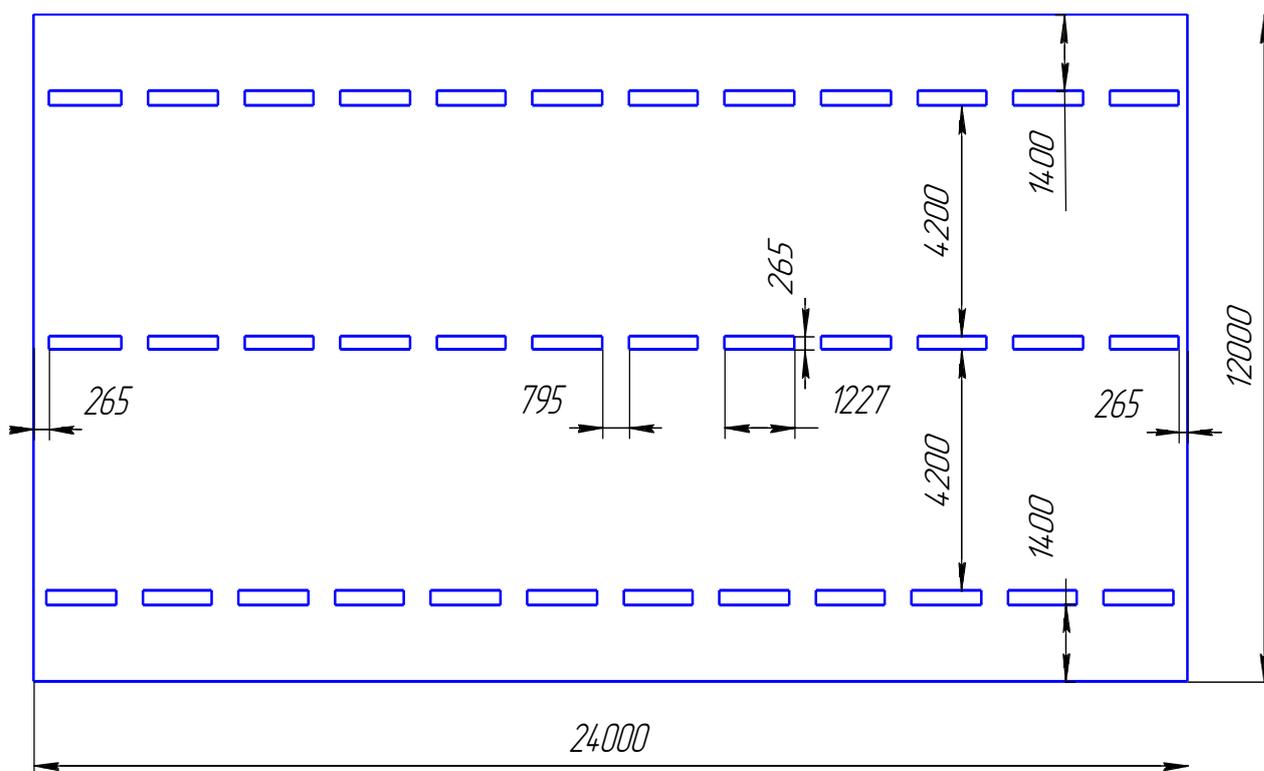


Рис. 14 - План станочного помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

#### 4.1.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте

В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создают предпосылки для общих и профессиональных заболеваний и производственного травматизма, а также происходит ослабление памяти, внимания, нарушение артериального давления и ритма сердца.

Производственное оборудование и инструменты, создающие в процессе эксплуатации шум, необходимо конструировать в соответствии с требованиями этого стандарта и снабжать паспортом с указанием спектра излучаемой звуковой мощности, определяемой по ГОСТ 12. 1. 003 - 83ССБТ.

Мероприятия по снижению повышенного уровня шума:

1. ликвидация шума в источнике его возникновения путем своевременного устранения неисправности технологического оборудования;
2. применение звукопоглощающих материалов в конструкциях шумящих механизмов и оборудования;
3. облицовка помещений (потолка и стен в небольших помещениях) звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука. (ГОСТ 12. 4. 011-89 ССБТ).

Основные источники шума технологическое оборудование, металлообрабатывающие станки основного и вспомогательного производств.

Максимальная шумовая характеристика станков от 87 до 92 дБ А в соответствии с ГОСТ12.1.003-76. Индекс изоляции шума ограждением составляет 60,4 дБА. Уровень шума около наружной стены здания составляет 31,6 дБА. Поэтому расчет снижения уровня шума на расстоянии проводить нецелесообразно.

#### **4.1.5 Электробезопасность**

Категория электробезопасности определяется в зависимости от наличия в нем факторов опасности, таких как: наличие токопроводящих полов, сырости (относительная влажность более 75%), наличие токопроводящей пыли и повышение температуры воздуха (более 300С). Согласно (ПУЭ-96) данному категорированию производственное помещение участка относится к помещениям с повышенной опасностью.

Проблема токопроводящих (железобетонных) полов разрешается оборудованием деревянных плиток на рабочих местах. Для снижения

вероятности поражения работающих электрическим током необходимо принять целый комплекс мер.

Многообразие действия электрического тока нередко приводит к различным электротравмам: местные электротравмы (электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения, электроофтальмия) и общие электротравмы (судорожные сокращения мышц, потеря сознания с нарушением сердечной деятельности или дыхания, клиническая смерть, биологическая смерть).

Безопасные номиналы:

$$U=12-36\text{В}$$

$$I=0,1\text{ А}$$

$$R_{\text{зазем}}=4\text{ Ом}$$

К основным мерам защиты от поражения током относятся: обеспечение недоступности токоведущих частей (изоляция токоведущих частей, ограждения); электрическое разделение сети (разделяющие трансформаторы); применение малых напряжений; использование двойной изоляции; защитное заземление; защитное зануление; защитное отключение; применение специальных защитных средств; организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Область применения заземления - трехфазные трехпроводные сети до 1000В с изолированной нейтралью. Заземления могут быть естественными (трубопроводы) и искусственными (вертикальные и горизонтальные электроды).

В качестве СИЗ применяются: различные диэлектрические инструменты; диэлектрическая обувь и перчатки.

#### **4.1.6 Повышенный уровень вибрации**

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Таблица 25

Гигиенические нормы вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_L, Y_L, Z_L$			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с*10 <sup>-2</sup>	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	235	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	126	2,0	112

Вибрацию в рассматриваемом цехе можно наблюдать при работе большинства оборудования. Для снижения уровня вибрации производится тщательное наблюдение за узлами оборудования, и, в случае необходимости, настройка оборудования и замена изношенных частей установок.

Для ослабления действия вибрации на организм человека приняты следующие меры по предупреждению распространения вибрации:

1. Уравновешивание вращающихся масс.
2. Уменьшение технологических допусков на изготовление и сборку машин и инструментов.
3. Исключение возможности охлаждения рук рабочего во время работы.
4. Уменьшение вибрации на пути её распространения средствами виброизоляции и вибропоглощения (пористая резина, поролон, пенопласт, войлок и др.).

5. Ограничение времени воздействия вибрации на руки рабочего (ГОСТ 12.1.012-90 п.5).

Индивидуально:

Использование специальных виброизолирующих перчаток

Измерение вибрации производят при помощи виброизмерительной аппаратуры ИШВ-1, ВЧП-2.

#### **4.1.7 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны**

СОЖ производится в строгом соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.025-80.

В процессе обработки происходит разбрызгивание СОЖ в зоне резания с одновременным ее нагревом, что может вызвать ожоги. Для предотвращения этой опасности можно рекомендовать оснастить станки системами местной вентиляции и использование защитных экранов во время выполнения операций.

Возможно использование СИЗ: очки, маски, респираторы.

В процессе обработки в зоне резания происходит значительный нагрев детали и инструмента, что сопровождается выделением паров СОЖ и, в конечном счете, приводит к ухудшению воздушной среды участка. Также при обработке металлов из-за деформации осуществляются процессы диффузии примесей металлов, углерода, серы. На границе раздела гетерогенных фаз примеси вступают в реакцию с кислородом, образуя оксид серы ( $\text{SO}_2$ ) и углерода ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ). Наличие СОЖ с различными сложными составами увеличивает вероятность образования вредных органических соединений, влияющих на здоровье человека.

При соприкосновении с зоной обработки резанием СОЖ испаряется частично, а частично вбирает в себя мелкую стружку и пыль. Образованные в зоне обработки летучие соединения увеличивают фон не только у станка, но и в помещении механического цеха, превышающие предельно-допустимые.

В качестве меры безопасности можно оснастить станки системой

местной вентиляции и использовать СОЖ, невредные для человека (эмульсии).

На проектируемом участке в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства будем использовать эмульсол марки Э-2, предназначенный для приготовления водных эмульсий, применяемых в индивидуальных и централизованных системах подачи смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) станков при обработке металлов и сплавов резанием и давлением. Эмульсол Э-2 изготавливается из смеси высокоочищенного веретенного масла АУ – 70-80% (ГОСТ 1642), масляных асидолов – 7-10%, едкого натра – 0,75-1% (ГОСТ 2263-71), технического ректифицированного этилового спирта (ГОСТ 18300-72) с добавлением антикоррозийной присадки- кальцинированной соды(ГОСТ 12.1.005). Занесем состав Э-2 в таблицу 26.

Таблица 26

Состав эмульсола Э-2

Состав	Содержание, %	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76
Веретенное масло АУ	70-80	ПДК масляного тумана- 5 мг/м <sup>3</sup>	3
Едкий натр	0,75-1	ПДК аэрозоля- 0,5 мг/м <sup>3</sup>	2
Кальцинированная сода	1,5	ПДК аэрозоли – 2 мг/м <sup>3</sup>	3
Этиловый спирт	20,75-7,5	ПДК паров – 1000 мг/м <sup>3</sup>	4

Ориентируясь на ГОСТ 12.1.007-76, делаем вывод, что эмульсол Э-2 относится ко 2 классу опасности (вещества высокоопасные).

Поставляется в бочках, железнодорожных и автоцистернах.

Производственной пылью называют частицы твердых веществ, образующихся при различных производственных процессах и способные более или менее длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе.

#### а) Металлическая пыль

В процессе резания металла происходит интенсивный процесс стружкообразования и износа режущих инструментов, что ведет к образованию металлической пыли. ПДК металлической пыли в воздухе составляет  $6 \text{ мг/м}^3$ .

Для предотвращения попадания пыли в атмосферу участка рекомендуется использование СОЖ и создание в зоне резания области повышенного давления. Также средствами защиты от пыли могут служить:

- автоматизация ТП;
- пылеуловители;
- вентиляция помещения;
- герметизация оборудования;
- СИЗ (респираторы, спецодежда, перчатки, защитные очки и др.)

#### б) Минеральная пыль

Образуется в результате износа абразивных кругов. Для этой пыли ПДК составляет  $1 \text{ мг/м}^3$ . Для предотвращения ее распространения и вредного воздействия на работающих можно рекомендовать проведение тех же мероприятий, что и для металлической пыли.

### **4.1.8 Пожарная безопасность**

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства.

Согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности

классифицируются на категории А, Б, В, Г и Д. Рассматриваемый цех относится пожароопасной категории В (в цехе применяются горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть).

Средства пожаротушения подразделяют на первичные, стационарные и передвижные (пожарные автомобили).

В помещении цеха устанавливается пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00 [27]) такие первичные средства пожаротушения, как (из расчета на 800 м<sup>2</sup> защищаемой площади):

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2 (2 шт.), ОУ-5 (1 шт.);
- пенный огнетушитель (2 шт.);
- ящик с песком;
- асбест;
- ведра;
- лопаты и багор.

Кроме того, в некоторых помещениях цеха используются стационарные установки пожаротушения.

В рассматриваемом цехе возможен пожар Классов В (пожар горючих жидкостей и плавящихся твердых веществ) и Е (пожар, связанный с горением электроустановок).

Для локализации небольших загораний обслуживающий персонал до прибытия передвижных средств пожаротушения должен использовать первичные средства пожаротушения, находящиеся на пожарных щитах.

Первичные средства пожаротушения размещаются вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, в безопасном при пожаре месте, с обеспечением к ним свободного доступа.

В цехе используются пожарные гидранты надземного типа. Гидранты обозначены указательной табличкой. Пожарный рукав и вся необходимая

арматура располагается рядом с гидрантом в специальном шкафу. План эвакуации (рис.15) располагается в установленных требованиями местах.

На предприятии используется система автоматической пожарной безопасности, основанная на датчиках различных видов (дымовые, тепловые, датчики пламени). В случае возникновения пожара, срабатывает система оповещения — подается световой и звуковой сигнал об опасности. Кроме того, появляются светящиеся табло с указанием аварийных выходов и схем эвакуации людей. Одновременно срабатывает система пожаротушения (порошковые устройства пожаротушения), а устройство связи, передает информацию на пульт централизованного наблюдения.



Рис. 15 – План эвакуации с 1 этажа производственного помещения.

## 5.2 Экологическая безопасность.

Загрязнение атмосферы происходит из-за того, что механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещения. На проектируемом участке образуется металлическая и минеральная пыль.

### А) Металлическая пыль

ПДК металлической пыли в воздухе составляет  $6 \text{ мг/м}^3$ .

### Б) Минеральная пыль

Для этой пыли ПДК составляет  $1 \text{ мг/м}^3$ .

Пыль относится к третьему классу опасности. Для очистки воздуха от пыли, т.е. для отделения твердых частиц от газовой фазы рекомендуется установить сухой пылеуловитель (цилиндрический или конический циклон), электрофильтр.

Твердые отходы собираются в специальные контейнеры и перевозятся в специализированную камеру для разграничения металлической пыли от минеральной, путем намагничивания. Далее металлическая пыль складировается с отходами металлической группы, минеральная пыль отправляется в ООО «ДорРемСтрой» г. Томск для использования в строительных целях

На проектируемом участке в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства будем использовать эмульсол марки Э-2. Эмульсол Э-2 изготавливается из смеси высокоочищенного веретенного масла АУ – 70-80% (ГОСТ 1642), масляных асидолов – 7-10%, едкого натра – 0,75-1% (ГОСТ 2263-71), технического ректифицированного этилового спирта (ГОСТ 18300-72) с добавлением антикоррозийной присадки - кальцинированной соды (ГОСТ 12.1.005).

Ориентируясь на ГОСТ 12.1.007-76, делаем вывод, что эмульсол Э-2 относится ко 2 классу опасности (вещества высокоопасные).

Отработанная СОЖ подвергается утилизации и частичной переработки на территории ООО "Синтез-М" г. Томск. В настоящее время на территории ООО "Синтез-М" строится экспериментальное предприятие по переработке и захоронению промышленных токсичных отходов. Технология строящегося завода предусматривает прием жидких отходов в закрытой емкости и дальнейшую их переработку по новым технологиям.

Для очистки воздуха от туманов, возникающих при применении СОЖ, предлагается применение низкоскоростного туманоуловителя.

В результате использования воды в технологических целях на механическом участке будут образовываться сточные воды. Основными примесями сточных вод являются пыль, металлические и абразивные частицы, масла и растворители, входящие в состав СОЖ. Для одновременной очистки сточных вод от твердых частиц и маслопродуктов рекомендуется применение комбинированного напорного гидроциклона.

В целях уменьшения (исключения) загрязнения сточных вод компонентами отработанной СОЖ, последнюю рекомендуется использовать многократно. С этой целью отработанная (загрязненная) СОЖ подвергается очистке. Для очистки СОЖ от твердых частиц (пыли, стружки) предлагается установить напорный гидроциклон с эффективностью очистки не менее 80%.

В результате технологического процесса возникает 0,57 кг. отходов на единицу продукции (сталь 50). Для стружки организуем временное хранилище на механическом участке с целью ее дальнейшей переработки. Переплавку металлической стружки производит ЗАО «Чермет» Г. Томск.

На механическом участке наблюдается большая концентрация технологического оборудования (только металлорежущих станков- 17 единиц), при техническом обслуживании которого применяют машинные масла и смазки. Необходимо исключить пролив масел при обслуживании оборудования, устанавливая под станками специальные поддоны для сбора масла и осуществлять контроль за узлами, где наиболее вероятна потеря масла,

а также обеспечить переработку масел после отработки. Этим занимается ООО «РОСА-1» г. Новокузнецк.

В машиностроении разработка малоотходных технологических процессов связана прежде всего с необходимостью увеличения коэффициента использования металла, которое дает не только технико-экономические выгоды, но и позволяет уменьшить отходы и вредные выбросы в окружающую среду.

Также для поддержания экологического равновесия в природе, на заводе проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия.

### **4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Должен иметься запасной служебный транспорт для доставки рабочих на предприятие. Сотрудники должны быть обеспечены зимнем набором СИЗ.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной,

пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

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

В качестве основных нормативных документов использовались следующие:

1 Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

2 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003-2015 "Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст)

3 Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями и дополнениями)

4 Государственный стандарт СССР ГОСТ 22269-76 "Система "человек-машина". Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования" (введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 22 декабря 1976 г. N 2798)

5 Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.019-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 681-ст)

6 Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682-ст)

7 СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

8 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст)

## Заключение

В результате выполнения дипломной работы был усовершенствован и составлен технологический процесс изготовления детали «Червяк» на основе аналогичного, произведена и рассчитана оптимальная исходная заготовка и выполнен её чертеж. Разработано приспособление, назначены режимы резания и инструмента для обработки, рассчитаны экономические показатели, основное и штучное время.

Разработка всех этих пунктов позволяет обеспечить в среднесерийном производстве получение изделий требуемого качества, понижение трудоемкости, быстрое решение проблем, возникших при производстве. Рациональный выбор метода получения исходной заготовки сделал производство экономичнее. Расчет припусков аналитическим методом позволяет уменьшить затраты на механическую обработку, так как он более точен и расчетный припуск меньше припуска, выбранного по таблице. Технологический процесс с использованием нового оборудования и прогрессивных средств оснащения уменьшает трудоемкость изготовления изделия.

Таким образом, можно сделать заключение, что в ходе выполнения дипломного проекта техническое задание было полностью выполнено.

Для разработки дипломного проекта использовалось программное обеспечение:

- Microsoft Word'2014 - пояснительная записка.
- Компас-3D V16 – операционные эскизы, чертежи, иллюстрации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2015. – 256 с.
2. Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения» - М. Машиностроение 1985.-183с;
3. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: Учебное пособие./В.Ф Скворцов.-2-е изд.- М.: ИНФА-М, 2016- 330с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
5. Михаевич Е.П. Технология машиностроения: учебно-методическое пособие / Е.П. Михаевич; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 100.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
7. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени. Нормативно-производственное издание. – М: Экономика, 1990. – 206с., илл.
9. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. ГОСТ 7505-89. Государственный Стандарт СССР. – Издательство стандартов, 1993. – 53с.;
10. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А.Ординарцева.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение .1987.-846 с.

11. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
12. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
13. Султан-заде Н.М., Клепиков В.В., Солдатов В.Ф. и др. Технологии машиностроения. Выпускная квалификационная работа для бакалавров: учебное пособие.— М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016. — 288 с.
14. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. В426 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
15. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. Корсаков В.С. – М.: Машиностроение 1971г. – 288с.
16. <http://portal.tpu.ru/cs/TPU214267.pdf>