

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки - 15.03.01. Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) - Материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
Совершенствование технологического процесса изготовления вала-шестерни

УДК № 621.81.002:621.824:621.833

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л41	Курбатова Елена Юрьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Охотин Иван Сергеевич	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Евгений Николаевич			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Жаворонок Анастасия Валерьевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД, ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Ефременков Е.А.	К.Т.Н.		

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

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки – 15.03.01. Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) – Материаловедения  
 Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

#### выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.2019 г.	Аналитический обзор литературы	10
19.04.2019 г.	Технологическая часть	10
23.04.2019 г.	Разработка графических материалов	10
08.05.2019 г.	Конструкторская часть	10
11.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
16.05.2019 г.	Социальная ответственность	10
18.05.2019 г.	Заключение по работе	10

**СОСТАВИЛ:****Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Охотин Иван Сергеевич	К.Т.Н.		

**Консультант**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Евгений Николаевич			

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

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность) - 15.03.01. Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) - Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Ефременков Е.А.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л41	Курбатовой Елене Юрьевне

Тема работы:

Совершенствование технологического процесса изготовления вала-шестерни	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.05.2019 №4216/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<i>-Чертеж детали;</i> <i>-Годовая программа выпуска.</i>
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Аналитический обзор научно-технической литературы;</li> <li>-Определение типа производства, форм и методов организации работ;</li> <li>-Анализ технологичности конструкции детали;</li> <li>-Анализ базового технологического процесса предприятия;</li> <li>- Выбор исходной заготовки и методов ее получения;</li> <li>-Разработка маршрута обработки детали;</li> <li>-Размерный анализ техпроцесса;</li> <li>-Выбор оборудования и технологической оснастки;</li> <li>-Расчет и назначение режимов обработки;</li> <li>-Нормирование технологического процесса;</li> <li>-Конструирование приспособления.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Чертеж детали;</li> <li>-Карта технологического процесса</li> <li>-Эскиз размерной схемы, граф технологических размерных цепей</li> <li>-Приспособление для фрезерной операции</li> <li>-Экономические показатели</li> </ul>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Технологическая часть»	Петровский Евгений Николаевич
«Конструкторская часть»	Петровский Евгений Николаевич
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Жаворонок Анастасия Валерьевна
«Социальная ответственность»	Немцова Ольга Александровна

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

**Задание выдал руководитель / консультант :**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Охотин Иван Сергеевич	К.Т.Н.		
Старший преподаватель	Петровский Евгений Николаевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Л41	Курбатова Елена Юрьевна		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р13	Готовность составлять техническую документацию (графики работ, инструкции, сметы, планы, заявки на материалы и оборудование), выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

## РЕФЕРАТ

Тема выпускной квалификационной работы: Совершенствование технологического процесса изготовления детали вала-шестерни.

Объём дипломной работы 105 страниц, 10 рисунков и 31 таблица.

При написании диплома использовалось 13 источников.

Ключевые слова: шестерня, прокат, технологический процесс, приспособление, размерный анализ.

Объектом исследования при написании работы была деталь вал-шестерня и технологический процесс ее изготовления.

В дипломную работу входит введение, четыре раздела, итоговое заключение.

В введении раскрывается актуальность исследования по выбранному направлению, цель и задачи исследования.

В разделе первом проектируется технологический процесс изготовления детали.

В разделе втором проектируется конструкторская часть, которое будет использовано на одной из операций технологического процесса.

В разделе третьем рассмотрен экономический анализ по оценке деловой привлекательности целесообразности проекта.

В разделе четвертом рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на механическом участке, промышленного предприятия по изготовлению детали вала-шестерня.

Заключение посвящено основным выводам.

## Оглавление

Введение .....	10
1. Технологическая часть.....	11
1.1 Исходные данные. Назначение детали и ее конструкторско-технологическое описание .....	11
1.2 Определение типа производства, форм и методов организации работ ....	14
1.3 Анализ технологичности конструкции детали .....	15
1.4 Выбор типового технологического процесса или аналога единичного ...	18
1.5 Выбор исходной заготовки и методов ее получения .....	22
1.6 Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержание технологических операций .....	25
1.7 Размерный анализ технологического процесса: расчет допусков и припусков промежуточных и исходных размеров заготовки .....	30
1.8 Выбор оборудования, инструментов и технологической оснастки .....	38
1.9 Расчет и назначение режимов обработки .....	46
1.10 Нормирование технологического процесса .....	52
2. Конструкторская часть .....	60
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .	64
3.1 Потенциальные потребители детали «вал-шестерня».....	65
3.2 Стоимость материалов за вычетом возвратных отходов .....	66
3.3 Количество потребляемой электроэнергии .....	68
3.4 Полная зарплата основным рабочим .....	70
3.5 Отчисления в страховые фонды .....	71
3.6 Накладные расходы.....	72
3.7 Анализ потенциальных рисков и разработка мер по управлению ими .....	75



4. Социальная ответственность .....	77
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..	79
4.2 Производственная безопасность.....	83
4.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего) .....	83
4.4 Экологическая безопасность.....	95
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
Заключение .....	100
Список используемой литературы .....	101
Приложение А .....	103

## Введение

Усложнение системы передовых машин, подъем притязаний к их эксплуатационному качеству, конкурентность на рынке машиностроительной продукции настоятельно просят неизменного улучшения имеющих место быть и разработки способов изучения, использующих при подготовке высококвалифицированных специалистов.

В современном машиностроении редуктора были и остаются неотъемлемой частью машин и механизмов во всех отраслях промышленности, а как следствие возникает потребность в их производстве и ремонте. Вал-шестерня, как основная конструктивная часть редуктора, играет важнейшую роль в этом механизме, и от ее качества изготовления зависит работоспособность всего узла. Поэтому для машиностроения очень важно иметь правильную и экономически эффективную технологию обработки такой детали. Основной задачей разрабатываемого технологического процесса является постоянное изготовление полностью годных деталей. Для этого необходимо планомерно разработать технологию обработки заготовки на каждом этапе механической обработке, а именно:

рассчитать и назначить все технологические размеры и припуски. Определить режимы резания, выбрать оборудование, на котором возможно вести обработку на расчетных режимах.

Конструкторской задачей для дипломной работы стало разработка станочного приспособления для фрезерования на одной из операций. Главными критериями для разработки являются точность, технологичность, надежность, ремонтпригодность и автоматизированность разрабатываемого изделия.

Экономическая часть работы позволяет сделать выводы о перспективности и конкурентоспособности разработке на рынке. Повысить ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Выявить, целочисленно, экономические затраты, связанные с разработкой данного технологического процесса.

Заключительной частью работы является экологическая и производственная безопасность рабочих в механическом цеху, где будет применяться данный технологический процесс.

Выпускная квалификационная работа по теме совершенствование технологического процесса изготовления вала-шестерни рассмотрен для условий АО «Черногорский ремонтно-механический завод».

## 1 Технологическая часть

1.1 Исходные данные. Назначение детали и ее конструкторско технологическое описание

Деталь вал-шестерня predetermined для передачи крутящего момента. Как правило валы поставлены в корпусе редукторов, в качестве опор применяются шейки валов, на которые устанавливаются подшипники. Шейки валов имеют высокую точность. Вращающий момент передается при помощи зубчатых колес, закрепленных на валу с поддержкой шпоночных пазов и шпонок, произведенных за одно свалом.

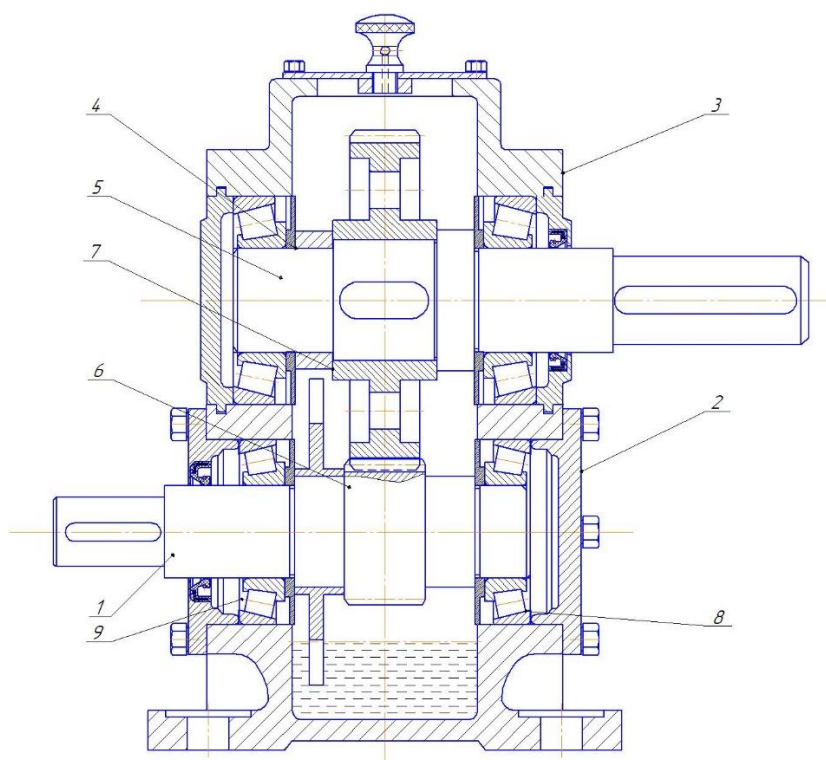


Рисунок 1.1 - Редуктор водяного насоса НЛ 60/125

Вал-шестерня 1, установлена в 2-ух подшипниках 8 и 9, внутри корпуса редуктора 2, закрытого крышкой 3, в которой размещено уплотнение 4, прилегающее к шейке вала 5. Еще на вал-шестерни находятся шестерня 6, оказавшаяся в зацеплении с колесом 7 и вал под номером 5. Вал-шестерня 1 в редукторе осуществляет передачу вращающего момента. Предоставление крутящего момента выполняется при помощи ременной передачи на другой вал через шпонки и распределителя на 2 зубчатые передачи (на колеса 13 и вал 6).

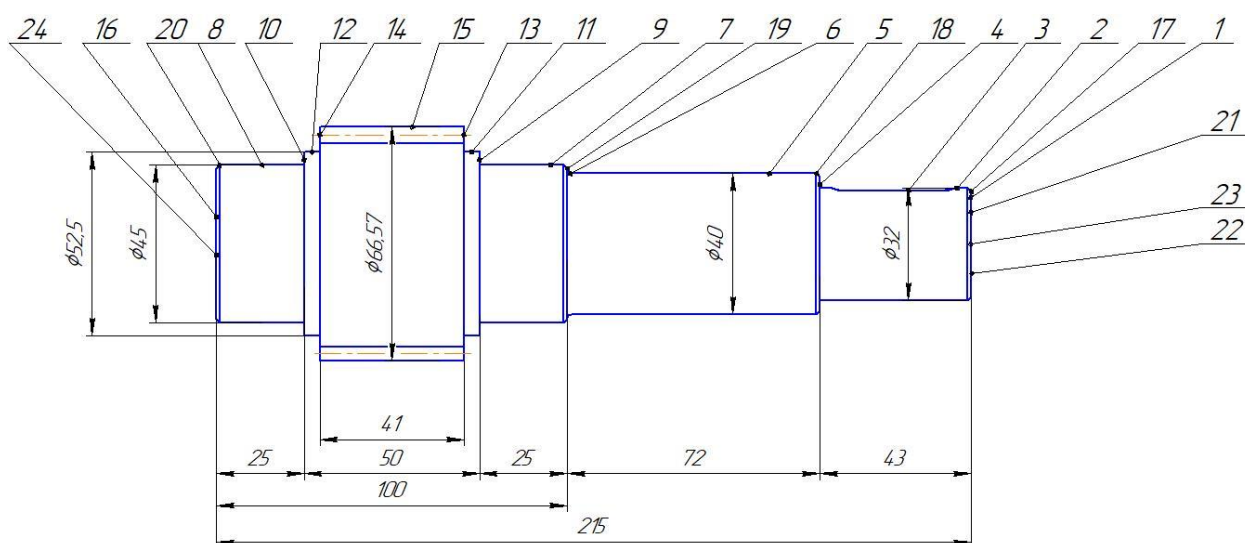


Рисунок 1.2 - Эскиз заданной детали

Перечислим и пронумеруем обрабатываемые поверхности детали:

- 1 -Торец детали  $\phi 32$ ;
- 2 - Цилиндрическая поверхность  $\phi 32$  длиной 43;
- 3 – Шпоночный паз  $10 \times 8 \times 32$
- 4 - Торец  $\phi 40$ ;
- 5 - Цилиндрическая поверхность  $\phi 40$  длиной 72;
- 6 -Торец  $\phi 45$ ;
- 7,8 - Цилиндрические поверхности  $\phi 45$  длиной 25;
- 9,10 - Торец  $\phi 52,5$ мм

11,12 - Цилиндрическая поверхность  $\varnothing 52,5$ мм длиной 4,5

13, 14 - Торец шестерни (со стороны цилиндрической поверхности  $\varnothing 52,5$  длиной 25)

15 - Поверхность зубьев шестерни

16 - Торец детали  $\varnothing 45$ ;

17, 18, 19, 20 - фаски

21, 22 - резьбовые отверстия М8;

23, 24 - центровые отверстия формы А  $\varnothing 4$  ГОСТ 14034-74;

Таблица 1.1 - Химические элементы стали 40Х:

Марка стали	Массовая доля элементов в %								
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
Сталь 45	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25	0,04	0,035	0,3	0,3	0,08

Таблица 1.2 - Механические свойства материала детали проката по ГОСТ 1577-93:

Марка стали	Механические свойства, не менее					
	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Ударная вязкость кДж/см <sup>2</sup>	Термообработка
Сталь 40х	560	800	14	40	780	Закалка с нагревом в ТВЧ с глубиной 1,8...2,2 мм, отпуск

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

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который демонстрирует количество всевозможных операций, закрепленных в среднем по цеху (участку) за любым трудящимся в течение месяца согласно ГОСТ 14.004-83.

По ГОСТ 3.1121 - 84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций  $K_{30}$  следующие значения:

- мелкосерийное производство  $-20 < K_{30} \leq 40$ ;
- серийное производство  $-10 < K_{30} \leq 20$ ;
- крупносерийное производство  $-1 < K_{30} \leq 10$ ;
- массовое производство  $-K_{30} = 1$ .

Решение об объеме годового фонда рабочего времени на 2019 год принимается Правительством РФ и визуализируется в виде производственного календаря.

Объем смен в часах принят на прежнем уровне:

8 - при 40-часовой неделе;

Исходя из этого, складывается следующий фонд рабочего времени на 2019-й: Рабочих дней по производственному календарю - 247. Не рабочих - 118. В их число вошли праздники и календарные выходные.

В перерасчете на часы получается 1970 рабочих для сорокачасовой недели.

Исходные данные:

$$F_d = 1970 \text{ч};$$

$$\eta_{з.н.} = 0,8;$$

$$N=500 \text{дет};$$

$$m = 2,83 \text{кг};$$

Таблица 1.3 - Выбор типа производства по годовому выпуску и массе деталей

Производство	Число изготавливаемых деталей одного типоразмера в год, шт.		
	Тяжелых (массой более 100кг)	Средних (массой от 10 до 100кг)	Легких (массой до 10 кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Среднесерийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-5000	5000-50000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50000

Таблица 1.4 - Выбор серийности производства

Серийность производства	Количество деталей в партии (серии)		
	Крупных, 50кг и более	Средних, 8...50кг	Мелких, до 5кг
Мелкосерийное	5...10	5...25	10...50
Среднесерийное	11...50	26...200	51...500
Крупносерийное	Св 50	Св 200	Св 500

Следовательно, принимаем среднесерийное производство. При данном производстве производят серию изделий, периодически циклических через конкретные промежутки времени. Главным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах нескольких повторяющихся операций

### 1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Под технологичностью деталей возможно воспринимать удобство ее конструкции, технических требований, размеров и их допусков для использования типового оснащения, оснастки, инструмента, наладок, технологичности баз. Анализ технологичности ведется, как правило, в 2 шага: качественный и количественный анализ.

Предоставленная деталь технологична - это тело вращения, составленное из цилиндрических участков, резьбовых участков и зубчатого венца. Все цилиндрические поверхности могут быть получены точением, резьбовые отверстия-сверлением, а зубья-фрезерованием.

Деталь не считается нетехнологичной, так как:

1. Возможность предельного приближения формы и размеров заготовки к размерам и форме детали;
2. Возможность производить обработку проходными резцами;
3. Возможность сокращения диаметров поверхностей от середины к торцам вала или же от 1-го торца к другому;
4. Возможность подмены закрытых шпоночных пазов открытыми;
5. Возможность достижения необходимой точности при обработке жесткости вала (обеспечивает соотношение  $l: d < 10 \dots 12$ )

Анализ шероховатости показывает, что большинство поверхностей имеет шероховатость Ra 10. Но две цилиндрических поверхности  $\varnothing 45$  (поверхности 4 и 5) после термообработки должны иметь шероховатость Ra 1,25, предположительно посадка под подшипники (обеспечивается операцией черного шлифования)

Таким образом, на основании изложенного считаем, собственно что деталь имеет необходимую технологичную конструкцию. Ее создание не требует особого оснащения, приспособлений и инструментов.

Количественная оценка технологичности выполняется согласно ГОСТ 14.201–83.

1) Коэффициент точности:

$$K_m = 1 - \frac{1}{IT_{cp}}, \quad (1)$$

$$IT_{cp} = \frac{\sum IT_i n_i}{\sum n_i}, \quad (2)$$

где,  $IT_{cp}$  – средний квалитет точности обработки изделия,  
 $IT_i$  – квалитет точности  $i$ -той поверхности,  
 $n_i$  – число размеров или поверхностей для каждого квалитета точности.



Таблица 1.5 - Данные для поиска коэффициента точности

Квалитет точности, $T_i$	Количество поверхностей, $n_i$	$T_i \cdot n_i$
14	2	28
8	1	8
6	4	24
$\Sigma$	7	60

$$IT_{cp} = \frac{\Sigma IT_{cp} \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{60}{7} = 8,5;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{IT_{cp}} = 1 - \frac{1}{8,5} = 0,98;$$

2) Коэффициент шероховатости:

$$Ra_{cp} = \frac{\Sigma Ra_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} \quad (3)$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ra_{cp}} \quad (4)$$

где,  $R_{ai}$  – параметр шероховатости  $i$ -той поверхности, мкм,

$n_i$  – число размеров или поверхностей для каждого параметра шероховатости

Таблица 1.6 - Данные для поиска коэффициента шероховатости

Параметр шероховатости $R_{ai}$ , мкм	Количество поверхностей, $n_i$	$R_{ai} \cdot n_i$
1,25	2	2,5
2,5	5	12,5
10	4	40
$\Sigma$	11	55

$$Ra_{cp} = \frac{\Sigma Ra_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{55}{11} = 5;$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ra_{cp}} = 1 - \frac{1}{5} = 0,8;$$

Оба исследуемых коэффициента и по собственным значениям меньше единицы. Анализ полученных коэффициентов показывает, что деталь технологична.

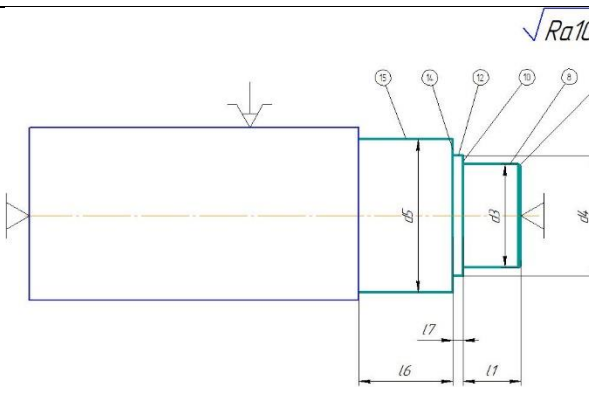
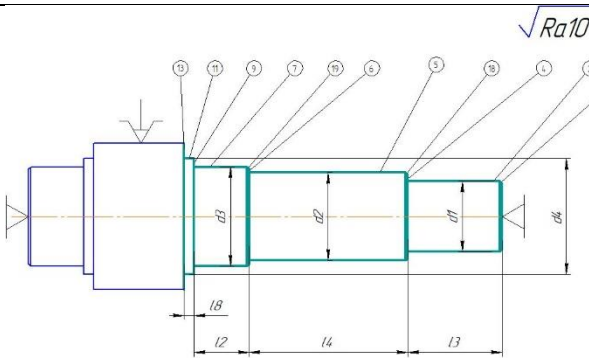
#### 1.4. Выбор типового технологического процесса или аналога единичного

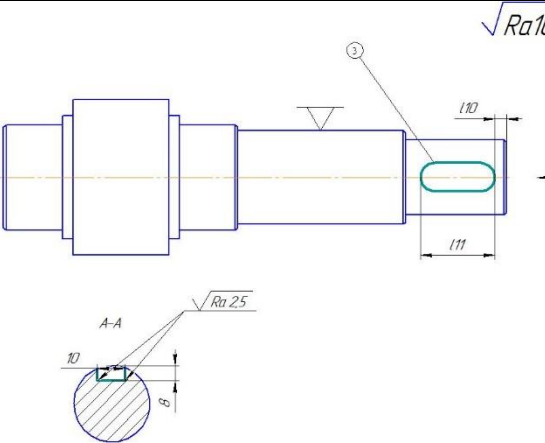
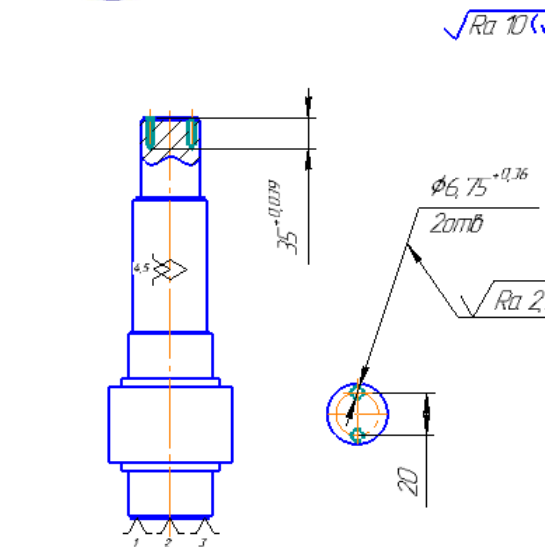
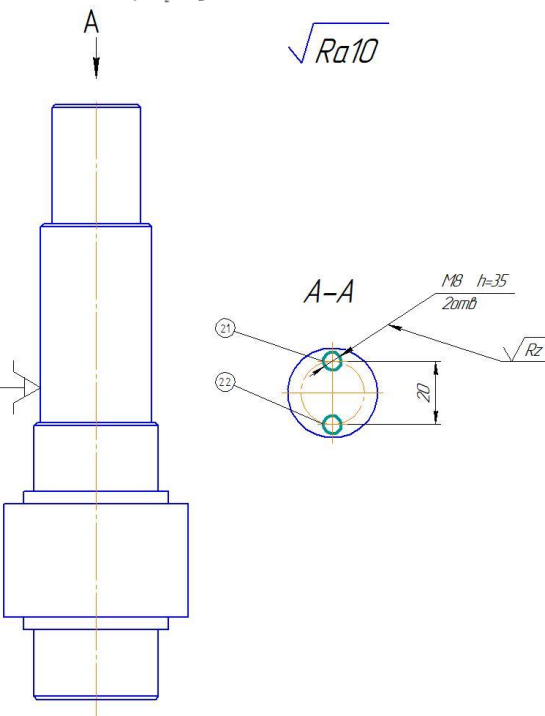
На базе анализа базового техпроцесса оформляется новый маршрутно-операционный техпроцесс изготовления детали. Также дается обоснование выбора черновых и чистовых технологических баз, особое внимание обращается на обеспечение основ постоянства и совмещения баз.

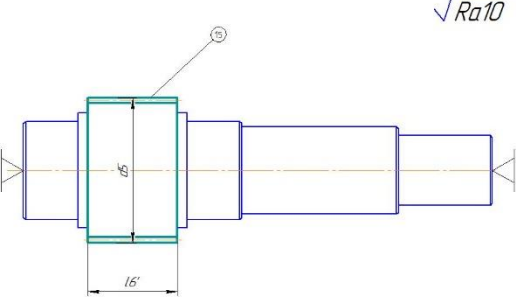
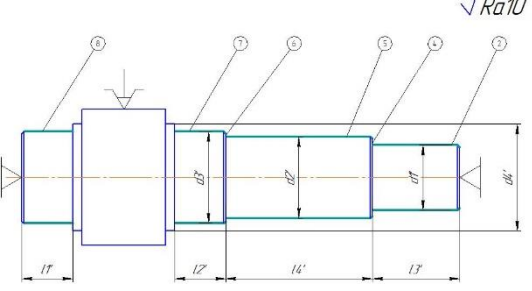
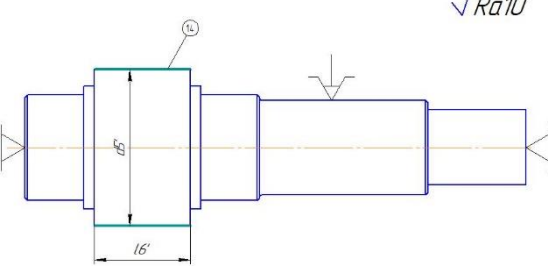
За базовый вариант технологического процесса изготовления детали типа «Вал-шестерня», берем технологический процесс изготовления этой детали, используемый на предприятии АО «Черногорского РМЗ».

Таблица 1.7 - Маршрутный техпроцесс изготовления детали типа «Вал-шестерня»

№ оп	Наименование и содержание операции	Схема установки	Станок и приспособления. Режущий инструмент.
005	Заготовительная: 1.Отрезаем заготовку, выдерживая размеры. Используем прутки $\varnothing 72$ ГОСТ 2590-88		Круглопильный станок 8544
010	Фрезерно-центровальная: 1.Фрезеровать торцы пов. 1,2, в размер $l_8=215_{-1,15}$  2. Сверлить центровые отверстия А4 по ГОСТ 14034-74		Фрезерно-центровальный станок МР-71, Тиски с призматическими губками Фреза торцевая $\varnothing 50$ , Т15К6, Сверло центровое $\varnothing 4$ , Р6М5

<p>015</p>	<p>Токарно-винторезная (с переустановкой)  1. Точить пов.8, с подрезкой торца пов.10, выдерживая размеры <math>d3=45,1\text{мм}</math>, <math>l1=25\text{мм}</math>,  2. Точить пов.12, с подрезкой торца пов.14, выдерживая размеры <math>d4=52,5\text{мм}</math>, <math>l7=4,5\text{мм}</math>  3. Точить пов.15, выдерживая размеры <math>d5=66,8\text{мм}</math>, <math>l6=41\text{мм}</math>  4. Точить фаску пов. 20</p>		<p>Токарно-винторезный станок 1М63  Патрон трехкулачковый, Центровые отверстия  Резец проходной 16×25, Т15К6  Фасонная фреза для снятия фасок Т15К6</p>
	<p>1. Точить пов.2, с подрезкой торца пов.4, выдерживая размеры <math>d1=32,1\text{мм}</math>, <math>l3=43\text{мм}</math>,  2. Точить пов.5, с подрезкой торца пов.6, выдерживая размеры <math>d2=40,1\text{мм}</math>, <math>l4=72\text{мм}</math>,  3. Точить пов.7, с подрезкой торца пов.9, выдерживая размеры <math>d3=45,1\text{мм}</math>, <math>l2=25\text{мм}</math>;  4. Точить пов.11, с подрезкой торца пов.13, выдерживая размеры <math>d4=52,5\text{мм}</math>, <math>l8=4,5\text{мм}</math>.</p>		

	5. Точить 17,18,19		
020	Фрезерная 1. Фрезеровать шпоночный паз пов.3, выдерживая стандартный размер 10×8×36 по ГОСТ 23360- 78 $l_{10}=4\text{мм}$ , $l_{11}=36$		Вертикально- фрезерный FU450MRApUG Трехрехкулачко- вый патрон Фреза шпоночная $\varnothing 10$ , P6M5
025	Сверлильная 1. Сверлить $\varnothing 6,7\text{мм}$ , два отверстия пов.21,22, на глубину $l=35\text{мм}$		Сверлильный станок 2A55 Трехрехкулачко- вый патрон Сверло спиральное $\varnothing 6$ , P6M5
030	Резьбонарезная 1. Нарезать резьбу М8, 2 отверстия пов.21,22, на глубину $l=35\text{мм}$		Сверлильный станок 2A55 Трехрехкулачко- вый патрон Метчик М8, P6M5

035	<p>Зубофрезерная</p> <p>1.Фрезеровать зубья на пов.15, выдерживая размеры согласно таблице параметров зубчатого венца</p>		<p>Зубофрезерный станок 5Е32          Центры упорные          Фреза червячная Р6М5</p>
040	<p>Слесарная</p> <p>1.Острые кромки притупить, заусенцы запилить</p>		
045	<p>Термическая</p> <p>1.Закалить</p>		<p>Печь ТВЧ</p>
050	<p>Круглошлифовальная</p> <p>1.Шлифовать пов.2, выдерживая размеры <math>d1' = 32^{+0,018}_{+0,002}</math> мм, <math>l3' = 43</math> мм</p> <p>2. Шлифовать пов.5, выдерживая размеры <math>d2' = 40_{-0,016}</math> мм, <math>l4' = 72</math> мм.</p> <p>3. Шлифовать пов.7, выдерживая размеры <math>d3' = 45^{+0,018}_{+0,002}</math> мм, <math>l2' = 25</math> мм</p> <p>4. Шлифовать пов.8, выдерживая размеры <math>d3' = 45^{+0,018}_{+0,002}</math> мм, <math>l1' = 25</math> мм</p>		<p>Шлифовальный станок 3Б12          Центры упорные          Трехкулачковый патрон          Круг 100×10×20          25А F80 V30 м/с 2 кл</p>
055	<p>Зубошлифовальная</p> <p>1. Шлифовать зубья пов.15, выдерживая размеры согласно</p>		<p>Станок 5М841          Центры упорные          Трехкулачковый патрон          Круг шлифовальный 2П 250×16×76          Э5- СМ1-25-4-К</p>

	таблице зубчатого венца		
060	Контрольная		Стол ОТК

### 1.5 Выбор исходной заготовки и методов ее получения

Заготовками для деталей типа вал наиболее часто служит либо сортовой прокат, либо штамповка.

Материал детали: сталь 40Х;

Масса детали:  $q=2,8$  кг

Стоимость заготовки рассматривается по двум возможным методам ее получения и делается их сравнение.

Расчет стоимости заготовок, полученных литьем или штамповкой, выполняется по формуле:

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{C_i}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_b \cdot K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{от}}}{1000}, \quad (5)$$

Определяем стандартные параметры точности заготовки по ГОСТ 7505-89.

Определение размеров заготовки:

Группа стали – М1.

Класс точности поковки – Т3.

Массу заготовки можно ориентировочно принять как:

$$m_{\text{заг}} = k \cdot m_{\text{дет}}, \quad (6)$$

$k=1,6$  - расчетный коэффициент, для ступенчатого вала.

$m_{\text{заг}}$  - масса заготовки, кг;

$m_{\text{дет}}$  - масса детали, кг.

Рассчитываем массу заготовки, учитывая, что плотность стали 40Х,  $\rho = 7820$  кг/м<sup>3</sup>

$$m_{\text{дет}} = \left( \frac{\pi(32)^2}{4} 43 + \frac{\pi(40)^2}{4} 72 + \frac{2\pi(45)^2}{4} 25 + \frac{2\pi(52,5)^2}{4} 4,5 + \frac{\pi(66,57)^2}{4} 41 \right) \cdot 7820 \cdot 10^{-7} = 2,83 \text{ кг};$$

Тогда масса заготовки приблизительно:

$$m_{\text{заг}} = 1,6 \cdot 2,8 = 4,5 \text{ кг};$$

Отношение расчетной массы поковки к массе фигуры:

$$m_{\text{дет}}: m_{\text{заг}} = 2,8: 4,5 = 0,62;$$

Степень сложности поковки - С2.

Конфигурация поверхности разъема штампа – П (плоская).

По группе стали, классу точности и степени сложности определяем исходный индекс поковки - 13.

По данным литературы [2, с. 39, табл. 15 – 16]:

$C_i = 96000$  - базовая стоимость 1 т заготовок, р.;

$Q = 4,5$  - масса заготовки, кг;

$K_T = 1,05$  - коэффициент, зависящий от класса точности;

$K_C = 0,77$  - коэффициент, зависящий от степени сложности;

$K_B = 0,89$  - коэффициент, зависящий от массы заготовки;

$K_b = 1,18$  - коэффициент, зависящий от марки материала;

$K_n = 0,8$  - коэффициент, зависящий от объема выпуска заготовок.

Тогда:

$$S_1 = \left( \frac{96000}{1000} 4,5 \cdot 1,05 \cdot 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,18 \cdot 0,8 \right) - (4,5 - 2,8) \frac{9460}{1000} = 287,3 \text{ руб};$$

Стоимость заготовок из проката рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{заг2}} = M + \sum C_{\text{о.з.}},$$

где,  $M$  - затраты на материал, р;

$\sum C_{\text{о.з.}}$  - технологическая себестоимость правки, калибрования, резки.

Расчеты затрат на материалы и технологической себестоимости выполняются по формулам:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{отх}},$$

где,  $Q$  - масса заготовки, кг;

$S, S_{\text{отх}}$  - цена за 1 кг материала заготовки и цена 1 кг отходов соответственно, р;

$q$  - масса детали, кг;

Под отходами понимается не только разница между массой заготовки и детали (стружка), но и остаток прута, возникающий по причине неkratности длины заготовки длине прутка. Сталь горячекатаная круглая по ГОСТ 2590–2006 поставляется в прутках длиной до 2-6 м.

$$\sum C_{o.з.} = \frac{C_{п.з.} \cdot t_{шт}(t_{шт.к.})}{60},$$

где,  $C_{п.з.}$  - приведенные затраты на рабочем месте, р/ч;

$$C_{п.з.} = C_{ч.з.}^{б.у} \cdot k_M, \text{ р/ч};$$

$C_{ч.з.}^{б.у} = 36,3$  р/ч -для серийного производства по [2, с. 43]

$k_M = 1,2$ , по [1, с 119, табл3.14]

$t_{шт}(t_{шт.к.})$ -штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции, мин.

Штучное или штучно-калькуляционное время  $t_{шт}(t_{шт.к.})$  рассчитывается по формуле шт., по [3, с. 22]:

$$t_{шт}(t_{шт.к.}) = \frac{L_{рез} + y}{S_M} \varphi,$$

где,  $L_{рез}$ - длина резания при разрезании проката на штучные заготовки (может быть принята равной диаметру проката  $L_{рез} = D$ ), мм;

$y$  – величина врезания и перебега (при разрезании дисковой пилой  $y = 68$ мм);

$S_M$ - минутная подача при разрезании ( $S_M = 80$ мм/мин);

$\varphi$ - коэффициент, показывающий долю вспомогательного времени в штучном производстве ( $\varphi = 1,84$  для мелкосерийного производства)

Тогда:

$$t_{шт}(t_{шт.к.}) = \frac{72,77 + 68}{80} 1,84 = 3,2 \text{ мин},$$

$$\sum C_{o.з.} = \frac{43,56 \cdot 3,2}{60 \cdot 60} = 0,03 \text{ руб},$$

$$S_{заг2} = (4,5 \cdot 30 - (4,5 - 2,8) \cdot 5) + 0,03 = 126,5 \text{ руб}.$$

Проведем расчет экономического эффекта:

$$\mathcal{E}_{заг} = (S_1 - S_2)N, \tag{7}$$



где,  $S_1, S_2$ - стоимость заготовки по базовому и проектируемому вариантам соответственно;

$N$  - годовой объем выпуска деталей.

$$\mathcal{E}_{\text{заг}} = (287,3-126,5) \cdot 500 = 80400 \text{ руб};$$

Таким образом, использование проката в качестве заготовки является более экономичным.

### 1.6. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержание технологических операций

Для обработки самой точной поверхности детали рассчитывается необходимое (достаточное) количество операций (переходов) по коэффициенту уточнения.

Необходимое общее уточнение рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = 156,25,$$

где,  $T_{\text{заг}}$  - допуск на изготовление заготовки, мм;

$T_{\text{дет}}$  - допуск на изготовление детали, мм.

С другой стороны, уточнение определяется как произведение уточнений, полученных при обработке поверхности на всех операциях (переходах) принятого техпроцесса:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (8)$$

где,  $\varepsilon_i$  – величина уточнения, полученного на  $i$ -ой операции(переходе);

$n$  – количество принятых в техпроцессе операций (переходов) для обработки поверхности.

Промежуточные значения рассчитываются по формулам:

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_1}, \quad \varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2}, \quad \varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3}, \quad \varepsilon_n = \frac{T_{n-1}}{T_n}, \quad (9)$$

где  $T_1, T_2, T_3, T_n$ - допуски размеров, полученные при обработке детали на первой, второй и т.д. операциях.

Точность обработки поверхности по принятому маршруту будет обеспечена, если соблюдается условие:

$$\varepsilon_0 \leq \varepsilon_{\text{пр}},$$

Для обработки поверхности  $\varnothing 32k6$  принимаем следующий маршрут:

- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| 1. Черновое точение; | 3. Черновое шлифование |
| 2. Чистовое точение; | 4. Чистовое шлифование |

Из справочника [4, с. 8, табл. 4,5] выписываем:

$$T_1 = 0,06\text{мм} (IT13); T_2 = 0,062 (IT9), T_3 = 0,039\text{мм} (IT8).$$

Тонкое шлифование, согласно той же таблице, может обеспечивать точность по пятому качеству (IT5), хотя по чертежу детали требуется только шестой квалитет.

Принимаем  $T_n = 0,011 (IT5)$ .

Рассчитываем промежуточные значения уточнений:

$$\varepsilon_1 = \frac{7,1}{0,06} = 4,03, \quad \varepsilon_2 = \frac{0,62}{0,062} = 10, \quad \varepsilon_3 = \frac{0,062}{0,039} = 1,6, \quad \varepsilon_n = \frac{0,039}{0,011} = 3,5$$

Определяем общее уточнение для принятого маршрута обработки:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 4,03 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 3,5 = 225,7;$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1,6 - (-0,9)}{0,018 - 0,002} = 156,25,$$

Полученное значение  $\varepsilon_{\text{пр}}$  показывает, что при принятом маршруте точность обработки поверхности  $\varnothing 32k6$  обеспечивается, так как:  $\varepsilon_0 \leq \varepsilon_{\text{пр}}$  ( $156,25 \leq 225,7$ )

Аналогично, для других поверхностей.

1.  $\varnothing 40h6$ :

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{1,8 - (-1)}{0,016} = 175; \quad \varepsilon_0 \leq \varepsilon_{\text{пр}} (175 \leq 225,7)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 4,03 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 3,5 = 225,7;$$

Точность обработки обеспечивается.

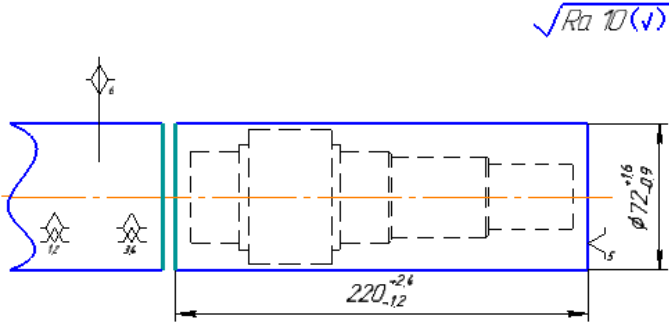
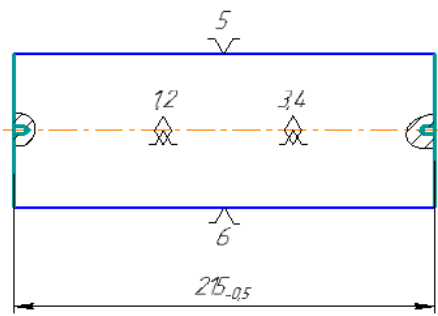
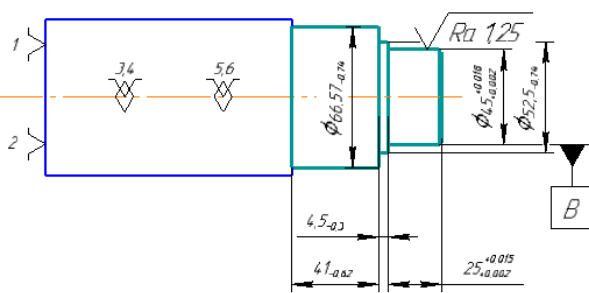
2.  $\varnothing 45k6$ :

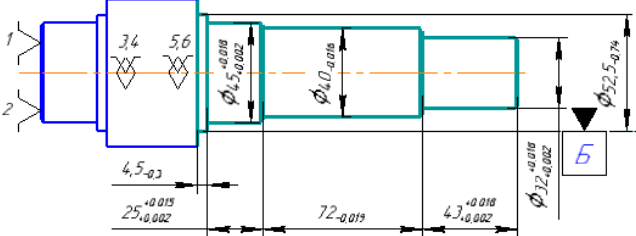
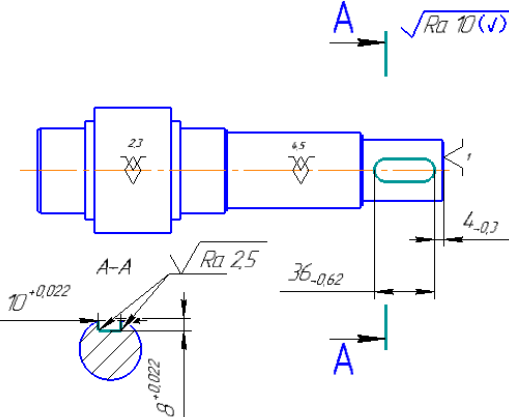
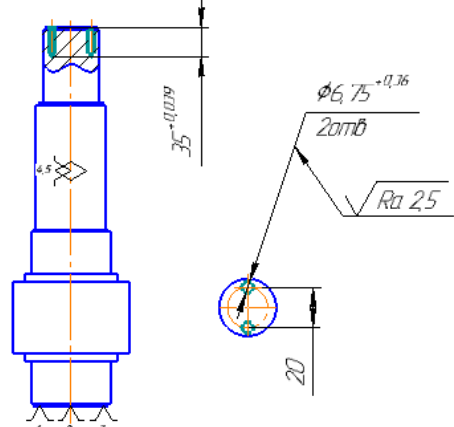
$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{1,8 - (-1)}{0,016} = 175; \quad \varepsilon_0 \leq \varepsilon_{\text{пр}} (175 \leq 225,7)$$

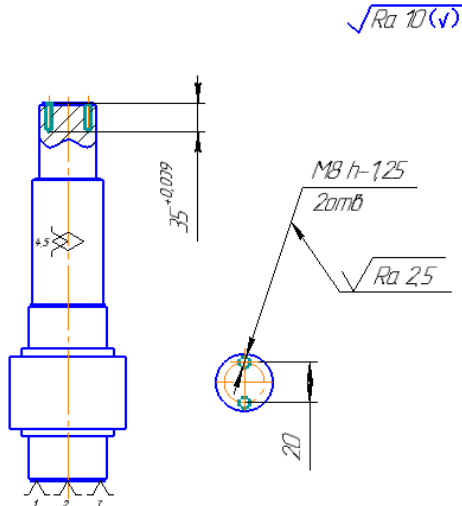
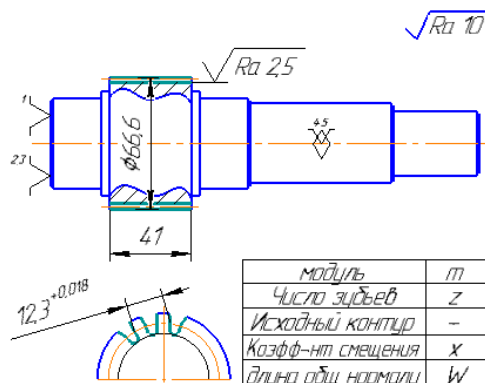
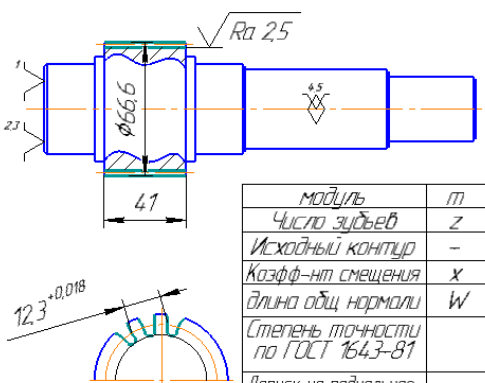
$$\varepsilon_{\text{пр}} = 4,03 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 3,5 = 225,7;$$

Точность обработки обеспечивается для отдельных шеек вала.  
 Составляем технологический процесс изготовления детали «вала-шестерни» и сводим в таблицу 1.8

Таблица 1.8 - Проектируемый технологический процесс изготовления детали «вал-шестерня»

№ операции	Наименование операции	Операционный эскиз
005	Ленточно - отрезная 1.Отрезаем заготовку, выдерживая размеры. Используем пруток $\varnothing 72$ ГОСТ 2590-2006	
010	Фрезерно-центровальная 1.Фрезеровать торцы, выдерживая размер 215 $_{-1,15}$ мм 2. Сверлить центровые отверстия А4 по ГОСТ 14034-74	
015	Токарная с ЧПУ А. Установить и снять заготовку 1.Точить $\varnothing 45^{+0,018}_{+0,002}$ мм, на длину 25 $^{+0,015}_{+0,002}$ мм 2. Точить $\varnothing 52,5_{-0,74}$ мм, на длину 4,5 $_{-0,3}$ мм 3. Точить $\varnothing 66,57_{-0,74}$ мм, на длину 41 $_{-0,62}$ мм. 4. Снять фаску	

	<p>Б. Переустановить заготовку</p> <p>5. Точить <math>\varnothing 32^{+0,018}_{+0,002}</math> мм, на длину <math>43^{+0,018}_{+0,002}</math> мм,</p> <p>6. Точить <math>\varnothing 40_{-0,016}</math> мм, на длину <math>72_{-0,019}</math> мм</p> <p>7. Точить <math>\varnothing 45^{+0,018}_{+0,002}</math> мм, на длину <math>25^{+0,015}_{+0,002}</math> мм</p> <p>8. Точить <math>\varnothing 52,5_{-0,74}</math> мм, на длину <math>4,5_{-0,3}</math> мм,</p> <p>9. Снять фаски</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 10(\checkmark)}</math></p> 
020	<p>Фрезерная</p> <p>1. Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая стандартный размер <math>10 \times 8 \times 36</math> по ГОСТ 23360-78</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 10(\checkmark)}</math></p> 
025	<p>Сверлильная</p> <p>1. Сверлить два отверстия <math>\varnothing 6,75^{+0,36}</math>, на глубину <math>35^{+0,039}</math> мм</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 10(\checkmark)}</math></p> 

030	<p>Резьбонарезная</p> <p>1. Нарезать резьбу М8 на 2 отверстия, на глубину 35мм</p>																									
035	<p>Зубофрезерная</p> <p>1. Фрезеровать зубья, выдерживая размеры, согласно таблице параметров зубчатого венца</p>	 <table border="1" data-bbox="1061 952 1364 1142"> <tbody> <tr> <td>модуль</td> <td>m</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>число зубьев</td> <td>z</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Исходный контур</td> <td>-</td> <td>ГОСТ 8785-81</td> </tr> <tr> <td>Кэфф-нт смещения</td> <td>x</td> <td>+0,01</td> </tr> <tr> <td>длина общ нормали</td> <td>W</td> <td>16,356<sup>мм</sup></td> </tr> <tr> <td>Степень точности по ГОСТ 1643-81</td> <td></td> <td>7-С</td> </tr> </tbody> </table>	модуль	m	3,5	число зубьев	z	17	Исходный контур	-	ГОСТ 8785-81	Кэфф-нт смещения	x	+0,01	длина общ нормали	W	16,356 <sup>мм</sup>	Степень точности по ГОСТ 1643-81		7-С						
модуль	m	3,5																								
число зубьев	z	17																								
Исходный контур	-	ГОСТ 8785-81																								
Кэфф-нт смещения	x	+0,01																								
длина общ нормали	W	16,356 <sup>мм</sup>																								
Степень точности по ГОСТ 1643-81		7-С																								
040	<p>Слесарная</p> <p>1. Острые кромки притупить, заусенцы зашлифовать</p>																									
045	<p>Термическая</p> <p>1. Закалить</p>																									
050	<p>Зубошлифовальная</p> <p>1. Шлифовать зубья, выдерживая размеры, согласно параметрам зубчатого венца</p>	 <table border="1" data-bbox="1061 1601 1364 1881"> <tbody> <tr> <td>модуль</td> <td>m</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>число зубьев</td> <td>z</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Исходный контур</td> <td>-</td> <td>ГОСТ 8785-81</td> </tr> <tr> <td>Кэфф-нт смещения</td> <td>x</td> <td>+0,01</td> </tr> <tr> <td>длина общ нормали</td> <td>W</td> <td>16,356<sup>мм</sup></td> </tr> <tr> <td>Степень точности по ГОСТ 1643-81</td> <td></td> <td>7-С</td> </tr> <tr> <td>Допуск на радиальное выение зубчатого венца</td> <td>F<sub>r</sub></td> <td>0,036</td> </tr> <tr> <td>Допуск торцевого выения базовой поверхности</td> <td>F<sub>T</sub></td> <td>0,007</td> </tr> </tbody> </table>	модуль	m	3,5	число зубьев	z	17	Исходный контур	-	ГОСТ 8785-81	Кэфф-нт смещения	x	+0,01	длина общ нормали	W	16,356 <sup>мм</sup>	Степень точности по ГОСТ 1643-81		7-С	Допуск на радиальное выение зубчатого венца	F <sub>r</sub>	0,036	Допуск торцевого выения базовой поверхности	F <sub>T</sub>	0,007
модуль	m	3,5																								
число зубьев	z	17																								
Исходный контур	-	ГОСТ 8785-81																								
Кэфф-нт смещения	x	+0,01																								
длина общ нормали	W	16,356 <sup>мм</sup>																								
Степень точности по ГОСТ 1643-81		7-С																								
Допуск на радиальное выение зубчатого венца	F <sub>r</sub>	0,036																								
Допуск торцевого выения базовой поверхности	F <sub>T</sub>	0,007																								
055	Слесарная																									
060	Моечная																									
065	Контрольная																									

### 1.7 Размерный анализ технологического процесса: расчет допусков и припусков промежуточных и исходных размеров заготовки

Разработка конструкции изделия подразумевает установление технических требований к его частям в целом, а еще к точности всех составных частей. Последнюю задачу компетентно решить на базе размерного анализа конструкции изделия. Под размерным анализом как правило понимается выявление замыкающих звеньев и построения схем размерных цепей, выбор способов достижения точности замыкающих звеньев

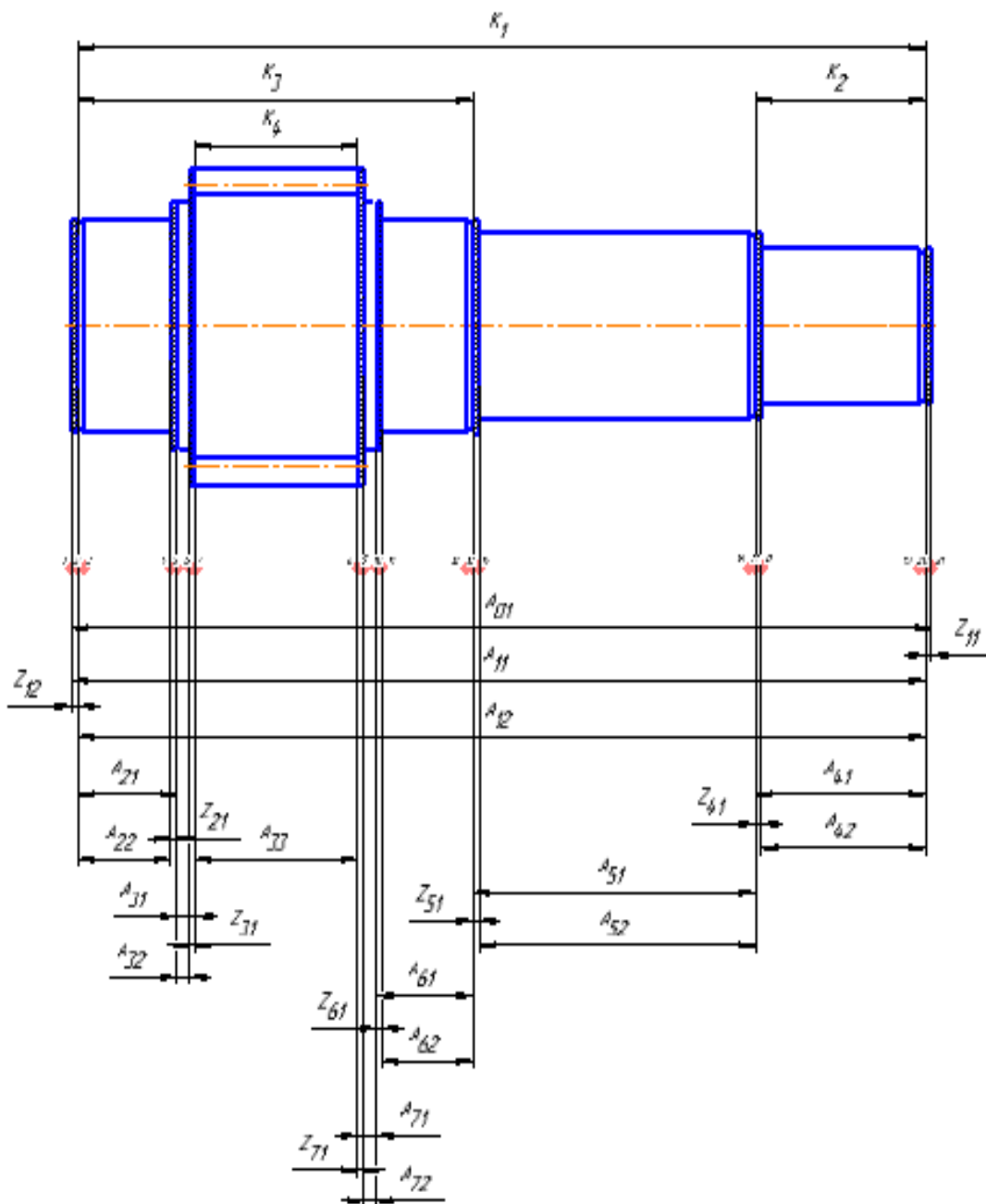


Рисунок 1.3 - Размерная схема

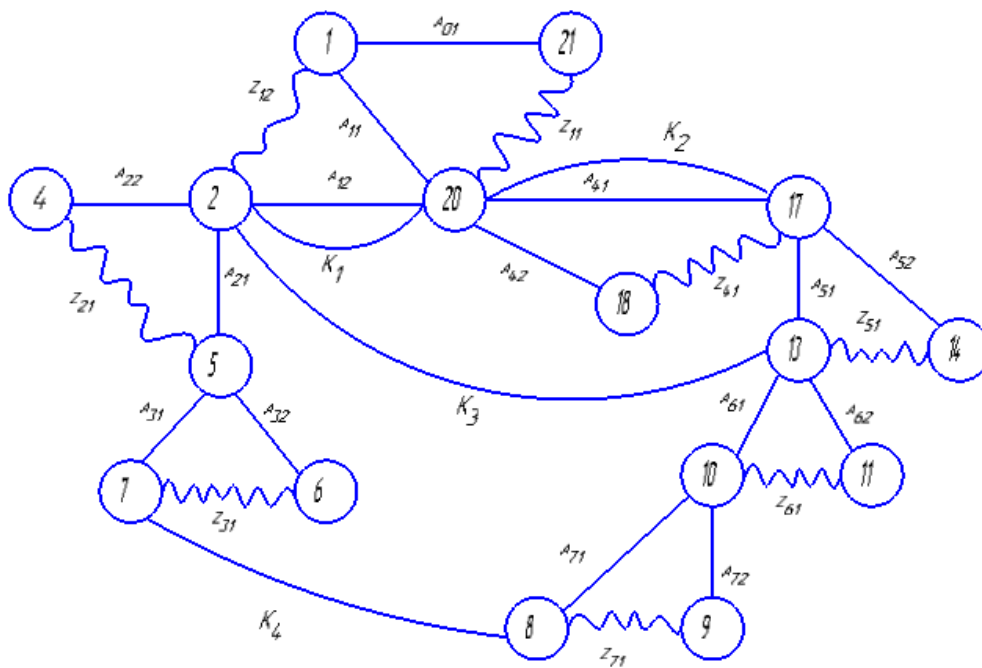
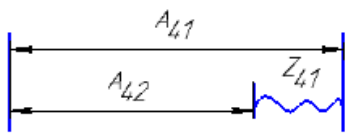
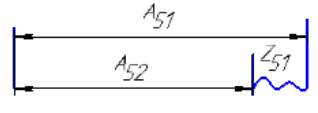
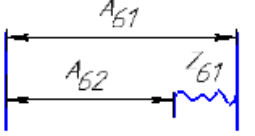
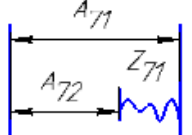
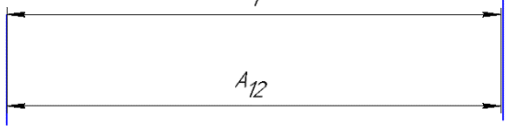
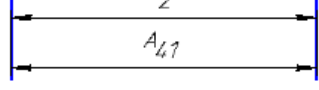
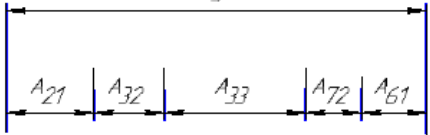
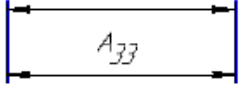


Рисунок 1.4 - Граф технологических размеров

Таблица 1.9 - Расчет технологических размеров

Проверяемые размеры	Схемы размерных цепей	Уравнения размерных цепей
Z11		$Z_{11} = A_{01} - A_{11}$
Z12		$Z_{12} = A_{11} - A_{12}$
Z31		$Z_{31} = A_{32} - A_{31}$

Z41		$Z_{41} = A_{41} - A_{42}$
Z51		$Z_{51} = A_{51} - A_{52}$
Z61		$Z_{61} = A_{61} - A_{62}$
Z71		$Z_{71} = A_{71} - A_{72}$
K1		$K_1 = A_{12}$
K2		$K_2 = A_{41}$
K3		$K_3 = A_{21} + A_{32} + A_{33} + A_{72} + A_{61}$
K4		$K_4 = A_{33}$



Деталь «вал-шестерня». Токарной обработке предшествовала центровально-фрезерная - центровая операция, в результате которой были обработаны торцы и выполнены центровые отверстия. Базирование заготовки осуществлялось по поверхностям  $\varnothing 45$  и  $\varnothing 32$ . Материал: сталь 40Х.

1. Соответственно заданным условиям устанавливаем маршрут обработки наиболее точно обрабатываемой ступени  $\varnothing 32k6$   $\left( \begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix} \right)$ :

- черновое точение;

- чистовое точение;

Так как выбранная оснастка позволяет обеспечить обработку до 6 квалитета с данной шероховатостью, без операции шлифования.

Вся указанная обработка выполняется с установкой заготовки в центрах.

2. Точность и качество поверхности сортового проката после механической обработки обеспечивается следующим способом обработки, согласно [4, с. 180, табл. 2]:

Таблица 1.10 – Маршрут для поверхности  $\varnothing 32k6$ :

Наружная поверхность	$\varnothing 32k6$		
	Квалитет	$R_z, \text{мкм}$	$h, \text{мкм}$
Черновое точение	10	63	60
Чистовое точение	6	6,3	12

3. Расчет суммарного значения пространственных отклонений для ступенчатых валов:

Суммарное значение пространственных отклонений для типа ступенчатых валов при обработке в центрах:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2} \quad (10)$$

где,  $\Delta$  – погрешность формы заготовки (коробление, изогнутость, биение), оставшаяся с предшествующего перехода, мкм;

$\Delta_{\Sigma k}$  – общее отклонение оси от прямолинейности,

$$\Delta_{\Sigma k} = 4 \cdot \Delta_k \cdot l_k,$$

где,  $l_k$  – размер от сечения, для которого определяется кривизна, до ближайшего наружного торца.

$\Delta_k$  – удельная кривизна в мкм на 1 мм длины (в маршруте предусмотрено  $\Delta_k = 0,15$ , по [4, с. 180, табл. 4]):

Средний диаметр, который необходимо знать для выбора  $\Delta_k$ , определяется как:

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + \dots + D_n l_n}{L} = \frac{2 \cdot 45 \cdot 25 + 2 \cdot 52,5 \cdot 4,5 + 66,57 \cdot 41 + 40 \cdot 72 + 32 \cdot 43}{215} = 45,2 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\Sigma k} = 4 \cdot 1,5 \cdot 43 = 258 \text{ мкм},$$

$\Delta_{\text{ц}}$ - погрешность центрирования (установка в центрах):

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{T^2 + 1^2} \quad (11)$$

где,  $T$  – допуск на размер базовой поверхности при зацентрировании, мкм ( $\delta = 2200 \text{ мкм}$ ):

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{1100^2 + 1^2} = 275 \text{ мкм},$$

$$\text{Тогда } \Delta = \sqrt{258^2 + 275^2} = 377 \text{ мкм}.$$

Остаточная величина пространственных отклонений:

$$\text{а) черновое точение } \Delta_1 = k_y \cdot \Delta = 0,06 \Delta = 0,06 \cdot 377 = 33 \text{ мкм};$$

$$\text{б) чистовое точение } \Delta_2 = k_y \cdot \Delta = 0,02 \Delta = 0,02 \cdot 377 = 8 \text{ мкм},$$

где, 0,06, 0,02 – коэффициенты уточнения для чернового и чистового обтачивания соответственно, по [4, с. 190, табл. 29]

Погрешность установки при базировании «в центрах»  $\varepsilon = 0$ .

#### 4. Расчет припусков.

А) Минимальный припуск на наружный диаметр (припуск двусторонний), по формуле [4, с. 176]:

$$z_{\text{min}} = h_{i-1} + Rz_{i-1} + \Delta, \quad (12)$$

Где,  $h_{i-1}$  – толщина дефектного слоя (наклеп, трещины, прижоги), оставшегося с предшествующего перехода, мкм;

$Rz_{i-1}$  – высота микронеровностей, оставшихся с предшествующего перехода, мкм;

$$1. \text{ черновое точение: } 2z_{\text{min}1} = 2 \cdot (125 + 120 + 377) = 2 \cdot 622 \text{ мкм} = 1,244 \text{ мм};$$

$$2. \text{ чистовое точение: } 2z_{\text{min}2} = 2 \cdot (25 + 25 + 33) = 2 \cdot 146 \text{ мкм} = 0,292;$$

Б) Графа «Расчетный размер» заполняется, начиная с конечного размера путем прибавления расчетного припуска каждого технологического перехода:

$$d_{p2} = 32,002 + 0,292 = 32,294 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 32,294 + 1,244 = 33,538 \text{ мм}.$$

Наименьшие предельные размеры заносим в таблицу.

В) Максимальный припуск на наружную поверхность [4, с. 176], допуски по [4, с. 192, табл32]::

$$2z_{max1} = 2z_{min1} + TD_i, \quad (13)$$

где,  $TD_{заг} = 1100$  мкм – допуск на размер диаметра заготовки;

$TD_1 = 180$  мкм – допуск на размер при черновом точении до 10 качества;

$TD_2 = 29$  мкм – допуск на размер при чистовом точении до 6 качества;

Тогда наибольшие предельные размеры по переходам:

$$32,002 + 0,029 = 32,031 \text{ мм};$$

$$32,294 + 0,180 = 32,474 \text{ мм};$$

$$33,538 + 1,1 = 34,638 \text{ мм}.$$

Г) Расчет фактических максимальных и минимальных припусков производим, вычитая соответственно значения наибольших и наименьших предельных размеров, соответствующих выполняемому и предшествующему технологическим переходам:

Максимальные припуски  $z_{max}$ :

$$32,474 - 32,031 = 0,443 \text{ мм};$$

$$34,638 - 32,474 = 2,164 \text{ мм};$$

Минимальные припуски  $z_{min}$ :

$$32,294 - 32,002 = 0,292 \text{ мм};$$

$$33,358 - 32,294 = 1,064 \text{ мм};$$

Общие припуски:

$$z_{o max} = 2,607 \text{ мм} = 2607 \text{ мкм};$$

$$z_{o min} = 1,932 \text{ мм} = 1932 \text{ мкм};$$

Определяем номинальный припуск:

$$z_{\text{НОМ}} = z_{\text{min}} + H_3 - H_d = 1,932 - 0,7 + 0,002 = 1,378 \text{ мм};$$

$$d_{\text{НОМ}} = 32,002 + 2 \cdot 1,378 = 33,398 \text{ мм.}$$

Проверка правильности выполненных расчетов:

$$z_{o \text{ max}} - z_{o \text{ min}} = TD_{\text{заг}} - TD_{\text{дет}} = 4360 - 2180 = 2200 - 20 = 2180 \text{ мкм}$$

Расчет выполнен верно. Результаты заносим в таблицу 12

Таблица 1.11 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности  $\phi 32k6$

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм			Расчетный припуск, мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения, мкм	
	$R_z$	$h$	$\Delta$				$d_{\text{max}}$	$d_{\text{min}}$	$z_{\text{max}}$	$z_{\text{min}}$
Заготовка	200	250	377	-	33,538	1100	34,638	33,358	-	-
Черновое точение	25	25	23	2·622	32,294	180	32,474	32,294	4,1	2
Чистовое точение	5	15	8	2·146	32,002	29	32,031	32,002	0,26	0,18

Аналогично рассчитываем поверхности  $\phi 45k6$ ,  $\phi 40h6$ :

Таблица 1.12 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности  $\phi 45k6$

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм			Расчетный припуск, мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения, мкм	
	$R_z$	$h$	$\Delta$				$d_{\text{max}}$	$d_{\text{min}}$	$z_{\text{max}}$	$z_{\text{min}}$
Заготовка	200	250	625	-	47,328	2500	49,828	47,328	-	-
Черновое точение	25	25	38	2·1075	45,178	100	45,278	45,182	4,55	2,15
Чистовое точение	5	15	13	2·88	45,002	16	45,018	45,002	0,26	0,18

Общие припуски:

$$z_{o \text{ max}} = 4,81 \text{ мм} = 4810 \text{ мкм};$$

$$z_{o \text{ max}} = 2,326 \text{ мм} = 2326 \text{ мкм};$$

Определяем номинальный припуск:

$$z_{\text{НОМ}} = 2,326 - 0,9 - 0,002 = 1,424 \text{ мм};$$

$$d_{\text{НОМ}} = 45,002 + 2 \cdot 1,424 = 47,9 \text{ мм}$$

Проверка правильности выполненных расчетов:

$$z_{o\ max} - z_{o\ max} = TD_{\text{заг}} - TD_{\text{дет}} = 4810 - 2326 = 2500 - 20 = 2480 \text{ мкм}$$

Расчет выполнен верно.

Таблица 1.13 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности  $\varnothing 40h6$

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм			Расчетный припуск, мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения, мкм	
	$R_z$	$h$	$\Delta$				$d_{max}$	$d_{min}$	$z_{max}$	$z_{min}$
Заготовка	20 0	25 0	62 5	-	42,312	2500	45,26	42,312	-	-
Черновое точение	25	25	38	2·1076	40,16	100	40,858	40,16	4,812	2,152
Чистовое точение	5	15	13	2·88	39,984	16	40	39,984	0,26	0,18

Общие припуски:

$$z_{o\ max} = 4,812\text{мм}=4812 \text{ мкм}$$

$$z_{o\ min} = 2,328\text{мм}=2328 \text{ мкм}$$

Определяем номинальный припуск:

$$z_{\text{НОМ}} = 2,328 - 0,9 + 0,016 = 1,444 \text{ мм};$$

$$d_{\text{НОМ}} = 39,984 + 2 \cdot 1,444 = 42,9 \text{ мм}$$

Проверка правильности выполненных расчетов:

$$z_{o\ max} - z_{o\ max} = TD_{\text{заг}} - TD_{\text{дет}} = 4812 - 2328 = 2500 - 16 = 2484 \text{ мкм}$$

Расчет выполнен верно.

Таблица 1.14 - Размеры заготовки без напусков:

Размер	Припуск	Допуск	Размер заготовки
$\varnothing 32k6$	2·1,4	$\begin{pmatrix} +1,0 \\ -0,8 \end{pmatrix}$	34,8
$\varnothing 45k6$	2·1,4	$\begin{pmatrix} +1,6 \\ -0,9 \end{pmatrix}$	47,8
$\varnothing 40h6$	2·1,4	$\begin{pmatrix} +1,6 \\ -0,9 \end{pmatrix}$	42,8
$\varnothing 52,5$	2·2,0	$\begin{pmatrix} +1,8 \\ -1,0 \end{pmatrix}$	56,5
$\varnothing 66,6$	2·1,8	$\begin{pmatrix} +1,6 \\ -0,9 \end{pmatrix}$	70,2
25	2·1,9	$\begin{pmatrix} +1,4 \\ -0,8 \end{pmatrix}$	28,8
41	2·1,8	$\begin{pmatrix} +1,6 \\ -0,9 \end{pmatrix}$	44,6

Продолжение таблицы 1.14

43	2·2,0	(+1,6) (-0,9)	47,0
50	2·2,0	(+1,6) (-0,9)	54,0
72	2·2,0	(+1,6) (-0,9)	76,0
215	2·2,3	(+2,4) (-1,2)	219,6

1.8 Выбор оборудования, инструментов и технологической оснастки

Выбор технологического оснащения выполняем по аспекту, который в большей степени отображает его функциональное предназначение и технологические требования. Этим аспектом считается вид обработки, на который рассчитан станок, в соответствии с этим его служебного предназначения (фрезерный – для фрезерования, сверлильный - для сверления, шлифовальный – для шлифования).

Вторым по значимости аспектом считаются габариты рабочей зоны станка, которые обязаны отвечать размерам заготовки с учётом размеров приспособлений. Следующим аспектом считается соответствие станка нужной точности обработки.

Обеспечив соблюдение данных трёх ведущих требований, осуществим выбор модели с поддержкой паспортов станков и каталогов металлорежущего оборудования. Подобранный станок обязан давать возможность работы на подходящих режимах резания, отвечать по мощности и производительности.

Станок обязан позволять взаимное движение детали и инструмента по командам без использования вещественного аналога обрабатываемой детали, данных устройств подачи по разным координатам с целью обеспечения необходимой точности обработки криволинейных контуров детали; сокращения изнашивания и нагрева механических узлов.

Операция 005 «Ленточно-отрезная».

Оборудование: Станок модели 8544 предназначен для разрезания ленточной пилой различного профиля

Таблица 1.15 – Технические характеристики станка 8544

Наименование параметра	Значение
Класс точности станка по ГОСТ 8-82 (Н, П, В, А, С)	Н
Наибольший диаметр заготовки, мм	355
Длина отрезаемой заготовки наибольшая, мм	355
Пределы частот вращения шпинделя Min/Max, об/мин.	█
Мощность, кВт	2.8
Габариты, мм	3045×3060×1790
Масса, кг	3300
Начало серийного выпуска, год	1975
Завод-производитель	СиАЛ Станки и автоматические линии, ОАО

Инструмент: Пила дисковая. Сегменты 2034-0012

Операция 010«Фрезерно-центровальная».

Оборудование: Фрезерно-центровальный станок МР-71

Таблица 1.16 – Технические характеристики станка МР-71

Наименование параметра	Значение
Диаметр обрабатываемой заготовки, мм	20-125
Длина обрабатываемой заготовки, мм	200-500
Число скоростей шпинделя	8
Пределы чисел оборотов шпинделя фрезы в минуту	125-712
Наибольший ход головки фрезы, мм	225
Диаметр применяемой фрезы, мм	90-160
Пределы рабочих подач, мм/мин	20-800
Число скоростей сверлильного шпинделя	6
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	125-1125
Ход сверлильной головки, мм	60
Пределы рабочих подач, мм/мин	20-300
Продолжительность холостых ходов, мин	0,3
Мощность электродвигателя, кВт: фрезерных головок сверлильных головок	7 или 10 1,7 или 2,8
Габариты станка, мм	2640x1615x1680
Категория ремонтной сложности	6

Инструмент: Торцовая насадная фреза  $\varnothing 50$  ГОСТ 9304-69.  
Центровочные комбинированные сверла по ГОСТ 14952-75 с цилиндрическим хвостовиком.

Операция 010 «Токарная с ЧПУ».

Оборудование:

Так как целью при составлении базового техпроцесса являлся выбор наиболее экономичного варианта процесса изготовления детали, то практической рекомендацией к применению на производстве будет выбор техпроцесса разработанного для используемого оборудования, являющимся более экономически-эффективным в рамках предприятия.

В дальнейших перспективах предприятию требуется максимально ускорить процесс изготовления детали, поэтому рекомендацией будет применение техпроцесса предусматривающего использование оборудования с ЧПУ. Применим станок 1М63Мф101.

Таблица 1.17 – Технические характеристики станка с ЧПУ 1М63Мф101

<b>Технические характеристики станка</b>	<b>Значение</b>
Класс точности по ГОСТ 8-82	Н
Наибольший диаметр заготовки обрабатываемой над станиной, мм	630
Наибольший диаметр заготовки обрабатываемой над суппортом, мм	350
Высота центров, мм	315
Наибольшая длина устанавливаемой детали РМЦ, мм	1500
Наибольшее расстояние от оси центров до кромки резцедержателя, мм	335
Наибольшая длина обработки детали (без перестановки резцовых салазок), мм	1260
Высота резца, установленного в резцедержатель, мм	32
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	2000
Частота прямого/ обратного вращения шпинделя, об/мин	12,5..1600 22,4..2240
Количество прямых/ обратных скоростей шпинделя	22/ 11
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	80
Центр в шпинделе по ГОСТ 13214-79	Морзе 6
Торможение шпинделя	Есть
Электродвигатель главного движения, кВт (об/мин)	18,5(1465)
Габариты станка (длина, ширина, высота), мм	3655 x 1590 x1420
Масса станка, кг	4400

Инструмент:

Заказ, доставка и установка новых станков или оборудования могут занять значительное время. В таких случаях в качестве альтернативы выступают разнообразные технологические инструменты и оснастка.



Технологические инструменты и оснастки подразумевают под собой ряд приспособлений, нацеленных на повышение эффективности и расширение производственных возможностей. Чаще всего их используют в случае, когда предприятию необходимо расширить свой ассортимент продукции с минимальными затратами в короткие сроки. Технологическая оснастка токарных станков позволяет ощутимо расширить производительные и функциональные возможности.

В данной работе мы будем использовать инструменты от компании ZCC-CT- Zhuzhou Cemented Carbide Cutting Tools Co., Ltd. Компания ZCC-CT способна изготовить и поставить по всему миру режущий инструмент высокого качества.

Так как, в данной работе, большая часть проходит через токарную обработку, то заменим режущий инструмент на новый.

1. Пластина – YBC152-CNMG120404-WG (Wiper), улучшенного поколения сплавов для точения стали.

Таблица 1.18 - Данные о пластине

C	N	M	G	12	04	04	WG	YBC152
		Допуск $\pm 0,08$ $\pm 0,18$	Форма пластины 	Длина кромки	Толщина Пластины 4,76 мм	Радиус 0.04 мм		Твердый сплав с покрытием CVD (P10-P20). Подходит для чистовой и получистовой токарной обработки стали.

Применение пластин с зачистной технологией позволяет улучшить качество поверхности и, таким образом, снижает необходимость шлифовальных операций. Геометрическая точность, обработанной поверхности повышается. Зачистная пластина отличается специальной модификацией радиуса закругления вершины. Таким образом, при

одинаковой подаче, по сравнению с обычной токарной пластиной, достигается значительное улучшение качества поверхности. При увеличении подачи в два раза для достижения более высокой производительности чистота обработки поверхности сохраняется.

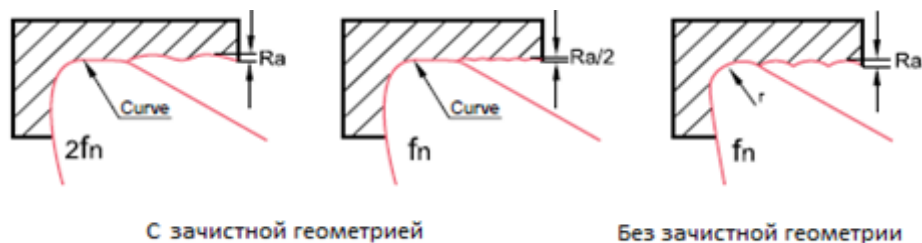


Рисунок 1.5 – Шероховатость.

При чистовой и получистовой обработке требуется высокая чистота получаемой поверхности. Благодаря зачистной технологии, данное требование может быть реализовано при более высокой подаче. Дальнейшим преимуществом является увеличение производительности.

1. Державка для резца DCLNR/L-2020K12.

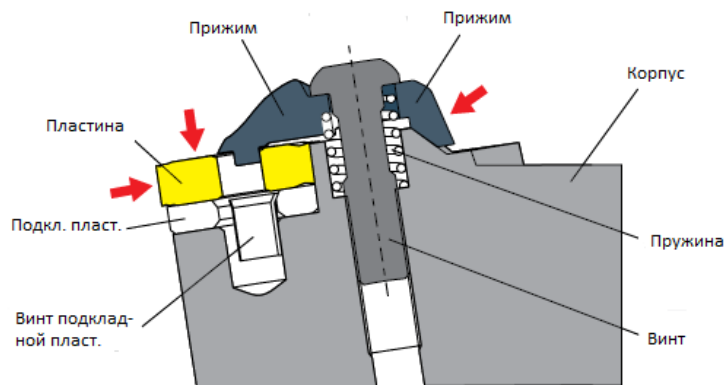


Рисунок 1.6 - Державка для резца DCLNR/L-2020K12.

Крепление повышенной жесткости типа D. Двойной специально разработанный прижим производится одним движением руки. Он обеспечивает надежную фиксацию пластин, высокую точность позиционирования и плотность затяжки для длительного срока эксплуатации и точности обработки.

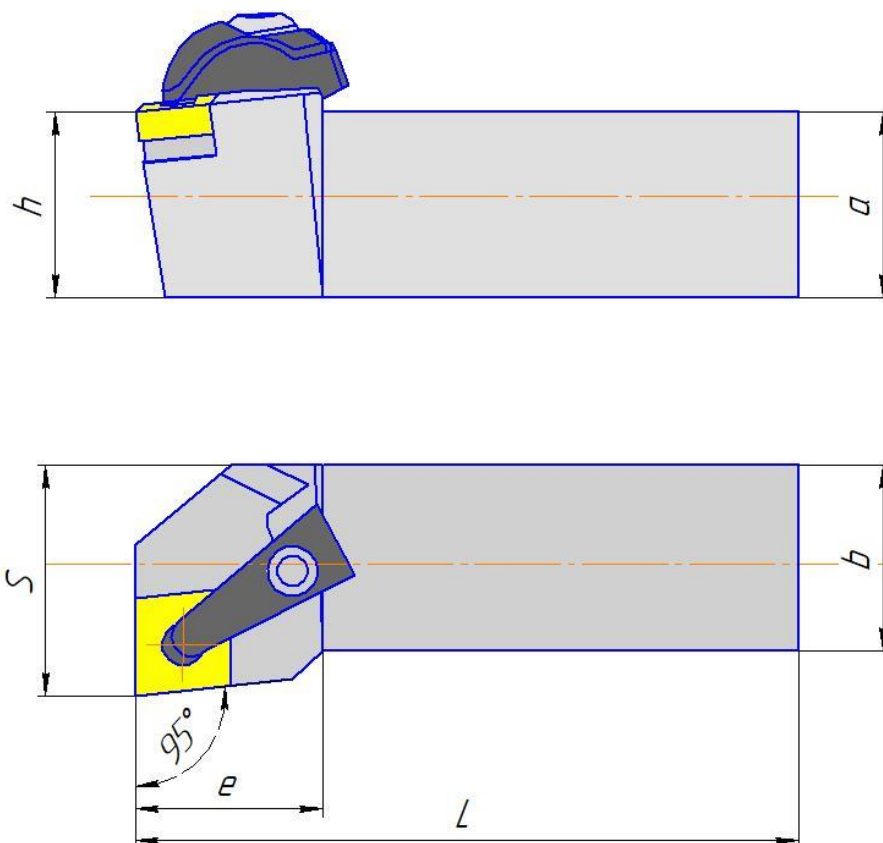


Рисунок 1.7 – Механический резец

Таблица 1.19 - Комплектация

Обозначение	Размеры						Винт	Подкладная пластина	Ключ	Прижим	Винт подкладной пластины	Пружина
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>e</i>						
DCLN R/L- 2020K1 2	20	20	125	20	25	28	CM6 ×25C	C12B M	WH40 L	C2RA	SM6×10 XA1	SPR4

Высокая точность воспроизведения, превосходное крепление. Длительный срок эксплуатации благодаря надежности крепления. Высокий ресурс прочности.

Операция 020 «Фрезерная с ЧПУ».

Оборудование:

Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок FU450MRArUG

Таблица 1.20 – Технические характеристики станка FU450MRArUG

Технические характеристики	Значение
Рабочая поверхность стола, мм	400x1600
* специальное исполнение	450x1800*
Рабочая поверхность стола, мм	400x1600
Нагрузка на стол, кг	1500
Продольное перемещение стола, мм	1120
Поперечное перемещение крестового суппорта, мм	345
Вертикальное перемещение консоли, мм	630
Мощность главного привода, кВт	11
Макс. крутящий момент на шпинделе, Н·м	1850
Конус инструмента	ISO-50
Максимальный диаметр фрезерной головки, мм	315
Количество подач	18
Диапазон частот вращения, об/мин	28...1400
Ускоренный ход, вдоль и поперек, мм/мин	3150
Габариты станка (длина, ширина, высота), мм	2850x2250x2700
Масса, кг	5 600

Инструмент: Фреза концевая  $\varnothing 10$  P6M5 ГОСТ 7470-92

Операция 025 «Сверлильная», Операция 030 «Резьбонарезная».

Оборудование: радиально-сверлильный станок 2A55

Таблица 1.21 – Технические характеристики радиально-сверлильного станка 2A55

Технические характеристики	Значение
Класс точности станка	H
Наибольший условный диаметр сверления в стали 45, мм	50
Наибольший условный диаметр сверления в чугунах, мм	63
Диапазон нарезаемой резьбы в стали 45, мм	M52 x 5
Расстояние от оси шпинделя до направляющей колонны (вылет шпинделя), мм	450...1500
Наибольшее горизонтальное перемещение сверлильной головки по рукаву, мм	1050
Размер поверхности плиты (ширина длина), мм	1000 x 2530
Обозначение конца шпинделя по ГОСТ 24644-81	Морзе 5
Частота прямого вращения шпинделя, об/мин	30...1900
Количество скоростей шпинделя прямого вращения	19
Пределы рабочих подач на один оборот шпинделя, мм/об	0,05...2,2
Число ступеней рабочих подач	12

Пределы рабочих подач на один оборот шпинделя при нарезании резьбы, мм	1,0...5,0
Наибольший допустимый крутящий момент, кгс*см	7100
Электродвигатель привода главного движения, кВт (об/мин)	4,5
Габариты станка (длина, ширина, высота), мм	2625 x 968 x 3265
Масса, кг	4100

Инструмент: Сверло спиральное  $\varnothing 6,7$  Р6М5 ГОСТ 10903-77, Метчик М8 Р6М5 ГОСТ 3266-81

Операция 035 «Зубофрезерная».

Оборудование: зубофрезерный станок 5Е32

Таблица 1.22 – Технические характеристики зубофрезерного станка 5Е32

Технические характеристики	Значение
Класс точности станка	Н
Наибольший модуль нарезаемого колеса по стали, мм	6
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес ( $0^\circ$ ), мм	800
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических косозубых колес ( $30^\circ$ ), мм	500
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических косозубых колес ( $45^\circ$ ), мм	350
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических косозубых колес ( $60^\circ$ ), мм	120..250
Наибольший диаметр червячных нарезаемых колес, мм	800
Наименьшее число нарезаемых зубьев	12
Расстояние между осями стола и фрезы, мм	30..480
Расстояние от плоскости стола до оси фрезы, мм	190..525
Диаметр стола, мм	475
Пределы оборотов фрезы, об/мин	53,5..250
Пределы продольных подач суппортной стойки, мм/об	0,8..5,0
Электродвигатель главного привода, кВт (об/мин)	4,5
Габариты станка (длина, ширина, высота), мм	2390 x 1340 x 2080
Масса, кг	4000

Инструмент: Фреза червячная Т15К6 ГОСТ 9324-80

Операция 055 «Зубошлифовальная».

Оборудование: Зубошлифовальный станок 5М841

Таблица 1.23 – Технические характеристики зубошлифовального станка 5М841

Технические характеристики	Значение
Класс точности станка	Н
Диаметр устанавливаемого изделия, мм	30..320
Наименьший диаметр окружности впадин, мм	30
Модуль устанавливаемого изделия, мм	1,5..8
Число зубьев устанавливаемого изделия, мм	10..200
Наибольшая ширина зубчатого прямозубого венца устанавливаемого изделия, мм	160
Расстояние между центрами суппорта обрабатываемого изделия, мм	175..400
Наибольший угол наклона зубьев, мм	±45
Точность обработки, кв.	4..5
Наибольшая масса устанавливаемого изделия, кг	200
Диаметр шлифовального круга (абразивного червяка), мм	260..350
Ширина шлифовального круга (абразивного червяка), мм	13..32
Диаметр стола, мм	280
Электродвигатель главного привода - шлифовального шпинделя, кВт	1,5
Габариты станка (длина, ширина, высота), мм	2850 x 2315 x 2085
Масса, кг	8000

Инструмент: Круг шлифовальный 2П-250-16-75 Э5-СМ1-25-4-К

### 1.9 Расчет и назначение режимов обработки

Обрабатываемый материал 40Х,  $\sigma_B=800$  МПа

Операция 005 «Ленточно-отрезная».

Инструмент : ленточная пила ГОСТ 53924-2010 (Все коэффициенты взяты по [4, с. 261 – 303]):

Скорость резания берем по таблице:

$$V = 12 \text{ м/мин};$$

$$s_M = 50 \text{ мм/мин};$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 12}{3,14 \cdot 72} = 53 \text{ об/мин};$$

Операция 010 «Фрезерно-центровальная».

*Подрезка торцов  $\Phi 45$  мм:*

Глубину резания определяют, учитывая припуск на обработку и требования к чистоте.

Инструмент: торцовая насадная фреза со вставными ножами из твердого сплава Т15К6 2210-0061 ГОСТ 9304-69.  $z = 5$ ,  $D=50$ ,  $H = 100$ мм

По таблицам [4, с. 283, табл. 33]:

$$z = 5, \quad D=40, \quad t=2,3\text{мм}; \quad S_z = 0,18 \text{ мм/зуб}; \quad S = S_z \cdot z = 0,9 \text{ мм/об};$$

1 проход

Расчет поправочного коэффициента (Все коэффициенты взяты по [4, с. 261 – 303 ]):

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив} = 0,94 \cdot 1 \cdot 1 = 0,94;$$

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left( \frac{750}{800} \right)^1 = 0,94.$$

Расчет скорости резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{332 \cdot 40^{0,2}}{120^{0,2} \cdot 2,3^{0,1} \cdot 0,18^{0,4} \cdot 32^{0,2} \cdot 5^0} \cdot 0,94 = 228,8 \text{ м/мин.}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\text{зар}}} = \frac{1000 \cdot 228,8}{3,14 \cdot 47,9} = 1521 \text{ об/мин.}$$

Примем по паспорту станка  $n = 1125$ .

Сила резания:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,3^{1,0} \cdot 0,18^{0,75} \cdot 32^{1,15}}{40^{1,3} \cdot 1125^{0,2}} 1,02 = 2454,5 \text{ Н};$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{800}{750} \right)^{0,3} = 1,02;$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D_{фр}}{2 \cdot 100} = \frac{2454,5 \cdot 40}{200} = 490,9 \text{ Н·м};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_{\text{э}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2454,5 \cdot 228,8}{1020 \cdot 60} = 9,17 \text{ кВт.}$$

*Сверление центровых отверстий:*

Инструмент : сверло центровочное комбинированное типа А Ø4 мм Р6М5 по ГОСТ 14952-75. (Все коэффициенты взяты по [4, с. 261 – 303]):

Расчет скорости резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v = \frac{9,8 \cdot 2^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,13^{0,5}} 0,94 = 19,6 \text{ м/мин};$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0,94 \cdot 1 \cdot 1 = 0,94;$$

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left( \frac{750}{800} \right)^1 = 0,94.$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\text{отв}}} = \frac{1000 \cdot 19,6}{3,14 \cdot 4} = 1441 \text{ об/мин. Примем по паспорту станка } n = 1125 \text{ об/мин.}$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p = 10C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_{mp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 0,9 = 0,24 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Осевое усилие:

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p = 10C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_{mp} = 10 \cdot 68 \cdot 2^1 \cdot 0,13^{0,7} \cdot 0,9 = 293 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_{\text{э}} = \frac{M_{\text{крz}} \cdot n}{9750} = \frac{0,24 \cdot 1125}{9750} = 0,03 \text{ кВт};$$

Операция 015 «Токарная с ЧПУ» (черновая).

Инструмент : усовершенствованный расточной резец YNG151 CNMG120404-WG. (Данные берутся по каталогу ZCC-СТ, с. А23-А51) и по [4, с. 261 – 303]):

$$t=0,65 \text{ мм}; \quad S_o=0,4 \text{ мм/об}; \quad V=250 \text{ м/мин}; \quad 2 \text{ прохода.}$$

Тогда:

Расчет частоты вращения:

$$n_1 = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 45} = 1769 \text{ об/мин, для поверхности } \varnothing 45 \text{ мм};$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 52,5} = 1517 \text{ об/мин, для поверхности } \varnothing 52,5 \text{ мм};$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 66,6} = 1195 \text{ об/мин, для поверхности } \varnothing 66,6 \text{ мм};$$

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 40} = 1990 \text{ об/мин, для поверхности } \varnothing 40 \text{ мм};$$



$$n_5 = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 32} = 2488 \text{ об/мин, для поверхности } \varnothing 32 \text{ мм;}$$

По станку принимается  $n_1 = 1800, n_2 = 1520, n_3 = 1200, n_4 = 1980$  об/мин,  $n_5 = 2240$  об/мин

Расчет силы резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y V^n K_p = 10 C_p t^x s^y V^n K_{mp} \cdot K_{\varphi p} = 10 \cdot 300 \cdot 0,65^{0,1} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 250^{-0,15} \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 2084 \text{ Н}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_э = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2084 \cdot 250}{1020 \cdot 60} = 8,5 \text{ кВт;}$$

Операция 010 «Токарная с ЧПУ» (чистовая).

Инструмент : усовершенствованный расточной резец YNG151 CNMG120404-WG. (Данные берутся по каталогу ZCC-СТ, с. А23-А51) и по [4, с. 261 – 303]):

$$t=0,1 \text{ мм; } S_o=0,4 \text{ мм/об; } V=250 \text{ м/мин; } 1 \text{ проход.}$$

Тогда:

Расчет силы резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y V^n K_p = 10 C_p t^x s^y V^n K_{mp} \cdot K_{\varphi p} = 10 \cdot 300 \cdot 0,1^{0,1} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 250^{-0,15} \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 330 \text{ Н}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_э = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{330 \cdot 250}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт}$$

Операция 015 «Фрезерная».

Инструмент : концевая фреза, материал режущей части Р6М5, ГОСТ 6396-78; число зубьев  $z = 2$ ,  $D_{фр} = \varnothing 8$  мм. (Все коэффициенты взято по [4, с. 261 – 303]):

$$\text{По таблицам: } t=0,3 \text{ мм (} t_0=26 t \text{), за 26 проходов; } S_z=0,16 \text{ мм/зуб;}$$

Расчет минутной подачи:

$$S = S_z \cdot z \cdot n = 0,16 \cdot 2 \cdot 500 = 160 \text{ мм/мин}$$

Расчет поправочного коэффициента:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv} = 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 0,94;$$

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left( \frac{750}{800} \right)^1 = 0,94.$$

Расчет скорости резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v = \frac{12 \cdot 10^{0,2}}{60^{0,26} \cdot 0,3^{0,3} \cdot 0,16^{0,25} \cdot 8^{0,2}} 0,94 = 14 \text{ м/мин};$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 14}{3,14 \cdot 10} = 445 \text{ об/мин. По паспорту станка принимаем } n = 500 \text{ об/мин.}$$

Расчет силы резания:

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,3^{0,86} \cdot 0,16^{0,72} \cdot 5^{1,1} \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 500^0} 0,9 = 75 \text{ Н};$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{560}{750} \right)^{0,3} = 0,9;$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D_{\text{фр}}}{2 \cdot 1000} = \frac{225 \cdot 8}{200} = 3 \text{ Н·м};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_э = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{225 \cdot 17}{1020 \cdot 60} = 0,06 \text{ кВт.}$$

Операция 025 «Сверлильная».

Инструмент : сверло спиральное  $\varnothing 6,7$  Р6М5 ГОСТ10902-77(Все коэффициенты взяты по [4, с. 261 – 303]):

Глубина резания  $D/2$ .  $T=3,35$ мм

$S_{\text{табл}}=0,14$  мм/об

Корректируем подачу с учетом поправочных коэффициентов:

$$k_{S_M} = 1,0$$

$$S_0=1,0 \cdot 0,14=0,14 \text{ мм/об}$$

Расчет скорости резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^x \cdot S_y} K_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^x \cdot S_y} K_{mp} = \frac{14,8}{80^{0,11} \cdot 0,14^{0,7} \cdot 3,35^{0,3}} 1,3 = 27,5 \text{ м/мин,}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 6,7} = 1307 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту  $n = 1290$  об/мин.

Расчет силы резания:

$$P_z = \frac{10C_p P_y}{i^n} K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1,25^{1,7}}{4^{1,7}} 0,9 = 184 \text{ Н}$$

Расчет эффективная мощность резания:

$$N_э = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{184 \cdot 27,5}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт}$$

Операция 030 Резьбонарезная».

Инструмент : метчик: М8 Р6М5 ГОСТ 3266-81 (Все коэффициенты взяты по [4, с. 261 – 303]):

При нарезании резьбы подачу приравнивают к шагу резьбы  $s=P$

Шаг резьбы  $P=1,25$ , что меньше 2,5 мм, следовательно поперечная подача имеет радиальное направление  $s_p$  и образование резьбы идет по профильной схеме.

Расчет скорости резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot s_p^x \cdot s_y} K_p = \frac{14,8}{60^{0,11} \cdot 1,25^{0,7} \cdot 0,6^{0,3}} 1,3 = 8,9 \text{ м/мин}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 8,9}{3,14 \cdot 8} = 354 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту  $n = 420$  об/мин.

Расчет силы резания:

$$P_z = \frac{10C_p P_y}{i^n} K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1,25^{1,7}}{4^{1,7}} 0,9 = 184 \text{ Н}$$

Расчет эффективная мощность резания:

$$N_э = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{184 \cdot 8,9}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт}$$

Операция 025 «Зубофрезерная».

Инструмент: червячная фреза для прямых цилиндрических зубов с эвольвентным профилем Т15К6, Ø85мм, ГОСТ 9324-80. (Все коэффициенты взяты по [4, с. 261 – 303]):

$$S_0 = 2,0 \text{ мм/об}; \quad V = 24 \text{ м/мин}; \quad D_{\text{фр}} = 112\text{мм}; \quad 1 \text{ проход}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\text{фр}}} = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 112} = 68 \text{ об/мин.}$$

Операция 030 «Слесарная»

Операция 035 «Термическая»

Операция 040 «Зубошлифовальная»

Инструмент: абразивный круг для шлифования зубьев 2П 250-16-76 Э5-СМ1-25-4-К ГОСТ 2424-83. (Все коэффициенты взяты по [4, с. 261 – 303]):

По таблицам:  $t=0,05\text{мм}$ ;  $V_{\text{кр}} = 30\text{м/с}$ ;  $V_3 = 20 \text{ м/с}$ ;  $S_{\text{пр}}=(0,3 \div 0,7)\text{В} = 0,5 \cdot 41 = 20,5\text{мм/об}$ ;  $S_{\text{поп}} = 0,05 \text{ мм/дв.ход}$ , 1 проход

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{V}{\pi D} 60000 = \frac{30}{3,14 \cdot 66,7} = 273 \text{ об/мин. По паспорту станка принимаем } n = 250 \text{ об/мин.}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_3 = C_n \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,05^{0,85} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 250^0 = 0,12 \text{ кВт}$$

## 1.10 Нормирование технологического процесса

### 1.10.1 Расчет основного времени

Основное время – время, затрачиваемое на перемещение инструмента на рабочей подаче. Расчет основного времени производят на основании следующей зависимости:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{s \cdot n}, \text{ мм}$$

где,  $L$ - расчётная длина обработки, мм;

$i$ - число рабочих ходов;

$S$ - подача, мм/об (мм/мин);

$n$ - частота вращения шпинделя, об/мин;

Расчетную длину обработки определяют как:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{мм}$$

где,  $l$ -размер детали на данном переходе, мм;

$l_1$ -величина подвода инструмента, мм;

$l_2$ -величина врезания инструмента, мм;

$l_3$ -величина перебега инструмента, мм.

Величины подвода и перебега для токарной, сверлильной и фрезерной принимаем равной 1мм, для шлифовальной операции данный параметр принимаем равным 0.

Величина врезания инструмента в каждом конкретном случае определяется как:

$$l_2 = \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi},$$

где,  $t$ - глубина резания, мм;

$\varphi$ - угол в плане.

Операция 010 «Фрезерно-центровальная».

Подрезать торцы:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)}{S \cdot n} = \frac{2}{0,09 \cdot 1125} = 2,14 \text{мин};$$

Центровать отверстия:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)}{S \cdot n} = \frac{6}{0,13 \cdot 1125} = 0,17 \text{мин};$$

Операция 015 «Токарная с ЧПУ».

$$t_{01} = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)}{S \cdot n} = \frac{47}{0,04 \cdot 1800} = 0,65 \text{мин};$$

$$t_{02} = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)}{S \cdot n} = \frac{54,5}{0,04 \cdot 1520} = 0,89 \text{мин};$$

$$t_{03} = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)}{S \cdot n} = \frac{70}{0,04 \cdot 1200} = 1,46 \text{мин};$$

$$t_{04} = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)}{S \cdot n} = \frac{40}{0,04 \cdot 1980} = 0,51 \text{мин};$$

$$t_{05} = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)}{S \cdot n} = \frac{32}{0,04 \cdot 2240} = 0,36 \text{мин};$$

Операция 020 «Фрезерная».

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2)}{S_M} = \frac{0,3 \cdot 26 + 2 + 8}{0,16 \cdot 500} = 0,25 \text{мин};$$

Операция 025 «Сверлильная».

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2)}{S_M} = \frac{37}{0,14 \cdot 1290} = 0,21 \text{мин};$$

Операция 030 «Резьбонарезная».

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2)}{S \cdot n} = \frac{37}{1,25 \cdot 420} = 0,07 \text{мин};$$

Операция 035 «Зубофрезерная».

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2)}{S \cdot n} = \frac{70}{2,0 \cdot 68} = 5,15 \text{мин};$$

Операция 040 «Зубошлифовальная».

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2)}{S \cdot n} = \frac{70}{0,05 \cdot 250} = 5,6 \text{мин};$$

### 1.10.2 Расчет вспомогательного времени

Вспомогательное время для операции будет складываться из времени на установку и снятие детали, управление станком, измерение детали.

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_3 + t_{\text{изм}};$$

где,  $t_{\text{уст}}$ -время на установку и снятие детали;

$t_3$ -время на закрепление детали;

$t_{\text{изм}}$ -время измерения детали.

Найдем вспомогательное время для каждой операции:

Операция 010 «Фрезерно-центровальная».

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{з}} + t_{\text{изм}} = 0,9 \text{ мин};$$

Операция 015 «Токарная с ЧПУ».

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{з}} + t_{\text{изм}} = 0,95 \text{ мин};$$

Операция 020 «Фрезерная».

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{з}} + t_{\text{изм}} = 1,2 \text{ мин};$$

Операция 025 «Сверлильная».

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{з}} + t_{\text{изм}} = 0,64 \text{ мин};$$

Операция 030 «Резьбонарезная».

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{з}} + t_{\text{изм}} = 0,64 \text{ мин};$$

Операция 035 «Зубофрезерная».

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{з}} + t_{\text{изм}} = 1,8 \text{ мин};$$

Операция 040 «Зубошлифовальная».

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{з}} + t_{\text{изм}} = 1,5 \text{ мин};$$

1.10.3 Расчет оперативного времени

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{в}},$$

Операция 010 «Фрезерно-центровальная».

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{o1}} + t_{\text{o2}} + t_{\text{в}} = 0,21 + 0,17 + 0,9 = 1,28 \text{ мин};$$

Операция 015 «Токарная с ЧПУ».

$$t_{\text{оп}} = t_{o1} + t_{o2} + t_{o3} + t_{o4} + t_{o5} + t_{\text{в}} = 0,65 + 0,89 + 1,46 + 0,51 + 0,36 + 0,53 = 4,82 \text{ мин};$$

Операция 020 «Фрезерная».

$$t_{\text{оп}} = t_{o1} + t_{\text{в}} = 0,25 + 1,2 = 1,45 \text{ мин};$$

Операция 025 «Сверлильная».

$$t_{\text{оп}} = 0,21 + 0,64 = 0,85 \text{ мин};$$

Операция 030 «Резьбонарезная».

$$t_{\text{оп}} = 0,07 + 0,64 = 0,71 \text{ мин};$$

Операция 035 «Зубофрезерная».

$$t_{\text{оп}} = 5,15 + 1,8 = 7,3 \text{ мин};$$

Операция 040 «Зубошлифовальная».

$$t_{\text{оп}} = 5,6 + 1,5 = 7,1 \text{ мин};$$

1.10.4 Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}},$$

Найдем время обслуживания рабочего места для каждой операции:

Операция 010 «Фрезерно-центровальная».

$$t_{\text{обс}} = 0,03 \cdot 1,28 = 0,04 \text{ мин};$$

Операция 015 «Токарная с ЧПУ».

$$t_{\text{обс}} = 0,03 \cdot 4,82 = 0,15 \text{ мин};$$

Операция 020 «Фрезерная».

$$t_{\text{обс}} = 0,03 \cdot 1,45 = 0,04 \text{ мин};$$



Операция 025 «Сверлильная».

$$t_{\text{обс}} = 0,03 \cdot 0,85 = 0,03 \text{мин};$$

Операция 030 «Резьбонарезная».

$$t_{\text{обс}} = 0,03 \cdot 0,71 = 0,02 \text{мин};$$

Операция 035 «Зубофрезерная».

$$t_{\text{обс}} = 0,03 \cdot 7,3 = 0,22 \text{мин};$$

Операция 040 «Зубошлифовальная».

$$t_{\text{обс}} = 0,03 \cdot 7,1 = 0,21 \text{мин};$$

#### 1.10.5 Расчет времени на отдых

$$t_{\text{отд}} = \beta \cdot t_{\text{оп}},$$

Найдем время на отдых для каждой операции:

Операция 010 «Фрезерно-центровальная».

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot 1,28 = 0,05 \text{ мин};$$

Операция 015 «Токарная с ЧПУ».

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot 4,82 = 0,19 \text{мин};$$

Операция 020 «Фрезерная».

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot 1,45 = 0,06 \text{мин};$$

Операция 025 «Сверлильная».

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot 0,85 = 0,03 \text{мин};$$

Операция 030 «Резьбонарезная».

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot 0,71 = 0,03 \text{мин};$$

Операция 035 «Зубофрезерная».

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot 7,3 = 0,29 \text{мин};$$

Операция 040 «Зубошлифовальная».

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot 7,1 = 0,28 \text{мин};$$

1.10.6 Расчет штучного времени

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}},$$

Посчитаем штучное время для каждой операции:

Операция 010 «Фрезерно-центровальная».

$$t_{\text{шт}} = 1,28 + 0,04 + 0,05 = 1,37 \text{ мин};$$

Операция 015 «Токарная с ЧПУ».

$$t_{\text{шт}} = 4,82 + 0,15 + 0,19 = 5,16 \text{мин};$$

Операция 020 «Фрезерная».

$$t_{\text{шт}} = 1,45 + 0,04 + 0,06 = 1,55 \text{мин};$$

Операция 025 «Сверлильная».

$$t_{\text{шт}} = 0,85 + 0,03 + 0,03 = 0,91 \text{мин};$$

Операция 030 «Резьбонарезная».

$$t_{\text{шт}} = 0,71 + 0,02 + 0,03 = 0,77 \text{мин};$$

Операция 035 «Зубофрезерная».

$$t_{\text{шт}} = 7,3 + 0,22 + 0,29 = 7,35 \text{мин};$$

Операция 040 «Зубошлифовальная».

$$t_{\text{шт}} = 7,1 + 0,21 + 0,28 = 7,59 \text{ мин};$$

1.10.7 Расчет штучно-калькуляционного времени

$$t_{\text{шт.к.}} = \sum t_{\text{шт}} + \frac{\sum t_{\text{пз}}}{N},$$

Где  $N$ -объем партии деталей.

Операция 010 «Фрезерно-центровальная».

$$t_{\text{шт.к.1}} = 1,37 + \frac{26}{500} = 1,4 \text{ мин};$$

Операция 015 «Токарная с ЧПУ».

$$t_{\text{шт.к.2}} = 5,16 + \frac{7}{500} = 5,2 \text{ мин};$$

Операция 020 «Фрезерная».

$$t_{\text{шт.к.6}} = 1,55 + \frac{8}{500} = 1,6 \text{ мин};$$

Операция 025 «Сверлильная».

$$t_{\text{шт.к.3}} = 0,91 + \frac{7}{500} = 0,92 \text{ мин};$$

Операция 030 «Резьбонарезная».

$$t_{\text{шт.к.4}} = 0,77 + \frac{24}{500} = 0,8 \text{ мин};$$

Операция 035 «Зубофрезерная».

$$t_{\text{шт.к.5}} = 7,35 + \frac{7}{500} = 7,4 \text{ мин};$$

Операция 040 «Зубошлифовальная».

$$t_{\text{шт.к.6}} = 7,59 + \frac{8}{500} = 7,6 \text{ мин}.$$

## 2 Конструкторская часть

Решение задач, поставленных перед машиностроением, неразрывно связано с необходимостью как совершенствования имеющейся, так и с проектированием и внедрением новой, прогрессивной технологической оснастки, в том числе приспособлений.

При проектировании станочных приспособлений среди множества различных задач, которые приходится решать технологу и конструктору, наиболее важными являются установка и закрепление детали в приспособлении, и выбор привода приспособления. Схему приспособления можно представить в следующем виде



Рисунок 2.1 - Схема приспособления

Исходя из трудности установки детали, выполняется разработка приспособления для фрезерной операции. Например, как деталь считается телом вращения, то базовыми поверхностями считаются цилиндрические плоскости шеек вала шестерни и торцовые плоскости детали.

В предоставленном разделе работы рассматривается приспособление для операции 015, найдены силы закрепления и проведен расчет узлов приспособления. Проведен анализ технологичности и собираемости узла, разработана технология сборки совместно со схемой сборки.

Разработанная конструкция представлена на рисунке

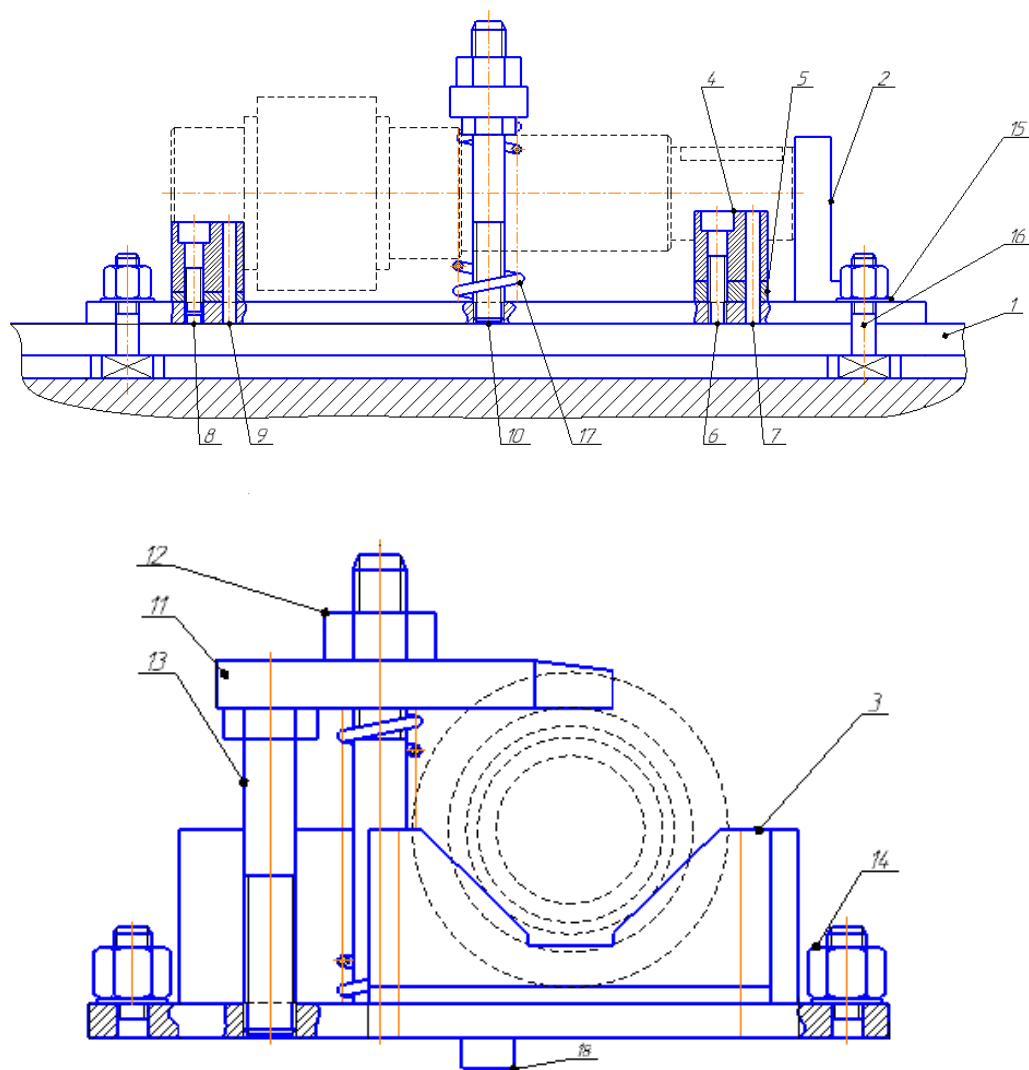


Рисунок 2.2 – Приспособление для фрезерной операции

005. СБ1. На установочную плиту 1 установить штифты 7, установить пластину регулировочную 4,5, установить на призму 3. Закрепить болтом 6, установить упор 2, закрепить болтом 6. Установить упор 2, закрепить винтами 17, вкрутить болт регулировочный 8, вкрутить шпильку 11, установить пружину 15 на шпильку 11. Установить прижим 9 накрутить гайку 11. Установить прижим 9, накрутить гайку 10 на шпильку 11. Установить штифт, направляющий 16 в установочную плиту 1.

010. Установка на станок. Установить СБ1 на стол фрезерного станка FUR450mpUG, базируя штифтом направляющим 16 по центральному пазу стола. Установить болт для Т-образных пазов болтом 14. Установить шайбу плоскую 13, закрепить гайкой 12. (Спецификация представлена в прил. А)

Выполним проектные расчеты.

Рассчитаем необходимое усилие для закрепления детали. Для этого рассчитаем силу резания, возникающую при фрезеровании шпоночного паза.

Расчет силы резания:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,3^{0,86} \cdot 0,16^{0,72} \cdot 5^{1,1} \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 500^0} 0,9 = 75 \text{ Н};$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{560}{750} \right)^{0,3} = 0,9;$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D_{фр}}{2 \cdot 100} = \frac{225 \cdot 8}{200} = 3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Сила зажима будет равна:

$$Q \cdot f \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot l_1 + Q \cdot f \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot l_2 = \frac{2 \cdot k \cdot M_{кр}}{d}$$

Уравнение составлено согласно схеме сил приведенной на рисунке

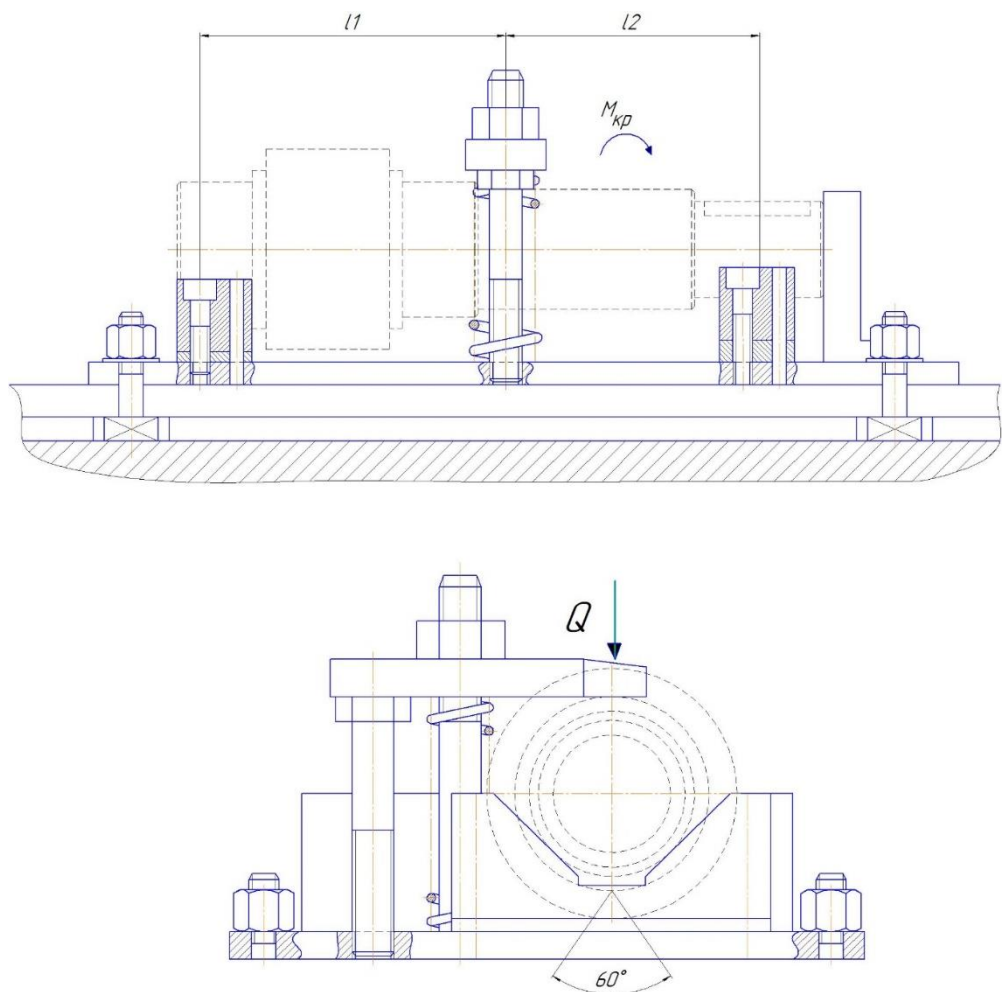


Рисунок 2.3 – Схема сил и моментов в приспособлении

В этом уравнении

$Q$  – сила зажима;

$f$  – коэффициент трения в призмах, принимаем  $f=0,15$ ;

$k$  – коэффициент запаса, принимаем  $k=1,2$ .

Из уравнения получим:

$$Q = \frac{2 \cdot k \cdot M_{кр}}{d \cdot f \cdot \sin \frac{\alpha}{2} (l_1 + l_2)}$$

Тогда сила зажима будет равна:

$$Q = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 3}{0,008 \cdot 0,15 \cdot \sin \frac{60}{2} (0,16 + 0,13)} = 4200 \text{ Н};$$

Рассчитаем крутящий момент, необходимый для зажима детали:

$$M_{крз} = Q \frac{d_{ср}}{2} \cdot \tan(\alpha + \varphi_{пр})$$

где  $d_{ср}$  – средний диаметр резьбы, для резьбы М14  $d_{ср}=12,701\text{мм}$   
 $=0,0127\text{м}$ ;

$\alpha$  – угол наклона витков резьбы;

$\varphi_{пр}$  – приведенный угол трения.

Величину  $\tan(\alpha + \varphi_{пр})$  принимаем по справочнику  $\tan(\alpha + \varphi_{пр})=0,2028$

Тогда получим:

$$M_{крз} = 4200 \cdot \frac{0,0127}{2} \cdot 0,2028 = 5,4 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Усилие на рукоятке ключа составит 25 Н. Так как оптимальное усилие рабочего в данном случае не должно превышать 49 Н, то данные условия приемлемы для работы, а необходимое усилие зажима достижимо.

## ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Л41	Курбатовой Елене Юрьевне

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость ресурсов научно-технической работы (НТР): материально-технических, финансовых и человеческих</i>
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов и отчислений</i>	<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов и отчислений</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала</i>	<i>Потенциальные потребители результатов</i>
2. <i>Расчет себестоимости проектируемого проекта</i>	<i>Расчет затрат на техническое проектирование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная) - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы</i>
3. <i>Анализ потенциальных рисков</i>	<i>Разработка мер по управлению рисками</i>

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

1. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности ТП*

<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 ОСГН ШБИП	Жаворонок А.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Л41	Курбатова Елена Юрьевна		



## Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью выполнения данного раздела является расчет экономической целесообразности проектируемого технологического процесса детали типа «вала-шестерни». Расчет проведен по данным и методике, принятой в АО «Черногорский ремонтно-механический завод».

Проектирование и изготовление требует привлечения финансовых затрат и трудовых ресурсов, которые должны быть экономически оправданы. Это значит, что экономический эффект от внедрения технологического приспособления и оборудования на предприятии должен оправдывать затраты на создание и внедрение на предприятии.

Для поставленной цели необходимо найти следующие экономические показатели (технологическая себестоимость 2 вариантов ТП включает в себя):

- Затраты на материалы, руб;
- Возвратные отходы, руб;
- Количество потребляемой электроэнергии, руб/шт;
- Полная зарплата работникам, задействованных на рассматриваемой технологии, руб;
- Отчисления в страховые фонды, %;
- Накладные расходы, руб.

### 3.1 Потенциальные потребители детали «вал-шестерня»

Вал-шестерня – это вал, на котором есть зубчатая часть, передающая момент. Вал-шестерни применяются на различных производствах в редукторах и приводных механизмах, их функциональность напрямую зависят от качества, таким образом очень важно, чтобы данная технология изготовления детали была максимально совершенной, что позволит резко увеличить круг потребителей, за счет повышения качества.

«Вал-шестерня», как узловая часть редуктора, является важнейшим элементом. Редуктора находят применение во всех отраслях

промышленности, таких как: автомобилестроение, станкостроение, нефтяная и газовая отрасль, энергетическая сфера и многих других.

Главной задачей редуктора, а вместе с ним и детали «вал-шестерня» - это понижение или повышение крутящего момента ведомого вала, относительно ведущего. Отсюда следует что везде, где требуется передать вращение с изменением скорости этого вращения и будут применять детали такого типа.

Ключевым умением в финансовом менеджменте является умение рационально и эффективно использовать доступные ресурсы и является важнейшей частью ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

### 3.2 Стоимость материалов за вычетом возвратных отходов

В качестве заготовки применяется прокат - круг калиброванный горячекатанный (исходные данные берутся по ГОСТ 2590–2006).

Исходные данные:

Материал заготовки: сталь 40Х;  $\rho_{40X}=7820 \cdot 10^{-7} \text{ кг/мм}^3$

Масса 1м прутка:  $m_0=31,96 \text{ кг}$ ;

Площадь поперечного сечения:  $40,72 \text{ см}^2$

Масса заготовки:  $m_{\text{заг}}=4,5 \text{ кг}$ ;

Длина 1 заготовки: 220мм.

Прейскурант материала за 1 т. материала, данные по нормативам за 2019 год:

Базовая стоимость 1 т заготовок:  $C_M=30000 \text{ р.}$ ;

Цена 1 т отходов:  $C_{\text{отх}}=5000 \text{ р.}$

Расчёт программы с учетом неизбежных потерь ( $Q$ ) производится по формуле:

$$Q = Q_{\text{вып}} \left( 1 + \frac{\alpha_{\text{пл}}}{100} \right) = 500 \left( 1 + \frac{2}{100} \right) = 510 \text{ шт/год,}$$

$Q_{\text{вып}}$ -программа выпуска, ( $Q_{\text{вып}}=500$ ), шт;

$\alpha_{\text{пл}}$ -технологически неизбежных потерь, %.

Произведем расчеты длины прутка, и их количества:

Габаритный размер заготовки 220мм, в 1 метре прутка, входит 4 детали, и остается большой остаток равный 120мм,

$1000:220 = 4,5$  заготовки, принимаем 4 заготовки;

следовательно  $1000-(220 \cdot 4) = 120$ мм

Необходимо тогда 2 метра, будет 9 заготовок, требуемого размера, и остаток 20мм. Следовательно, необходимо взять прутки, кратный 2.

$2000:220 = 9,1$  заготовка, принимаем 9 заготовок;

следовательно  $2000-(220 \cdot 9) = 40$ мм

Так как, прокат изготавливают длиной от 2 до 6м – из высоколегированной стали.

При покупке проката-прутка на  $\varnothing 72$  мм и длиной 6м, мы получим:

$6000:220=27,27$  заготовки, принимаем 27 заготовок;

следовательно  $6000-(220 \cdot 27) = 60$ мм,

$l_{\text{пр}} = 6\text{м}$ ,  $l_{\text{ост}} = 60\text{мм}$ ;

$l_{\text{пр}}$  – длина прутка,  $l_{\text{ост}}$  – остаток прутка;

Найдем количество прутков:

$n=510:27=18,8$  шт. Следовательно, нужен заказ на 19 шт. прутков.

Расчет стоимости материала:

Расходы на материалы, найдем из произведения цены за 1 кг, на количество требуемого материала:

$$Z_{\text{м}} = C_{\text{м}} \cdot G_{\text{н}}$$

где,  $C_{\text{м}}$  – стоимость материала, руб/кг.

$G_{\text{н}}$  - норма расхода материала, кг, найденного по формуле:

$$G_{\text{н}} = m_0 \cdot n \cdot l_{\text{пр}};$$

где,  $m_0$ -масса 1 м прутка, м;

$l_{\text{пр}}$ -длина, используемого прутка, м;

$n$ -количество, используемых прутков, шт;

$$Z_{\text{м}} = \frac{30000}{1000} \cdot 31,96 \cdot 6 \cdot 19 = 110\,000 \text{руб}$$

Стоимость возвратных отходов:

$$Z_{\text{отх}} = C_{\text{отх}} \cdot G_{\text{отх}}$$

$C_{\text{отх}}$  - цена 1 т. отходов, руб;

$G_{\text{отх}}$ -норма отходов материала, кг, найденного по формуле:

$$G_{\text{отх}} = m_{\text{отх}} \cdot n$$

$n$ - количество, остатков от прутков, шт;

В отходы ( $m_{\text{отх}}$ ) включается не только разность между массой заготовки и детали (стружка), но и остаток прутка, образующийся из-за неkratности длины заготовки длине прутка:

$$m_{\text{отх}} = (m_{\text{заг}} - m_{\text{дет}})N + m_{\text{ост}};$$

$$m_{\text{ост}} = m_0 \cdot l_{\text{ост}} \cdot n = 31,96 \cdot 0,06 \cdot 19 = 36,5 \text{ кг}$$

$l_{\text{ост}}$  – длина остатка от прутка, мм;  $S_0$ -площадь поперечного сечения, мм<sup>2</sup>

$N$  - количество,

$n$ - количество, остатков от прутков, шт;

$$Z_{\text{отх}} = \frac{5000}{1000} \cdot ((4,5 - 2,83) \cdot 510 + 36,5) = 4\,500 \text{ руб},$$

Следовательно, расходы на материалы за вычетом возвратных отходов ( $Z_{\text{м полн}}$ ) будет:

$$Z_{\text{м полн}} = Z_{\text{м}} - Z_{\text{отх}} = 110\,000 - 4500 = 105\,500 \text{ руб}$$

### 3.3 Количество потребляемой электроэнергии

Для того чтобы нормально, бесперебойно работать, каждое предприятие должно своевременно получать необходимые ему материалы, топливо, энергию в том составе и объеме, которые нужны для ведения процесса производства. Эти материальные и энергетические ресурсы должны быть рационально использованы, чтобы увеличить выпуск продукции при том же количестве выделенных материалов, топлива, электроэнергии и снизить ее себестоимость.

$$\mathcal{E} = \frac{N_i \cdot t_{\text{шт-к } i} \cdot k_z \cdot k_c}{60\eta} \cdot C_{\mathcal{E}}$$

где,  $N_i$ - мощность действующих электроустановок на  $i$ -той операции, кВт;

$Q = 510$ -программа выпуска с учетом брака, шт;

$t_{шт-к i}$  - штучно-калькуляционное время работы оборудования за  $i$ -тую операцию, мин;

$k_3, k_c$  - коэффициент загрузки оборудования по времени и коэффициент, учитывающий потери в сети, соответственно ( $k_3 = 0,6-0,7$ ;  $k_c = 1,05$ );

$\eta$  - коэффициент полезного действия станка;

$\Pi_3$  - цена за 1 кВт×ч, руб ( $\Pi_3 = 5,15$  руб);

В проектируемом технологическом процессе детали, отсутствует самая длительная операция шлифования, и в два раза уменьшается норма работы токарной операции с ЧПУ.

$$T_1 = \frac{\sum t_{шт-к i}}{\sum m} \cdot Q = \frac{1,4+10,1+1,6+0,9+0,8+7,4+10,2+7,6}{8} \cdot 510 = 2550 \text{ мин (42,5 час)},$$

$T_1$  - трудоемкость, необходимая на выполнение существующего технологического процесса изготовления детали, ч;

$\sum m$  - сумма операции, шт;

$$T_2 = \frac{\sum t_{шт-к i}}{\sum m} \cdot Q = \frac{1,4+5,2+1,6+0,9+0,8+7,4+7,6}{7} \cdot 510 = 1815 \text{ мин (31 час)},$$

$T_2$  - трудоемкость, необходимая на выполнение проектируемого технологического процесса, ч;

$\sum m$  - сумма операции, шт;

Отклонение ( $\Delta$ ) между двумя технологиями:

$$\Delta = T_1 - T_2 = 2550 - 1815 = 735 \text{ мин};$$

$$\Delta (\%) = \frac{T_1}{T_2} \cdot 100\% = \frac{735}{2550} \cdot 100\% = 29\%,$$

$$\Delta_{ПТ} = \left( \frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1} \right) \cdot 100\% = \left( \frac{510}{735} - \frac{510}{2550} \right) \cdot 100\% = 49\%,$$

Следовательно, производительность труда ( $\Delta_{ПТ}$ ) увеличится на 49%.

Анализ расходов по электрической энергии, затрачиваемого станком на  $i$ -той операции предприятия № 1 за 2019 г представлен в таблице 1.

Таблица 2.1 – Анализ расходов по электрической энергии.

№ оп	Модель станка	$\eta$	Мощность N, кВт	1 вариант		2 вариант	
				$t_{шт-к}$ , мин	Затраты на электроэнергию, руб/программа	$t_{шт-к}$ , мин	Затраты на электроэнергию, руб/программа
1	MP-71	0,92	9,2	1,4	2 100	1,4	2 100
2	1M63Mф 101	0,97	9,8	10,1	3 200	5,2	1 600
3	FU450MR AруG	0,98	0,6	1,6	30	1,6	30
4	2A55	0,91	0,8	0,9	25	0,9	25
5	2A55	0,91	1,3	0,8	40	0,8	40
6	5E32	0,92	0,75	7,4	175	7,4	175
7	3Б12	0,93	0,8	10,2	300	-	-
8	5M841	0,95	0,12	7,6	30	7,6	30
Итого ( $\Sigma \mathcal{E}$ ) :				40	5 900	24,9	4 000

$$\Delta \Sigma \mathcal{E} = \left( \frac{\Sigma \mathcal{E}_2 - \Sigma \mathcal{E}_1}{\Sigma \mathcal{E}_1} \right) \cdot 100\% = 32\%$$

Количество потребляемой электроэнергии уменьшится на 32%

### 3.4 Полная зарплата основным рабочим

Заработная плата непосредственно участвующих в выполнении работ по разработке технологического процесса изготовления детали «вала-шестерни» (включая премии, доплаты), включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где  $Z_{\text{осн}}$ ,  $Z_{\text{доп}}$  - основная заработная плата и дополнительная заработная плата.

( $Z_{\text{доп}} = 14\% \cdot Z_{\text{осн}}$ ), соответственно, руб;

Полная заработная плата рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{р}} \cdot Q_{\text{зап}}$$

$$Z_{\text{тар}} = t_{\text{шт-к}} \cdot C_{\text{час}}$$

где,  $Z_{\text{тар}}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ - премиальный коэффициент ( $k_{\text{пр}}=1,4$ );

$k_{\text{д}}$  - коэффициент доплат и надбавок ( $k_{\text{д}}=1,14$ );

$k_{\text{р}}$  - районный коэффициент ( $k_{\text{р}}=1,3$ ).

Операции вариантов технологических процессов изготовления вала-шестерни, с указанием штучно-калькуляционного времени (ТШ-К), разряда работы, стоимости работы (в соответствии с тарифной сеткой завода) представлены в таблице 2.

Таблица 2.2 - Тарифные ставки работников

№ Оп.	Наименование операции	Разр раб.	С <sub>час</sub> , руб	1 вариант (Q <sub>вып</sub> =500шт)		2 вариант (Q <sub>вып</sub> =500шт)	
				t <sub>шт-к</sub> , мин	Z <sub>полн</sub> , тыс. руб	t <sub>шт-к</sub> , мин	Z <sub>полн</sub> , тыс. руб
1	Фрезерно-центровальная	3	114,7	1,4	2,8	1,4	2,8
2	Токарная с ЧПУ	5	126,5	10,1	22,5	5,2	11,4
3	Фрезерная	4	120,4	1,6	3,3	1,6	3,3
4	Сверлильная	4	120,4	0,9	1,9	0,9	1,9
5	Резьбонарезная	4	120,4	0,8	1,7	0,8	1,7
6	Зубофрезерная	4	120,4	7,4	15,7	7,4	15,7
7	Круглошлифоваль-ная	4	120,4	10,2	21,6	-	-
8	Зубошлифовальная	4	120,4	7,6	16,2	7,6	16,2
Итого (ΣZ <sub>полн</sub> ):					85, 8		53,0

$$\Delta \Sigma Z_{\text{полн}} = \left( \frac{\Sigma Z_{\text{полн}1} - \Sigma \Sigma Z_{\text{полн}2}}{\Sigma \Sigma Z_{\text{полн}1}} \right) \cdot 100\% = 38\%.$$

Следовательно, полная зарплата основным рабочим, задействованных на проектируемой технологии снизится на 38%

### 3.5 Отчисления в страховые фонды

Величина обязательных отчислений по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского

страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников определена исходя из следующей формулы:

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

где,  $K_{\text{соц}}$  – коэффициент единого социального налога, ( $K_{\text{соц}} = 31,5\%$ )

$$C_{\text{соц}1} = 85\,800 \cdot 31,5\% = 27\,000 \text{ руб};$$

$$C_{\text{соц}2} = 53\,000 \cdot 31,5\% = 16\,700 \text{ руб};$$

Таблица 2.3 - Отчисления во внебюджетные фонды

	З <sub>полн</sub> , руб	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого
1 вариант	85 800	31,5%	27 000
2 вариант	53 000		16 700

### 3.6 Накладные расходы

Прямые затраты ( $C_{\text{п}}$ ) составят:

$$C_{\text{п}} = Z_{\text{м}} + Z_{\text{з}} + Z_{\text{соц}} + Э$$

1 вариант:

$$C_{\text{п}1} = 105\,500 + 5\,900 + 85\,800 + 27\,000 = 224\,000 \text{ руб};$$

2 вариант:

$$C_{\text{п}2} = 105\,500 + 4\,000 + 53\,000 + 16\,700 = 179\,000 \text{ руб};$$

Общепроизводственные расходы ( $C_{\text{пр}}$ ).

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Общепроизводственные расходы составляют 300% от основной заработной платы. Сюда входят затраты на заработную плату вспомогательного персонала и прочие:

$$C_{\text{пр}} = Z_{\text{осн}} \cdot 300\%$$

1 вариант:

$$C_{\text{пр}1} = Z_{\text{осн}} \cdot 300\% = 85\,800 \cdot 300\% = 257\,000 \text{ руб};$$

2 вариант:

$$C_{\text{пр}2} = Z_{\text{осн}} \cdot 300\% = 53\,000 \cdot 300\% = 159\,000 \text{ руб};$$



Производственная себестоимость ( $C_{o.пр}$ ) включает в себя прямые затраты, общепроизводственные расходы затраты на электроэнергию для  $i$ -го ТП:

$$C_{o.пр.} = C_{п} + C_{пр}$$

1 вариант:

$$C_{o.пр1.} = C_{п1} + C_{пр1} = 224\ 000 + 257\ 000 = 481\ 000 \text{ руб.};$$

2 вариант:

$$C_{o.пр.2} = C_{п2} + C_{пр2} = 179\ 000 + 159\ 000 = 338\ 000 \text{ руб.};$$

Общехозяйственные расходы ( $C_{o.х}$ ) составляют 200% от основной зарплаты:

$$C_{o.х.} = Z_{осн} \cdot 200\%$$

1 вариант:

$$C_{o.х.1} = 85\ 800 \cdot 200\% = 172\ 000 \text{ руб.};$$

2 вариант:

$$C_{o.х.2} = 53\ 000 \cdot 200\% = 106\ 000 \text{ руб.};$$

Полная себестоимость ( $C_{полн}$ ):

$$C_{полн} = C_{o.пр} + C_{o.х}$$

1 вариант:

$$C_{полн1} = C_{o.пр1} + C_{o.х1} = 481\ 000 + 172\ 000 = 653\ 000 \text{ руб.};$$

2 вариант:

$$C_{полн2} = C_{o.пр2} + C_{o.х2} = 338\ 000 + 106\ 000 = 444\ 000 \text{ руб.};$$

Следовательно, полная себестоимость на единицу изделия ( $C_{изд}$ ) будет равна:

$$C_{изд} = C_{полн} : Q_{вып}$$

1 вариант:

$$C_{изд1} = C_{полн} : Q_{вып} = 653\ 000 : 500 = 1\ 300 \text{ руб.};$$

2 вариант:

$$C_{изд2} = C_{полн} : Q_{вып} = 444\ 000 : 500 = 900 \text{ руб.};$$

Рыночная цена одной детали ( $C_{рын}$ ):

$$C_{рын} = 1\ 800 \text{ руб.};$$

Определим экономическую эффективность предлагаемого варианта тех. процесса:

Экономическая эффективность себестоимости изделия ( $\mathcal{E}_{\text{изд}}$ ), предлагаемого варианта тех. процесса относительно существующего варианта с учетом годового объема выпуска:

$$\mathcal{E}_{\text{изд}} = (C_{\text{изд1}} - C_{\text{изд2}}) \cdot Q = (1300 - 900) \cdot 500 = 296\,000 \text{ руб};$$

$$\mathcal{E}_{\text{изд}} \% = ((C_{\text{изд1}} - C_{\text{изд2}}) / C_{\text{изд1}}) \cdot 100\% = (1300 - 900) / 1300 \cdot 100\% = 31\%$$

Калькуляционная стоимость 2 вариантов технологических процессов представлена в таблице 4.

Таблица 2.4 – Калькуляционная стоимость

№	Наименование статей расходов	Сумма тыс. руб.		Отклонение экономических показателей	
		1 вариант (Qвып=500шт)	2 вариант (Qвып=500шт)	тыс. руб	%
1	Затраты на материалы за вычетом возвратных отходов, руб;	105,5	105,5	-	-
2	Количество потребляемой электроэнергии	5,9	4,0	1,9	32%
3	Полная зарплата основным рабочим	85,8	53,0	32,8	38%
4	Отчисления в страховые фонды	27,0	16,7	10,3	38%
5	Прямые затраты	224,0	179,0	45	20%
6	Общепроизводств. затраты	257,0	159	98	38%
7	Общая производственная себестоимость	481	338	143	30%
8	Общехозяйственн. расходы	172	106	66	38%
9	Полная себестоимость партии	653	444	209	32%
10	Полная себестоимость изделия	1,3	0,9	0,4	31%

### 3.7 Анализ потенциальных рисков и разработка мер по управлению ими

На пути реализации проекта могут возникнуть разного рода риски, представляющие опасность того, что поставленные цели проекта могут быть не достигнуты полностью или частично. Полностью избежать риска практически невозможно, но снизить их угрозу руководитель способен, уменьшая действие неблагоприятных факторов. Необходимо в этом разделе составить перечень простых рисков, а также мероприятия по их снижению.

На данный момент единой классификации проектных рисков предприятия не существует. Однако можно выделить следующие основные риски, присущие практически всем проектам:

- маркетинговый риск,
- риск несоблюдения графика проекта,
- риск превышения бюджета проекта, а также
- общеекономические риски.

Результатом качественного анализа рисков является описание неопределенностей, присущих проекту, причин, которые их вызывают, и, как результат, рисков проекта.

Таблица 2.5 – Классификация рисков

Виды рисков	Меры по ограничению последствий рисков
Появление альтернативного продукта Снижение платежеспособности потребителей Изменения законодательства Непредвиденные обстоятельства (аварии, стихийные бедствия, политическая нестабильность) Рост цен на ресурсы Небрежность и недобросовестность работников Нарушение технологии или освоение новой технологии	Изучение изменений в российском законодательстве Расширение состава поставщиков Создание резерва для покрытия непредвиденных расходов Систематическое изучение конъюнктуры рынка Обучение персонала работе на новом технологическом оборудовании Определение мер воздействия к неисполнительным работникам Активные маркетинговые действия

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы был определен расчет экономической целесообразности

проектируемого технологического процесса детали типа «вала-шестерни». Расчет проведен по данным и методике, принятой в АО «Черногорский ремонтно-механический завод».

Кроме этого была рассчитана калькуляция технологических процессов, которая включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате исполнителей, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Выведен экономический эффект, проектируемого технологического процесса.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Л41	Курбатова Елена Юрьевна

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является механический цех «Черногорского РМЗ» по производству деталей. Деталь вал-шестерня, материал 40Х, массой 2,8. Тип производства-мелкосерийный. Деталь вал-шестерня предназначена для передачи крутящего момента.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Параметры анализа: 1. микроклимат; 2. наличие вредных веществ; 3. производственный шум; 4. недостаточная освещенность рабочего места; 5. электрическая безопасность; 6. движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– анализ воздействия объекта на окружающую среду (сбросы, выбросы, отходы); – мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Защита в чрезвычайных ситуациях: – пожары; – несанкционированное проникновение постороннего на территорию предприятия. – план эвакуации

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент (ООД, ШБИП)	Немцова Ольга Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Л41	Курбатова Елена Юрьевна		

## Введение

В результате широкой механизации автоматизации промышленности на современных предприятиях ликвидировано большинство тяжелых и опасных профессий. Производственный травматизм вследствие этого постоянно снижается. Улучшение условий труда, повышение его безопасности влияют на результаты производства – на производительность труда, качество и себестоимость выпускаемой продукции.

Производительность повышается за счет сохранения здоровья и работоспособности человека, экономии живого труда путем повышения уровня использования рабочего времени, продление периода активной трудовой деятельности человека. Улучшение условий труда и его безопасность приводят к снижению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Это сохраняет здоровье трудящихся и одновременно приводит к уменьшению затрат на оплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда, на оплату последствий такой работы (временной или постоянной нетрудоспособности), на лечение, переподготовку кадров по причинам, связанным с условиями труда.

### 4 Социальная ответственность

#### 4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Регулирование трудовых отношений в соответствии с Конституцией РФ осуществляется: трудовым законодательством, состоящим из Трудового кодекса, иных федеральных законов и законов субъектов РФ, содержащих нормы трудового права; иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права.

Работодатели предприятий и организаций принимают локальные нормативные акты, содержащие нормы трудового права, в пределах своей компетенции и учитывают мнение представительного органа работников (при наличии такого представительного органа).

К этому относится:

Раздел X. Охрана труда

Глава 33. Общие положения

Статья 209. Основные понятия

Статья 210. Основные направления государственной политики в области охраны труда

Глава 34. Требования охраны труда

Статья 211. Государственные нормативные требования охраны труда

Статья 212. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда

Статья 213. Медицинские осмотры некоторых категорий работников

Статья 214. Обязанности работника в области охраны труда

Статья 215. Соответствие производственных объектов и продукции государственным нормативным требованиям охраны труда

Глава 35. Организация охраны труда

Статья 216. Государственное управление охраной труда

Статья 216.1. Государственная экспертиза условий труда

Статья 217. Служба охраны труда в организации

Статья 218. Комитеты (комиссии) по охране труда

Глава 36. Обеспечение прав работников на охрану труда

Статья 219. Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда

Статья 220. Гарантии права работников на труд в условиях, соответствующих требованиям охраны труда

Статья 221. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты

Статья 222. Выдача молока и лечебно-профилактического питания

Статья 223. Санитарно-бытовое обслуживание и медицинское обеспечение работников

Статья 224. Дополнительные гарантии охраны труда отдельным категориям работников



Статья 225. Обучение в области охраны труда

Статья 226. Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда

Статья 227. Несчастные случаи, подлежащие расследованию и учету

Статья 228. Обязанности работодателя при несчастном случае

Статья 228.1. Порядок извещения о несчастных случаях

Статья 229. Порядок формирования комиссий по расследованию несчастных случаев

Статья 229.1. Сроки расследования несчастных случаев

Статья 229.2. Порядок проведения расследования несчастных случаев

Статья 229.3. Проведение расследования несчастных случаев

государственными инспекторами труда

Статья 230. Порядок оформления материалов расследования несчастных случаев

Статья 230.1. Порядок регистрации и учета несчастных случаев на производстве

Статья 231. Рассмотрение разногласий по вопросам расследования, оформления и учета несчастных случаев

Также учитываем, что в настоящее время внедрена и занимает главенствующее место в нормативно-технологической документации по охране труда – ССБТ (система стандартов безопасности труда). ССБТ составная часть государственной системы стандартизации и представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасных условий труда, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

2. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
7. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
8. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
9. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
10. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
11. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
12. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
13. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
14. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
15. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
16. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
17. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
18. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

19. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
20. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
21. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
22. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009.
23. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
24. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
25. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
26. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
27. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
28. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
29. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" (с изменениями и дополнениями).

#### 4.2 Производственная безопасность.

В цехе, где находятся различные электроустановки, станки, а также используется СОЖ и различные смазывающие масла, могут быть следующие вредные факторы, а именно - наличие:

- а) непригодного микроклимата;
- б) вредных веществ;
- в) производственного шума;

- г) неправильной или недостаточной освещенности;
- д) электрическая опасность;
- е) движущиеся машины и механизмы

Таблица 4.1 - Опасные и вредные производственные факторы.

Классификация. ГОСТ 12.0.003-2015

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88. Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений
2. Опасность и вредность воздействия газовых компонентов (включая пары), загрязняющих чистый природный воздух примесей		+	+	
3. Превышение уровня шума		+	+	Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002.
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	Нормы освещенности по СНиП 23-05-95 для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки ОТК.
6.Движущиеся машины и механизмы		+	+	ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.  ГОСТ 12.4.026-76.знаки безопасности

4.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов при изготовлении вала-шестерни

4.2.1.1. Отклонение показателей микроклимата.

Микроклимат в производственном цеху определяется такими параметрами как:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре в помещении происходит повышенный приток крови к поверхности тела, обильное потоотделение и, вследствие, потеря жидкости организмом. При низкой температуре на рабочем месте, приток крови к поверхности тела замедляется, повышается вероятность переохлаждения организма. В обоих случаях снижается работоспособность и внимание, что может привести к несчастному случаю.

Повышенная влажность воздуха ( $\varphi > 85\%$ ) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ( $\varphi < 20\%$ ) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять меры по недопущению чрезмерного охлаждения помещения через окна и двери и проезды. (установка пластиковых окон, утепление дверей, установка воздушных завес). В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей (установка жалюзи), возможность проветривания помещения.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к обслуживанию металлообрабатывающих

станков, относится к категории средних работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 2.

Таблица 4.2 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

Одними из главных мероприятий по достижению оптимального микроклимата и состава воздуха в производственных цехах являются правильный воздухообмен в помещении

#### 4.2.2. Вредные вещества

Основными вредными веществами в металлообрабатывающем цехе являются технологические масла (ТС), и смазывающе-охлаждающая жидкость (СОЖ).

Использование СОЖ приводит к различным заболеваниям кожи, а также раздражающе действует на слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

Загрязненность рабочей зоны мелкой стружкой и пылью обрабатываемого материала.

Следствием этого может быть травма глаз и легочные заболевания (пневмокониозы), вызванные длительным воздействием пыли на органы дыхания.

Пары этих жидкостей не должны превышать норм содержания в воздухе гигиенических нормативов «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г.

Таблица 4.3 - Токсичность приоритетных компонентов СОЖ и продуктов их термоокислительной деструкции

Вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Акриловая кислота	5,0	3
Акролеин	0,2	2
Аммиак	20	4
Ацетон	200	4
Бутадиен	100	4
Бутилакрилат	10	3
Винилацетат	0,2	2
Гексаклорэтан	0,08	1
Дихлорэтан	10	2
Метанол	5,0	3
Метатиол	0,8	2
Метилакрилат	5,0	3
Метилпропионат	10,0	3
Масляный альдегид	5,0	3
Метилметакрилат	0,7	2
Минеральное масло	5,0	3
Метилнафталин	20,0	4
Меркаптан	0,1	1
Сероуглерод	10,0	2
Сера	6,0	4
Свинец	0,01	1
Сернистый газ	10,0	3
Нитрит натрия	5,0	3
Тетрахлорэтан	5,0	3
Трихлорэтан	20,0	4
Тетрахлорметан	20,0	2
Углерод оксид	20,0	4
Уксусная кислота	5,0	3
Фенол	0,3	2
Формальдегид	0,8	2
Этанол	1000	4
Этилметакрилат	0,048	1
Хлор	1,0	2
Хром <sup>3+</sup>	1,0	3
Хром <sup>6+</sup>	0,01	1
Хлористый водород	5,0	2
Бензол	5,0	2

#### 4.2.3. Превышение уровня шума.

ПДУ шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 85 дБА.

Основные источники шума при работе оборудования:

- двигатели приводов;
- зубчатые передачи;
- подшипники качения;
- неуравновешенные вращающиеся части станка;
- силы инерции, возникающие из-за движения деталей механизмов станка с переменными ускорениями;
- трение и соударение деталей в сочленениях вследствие неизбежных зазоров;

Например, при обработке детали на токарных и фрезерных станках раздражающее действие на станочника оказывает шум в виде скрипа и свиста, обусловленный трением инструмента об обрабатываемые материалы, а также шум, возникающий при работе станков. Воздействие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха в сочетании с нарушениями со стороны различных органов и систем. Также монотонный шум может привести к ослаблению внимания станочника.

Следствием этого могут быть ошибочные переключения станочного оборудования, а это приводит к тяжелым различным травмам.



#### 4.2.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.

Нормы освещенности по СНиП 23-05-95 для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки ОТК. (Г-0.8)» составляют 300 люкс.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. При работе на станках недостаточная освещенность рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей утомляемости рабочего.

#### 4.2.5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи.

Электробезопасность представляет собой систему мер и мероприятий, направленных на защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока.

Электроустановки разделяют по напряжению: с напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

Механический цех можно отнести к помещениям с повышенной опасностью, в котором существуют такие условия как: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.)

Наличие разветвленной цепи электропроводки, некачественная изоляция. Неправильная эксплуатация электрооборудования могут привести к электротравмам или травмам со смертельным исходом.

Движущиеся механизмы и их составные части – это опасный производственный фактор, который опасен возможностью получения механической травмы в результате контакта движущейся части механизма с человеком.

Условия существования или возникновения потенциальной опасности воздействия движущегося механизма на человека можно рассмотреть как:

1. Предусмотренные технологическим процессом (например, работа с подъемно-транспортным оборудованием, станками, прессами, и т.д.).

2. Приводящие к опасности из-за ошибок в монтаже и конструкции объекта (например, обрывы конструктивных элементов и их падение, разрушение от коррозии и т.п.).

3. Возникающие при каком–либо изменении технологического процесса или применении другого типа оборудования.

4. Человеческий фактор.

При работе на токарных, шлифовальных, фрезерных станках, используемых в данном технологическом процессе, возможен захват элементов одежды вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжелая травма или смертельный исход.

При фрезеровании и точении деталей возможна вероятность отлета стружки в сторону рабочего места. В этом случае есть вероятность травм глаз и открытых частей тела.

Разрыв шлифовального круга, а также выкрашивание круга может привести к различным травмам у шлифовщика.

Слабое и ненадежное крепление инструментов (фрезы, резца, сверла) на станке может явиться причиной травм рук (ушибов, переломов) станочника.

4.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Производственная санитария – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих

воздействие на рабочих вредных производственных факторов. Для производства трубки охлаждения вредными факторами являются:

Одними из главных мероприятий по достижению оптимального микроклимата и состава воздуха в производственных цехах являются правильный воздухообмен в помещении

При проектировании систем отопления и вентиляции механических цехов основными вредными производственными факторами являются пары смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и технологических смазок (ТС), абразивная и металлическая пыль, выделяющиеся в процессе станочной обработки металлов резанием.

Отопление механических цехов следует предусматривать водяное, паровое, воздушное или с нагревательными приборами.

Местные вытяжные системы, удаляющие от станков пыль и аэрозоль СОЖ, должны быть отдельными и снабжены сепараторами с дренажными устройствами.

Средствами защиты вредных веществ могут служить:

- автоматизация технологического процесса;
- механическая вентиляция помещения;
- герметизация оборудования;
- СИЗ (респираторы, спецодежда, перчатки, защитные очки и др.)

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ:

- устранение причин шума или существенное его ослабление;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения.

Используют звукопоглощающие навесные элементы в районе потолка, элементы и панели в верхней части стен, а также звукопоглощающие напыления на стены и пол (звукопоглощающий, иглопробивной материал из

пенополиэтилена и акустический войлок). Для виброизоляции – использование в станках виброизолирующих опор (пружинных и резиновых).;

- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения по цеху;

СИЗ:

- В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука. (ГОСТ 12. 4. 011-89 ССБТ).

При устройстве освещения следует помнить, что оно нормируется и по показателям яркости рабочей поверхности. Поверхности, отражающие свет, не должны производить слепящего действия на человека. Наиболее благоприятно для человека естественное освещение. Необходимой мерой безопасности является освещение в соответствии с требованиями норм и правил СНиП 23-05-95 для общего освещения производственных помещений механических цехов рекомендуется применять общее и местное освещение. Величина минимальной освещенности должна составлять 400 лк согласно СНиП II – 4 – 95. В нашем случае освещенность цеха комбинированная – сочетание общего освещения с местным источником света на рабочем месте. При устройстве освещения следует помнить, что оно нормируется и по показателям яркости рабочей поверхности.

Для защиты персонала от поражающего действия электрического тока применяют специальные защитные средства.

Все изолирующие защитные средства делятся на:

- а) основные защитные средства;
- б) дополнительные защитные средства.

В электроустановках напряжением до 1000 вольт:

- электрические перчатки;
- инструмент с изолированными рукоятками;
- указатели напряжения.

Дополнительными называются такие защитные средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от напряжения током. Они являются дополнительной к основным средствам мерой защиты.

В электроустановках напряжением до 1000В:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические резиновые коврики;
- изолирующие подставки.

Основные и дополнительные защитные средства при всех операциях должны применяться совместно друг с другом.

Средства коллективной защиты в механическом цехе от поражающего действия тока:

1. *Защитное заземление* — принудительное соединение с землей оборудования, которые, обычно, не находятся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением в силу разных обстоятельств.

Назначение заземления — устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения частях электрооборудования.

2. *Зануление*. Занулением называется присоединение к неоднократно заземленному нулевому проводу питающей сети корпусов и других металлических частей электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением.

Задача зануления та же, что и защитного заземления: устранение опасности поражения людей током при пробое на корпус. Решается эта задача автоматическим отключением поврежденной установки от сети.

3. *Защитное отключение*. Защитным отключением называется устройство, быстро (не более 0,2 с) автоматически отключающее участок электрической сети при возникновении в нем опасности поражения человека током.

Основными частями являются прибор защитного отключения и автоматический выключатель.

Защитное устройство отключения, которое реагирует на изменение напряжения корпуса относительно земли, если оно окажется выше некоторого предельно допустимого значения  $U_{к.доп}$ , вследствие чего прикосновение к корпусу становится опасным. Предназначено устранить поражения электрическим током при появлении на заземленном или зашунтованном корпусе повышенного напряжения. Эти устройства являются дополнительной мерой защиты к заземлению или занулению.

*4. Защитные ограждения.* К ограждениям и оболочкам относятся защитные устройства, предназначенные для предотвращения прикосновения и приближения людей к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Ограждение токоведущих частей, как правило, предусматривается конструкцией электрооборудования.

Электрические машины, аппараты и приборы имеют корпуса, кожухи и оболочки, надёжно защищающие токоведущие части от прямого (случайного) прикосновения.

Голые провода и шины, а также приборы, аппараты, распределительные щиты, клеммники и т.п. конструктивно имеющие незащищенные и доступные прикосновению токоведущие части помещают в специальные шкафы, камеры, ящики, закрываемые сплошными или сетчатыми ограждениями.

Сплошные ограждения обязательны для электроустановок, размещённых в местах, где могут находиться люди, не связанные с обслуживанием электроустановок – в бытовых, общественных и производственных (не электротехнических помещениях).

Сетчатые ограждения применяются в электроустановках доступных только квалифицированному электротехническому персоналу. В закрытых электроустановках ограждения должны иметь высоту не менее 1,7 м, а в открытых – не менее 2,0 м.

5. *Разделительные трансформаторы.* Их используют для изоляции подключаемого оборудования от контура заземления.

К основным средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства:

- оградительные (местные ограждения, крышки, кожуха и др.);
- автоматического контроля и сигнализации;
- предохранительные;
- дистанционного управления;
- тормозные;
- знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-76..

#### 4.4 Экологическая безопасность.

В современных условиях одной из важнейших задач является защита окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра земли на данном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде крупных промышленных центров, уровни загрязнения существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Согласно данным инвентаризации источников валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу было выявлено 146 источников выбросов, все организованные. Общее количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ 53, в т.ч.:

I класса опасности: свинец, хром шестивалентный, никеля растворимые соли.

II класса опасности: марганца оксид, алюминия оксид, меди оксид, кадмия сульфат, азота диоксид, азотная кислота, хлористый водород, серная кислота, фосфорный ангидрид, эпихлоргидрин, фенол, формальдегид, фтористый водород, акрилонитрил.

III класса опасности: железа оксид, олово, сажа, пыль неорганическая, серый диоксид, ксилол, толуол, спирт н-бутиловый, аэрозоль, краска, пыль талька, парафин.

IV класса опасности: аммиак, углерода оксид, спирт изобутиловый, спирт этиловый, бутилацетат, ацетон, бензин, углеводороды C12-C19.

В целом, предприятие относится к 4 классу опасности. Санитарно-защитной зоны промплощадка предприятия не имеет.

Металлообрабатывающие участки оснащены пылеуловителями типа «Циклон» и барботажно-вихревыми пылеуловителями.

Существует множество мероприятий по защите окружающей среды:

1. Механизация и автоматизация производственных процессов, сопряженных с опасностью для здоровья.
2. Применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов.
3. Защита работающих от источников тепловых излучений.
4. Устройство и оборудование вентиляции и отопления.
5. Применение средств воздухоочистки.
6. Предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду.
7. Вывоз отходов, не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения.
8. Применение средств индивидуальной защиты работников.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести, систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

#### 4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на работе, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и здоровью, наносится



ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под источником ЧС понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошло или может возникнуть ЧС.

В настоящее время существует два основных направления минимизации вероятности возникновения последствий ЧС на промышленных объектах.

Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятиях, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала в современных технических системах. В рамках этого направления на заводе технические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво- и пожарозащиты технологического оборудования, электро- и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т.д.

Второе направление заключается в подготовке объекта и обслуживающего персонала к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС. Для этого на заводе прогнозируют размеры и степень поражения объектов при воздействии на него поражающих факторов различных видов (взрывы, пожары, отключения электроэнергии, наводнения, землетрясения, террористические акты, нападение вероятного противника и др.), опираясь на экспериментальные и статистические данные о физических и химических явлениях, составляющую возможную аварию.

Повышение устойчивости технических систем и объектов достигается главным образом организационно-техническими мероприятиями. Для этого сначала исследуются устойчивость и уязвимость предприятия в условиях ЧС.

Исследования включают в себя анализ:

- надежности установок и технологических комплексов;
- последствий аварий отдельных систем производства;

- распространения ударной волны по территории предприятия при взрывах коммуникаций;
- распространение огня при пожарах различных видов;
- рассеивания веществ, высвобождающихся при ЧС;
- возможности вторичного образования токсичных, пожаро- и взрывоопасных смесей и т.п.

Затем разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости и подготовке объектов к восстановлению после ЧС. К таким мероприятиям относятся правильная планировка наземных и подземных зданий и сооружений основного и вспомогательного производства, складских помещений и зданий административно-бытового назначения; внутренняя планировка помещений; расстановка сил и состояние пунктов управления, и надежность узлов связи; безопасное хранение горючих и токсичных веществ и т.д.

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работников и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются государственными постановлениями и указами.

Причинами пожаров технического характера на заводе могут являться:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки);
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- самовозгорание промасленной ветоши;
- износ и коррозия оборудования;
- искры под электрод работами;
- ремонт оборудования на ходу.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами профилактики и активной защиты. Понятие профилактики включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или

уменьшения его последствий, таких как предотвращение образования горючей среды, предотвращения образования в горючей среде источников воспламенения, поддержание температуры и давления горючей среды ниже максимально допустимого по горючести и т.д. Под активной пожарной защитой понимаются меры, обеспечивающие успешную борьбу с возникающими пожарами – это применение средств пожаротушения, эвакуации людей, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре и др.

Мероприятия режимного характера – запрещение курения в неустановленных местах, производства сварочных работ и других огневых работ в пожароопасных помещениях и т.д.

Эксплуатационными мероприятиями также являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

На заводе осуществляются те и другие меры пожарной защиты. В качестве профилактики два раза в год производится инструктаж по пожарной безопасности. Данные инструктажа записываются в специальный журнал.

В случае возникновения очага возгорания эвакуация людей и оборудования должна производиться по специальным эвакуационным путям, обозначенные на планах эвакуации в случае пожара, которые должны быть вывешены в наиболее видных местах. Эвакуационными выходами служат двери и ворота, ведущие из помещения наружу.

В соответствии со СНиП II-2-80 все производства делят на категории по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности. Цех, в котором изготавливается вал-шестерня, относится к категории Д, так как в нашем производстве обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной выпускной квалификационной работы был проведен анализ технологичности конструкции детали. Был спроектирован и рассчитан технологический процесс изготовления «вала входного». Было подобрано оборудование, которое включает в себя станки с ЧПУ, и инструмент для изготовления детали. Рассчитаны режимы резания, также рассчитаны нормы времени и себестоимость детали.

Проведен расчет приспособления и разработан гибкий производственный модуль. Выполняя ВКР, были приобретены навыки расчета приспособления на точность, обеспечения эксплуатационных свойств детали, а также выполнение анализа технологичности конструкции детали.

Были закреплены знания по размерному анализу, расчету себестоимости производства детали и разработке управляющих программ для ЧПУ. Приведены конечные результаты расчетов. Создан технологический процесс, предусматривающий эффективное использование технологического обеспечения для заданного предприятия. Таким образом, поставленное изначально задание выполнено с соблюдением всех требуемых условий, с соблюдением аспектов социальной ответственности.

По итогам проделанной работы можно сделать вывод о том, что сфера социальной ответственности включает управление деятельностью предприятия в области экологии, промышленной безопасности и охраны труда, развития персонала, внешней социальной деятельностью, взаимоотношений компании со всеми группами общественности.

### Список используемой литературы:

1. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие. – Москва: Кнорус, 2012-400 с.
2. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие. – Минск: Выш. шк, 1975, 1983, 2007.
- 3.Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 912 с.; Т. 2. – 944 с.
4. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. – М., 1976. – 277 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974–1978.
6. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.
- 7.Креницына З.В. Ресурсоэффективность отрасли: Учебное пособие /З.В.Креницына. – Томск, издательство Томского политехнического университета, 2013. – 182 с.
- 8.Методическая поддержка центров коммерциализации технологий /под ред. А.Бретта, О.Лукши. –М.:ЦИПРА РАН, 2006. – 368 с.
- 9.Шепеленко Г.И. Экономика, организация и планирование производства на предприятии: Учебное пособие / Г. И. Шепеленко.—2-е изд., доп. и перераб.— Ростов-на-Дону: МарТ, 2000.—544 с.
10. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П.П. Кукин и др. - 5-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2009. - 335 с.
11. Техника безопасности в электроэнергетических установках : справочное пособие / под ред. П. А. Долина. — Москва: Энергоатомиздат, 1987. — 400 с.

12. Корнилович, Олег Павлович. Техника безопасности при работе с инструментами и приспособлениями / О. П. Корнилович. — Москва: Энергоатомиздат, 1992. — 93 с.: ил. — Библиотека электромонтера; Вып. 633. — Библиогр.: с. 94.

13. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера // под ред. проф. В.Ф. Панина. — М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. — 284 с.

Приложение А

Спецификация сборочного чертежа приспособления

Инв. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
								№	Изм.	Лист
Перв. примен.	A1				<u>Документация</u>					
					<u>Сборочный чертеж</u>					
Справ. №					<u>Детали</u>					
			1		Плита установочная	1				
			2		Упор	1				
			3		Призма	2				
			4		Пластина регулировочная h = 5 мм	1				
			5		Пластина регулировочная h = 12 мм	1				
			9		Прижим	1				
			14		Болт для T-образных пазов	4				
			15		Пружина	1				
			16		Штифт направляющий	2				
					<u>Стандартные изделия</u>					
			13		Шайба плоская ГОСТ 11371-78	4				
			17		Болт М8×22 ГОСТ 15589-70	2				
			6		Болт М10×45 ГОСТ 15589-70	2				
					Болт М10×50 ГОСТ 15589-70	2				
			8		Болт М14× ГОСТ 15589-70	1				
		7		Штифт φ8× ГОСТ 3128-70	1					
		12		Гайка М12 ГОСТ 5915-70	1					
		10		Гайка М14 ГОСТ 5915-70	1					
		11		Шпилька М14 22042-76	1					
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приспособление для фрезерной операции				
	Разраб.	Курбатова Е.Ю.						Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Петровский Е.Н.						У	1	1
	Н.контр.							ТГУ ИЦНПТ		
Утв.						3-8/41				
Копировал						Формат А4				