

Школа  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение Материаловедение

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы			
<b>Разработка технологического процесса изготовления оправки шлифовальной</b>			
УДК 621.81-2-047.84			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Исмаев Достон Мусурманкул угли		22.05.2020

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Алфёрова Екатерина Александровна	к.ф.-м.н.		22.05.2020

#### Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Цыганков Роман Сергеевич			22.05.2020

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н		22.05.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Белоенка Елена Владимировна	к.т.н.		22.05.2020

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н.		

## Результаты обучения

Код результата	Результат обучения
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P4	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.
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении.
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических

	<p>средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии</p>
<p><b><i>Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств</i></b></p>	
<p>P11</p>	<p>Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.</p>
<p>P12</p>	<p>Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.</p>

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

Школа  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение Материаловедение

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
3-8Л52	Исмаатову Достону Мусурманкулу угли

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления оправки шлифовальной	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 59-58/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.05.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>-чертеж детали</i></p> <p><i>-Годовая программа выпуска</i></p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>-Определение типа производства, форм и методов организации работ;</i>  <i>- Анализ технологичности конструкции детали;</i>  <i>-Выбор заготовки;</i>  <i>-Разработка маршрута обработки детали;</i>  <i>-Размерный анализ техпроцесса;</i>  <i>-Выбор оборудования;</i>  <i>-Расчет и назначение режимов обработки;</i>  <i>-Нормирование технологического процесса;</i>  <i>-Конструирование приспособления;</i></p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>-Чертеж детали;</i>  <i>-Чертеж приспособления;</i>  <i>-Спецификация;</i></p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	<b>Креницына Зоя Васильевна</b>
«Социальная ответственность»	<b>Белоенко Елена Владимировна</b>

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	16.12.2019
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Цыганков Роман Сергеевич			16.12.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л152	Исмаев Достон Мусурманкул угли		16.12.2019

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 151 ст., 40рис., 24табл., 16 источников., 4 приложение.

Ключевые слова: ОПРАВКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, РЕЖИМ РЕЗАНИЯ, РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ , ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА.

Целью данной выпускной работы является разработка технологического процесса изготовления оправки шлифовальной проектирование специального приспособления на одну из операций.

В процессе разработки технологического процесса были выполнены следующие этапы: произведен анализ технологичности детали; разработан маршрутный технологический процесс; произведен расчет припусков на обрабатываемые поверхности, выбор технологического оборудования и режимов резания; произведен расчет норм времени.

В конструкторской части были выполнены следующие этапы: определение силы закрепления заготовки; выбор и расчет привода зажимного устройства; расчет приспособления на точность.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» произведен анализ экономичности разработанного технологического процесса.

В разделе «Социальная ответственность» произведен анализ вредных производственных факторов и приведены меры по снижению воздействия на организм человека.

Степень внедрения: результаты разработки могут применяться в среднесерийном производстве.

Область применения данной работы: инструментальные заводы по производству режущего инструмента.

## Оглавление

Введение .....	10
1. Технологическая часть.....	12
1.1 Определения типа производства.....	12
1.2 Анализ технологичности конструкции детали.....	14
1.3 Анализ материала детали .....	14
1.4 Выбор исходной заготовки .....	16
1.5 Маршрутный технологический процесс изготовления Детали «Оправка».....	17
1.6 Расчет припусков и диаметральных технологических размеров.....	21
1.7 Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении.....	34
1.8 Выбор средств технологического оснащения.....	43
1.9 Расчет режима резания .....	47
1.10 Расчет основного времени.....	82
2. Конструкторский часть.....	93
2.1 Описание работы приспособления.....	93
2.2 Определение силы закрепления заготовки .....	94
2.3 Выбор и расчет привода зажимного устройства.....	96
2.4 Расчет приспособления на точность.....	97
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	99
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	101
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	101
3.1.2 Анализ по технологии QuaD.....	101

3.2 Комплексный анализ научно-исследовательского проекта по разработке технологического процесса изготовления детали «ОПРАВКА» по средством SWOT- анализа.....	105
3.3 Планирование научно – исследовательской работы.....	107
3.4 Структура работ в рамках научно исследовательского работы.....	107
3.5 Определение трудоемкости выполнения работ.....	109
3.6 Разработка графика проведения научного исследования.....	111
3.7 Бюджет научно – технического исследования (НТИ).....	113
3.7.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	113
3.7.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	115
3.7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	118
3.7.4 Отчисления во в небюджетные фонды (страховые отчисления).....	119
3.7.5 Накладные расходы.....	119
3.7.6 Формирования бюджета затрат научно – исследовательского проекта.....	120
3.8 Определения эффективности исследования.....	121
3.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	122
4. Социальная ответственность .....	127
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	127
4.2 Производственная безопасность.....	128
4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов при изготовлении детали.....	130
4.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя(работающего).....	134
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	139

Заключение .....	142
Список литературы .....	143
Приложение .....	145

## **Введение**

В данной выпускной квалификационной работе необходимо разработать технологический процесс изготовления «оправки шлифовальной» и разработать специальное приспособление для одной из операций.

Данная оправка применяется при производстве металлорежущего инструмента, выступает в роли хвостовика. Ее применяют с целью экономии дорогостоящего режущего материала. Хвостовик должен обеспечивать высокую точность установки и надежное крепление режущего инструмента в шпиндель станка. К данной оправке прикручивается режущая часть (наиболее распространенный режущий материал - Р6М5).

Предметами исследования ВКР являются: анализ технологичности детали; выбор оптимальной заготовки для производства детали; разработка маршрутного технологического процесса; назначение и расчет минимальных припусков на обработку; выбор технологического оснащения; расчет режимов резания и определение норм времени технологических операций.

В ходе выполнения ожидается создание высокопроизводительного, экономически целесообразного технологического процесса.



## 1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Определение типа производства

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

$$K_{з.о} = \frac{t_B}{T_{cp}} \quad (1)$$

где  $t_B$  – такт выпуска детали, мин.;

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

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_B = \frac{F_g}{N_g}$$

где  $F_g$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_g$  – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по таблице 2.1 [1,стр.22] при двухсменном режиме работы:  $F_g = 4029$  ч.

$$t_B = \frac{F_g}{N_g} = \frac{4029 \times 60}{2000} = 120,87 \text{ мин.};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} \quad (2)$$

где  $T_{ш.к.i}$  – штучно – калькуляционное время  $i$ - ой основной операции, мин.;

$n$  – количество основных операций.

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

Штучно – калькуляционное время  $i$ - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [4,стр.147]:

$$T_{ш.к.i} = \varphi_{ki} \cdot T_{oi} \quad (3)$$

где  $k_i$  – коэффициент  $i$ - ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;  $\varphi$

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

Для первой операции (токарная с ЧПУ):  $\varphi_{k.1} = 2,14$

Для второй операции (токарной с ЧПУ):  $\varphi_{k.2} = 2,14$

Для третьей операции (шлифовальной):  $\varphi_{k.4} = 2,10$

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [4, стр.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой, токарной операции, определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов точение поверхности начерно и начисто, точение поверхности на проход (см. операционную карту)

$$T_{0.1} = (0,1 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,1 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3}$$

где  $d$  – диаметр, мм ;

$l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм .

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рис.1.

тогда

$$T_{0.1} = (0,1 \cdot 35 \cdot 10 + 0,17 \cdot 35 \cdot 10 + 0,1 \cdot 48 \cdot 151) \cdot 10^{-3} = 0,819 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (3):

$$T_{ш.к1} = \varphi_{k.1} \cdot T_{0.1} = 2,14 \cdot 0,819 = 1,75 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй, токарной с ЧПУ операции (см. операционную карту)

$$T_{0.2} = (0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 19 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} \text{ мин.}$$

Тогда

$$T_{0.2} = (0,17 \cdot 44,7 \cdot 126 + 0,17 \cdot 44 \cdot 8 + 19 \cdot 48 \cdot 10) \cdot 10^{-3} = 10,137 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формуле (3):

$$T_{ш.к2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{0.2} = 2,14 \cdot 10,137 = 21,69 \text{ мин.}$$

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

$$T_{0.3} = (0,15 \cdot d \cdot 1 + 0,15 \cdot d \cdot 1) \cdot 10^{-3} \text{ мин.}$$

тогда

$$T_{0.3} = (0,15 \cdot 44 \cdot 10 + 0,15 \cdot 44,7 \cdot 126) \cdot 10^{-3} = 0,910 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формуле (3):

$$T_{ш.к3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{0.3} = 2,1 \cdot 0,910 = 1,911 \text{ мин.}$$

Средне штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (2):

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=0}^n T_{ш.ки}}{n} = \frac{T_{ш.к1} + T_{ш.к2} + T_{ш.к3}}{3} = \frac{1,75 + 21,69 + 1,911}{3} = 8,45 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле (1):

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}} = \frac{120,87}{8,45} = 14,3 \text{ мин.}$$

Так как  $K_{з.о} = 14,3 \geq 10$ , то тип производства среднесерийный.

## 1.2. Анализ технологичности конструкции детали

В технические требования чертежа детали входят: неуказанные предельные отклонения по 12 качеству и твердость HRC 34...42 единицы. Для обеспечения заданной твердости необходимо термическая обработка. С учётом габаритов, заготовка на всех операциях закрепляется в стандартных приспособлениях и обрабатывается на станках небольших размеров.

Деталь технологична с точки зрения механической обработки. На детали не имеется труднодоступных мест. Всех наружных поверхностей можно обработать при много инструментальной наладке.

## 1.3. АНАЛИЗ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ

Деталь – Оправка для универсальных металлорежущих станков. Предназначена для установки и крепления Режущих инструментов. Изготавливается из стали Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

Назначение стали 40Х втулки, оси, стержни, шариковые роликовые подшипники и другие детали, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости и работающие при температуре до 500° С или подвергающиеся действию умеренных агрессивных сред. Сталь коррозионная мартенситного класса.

Химический элемент	%
Кремний (Si)	0,17-0,37
Медь (Cu), не более	до 0,30
Марганец (Mn)	0,50-0,80
Никель (Ni), не более	до 0,30
Фосфор (P), не более	до 0,035
Хром (Cr)	0,80-1,10
Сера (S), не более	0,035
Углерод (C)	0,36-0,44
Железо (Fe)	≈97

Свариваемость – трудно свариваемая; способы сварки: РДС, ЭШС.

Необходимы подогрев и последующая термообработка. КТС – необходима последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием – в горячекатаном состоянии при

НВ 163-168,  $\sigma_B=610$  МПа,  $K_{VT \cdot B \cdot cпл} = 0,95, K_{V6.ст} = 0,95$ .

Флокеночувствительность – чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Назначение: оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, зубчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемы детали повышенной прочности.

### Исходные данные:

1. Материал: Сталь 40Х
2. H12, h12,  $\pm IT12/2$
4. Размер притупления острых кромок **R1**

#### 1.4 Выбор й исходной заготовки

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 40Х), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (среднесерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный, рис. 2. Перепад диаметров получаемой детали небольшой.

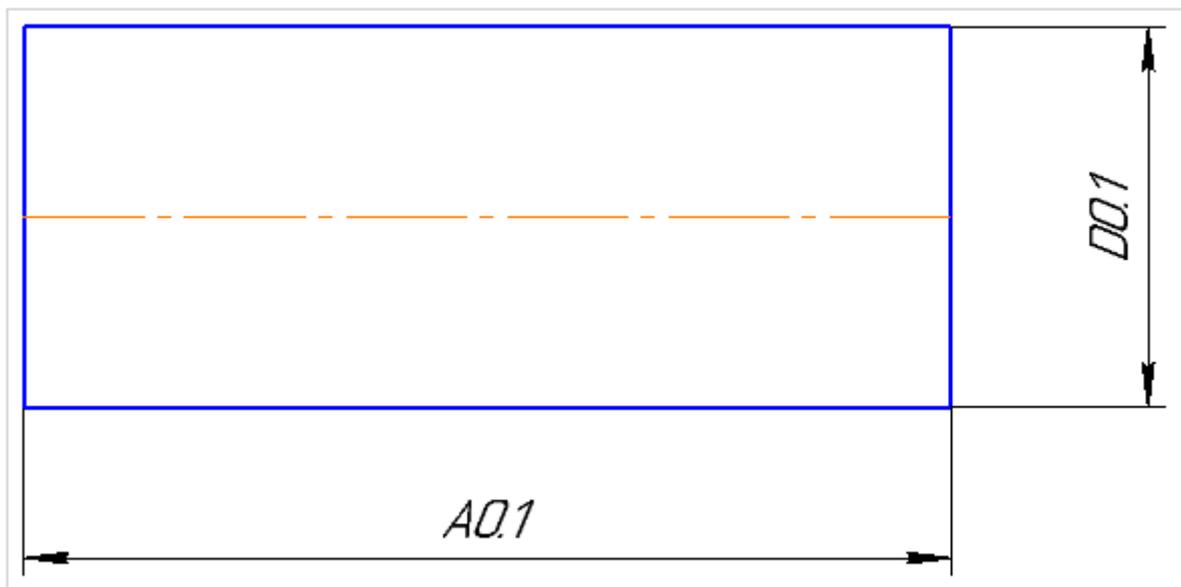


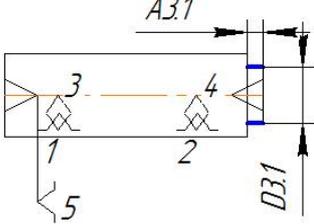
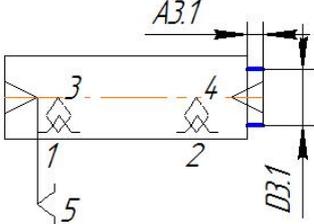
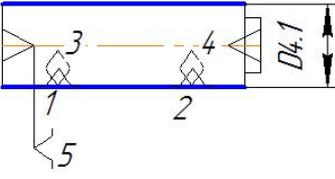
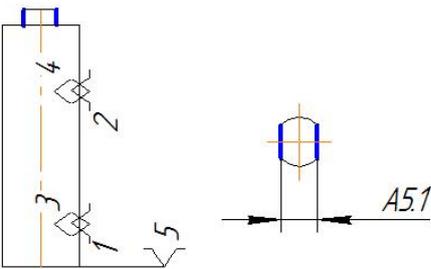
Рис -3. Заготовка детали

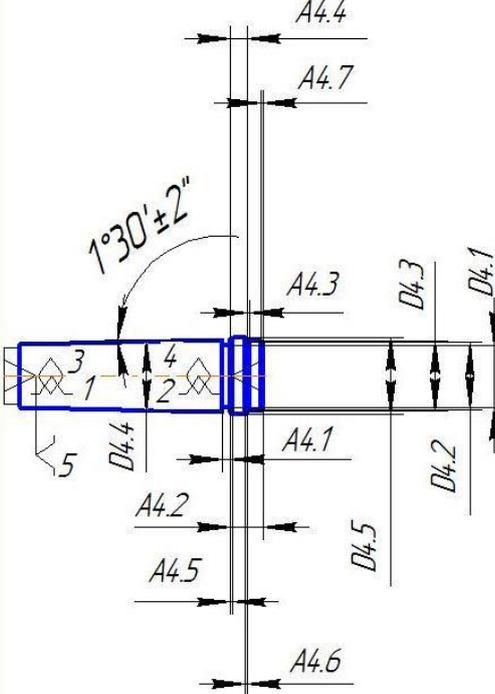
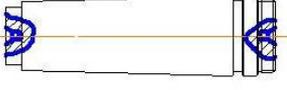
### 1.5. Разработка маршрута технологии изготовления оправки.

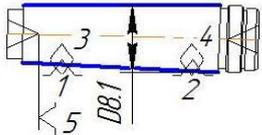
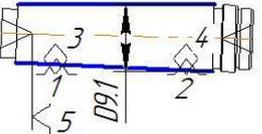
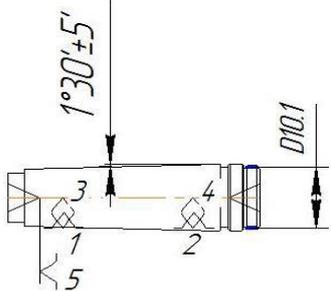
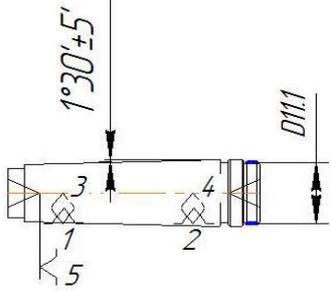
Маршрут технологии изготовления оправки представлен в виде табл. 1, где также обозначены технологические базы и оборудование.

Таблица 1

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операция	Переход		
1	2	3	4
005	A	Выдвинуть пруток до упора и закрепить	
	1	Отрезать заготовку выдержав размер A1.1	
010	A	Фрезерно-центровая Установить и снять заготовку	
	1	Подрезать торцы A и B, выдерживая размер A2.1 на длине A*2.1	
	2	Центровать торец A и B согласно эскизу	

015		Токарная с ЧПУ	
	A	Установить и снять заготовку	$\sqrt{Ra\ 5.0}$
	1	Точить шейку на длину A3.1 до диаметра D3.1 предварительно	
	2	Точить шейку до диаметра D3.1 выдержать A3.1 окончательно	$\sqrt{Ra\ 2.5}$ 
020	A	Токарная с ЧПУ Установить и снять заготовку	$\sqrt{Ra\ 3.2}$
	1	Точить поверхность до диаметра D4,1 напроход	
025	A	Фрезерная Установить и снять заготовку	$\sqrt{Rz\ 20}$
	1	Точить две лыски, выдерживая размер A5.1	

030	<p style="text-align: center;"><i>Токарная с ЧПУ</i></p> <p><i>Установить и снять заготовку</i></p> <p>1 <i>Точить конавку на длину A4.1 до диаметра D4.1 выдерживая A4.2</i></p> <p>2 <i>Точить конавку на длину A4.3 до диаметра D4.2</i></p> <p>3 <i>Точить шейку напроход, до диаметра D4.3 выдержав A4.4</i></p> <p>4 <i>Точить фаски A4.5, A4.6 и A4.7</i></p> <p>5 <i>Точить конус поверхность до диаметра D4.4</i></p> <p>6 <i>Нарезать резьбу на поверхность до диаметра D4.5 выдержав параметры резьбы</i></p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 5.0}</math></p> 
035	<p style="text-align: center;"><i>Термическая</i></p> <p>1 <i>Закалить</i></p> <p>2 <i>Отпустить до твердости HRC 34...42</i></p>	
040	<p style="text-align: center;"><i>Притирочная</i></p> <p><i>Установить и снять заготовку</i></p> <p>1 <i>Притиреть центры</i></p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 0.16}</math></p> 

045	<p>A</p> <p>1</p> <p>1</p>	<p><i>Кругошлифовальная</i></p> <p><i>Установить и снять заготовку</i></p> <p><i>Предварительно шлифовать конус до диаметра D8.1</i></p> <p><i>Окончательно шлифовать конус до диаметра D9.1</i></p>	<p><math>\sqrt{Ra\ 1.25}</math></p>  <p><math>\sqrt{Ra\ 0,8}</math></p> 
050	<p>A</p> <p>1</p> <p>1</p>	<p><i>Кругошлифовальная</i></p> <p><i>Установить и снять заготовку</i></p> <p><i>Предварительно шлифовать шейку до диаметра D10.1</i></p> <p><i>Окончательно шлифовать шейку до диаметра D11.1</i></p>	<p><math>\sqrt{Ra\ 1.25}</math></p>  <p><math>\sqrt{Ra\ 0,8}</math></p> 
055		<p><i>Промыть деталь</i></p>	
060		<p><i>Технический контроль</i></p>	
065		<p><i>Нанесение антикоррозионного покрытия</i></p>	

## 1.6. Расчет припусков и технологических размеров

При наличии допусков взаимного расположения поверхностей проектирование технологического процесса механической обработки вызывает определенные трудности. В случае обработки детали «оправка сводим» взаимное расположение поверхностей достигается за счет взаимного расположения баз либо на одной установке. Выход из этой ситуации может быть таким. Сначала определяется последняя, заключительная операция технологического процесса механической обработки. А затем, обрабатывая базовые поверхности на этой операции, получим предпоследнюю операцию и т.д., пока не определится заготовительная операция. Такая же последовательность будет использована при расчете минимального припуска. Если обозначить заключительную операцию как  $n$ , то предпоследняя операция обозначится  $n - 1$ , предпоследняя  $n - 2$ , и т.д., а заготовительная как  $n - m$ . На заключительной операции механообработки обрабатывается самая точная поверхность, а базой для нее служит обычно поверхность на 1...2 качества грубее. При наличии допуска взаимного расположения между этими поверхностями как более точного, чем допуски на размеры этих поверхностей базой выбирается поверхность, связанная допуском взаимного расположения. В нашем случае на чертеже проставлен допуск радиального биения 0.005 относительно оси симметрии детали, поэтому шлифование будем производить в центрах. Все допуски взаимного расположения поверхностей формируются на последних операциях технологического маршрута.

На детали выполнена канавка для выхода шлифовального круга при шлифовании конуса, что предотвращает износ круга по торцу и при этом исключается частая правка круга.

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения определяется

по формуле: 
$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (4)$$

где  $Rz_{i-1}$  – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

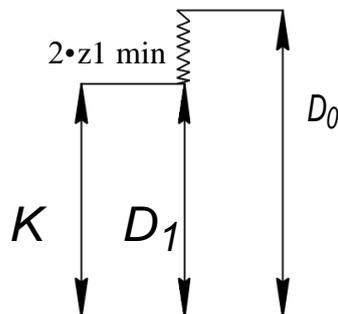
$h_{i-1}$  – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

$P_{i-1}$  – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;  $\varepsilon_i$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

### Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\phi 48$

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4) и сводим их в таблицу 2.

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм				Припуск $2 \cdot Z_{\min}$ мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер в мм.	Технологический размер в мм.	На обработку в мм.
	Rz	h	p	$\varepsilon$					
M48x1,5-6g									
Заготовка	150	250	350			1400	50,5	$52^{+0,4}_{-1,0}$	
Однократное точение h14	50	50			1500	300	47,882	$47,882 \pm 0,086$	$4^{+0,668}_{-0,968}$



Шероховатость и глубину нормы дефектного научный поверхностного слоя основная после механической механический обработки процесса определяем в соответствии электрокорунда с рекомендациями [4, табл. 4.3..., стр. 63].

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину (таблица 9 [3, с. 95]). Для проката обычной точности  $\Delta_k = 0,5$  мкм/мм. Вылет заготовки подбор из патрона  $L \approx 151$  мм.

Таким образом:

$$P_{\text{кор}} = P_{\phi} = \Delta_k \cdot L = 151 \cdot 0,5 = 75,5 \text{ мкм.}$$

На фрезерно-центровальной операции необходимо учитывать пространственное отклонение возникающее при установке детали на призму и погрешность зацентровки станка, которую примем равной 0,25 мм [7, стр. 178].

$$P_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{T^2 + 1} = 0,25T = 0,35 \text{ мм}$$

Общее пространственное отклонение

$$P_{\text{общ}} = \sqrt{P_{\phi}^2 + P_{\text{ц}}^2} = \sqrt{0,0755^2 + 0,35^2} = 0,35 \text{ мм}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости [1, с. 73]:

$$\text{черновое точение: } p_1 = k_y \cdot p_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 350 = 21 \text{ мкм,}$$

где  $k_y$  – коэффициент уточнения формы.

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет).

Погрешность закрепления определяем по таблице 4.10 [1, с.76]: В данном случае  $\varepsilon = 0$  мкм; так как обработка ведется в центрах.

Допуск и предельные отклонения на наружный диаметр цилиндра под резьбу назначаем в соответствии с [5, стр. 593]

$$D_1 = 48_{-0.268}^{-0.032}$$

Допуск и предельные отклонения на заготовку выбираем в соответствии с рекомендациями [3, прил. 5]:

$$D_0^{+0.4}_{-1.0}$$

Минимальный припуск

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2 \cdot (Rz + h + \sqrt{p^2 + \varepsilon^2}) = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{350^2 + 0^2}) = 1500 \text{ мкм};$$

$$D_1^C = D_1 + (BOD_1 + HOD_1)/2 = 48 + (-0.032 + (-0.268))/2 = 47,85 \text{ мм};$$

$$D_1 = 47,85 \pm 0,0118 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_1^C = (2 \cdot Z_1^C \cdot Z_{1\min} + 2 \cdot Z_{1\max}) / 2 = (2 \cdot Z_{1\min} + (2 \cdot Z_{1\min} + TD_0 + TD_1)) / 2 = (1,5 + (1,5 + 1,4 + 0,3)) / 2 = 2,35 \text{ мм};$$

$$D_0^C = D_1^C + 2 \cdot Z_1^C = 47,85 + 2,35 = 50,2 \text{ мм};$$

Вычислим номинальное значение  $D_0$

$$D_0 = D_0^C - \frac{BOD_0 + HOD_0}{2} = 50,2 - \frac{0,4 - 1}{2} = 49,9 \text{ мм};$$

Расчётное значение этого звена составит

$$D_0 = \text{мм}; 49,9^{+0,4}_{-1,0}$$

Примем в соответствии со стандартом

$$D_0 = \text{мм} 52^{+0,4}_{-1,0}$$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 52^{+0,4}_{-1,0} - 48_{-0,268}^{-0,032} = 4_{-0,968}^{+0,668} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 4,668 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 3,032 \text{ мм};$$

### Расчет припусков на обработку поверхности $\phi 44,7_{-0,025}$

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4) и сводим их в таблицу 3.

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный размер $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер в мм.	Технологический размер в мм.	Припуск на обработку в мм.
	Rz	h	p	$\epsilon$					
заготовка	50	50	21			300			
Точение черного h14	50	50	0,84		242	300	45,49	45,49±0,15	2,36 <sup>+0,332</sup> <sub>-0,268</sub>
Термическая									
Шлифование предварительное кб	10	20	2		201,68	100	45,09	44,09±0,05	0,5 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,3</sub>
Шлифование	5				64	25	44,687	44,687±0,012	0,44 <sup>+0,025</sup> <sub>-0,1</sub>

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет). Так как шлифование ведется в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю. Погрешность закрепления для операции точения, а также кривизна заготовки при расчете минимального припуска не учитываются, так как после снятия напуска они примут крайне малые значения.

Так как шлифование ведется после термообработки, то нужно учесть коробление заготовки. Для проката после обработки т.в.ч.  $\Delta_k = 1$  мкм/мм, таблица 4.8 [1, с. 71]. Длина термически обрабатываемого участка  $L = 126$  мм. Таким образом:

$$P_{\text{терм}} = \Delta_k \cdot L = 1 \cdot 126 = 126 \text{ мкм.}$$

Но учитывая габаритные размеры заготовки, примем  $r_{\text{терм}} = 50$  мкм.

Остаточные пространственные отклонения:

Обтачивание до термической обработки –  $p = 0,04 \cdot 21 = 0,84$  мкм;  $\approx$

Шлифование после термической обработки –  $p = 0,04 \cdot 50 = 2$  мкм;

Погрешность установки в радиальном направлении равна нулю, т.к. обработка ведётся в центрах.

При расчёте  $e$  припуска на чистовое обтачивание величина  $h$  на предыдущей операции исключается из расчёта [7, стр.168].

Минимальный припуск процессом форм. (4):

под черновое точение

$$2 \cdot Z_{1\text{min}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{21^2 + 0^2}) = 242 \text{ мкм;}$$

Под шлифование предварительное

$$2 \cdot Z_{2\text{min}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,84^2 + 0^2}) = 201,68 \text{ мкм;}$$

Под шлифование окончательное

$$2 \cdot Z_{3\text{min}} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{2^2 + 0^2}) = 64 \text{ мкм;}$$

Размерная схема для определения диаметральных технологических размеров представлена на рис. 5.

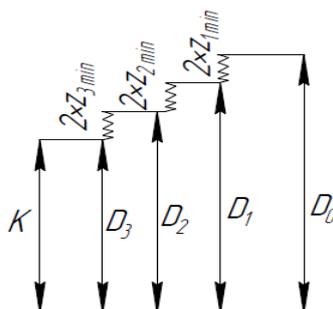


Рис- 5.  
29

Допуски на технологические размеры назначаем в соответствии с рекомендациями [2, Прил.3, табл. 3.1.].

Технологический размер на окончательное шлифование:

$$2 \cdot Z_{3max} = 2 \cdot Z_{3min} + TD_3 + TD_2 = 0,064 + 0,025 + 0,1 = 0,189 \text{ мм};$$

$$D_3^C = D_3 + (BOD_3 + HOD_3)/2 = 44,7 + (0 + (-0,025)) / 2 = 44,6875 \text{ мм};$$

$$D_3 = 44,6875 \pm 0,0125 \text{ мм};$$

$$/2 = 0,41 \text{ мм}; 2 \cdot Z_3^C = \frac{(2 \cdot Z_{3min} + 2 \cdot Z_{3max})}{2} = (0,64 + 0,189)$$

$$D_2^C = D_3^C + 2Z_3^C = 44,6875 + 0,41 = 45,09 \text{ мм};$$

$$\text{Запишем } D_2 = 45,09 \pm 0,05 \text{ мм};$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем  $D_2 = 45,14_{-0,1} \text{ мм};$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_3 = 45,14_{-0,1} - 44,7_{-0,025} = 0,44_{-0,1}^{+0,025} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,46 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,34 \text{ мм};$$

Технологический размер на предварительное шлифование:

$$2 \cdot Z_{2max} = 2 \cdot Z_{2min} + TD_2 + TD_1 = 0,201 + 0,1 + 0,3 = 0,601 \text{ мм};$$

$$D_2^C = D_2 + (BOD_2 + HOD_2)/2 = 45,14 + (0 + (-0,1))/2 = 45,09 \text{ мм}; D_2 = 45,09$$

$$\pm 0,05 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^C = \frac{2 \cdot Z_{2min} + 2 \cdot Z_{2max}}{2} = \frac{0,201 + 0,601}{2} = 0,4 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_2^C + 2Z_2^C = 45,09 + 0,4 = 45,49 \text{ мм};$$

$$\text{Запишем } D_1 = 45,49 \pm 0,15 \text{ мм};$$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем  $D_2 = 45,64_{-0,3} \text{ мм};$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 45,64_{-0,3} - 45,14_{-0,1} = 0,5_{-0,3}^{+0,1} \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,6 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,2 \text{ мм};$$

Технологический размер на черновое точение:

$$2 \cdot Z_{1\max} = 2 \cdot Z_{1\min} + TD_1 + TD_0 = 0,242 + 0,3 + 0,3 = 0,842 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_1 + (BOD_1 + HOD_1)/2 = 45,64 + (0 + (-0,3))/2 = 45,49 \text{ мм};$$

$$D_1 = 45,49 \pm 0,15 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = -45,6448_{-0,268-0,3}^{+0,032} = 2,36_{-0,268}^{+0,332} \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 2,69 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2,09 \text{ мм};$$

### Расчёт припусков на обработку поверхности $\text{Ø} 44-0,025$

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4) и сводим их в таблицу 4.

Переходы обработки поверхности $\text{Ø} 44-0,025$	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер в мм.	Технолог. размер в мм.	Припуск и на обр. в мм.
	R	h	p	$\varepsilon$					
Заготовка	50	50	21			300			
Обтачивание черновое h14	50	50	0.8 4		242	300	44,5	44,5±0,15	3,25 $^{+0,33}_{-0,26}$
Термическая									
Шлифование предварительное k6	10	20	0		201,68	100	44,1	44,1±0,15	0,5 $^{+0,1}_{-0,3}$
Шлифование окончательное	5				60	25	43,987	43,987±0,01 2	0,3 $^{+0,025}_{-0,3}$

Шероховатость и глубину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем в соответствии с рекомендациями [4, табл. 4.3., стр. 63].

Так как обработка ведётся в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю. Пространственные отклонения складываются из остаточных отклонений.

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет). Так как шлифование ведется в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю. Погрешность закрепления для операции точения, а также кривизна заготовки при расчете минимального припуска не учитываются, так как после снятия напуска они примут крайне малые значения.

Так как шлифование ведется после термообработки, то нужно учесть коробление заготовки. Для проката после обработки т.в.ч.  $\Delta k = 1$  мкм/мм, таблица 4.8 [1, с. 71]. Длина термически обрабатываемого участка  $L = 8$  мм. Таким образом:

$$r_{\text{терм}} = \Delta k \cdot l = 1 \cdot 8 = 8 \text{ мкм.}$$

Но учитывая габаритные размеры заготовки, пренебрежем величиной  $r_{\text{терм}}$ .

Остаточные пространственные отклонения:

обтачивание до термической обработки -  $p = 0,04 \cdot 21 = 0,84$  мкм;  $\approx$

шлифование после термической обработки -  $p = 0,04 \cdot 8 = 0,32$  мкм ; (этой величиной пренебрегаем)

Минимальный припуск форм. (4):

под черновое точение

$$2 \cdot Z_{1 \min} = 2 \cdot (50 + 50 + ) = 242\sqrt{21^2 + 0^2} \text{ мкм}$$

под шлифование предварительное

$$2 \cdot Z_{2 \min} = 2 \cdot (50 + 50 + ) = 201,68\sqrt{0,84^2 + 0^2} \text{ мкм}$$

под шлифование окончательное

$$2 \cdot Z_{3 \min} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 60 \text{ мкм};$$

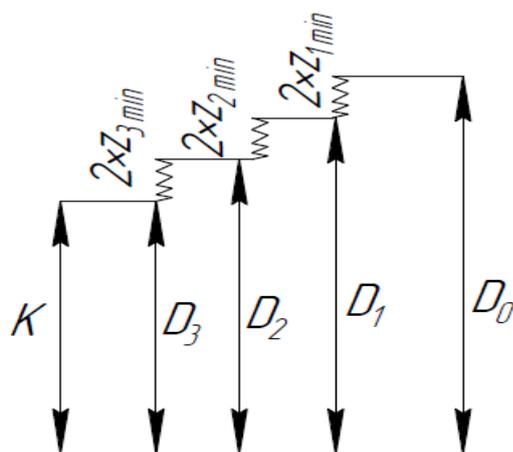


Рис- 6.

Технологический размер на окончательное шлифование:

$$2 \cdot Z_{3\max} = 2 \cdot Z_{3\min} + TD_3 + T D_2 = 0,06 + 0,025 + 0,1 = 0,185 \text{ мм} ;$$

$$D_3^C = D_3 + (BOD_3 + HOD_3)/2 = 44 + (0 + (-0,025))/2 = 43,9875 \text{ мм} ;$$

$$D_3 = 43,9875 \pm 0,0125 \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_3^C = \frac{(2 \cdot Z_{3\min} + 2 \cdot Z_{3\max})}{2} = \frac{(0,06 + 0,185)}{2} = 0,12 \text{ мм} ;$$

$$D_2^C = D_3^C + 2Z_3^C = 43,9875 + 0,12 = 44,1 \text{ мм} ;$$

Запишем  $D_2 = 44,15 \pm 0,05$  мм;

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то

запишем  $D_2 = 44,15_{-0,1}$  мм;

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_3 = 44,15_{-0,1} - 44_{-0,025} = 0,15_{-0,1}^{+0,025} \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 0,175 \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 0,05 \text{ мм} ;$$

Технологический размер на предварительное шлифование:

$$2 \cdot Z_{2\max} = 2 \cdot Z_{2\min} + T D_2 + T D_1 = 0,201 + 0,1 + 0,3 = 0,601 \text{ мм} ;$$

$$D_2^C = D_2 + (BOD_2 + HOD_2)/2 = 44,15 + (0 + (-0,1))/2 = 44,1 \text{ мм} ;$$

$$D_2 = 44,1 \pm 0,05 \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_2^C = \frac{(2 \cdot Z_{2\min} + 2 \cdot Z_{2\max})}{2} = \frac{(0,201 + 0,601)}{2} = 0,401 \text{ мм} ;$$

$$D_1^C = D_2^C + 2Z_2^C = 44,1 + 0,401 = 44,5 \text{ мм} ;$$

Запишем  $D_1 = 44,5 \pm 0,15$  мм;

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер

то запишем  $D_1 = 44,65_{-0,3}$  мм

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 44,65_{-0,3} - 44,15_{-0,1} = 0,5_{-0,3}^{+0,1} \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_{2\max} = 0,6 \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_{2\min} = 0,2 \text{ мм} ;$$

Технологический размер на обтачивание:

$$2 \cdot Z_{1\max} = 2 \cdot Z_{1\min} + T D_1 + T D_0 = 0,242 + 0,3 + 0,3 = 0,842 \text{ мм} ;$$

$$D_1^C = D_1 + (BOD_2 + HOD_2)/2 = 44,65 + (0 + (-0,3))/2 = 44,6 \text{ мм} ;$$

$$D_1 = 44,6 \pm 0,15 \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = -44,7548_{-0,268-0,3}^{-0,032} = 3,25_{-0,268}^{+0,332} \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 3,58 \text{ мм} ;$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 2,98 \text{ мм} ;$$

### Расчёт припусков на обработку поверхности $\text{Ø } 35_{-0,025}$

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4)

и сводим их в таблицу 5.

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер в мм.	Технологический размер в мм.	Припуски на обработку в мм.
	Rz	h	p	$\varepsilon$					
Заготовка	150	250	350			1400			
Шлифование черновое h14	50	50	14		1500	300	35,37	$35,37 \pm 0,15$	$16,48_{-1}^{+0,7}$
Шлифование чистовое h10	20	30			228	25	34,98	$34,98 \pm 0,012$	$0,53_{-0,3}^{+0,025}$

Остаточные пространственные отклонение [4, стр.73]: обтачивание черновое

$$p = 0,04 \cdot 350 = 14 \text{ мкм.}$$

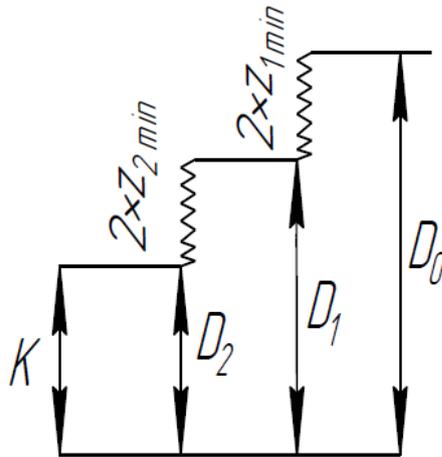


Рис- 7.

Минимальный припуск формула (4): под чистовое обтачивание.

$$2 \cdot Z_{1min} = 2 \cdot (50 + 50 + ) = 228 \text{ мкм}; \sqrt{14^2 + 0^2}$$

Минимальный припуск под черновое обтачивание, формула (4):

$$2Z_{1min} = 2(R_{z0} + h_0 + ) = 2(150 + 250 + ) = 1500 \sqrt{p_0^2 + \varepsilon_1^2} \sqrt{350^2 + 0^2} \text{ мкм.}$$

Технологический размер на чистовое обтачивание:

$$2 \cdot Z_{1max} = 2 \cdot Z_{1min} + T D_2 + T D_1 = 0,228 + 0,025 + 0,3 = 0,553 \text{ мм};$$

$$D_2^C = D_2 + (BOD_2 + HOD_2)/2 = 35 + (0 + (-0,025))/2 = 34,987 \text{ мм};$$

$$D_2 = 34,987 \pm 0,0125;$$

$$2 \cdot Z_1^C = \frac{(2 \cdot Z_{1min} + 2 \cdot Z_{1max})}{2} = \frac{(0,228 + 0,553)}{2} = 0,39 \text{ мм};$$

$$D_1^C = D_2^C + 2Z_2^C = 34,987 + 0,39 = 35,377 \text{ мм};$$

Запишем  $D_1 = 35,377 \pm 0,15 \text{ мм};$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер,

то запишем  $D_1 = 35,527_{-0,3} \text{ мм}$

Фактическое значение припуска

$$2 \cdot Z_1 = D_1 - D_0 = 35,527_{-0,3} - 35_{-0,025} = 0,53_{-0,3}^{+0,025} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{2\max} = 0,54 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2\min} = 0,23 \text{ мм}$$

Технологический размер на черновое обтачивание:

$$2 \cdot Z_{2\max} = 2 \cdot Z_{2\min} + T D_1 + T D_0 = 1,5 + 0,3 + 1,4 = 3,2 \text{ мм}$$

$$D_1^C = D_1 + (BOD_1 + HOD_1)/2 = 35,527 + (0 + (-0,3))/2 = 35,37 \text{ мм};$$

$$D_1 = 35,37 \pm 0,15;$$

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = -35,5252_{-1}^{+0,4} - 0,3 = 16,48_{-1}^{+0,7} \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{1\max} = 17,18 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1\min} = 15,48 \text{ мм}$$

### **1.7. Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении.**

#### **Расчёт припуска на подрезку торца.**

Минимальный припуск:

$$Z_{\min} = Rz + h + p_{i-1} \quad (5)$$

Расчет припусков на обработку производим по формуле (5) и сводим их в таблицу 6.

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм
	$Rz+h$	$\rho$	$\varepsilon$	
Заготовка	200	36		
Подрезка торца				236

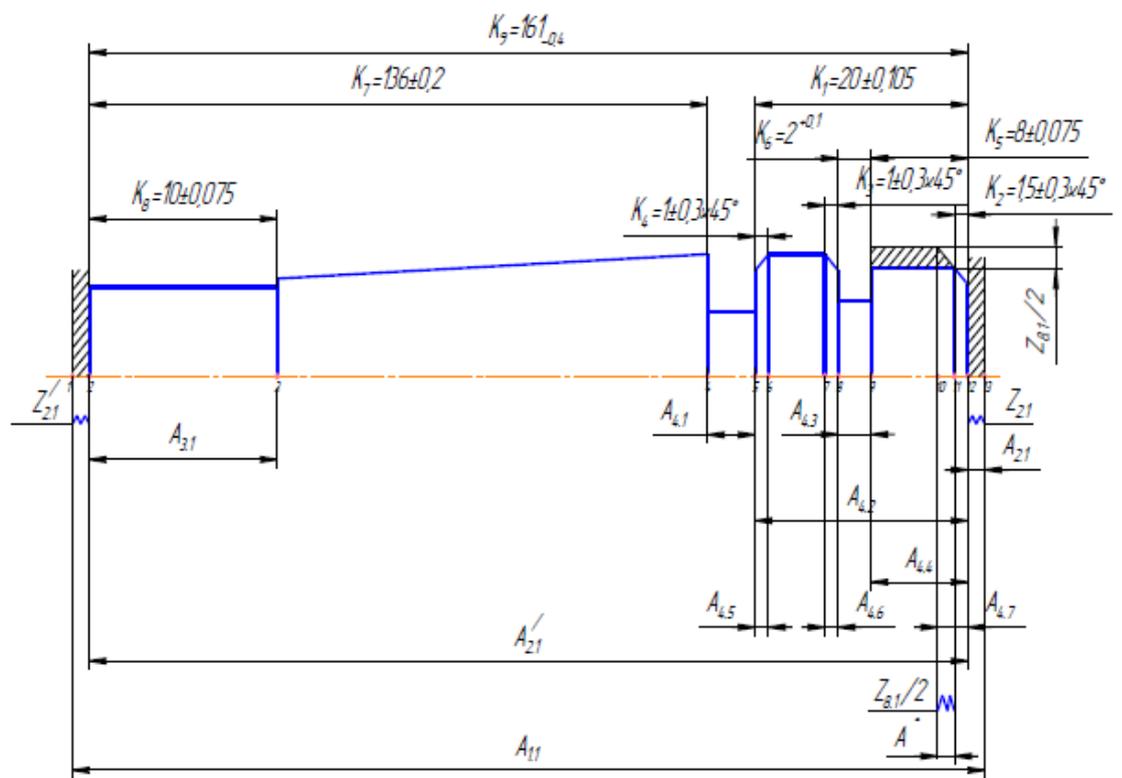


Рис- 8. Размерная схема осевых размеров

Граф технологических размерных цепей

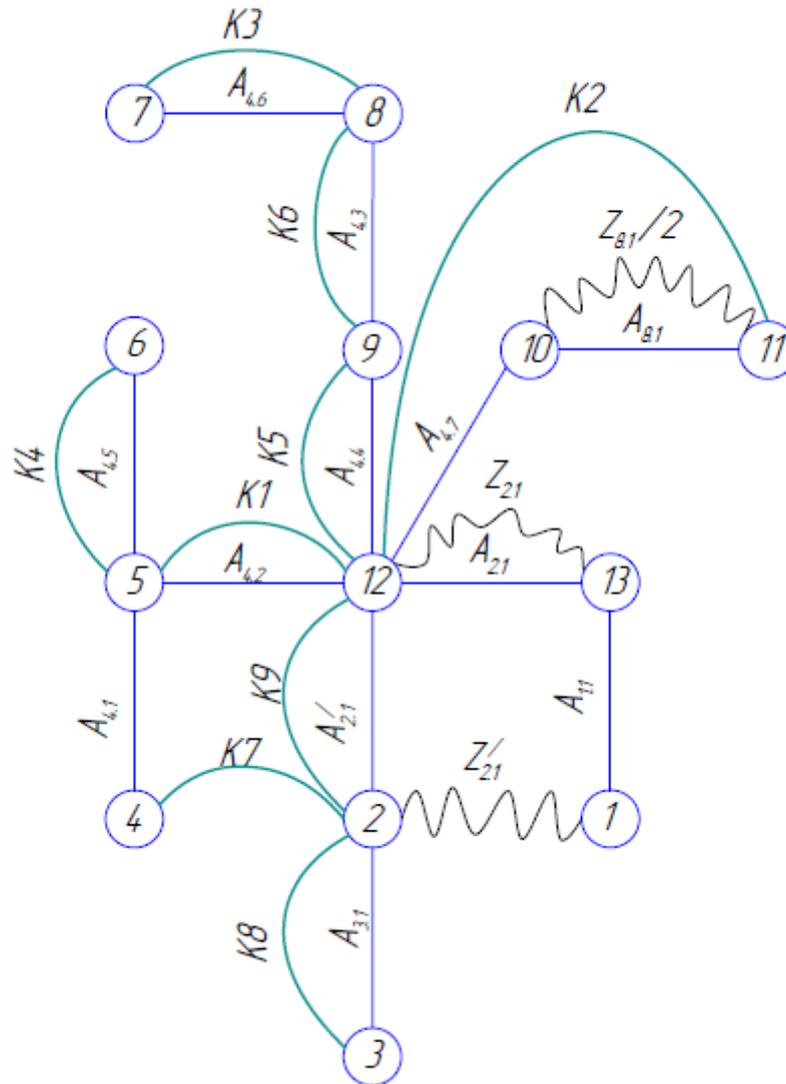


Рис-9. Граф технологических размерных цепей.

Для расчета строится размерная схема технологического процесса изготовления оправки в продольном направлении (рис- 8) и граф технологических размерных цепей (рис- 9), облегчающих их выявление.

На данном этапе обработки погрешность установки равна нулю [6, стр. 108], а общее пространственное отклонение  $p_{1-1}$  равно отклонению расположения  $p_n$  - отклонение от перпендикулярности. Параметры  $Rz +h$  и  $p_n$  определим в соответствии с рекомендациями [4, стр.64].

$$Z_{2.1\min} = 0,2 + 0,036 = 0,236 \text{ мм}$$

При такой схеме обработки этот припуск будет являться технологическим размером ( $Z_{2.1min} = A_{2.1}$ ),  $Z'_{2.1}$ - замыкающим звеном.

Для торца  $Z'_{2.1min}$  (см. рисунок 7) принимаем минимальный припуск на обработку такой же как для торца  $Z_{2.1min}$  :  $Z'_{2.1min} = 236 \text{ мкм}$ .

Допуски на технологические размеры :

$$\begin{aligned} TA_{4.3} &= 0,1 \\ TA_{4.4} &= 0,1 \\ TA_{4.2} &= 0,2 \\ TA_{4.1} &= 0,1 \\ TA_{3.1} &= 0,1 \\ TA_{4.5} &= 0,2 \\ TA_{4.6} &= 0,2 \\ TA'_{2.1} &= 0,25 \\ TA_{1.1} &= 0,3 \\ TA_{4.7} &= 0,2 \\ TA^* &= 0,2 \end{aligned}$$

Допуски на линейные конструкторские размеры:

$$\begin{aligned} ТК_1 &= 0,21 \\ ТК_2 &= 0,6 \\ ТК_3 &= 0,6 \\ ТК_4 &= 0,6 \\ ТК_5 &= 0,15 \\ ТК_6 &= 0,1 \\ ТК_7 &= 0,4 \\ ТК_8 &= 0,15 \\ ТК_9 &= 0,4 \end{aligned}$$

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$K_i \geq \Sigma TA_i, \quad (6)$$

Для размера  $K_1$  (см. рис. 9):  $TK_1 = 0,21 \geq TA_{4.2} = 0,2 \text{ мм}$ .

т. е. размер  $K_1$  может быть обеспечен с заданной точностью (выдерживается непосредственно).

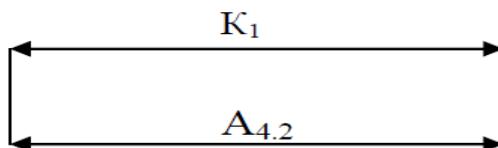


Рис- 9.Размерная схема для  $K_1$

Для размера  $K_2$  (см. рис. 10):  $TK_2 = 0,6 \geq T A_{4.7} + T A_* = 0,2 + 0,2 = 0,4$  мм, размер  $K_2$  может быть обеспечен с заданной точностью.

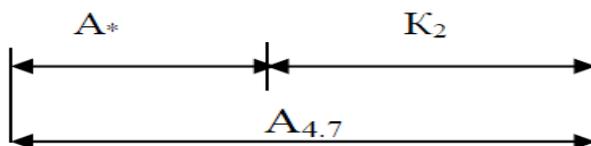


Рис-10.Размерная схема для  $K_2$

Для размера  $K_3$  (см. рис. 11):  $TK_3 = 0,6 \geq T A_{4.6} = 0,2$  мм, размер  $K_3$  может быть обеспечен с заданной точностью.

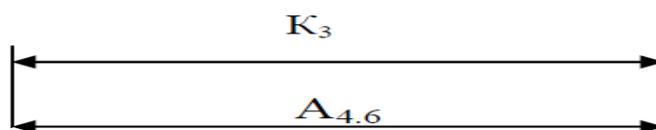


Рис- 11.Размерная схема для  $K_3$

Для размера  $K_4$  (см. рис. 12):  $TK_4 = 0,6 \geq T A_{4.5} = 0,2$  мм, размер  $K_4$  может быть обеспечен с заданной точностью.

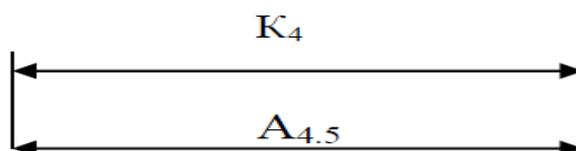


Рис.12.Размерная схема для  $K_4$

Для размера  $K_5$  (см. рис. 13):  $TK_5 = 0,15 \geq T A_{4.4} = 0,1$  мм, размер  $K_5$  может быть обеспечен с заданной точностью.

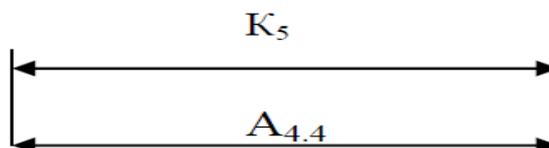


Рис.13.Размерная схема для  $K_5$

Для размера  $K_6$  (см. рис. 14):  $TK_6 = 0,1 \geq T A_{4.3} = 0,1$  мм, размер  $K_6$  может быть обеспечен с заданной точностью. Точность обеспечивается режущим инструментом.

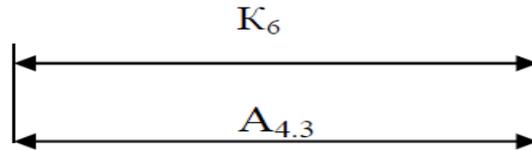


Рис.14.Размерная схема для K6

Для размера  $K_7$  (см. рис.15):

$$TK_7 = 0,4 \geq TA_{4.2} + TA_{4.1} + TA_{/2.1} = \sqrt{0,1^2 + 0,2^2 + 0,25^2} = \sqrt{0,1125} = 0,33\text{мм};$$

размер  $K_7$  может быть обеспечен с заданной точностью.

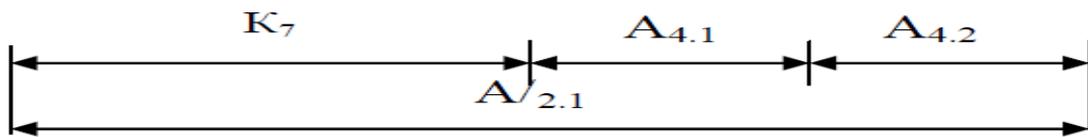


Рис.15.Размерная схема для K7

Для размера  $K_8$  (см. рис.16):

$TK_8=0,15 \geq TA_{3.1} = 0,1$  мм, размер  $K_8$  может быть обеспечен с заданной точностью.

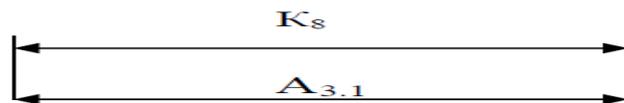


Рис.16.Размерная схема для K8

Для размера  $K_9$  (см. рис.17):

$TK_9=0,4 \geq TA_{/2.1} = 0,25$  мм, размер  $K_9$  может быть обеспечен с заданной точностью.

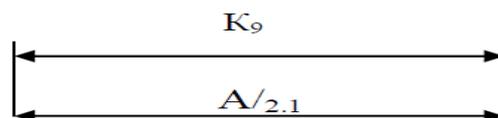


Рис.17.Размерная схема для K9

Расчет технологических размеров начинаем с конца технологического процесса.

При шлифовании наружной поверхности  $\varnothing 44$  происходит изменение размера фаски. Указанное изменение при угле фаски  $45^\circ$  может быть принято равным половине удаляемого при шлифовании припуска на диаметр.

$$Z = 0,51_{-0,3}^{+0,0125} \text{ мм};$$

Учитывая, что имеем  $Z = 0,51_{-0,3}^{+0,0125} \text{ мм};$

$$A^* = \frac{Z}{2} = 0,255_{-0,15}^{+0} \approx 0,25_{-0,15}^{+0} \text{ мм. Для размера } K_2 \text{ (см. рисунок 10):}$$

Находим  $A_{4.7}$  (рис.9):

$$K_2^C = A_{4.7}^C - A^{*C}$$

$$K_2^C = K_2 + \frac{BOK_2 + HOK_2}{2} = 1,5 + \frac{0,3 - 0,3}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

$$A^{*C} = A^* + \frac{BOA_{7.1} + HOA_{7.1}}{2} = 0,25 + \frac{0 - 0,15}{2} = 0,175 \text{ мм.}$$

$$A_{4.7}^C = K_2^C + A^{*C} = 1,5 + 0,175 = 1,675 \text{ мм.}$$

После округления номинального значения окончательно запишем  $A_{4.7} = 1,675 \pm 0,1 \text{ мм.}$  (размер не относится ни к отверстиям, ни к валам).

Находим  $A_{4.6}$  (рис.11.):

$$A_{4.6} = K_3 = 1 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

Находим  $A_{4.5}$  (рис.12):

$$A_{4.5} = K_4 = 1 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

Находим  $A_{4.1}$  ( рис. 15):

$$A_{4.1}^C = A_{2.1}'^C - A_{4.2}^C - K_7$$

$$A_{2.1}'^C = 161 + \frac{0,125 - 0,125}{2} = 161 \text{ мм.}$$

$$A_{4.2}^C = 20 + \frac{0,1 - 0,1}{2} 20 \text{ мм.}$$

$$K_7^C = 136 + \frac{0,2 - 0,2}{2} 136 \text{ мм.}$$

$$A_{4.1}^C = 161 - 136 - 20 = 5 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем  $A_{4.1} = 5 \pm 0,05 \text{ мм.}$  Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

Находим  $A'_{2.1}$  ( рис. 17):

$$A'_{2.1} = K_9 = 161 \pm 0,125 \text{ мм.}$$

Находим  $A_{4.2}$  (рис.15):

$$A_{4.2} = K_1 = 20 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

Находим  $A_{4.4}$ (рис.13) :

$$A_{4.4} = K_5 = 8 \pm 0,5$$

Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

Находим  $A_{4.3}$ (рис.14):

$$A_{4.3} = K_6 = 2 \pm 0,05 \text{ мм.}$$

Находим  $A_{3.1}$ (рис.16) :

$$A_{3.1} = K_8 = 10 \pm 0,075$$

Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

Находим  $A_{2.1}$ :

$$Z_{2.1}^C = A_{2.1}^C$$

$$Z_{2.1}^C = Z_{2.1 \min} + \frac{TA_{2.1}}{2} = 0,236 + \frac{0,3}{2} = 0,386$$

$$A_{2.1}^C = 0,386 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем  $A_{2.1} = 0,386 \pm 0,15 \text{ мм}$  . Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

Находим  $A_{1.1}$ (рис.18):

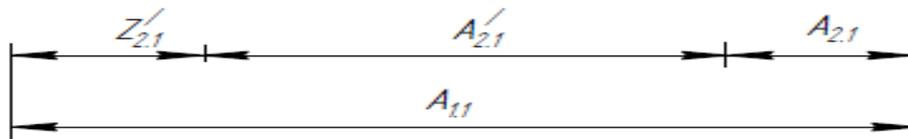


Рис. 18. Размерная схема для  $A_{1.1}$

$$A_{1.1}^C = A_{/2.1}^C + Z_{/2.1}^C + A_{2.1}^C \text{ мм.}$$

$$A_{2.1}^C = 0,386 + \frac{0,15 - 0,15}{2} = 0,386 \text{ мм.}$$

$$A_{2.1}^{C/} = 161 \text{ мм.}$$

$$Z_{2.1}^{C/} = Z_{2.1 \min} + \frac{TA_{2.1} + TA_{/2.1} + TA_{1.1}}{2} = 0,386 + \frac{0,25 + 0,3 + 0,3}{2} = 0,811 \text{ мм.}$$

$$A_{1.1}^C = 161 + 0,811 + 0,386 = 162,19 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем  $A_{1.1} = 162,19 \pm 0,15 \text{ мм}$ . Размер не относится ни к отверстиям, ни к валам.

### 1.8. Выбор средств технологического оснащения

#### Фрезерно-отрезной станок.

##### Модель 8631

Наибольший размер срезаемого материала в мм;	
Круглого (диаметр)	110
Квадратного (сторона квадрата)	100
Диаметр пинольного диска в мм;	350

Пределы скорости резания в м/мин;	6,5-50
Пределы подачи пильного диска мм/мин;	12-600
Скорость подвода и отвода диска в м/мин;	3,0-3,5
Мощность главного электродвигателя в кВт;	3,5

#### Фрезерно-центровально-обточной станок.

##### Модель 2Г942.04

Пределы длины обрабатываемых деталей, мм:	100-500
Пределы диаметров устанавливаемых в тисках деталей, мм	20-160
Диаметры применяемых центровочных сверл, мм	
стандартных типа А и R	3,15-10
стандартных типа В	2-8
Специальных	до 12
Наибольший диаметр сверления, мм	16
Наибольший диаметр фрезерования, мм	150
Наибольший диаметр устанавливаемой фрезы, мм:	160
наибольший диаметр подрезаемого торца (по стали 45, НВ 207), мм	55
Наибольший диаметр подрезаемой кольцевой поверхности (по стали 45, НВ 207), мм	100/80
Наибольший диаметр обточки шеек, мм	100
Наибольший диаметр растачиваемых отверстий, мм	100
Длина обточек шеек, мм	40
Количество шпинделей	4

Пределы частот вращения шпинделей:	
сверлильного	159...1588 об/мин
фрезерного	130...740 об/мин
Пределы бесступенчатых подач сверлильного шпинделя, мм/мин	20...2000
Ход пиноли сверлильного шпинделя, мм	100
Габарит полуавтоматов, мм:	
Длина	3970...5470
Ширина	1750
Высота	2000
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	36,28
Максимальная мощность, кВт:	
Фрезерной бабки	11
Сверлильной бабки	4

**Токарно-винторезный станок с ЧПУ****Модель 160НТ**

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	200
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм	50
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	120
Шаг нарезаемой метрической резьбы	До 20
Частота вращения шпинделя, об/мин	5 – 6000
Число скоростей шпинделя	22
Подача суппорта, мм/мин:	1-15000
Число ступеней подач	Бесступенчатое регулирование
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин:	

**Горизонтально-фрезерный станок****Модель 6Р80**

Размер рабочей поверхности стола	200×800
Наибольшее перемещение стола:	
Продольное	500
Поперечное	160
Вертикальное	300
Расстояние от оси шпинделя до поверхности стола	20 – 320
Наибольший угол поворота стола, °	±45
Внутренний конус шпинделя по ГОСТ 15945–82	40
Число скоростей шпинделя	12
Частота вращения шпинделя, об/мин	50 – 2240
Число рабочих подач стола	12
Подача стола, мм/мин:	
Продольная	25 – 1120
Поперечная	25 – 1120
Вертикальная	12,5 – 560
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3,5
Габаритные размеры:	
Длина	1525

Ширина	1875
Высота	1515
Масса, кг	1290

**Круглошлифовальный станок [9, стр. 236]**

**Модель 3A12**

Станок предназначен для шлифования наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей.

Наибольший диаметр устанавливаемого изделия в мм	200
Наименьший и наибольший рекомендуемый диаметр наружного шлифования в мм	8—180
Расстояние между центрами в мм	500
Пределы диаметров шлифуемых отверстий в мм	25—50
Длина обрабатываемого отверстия в мм	75
Высота центров над столом в мм	120
Наибольшее перемещение стола в мм:	
от руки	550
Автоматическое	500
Наибольший угол поворота стола в градусах	6(-7)
Наименьший автоматический ход стола в мм	3
Пределы подачи стола в м/мин	0,1—6
Угол поворота салазок шлифовальной бабки в градусах	±60
Наибольший диаметр шлифовального круга в мм	300
Число оборотов шпинделя шлифовальной бабки в минуту:	
при наружном шлифовании	2500
при внутреннем шлифовании	17200

Наибольшее поперечное перемещение шлифовальной бабки в мм	170
Величина быстрого подвода шлифовальной бабки в мм	25
Наибольший угол поворота шлифовальной бабки в градусах	±90
Угол поворота передней бабки в градусах	±30 (—90)
Пределы подач шлифовального круга на один ход стола в мм	0,002—0,038
Пределы чисел оборотов шпинделя передней бабки в Минуту	100—1000
Мощность главного электродвигателя в квт	2,8
Суммарная мощность электродвигателей в квт	6,3
Габариты станка (длина X ширина X высота) в мм	2000X X1500X 1400
Вес станка в кг	2600

### 1.9.Расчёт режимов резания

**Отрезная операция: отрезка заготовки Ø52 мм.**

Характеристика режущего инструмента: [10, с.290]-P6M5

Инструмент: отрезная фреза  $D_\phi = 40\text{мм}$ ,  $z = 48$ , [10,с.183]:

1.Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 5\text{мм.}$$

$$B = 3\text{мм.}$$

2.Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [10, с.284]:

$$S_z = 0,07 \text{ мм/зуб.}$$

3.Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (7)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [10, с.290]:

$$T = 60 \text{ мин.}$$

Значение коэффициентов:

$$C_v = 200; q = 0,25; x = 0,3; m = 0,2; y = 0,2; u = 0,2;$$

$p = 0,1$  – определены по таблице 39 [10, с.290].

Коэффициент  $K_v$  определяется по формуле (8):

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \quad (8):$$

$$K_{MV} = 1,1; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (7):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{200 \cdot 40^{0,25}}{60^{0,2} \cdot 5^{0,3} \cdot 0,07^{0,2} \cdot 3^{0,2} \cdot 48^{0,1}} = 129,96 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 129,96}{3,14 \cdot 52} = 795,9 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 750 \text{ об/мин.}$$

5.Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 750}{1000} = 122,46 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

6.Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{ст}} = 0,07 \cdot 48 \cdot 750 = 2520 \frac{\text{мм}}{\text{мин.}}$$

$$S_{\text{мст}} = 2500 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{z\phi} = \frac{S_{\text{мст}}}{Z \cdot n_{\text{ст}}} = \frac{2500}{48 \cdot 750} = 0,069 \frac{\text{мм}}{\text{зуб.}}$$

7.Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}} \quad (9)$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 261$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1,1$ ;

$w = 0,1$  – определены по таблице 41 [10, с.291].

По табл. 9 [10, с.264]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,94$$

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 261 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,07^{0,8} \cdot 3^{1,1} \cdot 48}{40^{1,1} \cdot 750^{0,1}} \cdot 0,94 = 1647 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1647 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 330 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1647 \cdot 122,46}{1020 \cdot 60} = 3,29 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 3,5 кВт, она достаточна для выполнения операции.

**Фрезерная операция: подрезка торца  $Z_{2,1} \text{ } \varnothing 52 \text{ мм.}$**

Характеристика режущего инструмента:

Инструмент: торцевая фреза  $D_\phi = 63 \text{ мм, } z = 14, L = 40 \text{ мм.}$  [10, с.187]:

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 0,38 \text{ мм.}$$

$$B = 52 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [10, с.283]:

$$S_z = 0,14 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [10, с.290]:

$$T = 180 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов:  $C_v = 64,7$ ;  $q = 0,25$ ;  $x = 0,1$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,4$ ;  $u = 0,15$ ;

$p = 0$  – определены по таблице 39 [10, с.288].

Коэффициент  $K_v$  определяется по формуле (8):

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}$$

$$K_{Mv} = 1,1; K_{Пv} = 0,9; K_{Иv} = 1,0.$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (7.1):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{64,7 \cdot 63^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 0,38^{0,1} \cdot 0,14^{0,4} \cdot 52^{0,15} \cdot 14^0} \cdot 0,99 = 87,64 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 87,64}{3,14 \cdot 52} = 536,7 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{ст} = 500 \text{ об/мин.}$$

5.Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 500}{1000} = 81,64 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{ст} = 0,14 \cdot 14 \cdot 500 = 980 \frac{\text{мм}}{\text{мин.}}$$

$$S_{Мст} = 1000 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{zф} = \frac{S_{Мст}}{Z \cdot n_{ст}} = \frac{1000}{14 \cdot 500} = 0,14 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$$

7.Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 218$ ;  $x = 0,92$ ;  $y = 0,78$ ;  $u = 1$ ;  $q = 1,15$ ;  $w = 0$  – определены по таблице 41 [10, с.291].

По табл. 9 [10, с.264]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,94$$

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 218 \cdot 0,38^{0,92} \cdot 0,14^{0,78} \cdot 52^1 \cdot 14}{63^{1,15} \cdot 250^0} \cdot 0,94 = 1095 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1095 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 345 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1095 \cdot 40,82}{1020 \cdot 60} = 0,73 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 36,28 кВт, она достаточна для выполнения операции.

**Фрезерная операция: подрезка торца  $Z'_{2.1}$  Ø52 мм.**

Характеристика режущего инструмента:

Инструмент: торцевая фреза  $D_\phi = 63$  мм,  $z = 14$ ,  $L = 40$  мм.

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 0,81 \text{ мм.}$$

$$B = 52 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [10, с.283]:

$$S_z = 0,14 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [4, с.290]:

$$T = 180 \text{ мин}$$

Значения коэффициентов:  $C_v = 64,7$ ;  $q = 0,25$ ;  $x = 0,1$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,4$ ;  $u = 0,15$ ;

$p = 0$  – определены по таблице 39 [10, с.288].

Коэффициент  $K_v$  определяется по формуле (8):

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}$$

$$K_{Mv} = 1,1; K_{Пv} = 0,9; K_{Иv} = 1,0.$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (14):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{64,7 \cdot 63^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 0,81^{0,1} \cdot 0,14^{0,4} \cdot 52^{0,15} \cdot 14^0} \cdot 0,99 = 109,16 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 109,16}{3,14 \cdot 52} = 668 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 500}{1000} = 81,64 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{сн}} = 0,14 \cdot 14 \cdot 500 = 980 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$S_{\text{Мст}} = 1000 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{z\phi} = \frac{S_{\text{Мст}}}{Z \cdot n_{\text{сн}}} = \frac{1000}{14 \cdot 500} = 0,14 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 218$ ;  $x = 0,92$ ;  $y = 0,78$ ;  $u = 1$ ;  $q = 1,15$ ;  $w = 0$  – определены по таблице 41 [10, с.291].

По табл. 9 [10, с.264]:

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,94$$

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} = \frac{10 \cdot 218 \cdot 0,81^{0,92} \cdot 0,14^{0,78} \cdot 52^1 \cdot 14}{63^{1,15} \cdot 250^0} \cdot 0,94 = 2190 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2190 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 689,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2190 \cdot 40,82}{1020 \cdot 60} = 1,46 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 36,28 кВт, она достаточна для выполнения операции.

**Сверлильная операция: центровые отверстия Ø5 мм.**

Материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

1. Глубина резания  $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 5 = 2,5$  мм.

2. Подача по таблице 25 [10, с.277]:  $S=0,07$  мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 30 [10, с.279]:

$T=15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V= 7,0$ ;  $q= 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,7$ - определены по таблице 258 [4, с.278].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV},$$

где  $K_{IV}$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{n_V} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{1,45} = 1,31.$$

Значение коэффициента  $K_{\Gamma}$  и показатель степени  $n_V$  для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [10, с.262]:  $K_{\Gamma} = 0,95$ ,  $n_V = 1,45$ .

По таблице 6 [10, с.263]  $K_{IIV} = 1,0$ .

По табл. 31 [10, с.280]:  $K_{IV} = 1$ .

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 1,31 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,31.$$

Скорость резания, формула (16):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{7,0 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,31 = 53,6 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 53,6}{3,14 \cdot 5} = 3414 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1500 \text{ об/мин.}$$

5.Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1500}{1000} = 23,55 \text{ м/мин.}$$

6.Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов:  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  – определены по таблице 32 [10, с. 281].

Коэффициент  $K_p = K_{MP} = 0,85$

Крутящий момент, формула (18):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,85 = 1,16 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

7.Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (10)$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 68$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$  – определены по таблице 32 [10, с.281].

Осевая сила по формуле (10):

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,85 = 576,6 \text{ Н.}$$

8.Мощность резания:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ф}}}{9750} = \frac{1,16 \cdot 1500}{9750} = 0,17 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 36,28 кВт, она достаточна для выполнения операции.

**Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø48 мм (черновая)**

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = Z^C = 1,92$  мм. (в 2 прохода)
2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:  
 $s = 0,9$  мм/об
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 340$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по таблице 17 [10, с.269].

Коэффициент  $K_V$  :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [10, с.261]:

$$K_{MV} = K_G \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$$

Значение коэффициента  $K_G$  и показатель степени  $n_V$  для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [10, с.262]:

$$K_G = 0,95, \quad n_V = 1,0 ;$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$K_{MV} = K_T \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{n_V} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,18.$$

$$K_{MV} = 1,1; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{15^{0,2} \cdot 1,92^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,99 = 189,47 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 189,47}{3,14 \cdot 48} = 1257 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 1250}{1000} = 188,4 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K \quad (11)$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 300$ ;  $n = -0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  – определены по таблице 22 [10, с.273].

Глубина резания в формуле:  $t = Z_{\text{max}} = 1,16 \text{ мм}$  (в два прохода).

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\Phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{MP} = 0,85$ ;  $K_{\Phi P} = 0,89$ ;  $K_{\gamma P} = 1,0$ ;  $K_{\lambda P} = 1,0$ ;  $K_{rP} = 0,93$ .

$K_P = K_{MP} \cdot K_{\Phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7$ .

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,16^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 188,4^{-0,15} \cdot 0,7 = 10214 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{10214 \cdot 188,4}{1020 \cdot 60} = 3,14 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,14}{0,75} = 4,18 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант  $\eta = 0,75$ .

Проверка по мощности:

$$4,18 < 18,5$$

где  $N_{ст}$  – мощность электродвигателя главного привода станка.

### **Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø44,7 мм (черновая)**

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = Z^C = 1,195$  мм.

2. Подача по таблице 11 [10, с. 266] для данной глубины резания:  $s = 0,9$  мм/об

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 340$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по таблице 17 [10, с.269].

Коэффициент  $K_V$  :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента. По табл. 1, 5, 6 [10, с.261]:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$$

Значение коэффициента  $K_r$  и показатель степени  $n_V$  для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [10, с.262]:

$$K_r = 0,95, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^{n_V} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1,18.$$

$$K_{MV} = 1,11; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{15^{0,2} \cdot 1,195^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,99 = 204,33 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 204,33}{3,14 \cdot 44,7} = 1455,77 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44,7 \cdot 1250}{1000} = 175,44 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 300$ ;  $n = -0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  – определены по таблице 22 [10, с.273].

Глубина резания в формуле:  $t = Z_{\max} = 1,34$  мм

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,94$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{\tau P} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,34^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 175,44^{0,15} \cdot 0,7 = 1192,5 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1192,5 \cdot 175,44}{1020 \cdot 60} = 3,41 \text{ кВт}.$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,41}{0,75} = 4,54 \text{ кВт}.$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант  $\eta = 0,75$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{СТ}} \cdot \eta$$

$$4,54 < 18,5$$

где  $N_{\text{СТ}}$  – мощность электродвигателя главного привода станка.

### **Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø44 мм (черновая).**

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = Z^C = 1,64$  мм.

2. Подача по таблице 11 [10, с.266] для данной глубины резания:  
 $s = 0,9$  мм/об

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по таблице 17 [10, с.269].

Коэффициент  $K_V$  :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента. По табл. 1, 5, 6 [10, с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$$

Значение коэффициента  $K_r$  и показатель степени  $n_v$  для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [10, с.262]:

$$K_r = 0,95, n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^{n_v} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,18.$$

$$K_{MV} = 1,1; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{15^{0,2} \cdot 1,64^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,99 = 194,7 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 194,7}{3,14 \cdot 44} = 1409 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 1250}{1000} = 172,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 300$ ;  $n = -0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  – определены по таблице 22 [10, с.273].

Глубина резания в формуле:  $t = Z_{\max} = 1,79$  мм.

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V = 10 \cdot 300 \cdot 1,79^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 172,7^{-0,15} \cdot 0,7 = 1596 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1596 \cdot 172,7}{1020 \cdot 60} = 4,5 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,5}{0,75} = 6 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант  $\eta = 0,75$ .

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta$$

$$6 < 18,5$$

где  $N_{ст}$  – мощность электродвигателя главного привода станка.

**Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø35 мм (черновая)**

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = Z^C = 1,63$  мм. (за пять проходов)

2. Подача по таблице 11 [10, с.266] для данной глубины резания:  
 $s = 0,9$  мм/об

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$  – определены по таблице 17 [10, с.269].

Коэффициент  $K_V$  :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента. По табл. 1, 5, 6 [10, с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$$

Значение коэффициента  $K_{\Gamma}$  и показатель степени  $n_V$  для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [10, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 0,95, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^{n_V} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1,18.$$

$$K_{MV} = 1,1; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{15^{0,2} \cdot 1,63^{0,15} \cdot 0,9^{0,35}} \cdot 0,99 = 192,7 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 192,7}{3,14 \cdot 35} = 1753,4 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка :

$$n_{\text{ст}} = 1750 \text{ об/мин.}$$

5.Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1750}{1000} = 192,32 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

6.Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 300$ ;  $n = - 0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  – определены по таблице 22 [10, с.273].

Глубина резания в формуле:  $t = Z_{\text{max}} = 1,71$  мм.( за пять проходов )

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\text{фP}} \cdot K_{\text{γP}} \cdot K_{\text{λP}} \cdot K_{\text{тP}}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

Главная составляющая силы резания, формула (11):

7.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1501 \cdot 192,32}{1020 \cdot 60} = 4,7 \text{ кВт.}$$

8.Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,7}{0,75} = 6,26 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант  $\eta = 0,75$ .

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta$$
$$6,26 < 10$$

где  $N_{ст}$  – мощность электродвигателя главного привода станка.

**Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø35 мм (чистовая).**

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания:  $t = Z^C = 0,19$  мм.
2. Подача по таблице 11 [10, с.266] для данной глубины резания:  
 $s = 0,5$  мм/об
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 350$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$  – определены по таблице 17 [10, с.269].

Коэффициент  $K_V$  :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;  $K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1, 5, 6 [10, с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$$

Значение коэффициента  $K_{\Gamma}$  и показатель степени  $n_V$  для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [10, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 0,95, \quad n_V = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^{n_V} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1,18.$$

$$K_{MV} = 1,1; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{15^{0,2} \cdot 0,19^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,99 = 339,3 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 339,3}{3,14 \cdot 35} = 3087 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 3000 \text{ об/мин.}$$

5.Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 3000}{1000} = 329,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6.Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 300$ ;  $n = - 0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  – определены по таблице 22 [10, с.273].

Глубина резания в формуле:  $t = Z_{\max} = 0,27$  мм.

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{RP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [10, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{MP} = 0,85; K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{RP} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{RP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V = 10 \cdot 300 \cdot 0,27^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 329,7^{0,15} \cdot 0,7 = 140 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{140 \cdot 329,7}{1020 \cdot 60} = 0,75 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,75}{0,75} = 1 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем худший вариант  $\eta = 0,75$ .

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta$$

$$1 < 18,5$$

где  $N_{ст}$  – мощность электродвигателя главного привода станка.

**Фрезерная операция: фрезерование лысок.**

Характеристика режущего инструмента: (Т15К6)

Инструмент: дисковая фреза  $D_{ф}=63$  мм,  $z = 16$ ,  $d = 22$  мм.[10, с.181]

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 10 \text{ мм.}$$

$$B = 8 \text{ мм.}$$

$$B = 0,5 \cdot (D_{заг} - H_{дет}) = 0,5 \cdot (35 - 20) = 7,5 \text{ мм.}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [10, с.286]:

$$S_z = 0,14 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [10, с.290]:

$$T=120 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов:  $C_v = 740$ ;  $q = 0,2$ ;  $x = 0,4$ ;  $m = 0,35$ ;  $y = 0,4$ ;  $u = 0$ ;  $p = 0$  – определены по таблице 39 [10, с.287].

Коэффициент  $K_v$  определяется по формуле (8):

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}$$

$$K_{Mv} = 1,1; K_{Пv} = 0,9; K_{Иv} = 1,0.$$

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (14):

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{740 \cdot 63^{0,2}}{120^{0,35} \cdot 10^{0,4} \cdot 0,14^{0,4} \cdot 7,5^0 \cdot 16^0} = 238 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 238}{3,14 \cdot 35} = 2165 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 2000 \text{ об/мин.}$$

5.Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 2000}{1000} = 220 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6.Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{cn} = 0,14 \cdot 16 \cdot 2000 = 4480 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$S_{\text{Мст}} = 2200 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{z\text{фак}} = \frac{S_{\text{Мст}}}{Z \cdot n_{cn}} = \frac{4480}{16 \cdot 2000} = 0,14 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 261$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1,1$ ;

$w = 0,1$  – определены по таблице 41 [10, с.291].

По табл. 9 [10, с.264]:

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,94$$

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} = \frac{10 \cdot 261 \cdot 10^{0,9} \cdot 0,14^{0,8} \cdot 7,5^{1,1} \cdot 16}{63^{1,1} \cdot 2000^{0,1}} = 2957,9 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2957,9 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 932 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{932 \cdot 220}{1020 \cdot 60} = 3,35 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 3,5 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### **Шлифовальная операция: предварительное шлифование поверхности Ø44,7 мм**

Выбираем характеристику круга на основе монокорунда для чистового шлифования, т.к. он [15, стр. 339] обеспечивает стойкость в 1,5-

2 раза выше, чем круги из белого электрокорунда [15, стр.340] – ПП 200 x 100 x 51 25А 40 С1 8К ГОСТ 2424-83.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60},$$

где  $D_K$  - диаметр круга;  $n_K$  - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,16 \text{ м/с}$$

2. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [10, с. 301]:  $V_{\text{заг}} = 30 \text{ м/с}$ .

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 44,7} = 213,73 \text{ об/мин.}$$

Принимаем  $n_3 = 200 \text{ об/мин}$ , тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44,7 \cdot 200}{1000} = 28,07 \text{ м/с.}$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [10, с. 301]:  $t = 0,015$

4. Радиальную подачу выбираем по таблице 55 [10, с. 301]:  $s = 5 \text{ мм/об}$ .

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R \quad \text{где}$$

$K_M$  – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_R$  – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

$K_{VK}$  – коэффициент, учитывающий скорость круга;

$K_h$  – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

$K_{IT}$  – коэффициент, учитывающий точность обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_B = 5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,57 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162 [15, с.345]:

$$S_{2XT} = 0,031 \text{ мм.}$$

$$S_{2X} = S_{2XT} \cdot K_{S2X},$$

$$K_{S2X} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R$$

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

6. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (13)$$

где  $d$  – диаметр шлифования; значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени по таблице 56 [10, стр. 303].

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 2,65 \cdot 28,07^{0,5} \cdot 0,015^{0,5} \cdot 0,57^{0,55} = 1,2 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где  $N_{cm} = 2,8$  кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$  – КПД привода.

$$1,2 < 2,52$$

### **Шлифовальная операция: окончательное шлифование поверхности Ø44,7 мм**

Выбираем характеристику круга на основе монокорунда для чистового шлифования, т.к. он [15, стр. 339] обеспечивает стойкость в 1,5-

2 раза выше, чем круги из белого электрокорунда [15, стр.340] – ПП 200x100x51 25А 25 С1 5К ГОСТ 2424-83.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60},$$

где  $D_K$  - диаметр круга;  $n_K$  - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,16 \text{ м/с}$$

2. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [10, с. 301]:  $V_{\text{заг}} = 30$  м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 44,7} = 213,73 \text{ об/мин.}$$

Принимаем  $n_3 = 200$  об/мин, тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44,7 \cdot 200}{1000} = 28,07 \text{ м/с.}$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [10, с. 301]:  $t = 0,01$

4. Радиальную подачу выбираем по таблице 55 [10, с. 301]:  $s = 2,5$  мм/об.

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R \quad \text{где}$$

$K_M$  – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_R$  – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

$K_{VK}$  – коэффициент, учитывающий скорость круга;

$K_h$  – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

$K_{IT}$  – коэффициент, учитывающий точность обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_B = 2,5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,28 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице: 162 [15, с. 345]:  $S_{2XT} = 0,031$  мм.

$$S_{2X} = S_{2XT} \cdot K_{S2X},$$

$$K_{S2X} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R$$

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$K_{S_{xt}} = 0,031 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,0036 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

6. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z,$$

где  $d$  – диаметр шлифования; значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени по таблице 56 [10, стр. 303].

$$C_N = 1,3; r = 0,75; x = 0,85; y = 0,7.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 1,3 \cdot 28,07^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 0,28^{0,7} = 0,12 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где  $N_{cm} = 2,8$  кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$  – КПД привода.

$$0,12 < 2,52.$$

**Шлифовальная операция: предварительное шлифование поверхности Ø44 мм.**

Выбираем характеристику круга на основе монокорунда для чистового шлифования, т.к. он [15, стр. 339] обеспечивает стойкость в 1,5-2 раза выше, чем круги из белого электрокорунда [15, стр.340] – ПП 200 х 10 х 32 43А 40 С1 8К ГОСТ 2424-83.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60},$$

где  $D_K$  - диаметр круга;  $n_K$  - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,16 \text{ м/с}$$

3. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [10, с. 301]:  $V_{\text{заг}} = 30$  м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 44} = 217 \text{ об/мин.}$$

Принимаем  $n_3 = 200$  об/мин, тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 200}{1000} = 27,63 \text{ м/с.}$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [10, с. 301]:  $t = 0,015$

4. Продольную подачу выбираем по таблице 55 [10, с. 301]:  $s = 5$  мм/об.

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R \quad \text{где}$$

$K_M$  – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_R$  – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

$K_{VK}$  – коэффициент, учитывающий скорость круга;

$K_h$  – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

$K_{IT}$  – коэффициент, учитывающий точность обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_B = 5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,57 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162 [15, с.345]:

$$S_{2ХТ} = 0,031 \text{ мм}.$$

6. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z,$$

где  $d$  – диаметр шлифования; значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени по таблице 56 [10, стр. 303].

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 2,65 \cdot 27,63^{0,5} \cdot 0,015^{0,5} \cdot 0,57^{0,55} = 1,21 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где  $N_{cm} = 2,8$  кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$  – КПД привода.

$$1,21 < 2,52$$

### **Шлифовальная операция: окончательное шлифование поверхности Ø44 мм.**

Выбираем характеристику круга на основе монокорунда для чистового шлифования, т.к. он [15, стр. 339] обеспечивает стойкость в 1,5-2 раза выше, чем круги из белого электрокорунда [15, стр.340] – ПП 200x10x 32 43А 25 С1 5К ГОСТ 2424-83.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60},$$

где  $D_K$  - диаметр круга;  $n_K$  - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,16 \text{ м/с}$$

2. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [10, с. 301]:  $V_{зар} = 30$  м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 44} = 217 \text{ об/мин.}$$

Принимаем  $n_3 = 200$  об/мин, тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 200}{1000} = 27,63 \text{ м/с.}$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [10, с. 301]:  $t = 0,01$

4. Продольную подачу выбираем по таблице 55 [10, с. 301]:  $s = 2,5$  мм/об.

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R \quad \text{где}$$

$K_M$  – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_R$  – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

$K_{VK}$  – коэффициент, учитывающий скорость круга;

$K_h$  – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

– коэффициент, учитывающий точность обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0$$

$$S_B = 2,5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,28 \text{ мм/об.}$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162 [15, с. 345]:

$$S_{2ХТ} = 0,031 \text{ мм.}$$

6. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z,$$

где  $d$  – диаметр шлифования; значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени по таблице 56 [10, стр. 303].

$$C_N = 1,3; r = 0,75; x = 0,85; y = 0,7.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 1,3 \cdot 27,63^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 0,28^{0,7} = 0,12 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где  $N_{cm} = 2,8$  кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$  – КПД привода.

$$0,12 < 2,52$$

## Токарная операция с ЧПУ: нарезание резьбы М 48х1,5 - 6 g

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [10, с. 116] – Т15К6.

1. Подача:  $s = P = 1,5$  мм/об, где  $P$  – шаг резьбы.

2. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (14)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=15$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 244$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,23$ ;  $y = 0,3$  – определены по таблице 17 [10, с.269].

Коэффициент  $K_V$  определяем по формуле:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV},$$

где  $K_{CV}$  – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы.

По табл. 1, 5, 6 [10, с.261]:

$K_{MV} = 1,1$ ;  $K_{CV} = 0,9$ ;  $K_{IV} = 1,0$ .

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,99.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{244 \cdot 5^{0,23}}{15^{0,2} \cdot 1,5^{0,3}} \cdot 0,99 = 182,6 \text{ м/мин.}$$

5.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 182,6}{3,14 \cdot 48} = 1211,5 \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1250 \text{ об/мин.}$$

Принимаем  $n_{\text{ст}}$  для нарезания резьбы:

$$n_{\text{ст}} = 500 \text{ об/мин.}$$

6.Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 500}{1000} = 75,36 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле :

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} \cdot K_p \quad (15)$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 148$ ;  $n = 0,71$ ;  $y = 1,7$  – определены по таблице 51 [10, с.298].

Коэффициент  $K_p = K_{MP} = 0,85$ .

Главная составляющая силы резания, формула (15):

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1,5^{1,7}}{5^{0,71}} = 950 \text{Н.}$$

6. Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{950 \cdot 75,36}{1020 \cdot 60} = 1,16 \text{кВт.}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,16}{0,75} = 1,54 \text{кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

$$1,54 < 8,5$$

## 1.10. РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ

Основное время определяем по формуле:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \text{ мин}$$

где  $L$  – расчётная длина обработки, мм;

$i$  – число рабочих ходов;

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

$S$  – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{вр} + l_1 + l_2, \text{ мин},$$

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

$l_{вр}$  – величина врезания инструмента, мм;

$l_1$  – величина врезания инструмента, мм.

$l_2$  – величина перебега инструмента, мм;

Принимаем:  $l_1 = l_2 = 1$  мм.

Величина врезания инструмента:

$$L_{вр} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi},$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

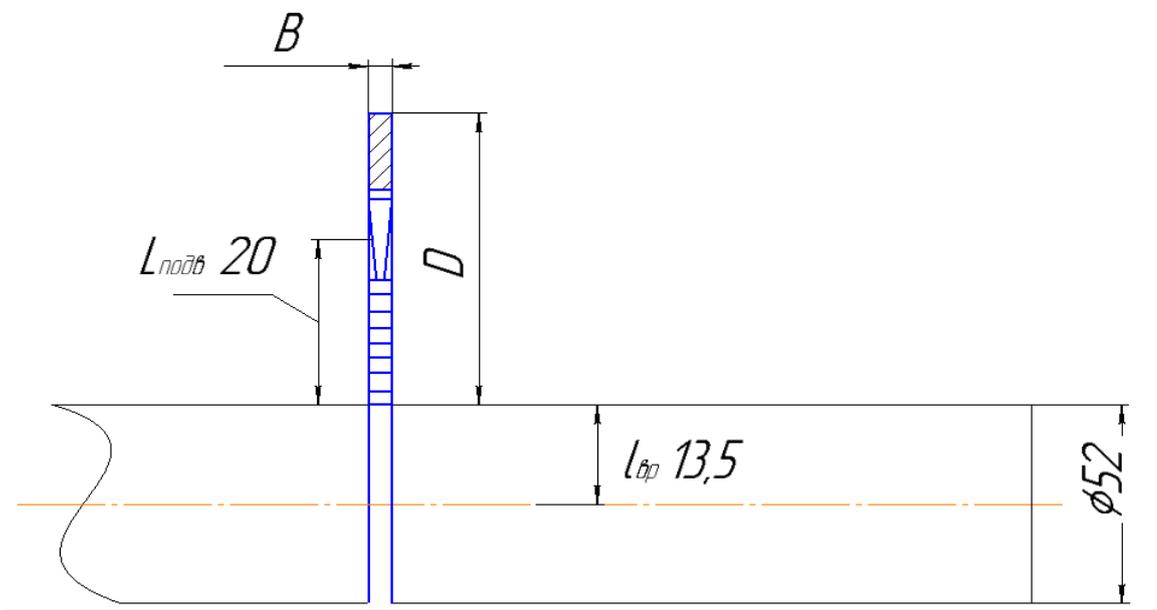
$\varphi$  – угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_1 + l_2) \cdot i}{S \cdot n}$$

**Фрезерно-отрезная операция:**

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(54 + 20 + 20 + 1) \cdot 1}{52,5} = 1,8 \text{ мин.}$$



### Фрезерно-центровальная операция :

переход 1 – фрезерование торца  $Z_{2.1}$  :

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(54 + 31,5 + 31,5 + 1) \cdot 1}{70} = 1,72 \text{ мин.}$$

Так как подрезка торца ведется одновременно, то время на подрезку второго торца  $Z_{2.1}$  равно времени подрезки первого.



### Сверлильная операция :

переход 1 – центрирование отверстий:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(11,15 + 2,5 + 0 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 1500} = 0,097 \text{ мин.}$$

$$l_{\text{вр}} = 0,5d_{\text{св}} = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ мм.}$$

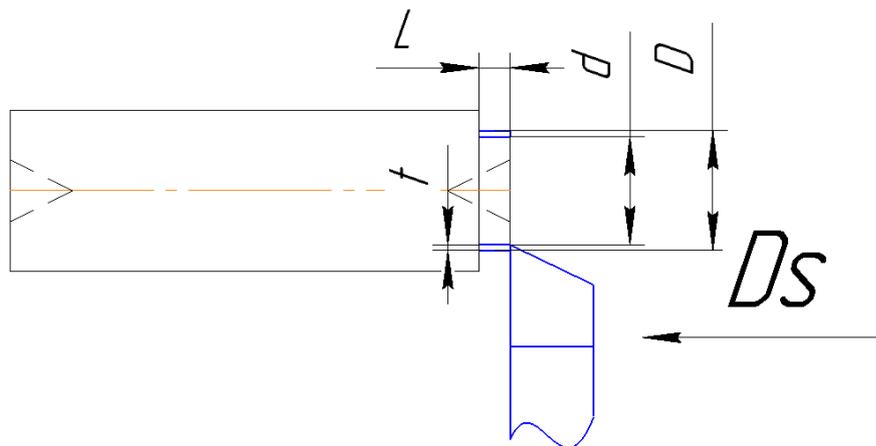
Так как сверление центровых отверстий ведется одновременно, то время на обработку выбираем одно.



**Токарная операция с ЧПУ:**

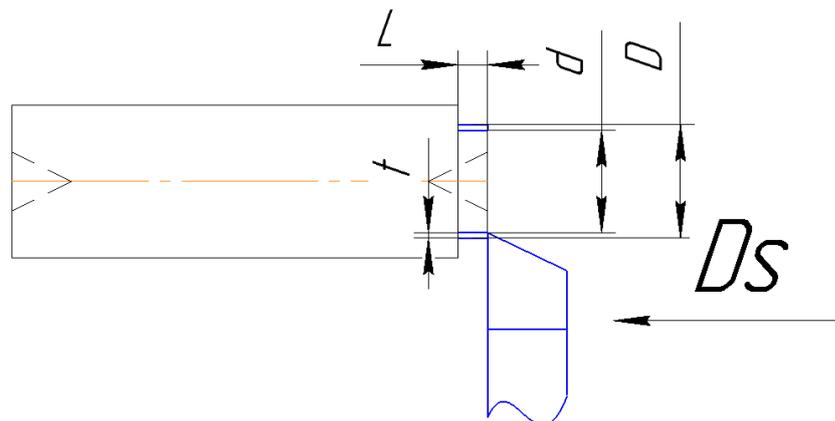
**переход 1 – точение шейки Ø35 мм: (черновая обработка)**

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 0 + 0 + 1) \cdot 5}{1575} = 0,034 \text{ мин.}$$



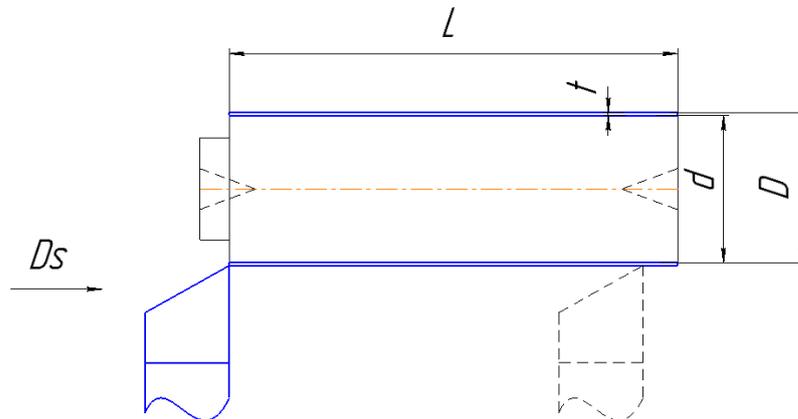
**переход 2 – точение шейки Ø35 мм: (чистовая обработка)**

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{1500} = 0,007 \text{ мин.}$$



**переход 3 – точение поверхности на проход:**

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(151 + 0 + 1 + 1) \cdot 2}{1125} = 0,27 \text{ мин.}$$



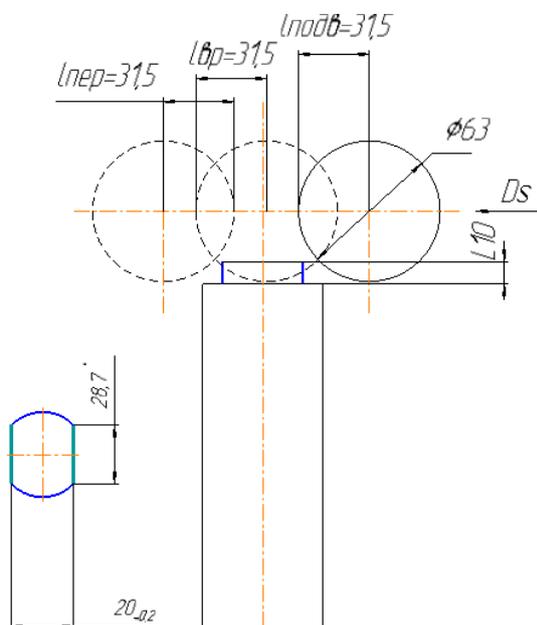
**Фрезерная операция :**

**переход 1 – фрезерование лысок: ( первая лыска)**

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(28,7 + 23 + 46 + 1) \cdot 1}{280} = 0,35 \text{ мин.}$$

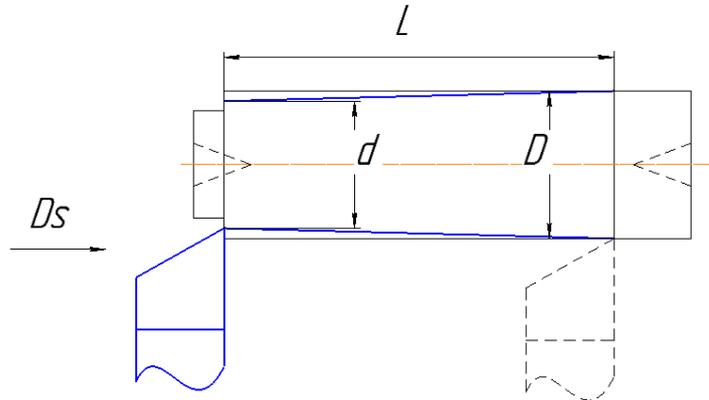
**переход 2 – фрезерование лысок:( вторая лыска)**

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m} = \frac{(28,7 + 31,5 + 31,5 + 31,5) \cdot 1}{280} = 0,44 \text{ мин.}$$



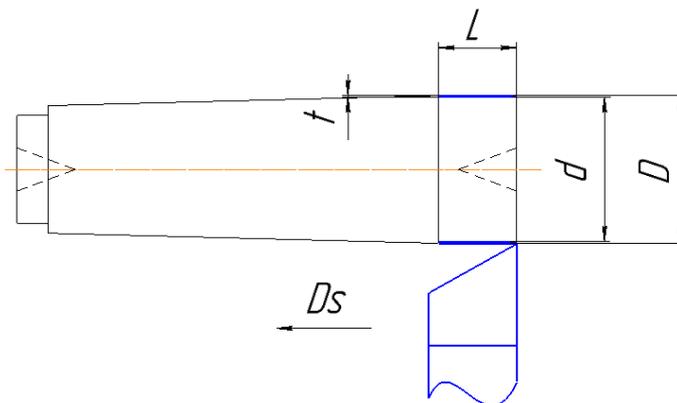
**переход 5 – точение конусной поверхности:**

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_{\text{м}}} = \frac{(126 + 0 + 1 + 1) \cdot 1}{1125} = 0,1 \text{ мин.}$$



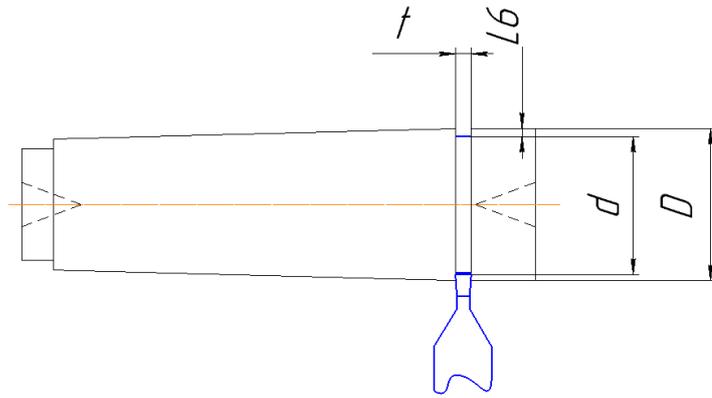
**переход 6 – точение поверхности Ø44 мм:**

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_{\text{м}}} = \frac{(8 + 0 + 1 + 1) \cdot 1}{1125} = 0,008 \text{ мин.}$$



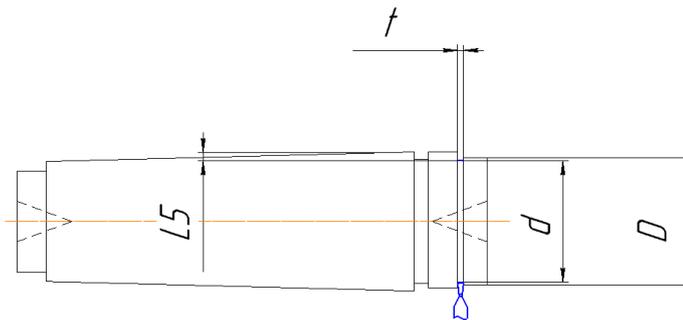
**переход 7 – точение канавки 1:**

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_{\text{м}}} = \frac{(6 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{1125} = 0,005 \text{ мин.}$$



**переход 8 – точение канавки 2:**

$$t_0 = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(5 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{1125} = 0,004 \text{ мин.}$$



**переход 9 – точение фасок:**

**для фаски 1:**

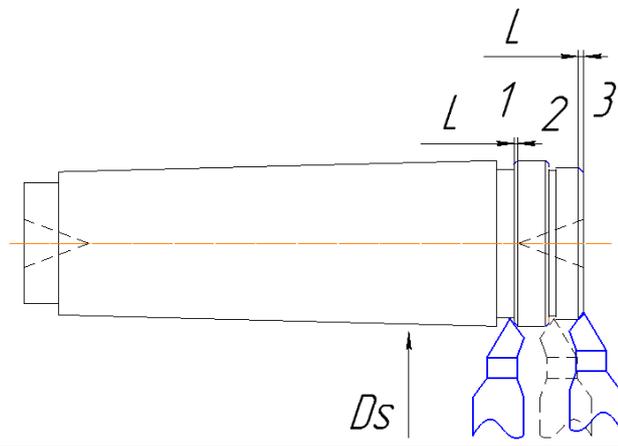
$$t_0 = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1 + 1 \cdot \text{tg}45^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{875} = 0,003 \text{ мин.}$$

**для фаски 2:**

$$t_0 = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1 + 1 \cdot \text{tg}45^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{875} = 0,003 \text{ мин.}$$

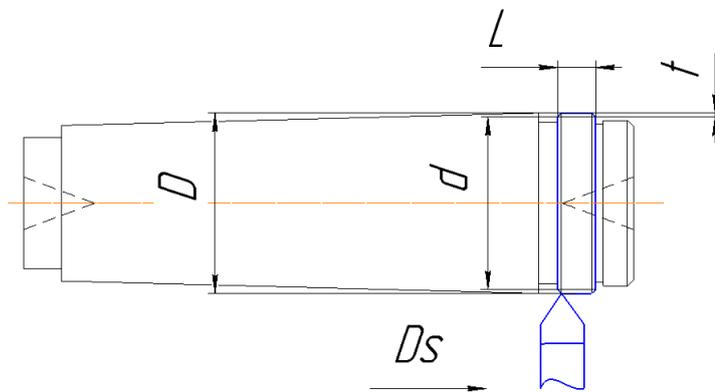
**для фаски 3:**

$$t_0 = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(1,5 + 1,5 \cdot \text{tg}45^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{875} = 0,004 \text{ мин.}$$



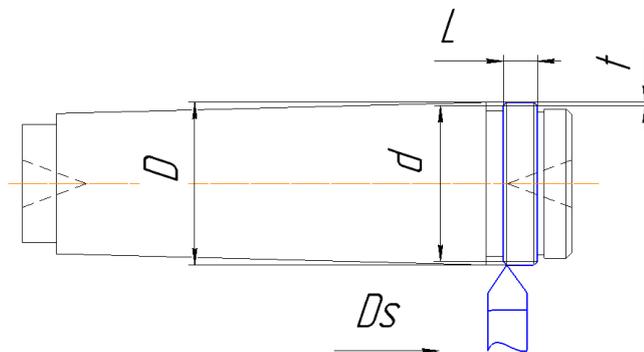
**переход 10 – нарезание резьбы: (черновой проход)**

$$t_0 = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 1,7 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ + 1 + 1) \cdot 4}{750} = 0,066 \text{ мин.}$$



**переход 11 – нарезание резьбы: (черновой проход)**

$$t_0 = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(10 + 1,7 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{750} = 0,016 \text{ мин.}$$



### Шлифовальная операция :

Основное время кругло шлифовальной операции определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_D} i \cdot K, \text{ мин.}$$

где  $z$  – припуск на сторону, мм;

$K$  – коэффициент учитывающий время выхаживания;

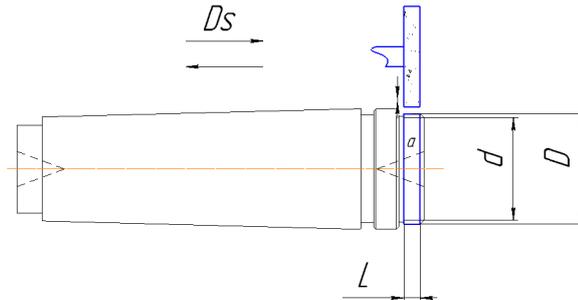
Принимают для чистового шлифования:  $K = 1,25 \dots 1,5$ ;

$n_D$  - частота вращения детали, об/мин;

**переход 1 – предварительно шлифовать шейку  $\varnothing 44$  мм:**

$$i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,5}{0,031} = 16;$$

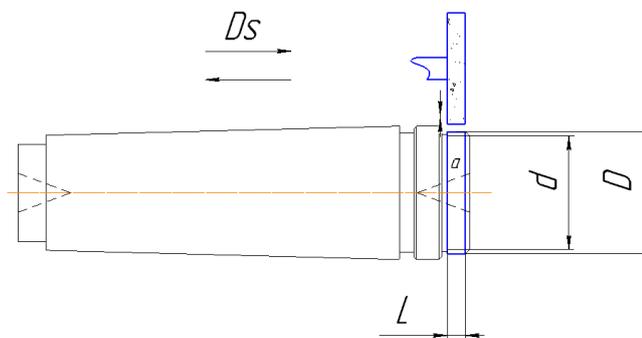
$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_D} \cdot i \cdot K = \frac{8 \cdot 16 \cdot 1,25}{0,57 \cdot 10 \cdot 200} = 0,14 \text{ мин.}$$



**переход 2 – окончательно шлифовать шейку  $\varnothing 44$  мм:**

$$i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,3}{0,031} = 10;$$

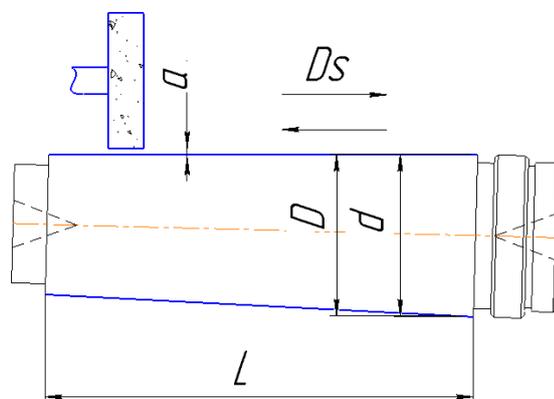
$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_D} \cdot i \cdot K = \frac{8 \cdot 10 \cdot 1,25}{0,28 \cdot 10 \cdot 200} = 0,17 \text{ мин.}$$



**переход 3 – предварительно шлифовать конус Ø44,7 мм:**

$$i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,5}{0,031} = 16;$$

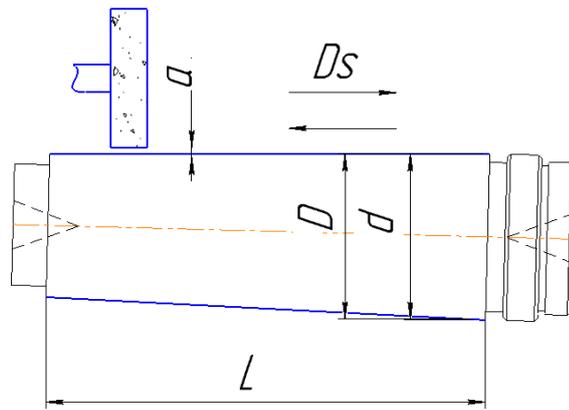
$$t_0 = \frac{L}{S_B \cdot B_k \cdot n_D} \cdot i \cdot K = \frac{121 \cdot 16 \cdot 1,25}{0,57 \cdot 100 \cdot 200} = 0,21 \text{ мин.}$$



**переход 4 -окончательно шлифовать конус Ø44,7 мм:**

$$i = \frac{a}{S_{2x}} = \frac{0,44}{0,031} = 15;$$

$$t_0 = \frac{L}{S_B \cdot B_k \cdot n_D} \cdot i \cdot K = \frac{121 \cdot 15 \cdot 1,25}{0,28 \cdot 100 \cdot 200} = 0,4 \text{ мин.}$$



## **2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ**

Целью конструкторской части является разработка приспособления для одной из операций механообработки.

Разрабатываем приспособление для фрезерной операции.

### **2.1. Описание работы приспособления.**

Приспособление применяется для закрепления детали с помощью пневматического привода.

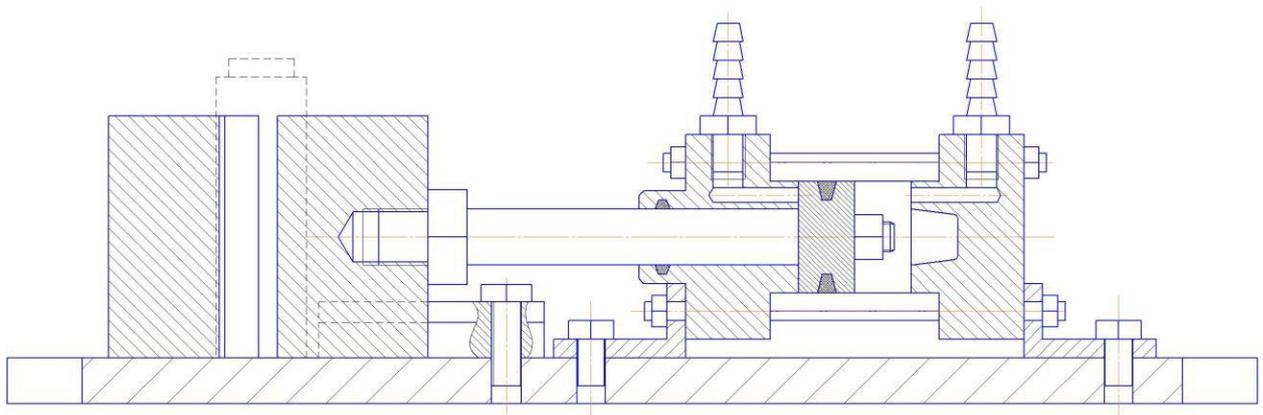


Рис.19 Специальное приспособление

Приспособление механизированное, обладает силовым узлом с пневматическим приводом. Используется для выработки исходной силы закрепления  $N$  и удержания заготовки без помощи рабочего. Приводятся в действие при подаче сжатого воздуха под постоянным давлением из пневмо системы.

## 2.2. Определение силы закрепления заготовки.

Необходимо, чтобы сила закрепления предотвращала какие либо перемещения детали, на протяжении всей операции.

В практических расчетах величину силы резания, найденную расчетным путем, несколько при увеличивают, по средствам умножения на коэффициент запаса закреплений  $k$ . Который находится по следующей формуле:

$$k = k_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \quad (2.1)$$

где:  $k_0$  – гарантированный коэффициент запаса (принимают  $k_0 = 1,5$ );  $k_1$  – коэффициент, который учитывает неравномерность припуска по обрабатываемой поверхности заготовки. (для черновой обработки  $k_1 = 1,2$ ; для чистовой обработки  $k_1 = 1$ );

$k_2$  – коэффициент, который учитывает силы резания, увеличивающейся, когда происходит затупление инструмента.

$k_3$  – коэффициент, который учитывает рост силы резания при обработке прерывистых поверхностей.

$k_4$  – коэффициент, который учитывает непостоянство силы зажима

$k_5$  – коэффициент, который учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку и сместить ее.

$$k=1,5 \times 1 \times 1,8 \times 1,2 \times 1 \times 1=3,2$$

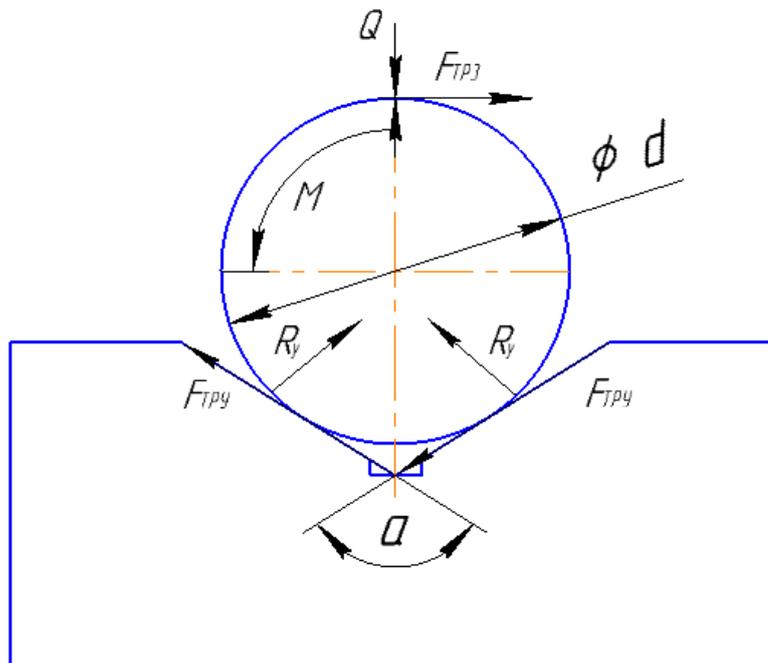


Рис- 20 расчетная схема по определению требуемой силы закрепления заготовки при её установке в призму:  $\alpha$  – угол призмы;  $Q$  – сила закрепления;

$M$  – момент сил резания, действующий на заготовку;

$R_y$  – реакция установочной поверхности призмы;

$R_z$  – реакция поверхности зажимного элемента;

$F_{тр.з}$  – сила трения по зажимному элементу;

$F_{тр.у}$  – сила трения по установочному элементу.

Заготовка контактирует наружной поверхностью с установочными поверхностями призмы с одной стороны, и с подвижной зажимной призмой с другой. Заготовка удерживается от поворота за счет сил трения, на торце заготовки сил трения нет.

Уравнение равновесия будет иметь следующий вид:

$$kM - 2F_{mp \cdot y_2} \frac{d}{2} - F_{mp \cdot z_2} \frac{d}{2} = 0$$

$$kM = 2f_y R_{y_2} \frac{d}{2} + f_z R_{z_2} \frac{d}{2} = 0$$

$$R_{y_2} = \frac{Q}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad R_{z_2} = Q$$

Из этого следует:

$$Q = \frac{kM}{f_y \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \frac{d}{2} + f_z \frac{d}{2}} = \frac{2kM}{d(f_y \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + f_z)} = \frac{2 \cdot 3.2 \cdot 5.5}{23.94(0.18 \frac{1}{0.8} + 0.3)} = 125H$$

$f_z$  - коэффициент трения по зажимному элементу.

$f_y$  - коэффициент трения по установочному элементу.

### 2.3. Выбор и расчет привода зажимного устройства

В качестве привода зажимного устройства применяем пневмоцилиндр двустороннего действия.

Пневматические приводы предназначены для обеспечения необходимых усилий и скоростей рабочих органов, экономичности, надежности и долговечности, безопасности и быстрой реакции при использовании сжатого воздуха с заданными параметрами и при заданных условиях эксплуатации.

Определяем усилия на штоке пневмоцилиндра:

Принимаем предварительно диаметр мембраны

50мм Для поршневых пневмоцилиндров

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot \eta \quad (2.11)$$

где Q – усилие на штоке;

D -диаметр цилиндра (мм);

p– давление сжатого воздуха, (МПа);

$\eta$ - коэффициент полезного действия цилиндра, ( $\eta = 0,85 \dots 0,9$ )

Усилие на штоке:

$$Q = \frac{3.14 \cdot 2500}{4} \cdot 0.4 \cdot 0.85 = 667 \text{ Н}$$

Усилие на штоке превышает потребное усилие зажима, условие выполняется.

$$W_{\text{расч}} > W_{\text{потреб}}$$

#### 2.4. Расчет приспособления на точность

Определяем необходимую точность приспособления для обеспечения следующих требований и размеров:

допуск не более 0,28 мм ;

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки  $\varepsilon_0$ , которая не должна превышать допуск  $\delta$ , выполняемого размера при обработке заготовки, т.е.

$$\varepsilon_0 \leq \delta$$

Определим необходимую точность приспособления, исходя из формулы, изложенной в [4, с. 151]:

$$\varepsilon_{\text{пр} \leq \delta} = k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2}$$

где:

$\delta = 0,36 \text{ мм}$  – допуск выполняемого размера.

$k_T = 1,2$  – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения, величин от закона нормального распределения.

$k_{T1} = 0,8$  – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках,

$k_{T2} = 0,6$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления,

$\varepsilon_\delta = 0$  погрешность базирования заготовки в приспособлении,

$\varepsilon_z=0,07\text{мм}$  – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима, (2, с. 81);

$\varepsilon_y=0\text{ мм}$  - погрешность установки приспособления на станке,

$\varepsilon_n=0,01\text{ мм}$  – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа установочных элементов приспособления,

$\varepsilon_u=0,005\text{мм}$  – погрешность от перекоса (смещения) инструмента;

$\omega=0,11$  – экономическая точность обработки,

$\varepsilon_{пр} \leq 28-1,2$

$$\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,07^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + (0,5 + 0,11)^2} = 0,075\text{мм}$$

Расчет точности показывает, что данное приспособление обеспечивает заданную точность при обработке заготовки.

## ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Л52	Исмаев Достон Мусурманкул угли

<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»:**

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НТИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет научно-технического исследования (НТИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>
<i>2. 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. Оценка коммерческого потенциала	Потенциальные потребители результатов исследования
2. Расчет себестоимости проектируемого проекта	Расчет затрат на техническое исследование: - Определение трудоемкости выполнения работ - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная) - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы - Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта
3. Анализ потенциальных рисков	

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

1. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности
---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Креницына З.В.	К.т.н.		16.03.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Л52	Исмаев Достон Мусурманкул угли		16.03.2020

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

Актуальность проведения экономического анализа по оценке деловой привлекательности научной разработки обусловлена тем, что в настоящее время проведение данного анализа позволяет вовремя устранить коммерчески малоэффективные варианты, следовательно, значительно повысить вероятность коммерциализации научной разработки.

Целью данного раздела является разработка технологического процесса изготовления детали «Оправки» отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения; перспективности и успешности научно-исследовательского проекта.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов исследования;
- проанализировать конкурентные технические решения;
- структурировать работу в рамках научного исследования;
- определить трудоемкость выполненной работы и разработать график проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет научно-технического исследования.

### **3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для определения покупателей исследования настоящей разработки, следует анализировать рынок и сопроводить его сегментацию потребителей, при этом становится понятно, что в настоящее время предприятий нет. Компания, которая её изготавливает и использует - НГМК "НМЗ".

#### **3.1.2 Анализ по технологии QuaD**

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

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- 1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки.
- 2) Показатели оценки качества разработки.

В нашем случае при работе с технологией QuaD мы воспользуемся показателями оценки качества разработки.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая

позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i$$

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

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

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

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

**Таблица - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.**

Критерии оценки	Вес критерия		Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Время труда рабочего	0,10	85	100	0,85	0,085
2. Вид получения заготовки	0,20	90	100	0,90	0,18
3. Время изготовления детали "Оправки"	0,10	75	100	0,75	0,075
4. Качества изготовления детали "Оправки"	0,15	80	100	0,80	0,12
5. Уровень квалификации рабочего	0,10	75	100	0,75	0,075

6. Сокращения количества операций в технологическом процессе	0,05	70	100	0,70	0,035
7. Гибкость технологического процесса изготовления детали "Оправки"	0,10	85	100	0,85	0,085
8. Уровень сложности изготовления детали "Оправки"	0,05	80	100	0,80	0,04
9. Уровень автоматизации	0,05	60	100	0,60	0,03
10. Цена изделия	0,10	90	100	0,90	0,09
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>				<b>0,815</b>

Значение  $P_{cp} = 81,5$  показывает, что перспективность технологического процесса изготовления детали «Оправка» на рынке является перспективной.

### 3.2 Комплексный анализ научно-исследовательского проекта по разработке технологического процесса изготовления детали «ОПРАВКА» по средством SWOT-анализа

Таблица – SWOT- анализ

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Высокая скорость фрезерования;</p> <p>С2. Высокая точность обработанной поверхности;</p> <p>С3. Повышение производительности труда пользователя;</p> <p>С4. Простота и удобство в эксплуатации.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Возможное появление чрезвычайных ситуаций;</p> <p>Сл2. Притупляются режущие кромки.</p> <p>Сл3. Интенсивный нагрев в зоне резания</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование сотрудниками НГМК «НМЗ»;</p> <p>В2. Уменьшение времени обработки изделий;</p> <p>В3. Рост числа изделий, изготовленных с помощью оправки;</p> <p>В4. Обеспечение безопасной дальнейшей эксплуатации.</p>	<p>В1С3. Использование базы НГМК «НМЗ» повысит производительность;</p> <p>В2С2С3. Уменьшение времени обработки изделий повысит производительность труда пользователя и точность обработанной поверхности;</p> <p>В4С1. Защитные двери со смотровым окном позволяют следить</p>	<p>В4Сл1. Обеспечение безопасности при эксплуатации снижает риск появления чрезвычайных ситуаций;</p> <p>В3Сл2. Своевременная замена инструмента, или его переточка.</p> <p>В4Сл3. В зону резания под давлением подается смазывающая-охлаждающая жидкость</p>

	оператору за процессом обработки детали;	
	В3С1С2. Увеличение числа изделий за счет использования всех функциональных возможностей и технических характеристик фрезы.	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Повышение цен на материалы;</p> <p>У2. Ужесточение требований пользователей.</p>	<p>У2С1С2С4.</p> <p>Расширение функциональных возможностей; У1С3. Производительность труда будет компенсировать повышение цен.</p> <p>У2С4. Возможность перенастройки под соответствующие требования.</p>	У2Сл1. Усиление защиты от возникновения ЧС.

Вывод: Благодаря SWOT матрице мы можем обозначить основные стратегические направления по улучшению проекта в ближайшем будущем:

- улучшение проекта на предприятии в целях увеличения качества изделий;

- обеспечение стабильной работы и защита от непреднамеренных поломок со стороны пользователя;
- повышение уровня безопасности при работе с данным проектом и обязательное соблюдение необходимых требований по безопасности;
- анализ стоимости используемых компонентов и поиск аналогов на рынке в целях снижения себестоимости продукта.
- расширение области использования проекта и обеспечение возможности модернизации;

### **3.3. Планирование научно-исследовательской работы**

Важное значение для рациональной организации научно-исследовательской работы имеет ее планирование. Планирование научно-исследовательской работы заключается в определении структуры работы, ее трудоемкости, а также в формировании бюджета затрат.

### **3.4. Структура работ в рамках научного исследования**

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

Таблица - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Студент
	2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Научный руководитель, студент
	3	Составление календарного плана графика выполнения бакалаврской работы	Научный руководитель
	4	Подбор и изучение литературы по технологическому проектированию	Студент
Основной этап	5	Выполнение технологической части работы	Студент
	6	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	Научный руководитель, студент
	7	Выполнение конструкторской части работы	Студент
	8	Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	Научный руководитель, студент
Заключительный этап	9	Выполнение других частей работы	Студент
	10	Подведение итогов, оформление работы	Студент

### 3.5. Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

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

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

$$t_{ож1} = \frac{3*1 + 2*2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн.}$$

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

$$t_{ож2} = \frac{3*2 + 2*3}{5} = 2,4чел. - дн.$$

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

$$t_{ож3} = \frac{3*1 + 2*2}{5} = 1,4чел. - дн.$$

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

$$t_{ож4} = \frac{3*8 + 2*10}{5} = 8,8чел. - дн.$$

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

$$t_{ож5} = \frac{3*20 + 2*25}{5} = 22чел. - дн.$$

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

$$t_{ож6} = \frac{3*2 + 2*3}{5} = 2,4чел. - дн.$$

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

$$t_{ож7} = \frac{3*20 + 2*25}{5} = 22чел. - дн.$$

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

$$t_{ож8} = \frac{3*2 + 2*3}{5} = 2,4чел. - дн.$$

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

$$t_{ож9} = \frac{3*5 + 2*10}{5} = 7чел. - дн.$$

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

$$t_{ож10} = \frac{3*2 + 2*3}{5} = 2,4чел. - дн.$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определена продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

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

### 3.6 Разработка графика проведения научного исследования

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

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

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

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

Коэффициент календарности в 2017 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22$$

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу

Таблица - Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоёмкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{\text{рi}}$	Длительность работ в календарных днях $T_{\text{кi}}$
	$t_{\text{min}}$ чел- дни	$t_{\text{max}}$ чел- дни	$t_{\text{ожi}}$ чел дни			
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	1	2	1,4	Студент	1.4	2
Составление и утверждение темы бакалаврской работы	2	3	1,2	Научный руководитель, студент	1.2	2
Составление календарного плана графика выполнения бакалаврской работы	1	2	1.4	Научный руководитель	1.4	2
Подбор и изучение литературы по технологическому проектированию	8	10	8.8	Студент	8.8	13
Выполнение технологической части работы	20	25	22	Студент	22	33

Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	2	3	1.2	Научный руководитель, студент	1.2	2
Выполнение конструкторской части работы	20	25	22	Студент	2.2	33
Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	2	3	1.2	Научный руководитель, студент	1.2	2
Выполнение других частей работы	5	10	7	Студент	7	10
Подведение итогов, оформление работы	2	3	2.4	Студент	2.4	4

### 3.7. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ учтены следующие виды расходов:  
материальные затраты НТИ;

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

#### 3.7.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат произведен по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расх\ i} ,$$

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

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для разработки технологического процесса изготовления детали «Оправка», представлены в таблице. Таблица. Материальные затраты, необходимые для разработки технологического процесса изготовления детали «Оправка»

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Ручка	шт.	3	30,0	90,0
Карандаш	шт.	4	10,0	40,0
Ластик	шт.	3	10,0	30,0
Бумага офисная	л.	500	0,3	150,0
USB-накопитель	шт	1	340,0	340,0
Бумага ватман Формата А1	л	6	25,0	150,0
Ежедневник	шт	1	200,0	200,0
<b>ИТОГО:</b>				<b>1000</b>

Материальные затраты на выполнение научно-технического исследования составили 1000 рублей.

### 3.7.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научного руководителя и студента. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

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

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

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн}$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

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

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot M}{F_{д}}$$

где  $З_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p,$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{TC}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от  $Z_{TC}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (город

Томск). Месячный должностной оклад

руководителя темы, руб.:  $Z_M = 19500 \cdot (1 + 0,3 + 0,3)$

$\cdot 1,3 = 40560$

Месячный должностной оклад студента, руб.:

$$Z_M = 17000 \cdot (1 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,3 = 26520$$

Таблица – Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	44	48
- выходные	14	14
- из них праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	28
Невыходы по болезни	10	15
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	260

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{40560 \cdot 10,4}{249} = 1694$$

Месячный должностной оклад студента , руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{26520 \cdot 11,2}{260} = 1142,4$$

Основная заработная плата руководителя темы составила:

$$З_{\text{осн}} = 1694 \cdot 8 = 13552$$

Основная заработная плата студента составила:

$$З_{\text{осн}} = 1142,4 \cdot 101 = 115382,4$$

Таблица - Расчет основной заработной плат.

Исполнители	З <sub>осн</sub> , тыс. руб.	к <sub>пр</sub>	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , тыс. руб.	З <sub>дн</sub> , тыс. руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , тыс. руб.
Руководитель	35,120	0,3	0,3	1,3	40560	1694	8	13552
Бакалавр	17,0	0,2	0,2	1,3	26520	1142,4	101	115382,4
<b>ИТОГО З<sub>осн</sub></b>								<b>128934,4</b>

### 3.7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Следовательно, дополнительная заработная плата научного руководителя будет равной:  $Z_{доп} = 0,12 \cdot 13552 = 1626,24$

Дополнительная заработная плата студента составила:

$$Z_{доп} = 0,12 \cdot 115382,4 = 13845$$

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

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{дон})$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2018 год установлен размер страховых взносов равный 30%. Таблица - Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель темы	13552	1626,24
Студент	115382,4	13845
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
<b>Итого</b>	<b>43322</b>	

### 3.7.5 Накладные расходы

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

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\Sigma \text{ статей}) \cdot k_{\text{нр}}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}} = 235993 \cdot 0,16 = 37759 \text{ рублей}$$

### 3.7.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

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

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

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат
Материальные затраты НТИ	1000	0,0036
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	128934,4	0,59
Затраты по дополнительной заработной плате исп. темы	15471,24	0,070

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	43322	0,198
Накладные расходы	37759	0,137
Бюджет затрат НИИ	226487	1

Бюджет затрат на выполнение научно-исследовательской работы составил 226487 рублей.

### **3.8 Определение эффективности исследования.**

В данном технологическом процессе в качестве исходной заготовки выбран прокат (Сталь 40Х ГОСТ 4543-71), что позволяет максимальную использовать и значительно сократит расход на сырье. При этом время изготовления заготовки очень короткое, так как оно получается с помощью одной операции отрезки. За счёт правильной постановки последовательности технологических операций добывается минимальное время изготовления детали. В целом значение  $P_{cp} = 81,5$  показывает, что перспективность технологического процесса изготовления детали «Оправка» на рынке является перспективным.

В рамках планирования научной работы была составлена структура работ, разработка графика этих работ и определение их трудоемкости. По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было во второй половине декады февраля. По графику видно, что некоторые виды работы выполняются 3 декады в одном месяце. Такие работы, как составление и утверждение темы работы, выбор объекта исследования и согласование работы, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы во второй половине третьей декады мая. Далее был определен бюджет исследования, который составил 226487 рублей.

### 3.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования. Интегральный финансовый показатель разработки определен как:

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

где – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для определения интегрального показателя финансовой эффективности использована оценка бюджета затрат вариантов исполнения технологического процесса изготовления детали «Оправка». Экспертная оценка бюджета затрат исполнения базового технологического процесса составляет 299000 руб.

Интегральный финансовый показатель составил:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{226487}{226487} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{299000}{226487} = 1,32$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает численное превышение бюджета затрат разработки в размах базового технологического процесса.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a$

$i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице.

Таблица Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Технологический процесс	Базовый технологический процесс
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	2
3. Безопасность	0,20	5	3
4. Энергосбережение	0,15	4	3

5.Надежность	0,25	4	4
6.Материалоемкость	0,15	4	4
Итого	1		

$$I_{p-исп1} = 4*0,1+4*0,15+5*0,20+4*0,15+4*0,25+4*0,15=4,2;$$

$$I_{p-исп2} = 3*0,1+2*0,15+3*0,15+3*0,2+4*0,25+4*0,15=2,71;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

( $I_{исп.i}$ ) определен на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по

формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}}$$

$$I_{исп1} \frac{4.2}{1} = 4.2 \quad I_{исп2} \frac{2.71}{1.1} = 2.5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта (таблица 25). Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

Таблица – сравнительная эффективность разработки

п/п	Показатели	Разработанный технологический процесс	Базовый технологический процесс
	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,32
	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	2,71
	Интегральный показатель эффективности	4,2	2,5
	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,68	1,54

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило выбрать более эффективный вариант исполнения научного исследования с позиции финансовой и ресурсной эффективности разработанный в рамках выпускной квалификационной работы технологический процесс изготовления детали «Оправка».

Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено, что разработанный технологический процесс изготовления детали «Оправка» экономичен, энергоэффективен, характеризуется низкой металлоемкостью, высокой производительностью труда, в связи с чем, считаю, данный научно-исследовательский проект конкурентоспособным.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Л52	Исмамову Достону Мусурманкулу угли

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

Тема ВКР:

Разработка технологического процесса изготовления оправки шлифовальной	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»</b>	
:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Объектом исследования является механический цех «Алмалыкский ЦРМЗ» по производству деталей типа оправки.
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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– СанПиН 2.2.4.548–96</li> <li>– СН 2.2.4/2.1.8.562–96</li> <li>– СП 52.13330.2016</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</li> <li>– ТОИ Р-45-084-01</li> <li>– Р 2.2.200605</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78</li> <li>– ГОСТ 12.0.003-2015</li> <li>– "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. отклонение микроклимата</li> <li>2. наличие вредных веществ</li> <li>3. повышенный уровень шума</li> <li>4. недостаточная освещенность</li> <li>5. повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> <li>6. движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования</li> </ul>
<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:

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоенко Елена Николаевна	к.т.н		16.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Исмамов Достон Мусурманкул угли		16.03.2020

## 4 Социальная ответственность

### Введение

В данной бакалаврской работе проводится разработка технологического процесса изготовления детали «Оправка». При выполнении задания основная часть работы проводилась в технологическом бюро на «Алмыканском ЦРМЗ» и цеху того же завода. Оправка является оснасткой для фрезерного станка и предназначаются для передачи вращающего момента шпинделя инструменту.

В этом разделе рассматриваются вредные и опасные факторы на стадии разработки, изготовления и эксплуатации, а также проводится анализ и оценка выше перечисленных пунктов, которые могут оказывать негативное и пагубное влияние на инженера-технолога и работников цеха. Даются рекомендации по обеспечению оптимальных рабочих условий труда и охране окружающей среды.

### 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).

#### 4.2 Производственная безопасность.

В цехе, где производится изготовление деталей находятся различные электроустановки, станки, а также используется СОЖ и различные смазывающие масла которые применяются при изготовлении детали «Оправка», 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	Эксплу тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Параметры микроклимата – СанПиН 2.2.4.548-96 [?]
2. Опасность и вредность воздействия газовых компонентов (включая пары), загрязняющих чистый природный воздух примесей		+	+	Уровень шума – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [?] Уровень освещенности – СП 52.13330.2016 [?] Условия работы за ПК – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [?]
3. Превышение уровня шума		+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда[?]
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	
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 детали.

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 на которых будет производиться изготовление детали «Оправка», 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.

#### 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.

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.

### 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 на «Алмыканском ЦРМЗ» по производству детали «Оправка»: а) двигатели приводов; б) зубчатые передачи; в) подшипники качения; г) неуравновешенные вращающиеся части станка; д) силы инерции, возникающие из-за движения деталей механизмов станка с переменными ускорениями; е) 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.

### 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.

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 во время разработки технологического процесса изготовления детали «Оправка» может 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 изготовление детали «Оправка», возможен захват элементов одежды вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжелая травма или смертельный исход.

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 детали «Оправка» 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: а) электрические перчатки; б) инструмент с изолированными рукоятками; в) 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: а) диэлектрические галоши; б) диэлектрические резиновые коврики; в) 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 напряжение корпуса относительно земли, если оно окажется выше некоторого предельно допустимого значения  $U_{к.доп}$ . Предназначено устранить поражения электрическим током при появлении на заземленном или зануленном корпусе повышенного напряжения.

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.

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: а) оградительные (местные ограждения, крышки, кожуха и др.); б) автоматического контроля и сигнализации; в) предохранительные; г) дистанционного управления; д) тормозные; е) знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-76.

#### 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. В целом, предприятие которое выполняет изготовление детали «Оправка» относится к 4 классу опасности. Санитарно-защитной зоны промплощадка предприятия не имеет.

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.

#### 4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

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.

## Выводы по разделу

В данном разделе проведен анализ вредных факторов присутствующих в процессе изготовления технологического процесса детали оправки шлифовальной, к которым относятся повышенный уровень шума, отклонение показателей микроклимата в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны и повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

В том числе, выявлены опасные факторы производства и их воздействие на экологию окружающей среды. В результате анализа разработан ряд рекомендаций по обеспечению оптимальных условий труда и охране окружающей среды.

## Заключение

В результате выполнения ВКР разработан технологический процесс изготовления оправки и спроектировано приспособления для фрезерования лысок. Для изготовления оправки использовались современные станки с ЧПУ, которые позволили повысить производительность и качество изготовления оправки. Контроль качества изготовления производился надежными и зарекомендовавшими себя в производстве измерительными приборами и средствами контроля.

Операционные эскизы, чертежи, иллюстрации в работе были выполнены с помощью программы Компас-3D V16.

Таким образом, все поставленные задачи были выполнены.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРЫ

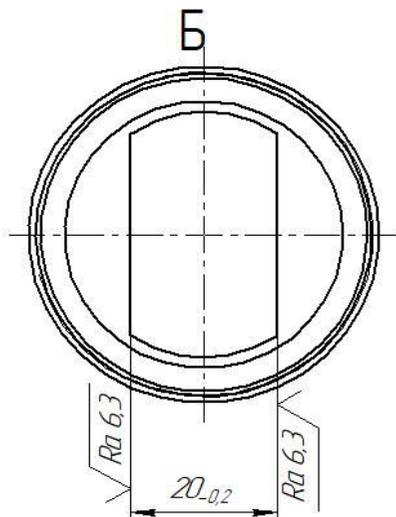
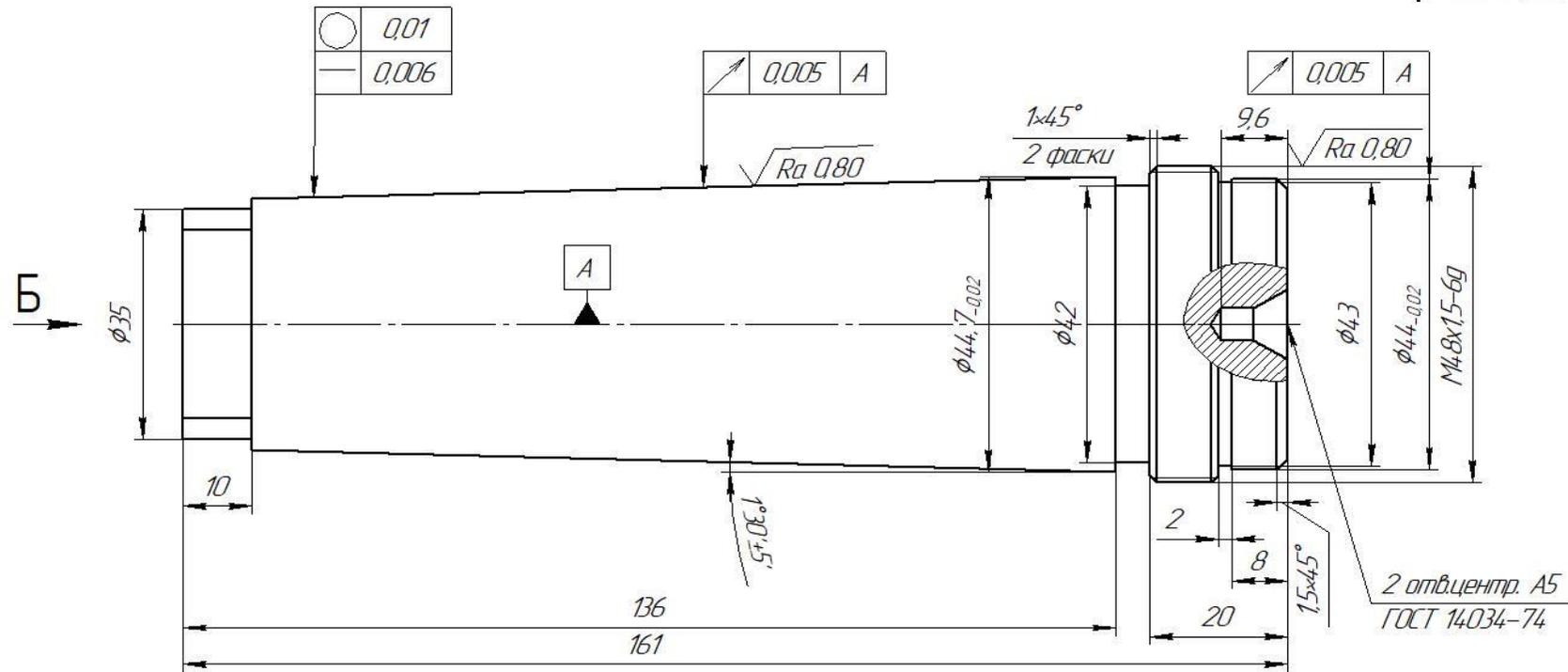
1. Кирсанов С.В. обработка глубоких отверстий в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2009. – 296 с.; ил.
2. Смазочно-охлаждающая жидкость [Электронный ресурс] // Википедия: [сайт]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 15.01.2017)
3. Скворцов В.Ф., Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 91с.
4. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение–1, 2003 г. 944 с., ил.
5. Ансёров М.А., Приспособления для металлорежущих станков. Расчёты и конструкции: учебное пособие / М.А. Ансёров. – 3-е изд. – Москва: Изд-во «Машиностроение», 1966. – 649с.
6. Научноёмкие технологии в машиностроении / А.Г. Сулов, Б.М. Базаров, В.Ф. Безъязычный и др.; под ред. А.Г. Сулова. М.: Машиностроение, 2012. 528 с.
7. Альбом по проектированию приспособлений: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / Б.М. Базаров, А.И. Сорокин, В.А. Губарь и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 121 с.: ил.
8. Проектирование механосборочных цехов: учебное пособие / В.Н. Козлов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 144 с.
9. Металлорежущие станки. Справочник. Е.С. Герасимова, 1961.

10. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 2. Под ред. А.Г. Косиловой. М., «Машиностроение», 1986.
11. Егоров М.Е. Технология машиностроения. Учебник для втузов. Изд. 2-е, доп. М., «Высш. школа», 1976.
12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. В 3-х частях. Часть 1. Токарные, сверлильные станки, фрезерные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
13. Нефёдов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. Пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент».- 5-е изд., перераб. И доп. – М.: «Машиностроение», 1990.
14. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительное для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 422 с.
15. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
16. Резание металлов и режущий инструмент. Аршинов В А. и Алексеев Г. А. М., «Машиностроение», 1967

## Приложение А

ИШНПТ-38/152014.001

$\sqrt{Ra 5,0 (\sqrt{1})}$



1. HRC 34..42
2. Неуказанные предельные отклонение размеров Н12, h12 IT±12/2.
3. Острые кромки притупить R1.

				ИШНПТ-38/152014.001		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Оправка шлифовальная	
Разраб.	Исмаилов Д.М.					
Проб.	Цыганков Р.С.				Лит.	Масса
Т.контр.						169
					Лист	Листов
						1
Н.контр.					ТПУ	
Утв.					Группа 3-8/152	

Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № выд.

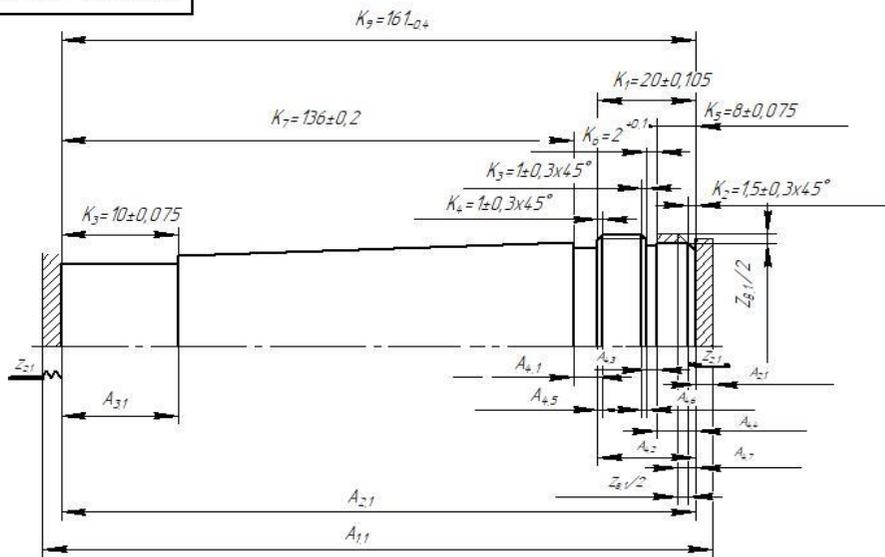
Взам. инв. №

Подп. и дата

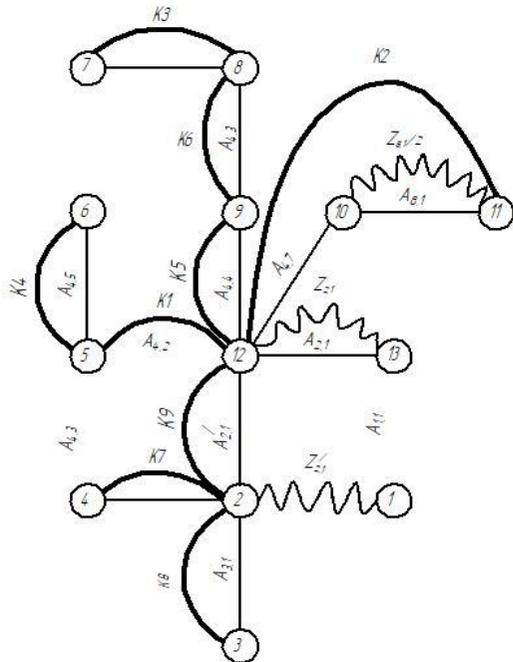
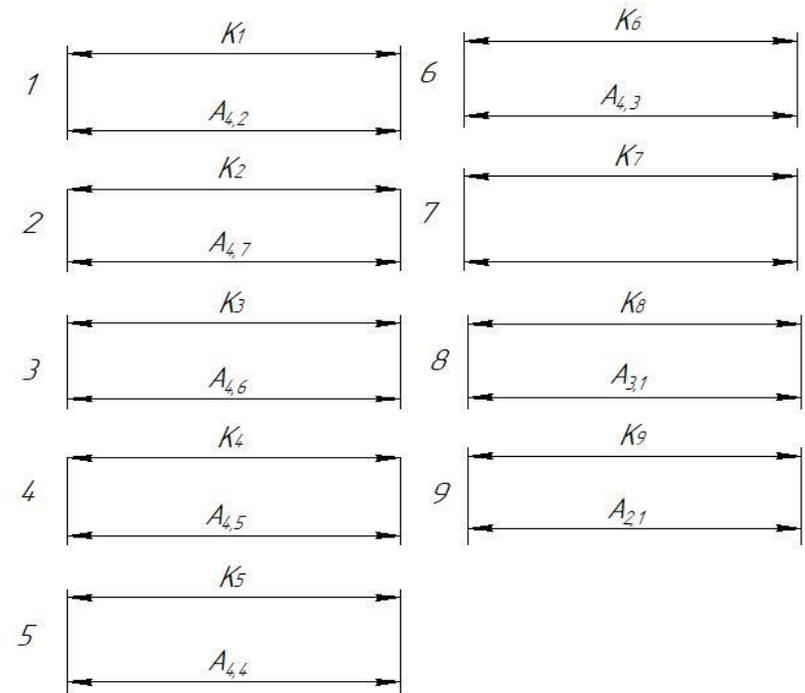
Инд. № подл.

## Приложение Б

ИШНПТ-38/52014.002



Технологические размерные цепи, формирующиеся при изготовлении оправки



				ИШНПТ-38/52014.002			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Исмаилов Д.М.					1:2
Проб.		Шыганков Р.С.			Лист	Листов	1
Т.контр.					ТПУ		
И.контр.					Группа 3-8/Б2		
Утв.							

Копировал

Формат А3

КОМПАС-3D v17.1 Учебная версия © 2017 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.

Справ. №

Взам. инв. №

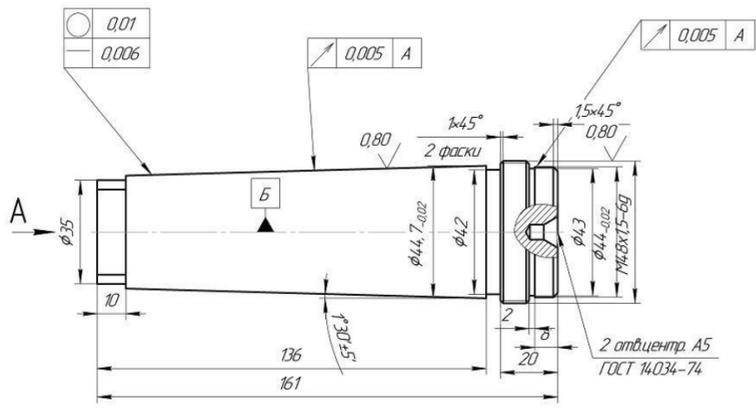
Инв. № подл.

Не для коммерческого использования

## Приложение В



## Приложение Г



Материал	Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка			
Наименование, марка			Код и вид	Профиль Размеры	Кол.	Масса, кг
Сталь 40X		169				

Номер операции	Переход	Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Принадлежность	Инструмент		Наличие оснастки, оборуд. детали	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки		Нормы времени					Разряд работы	
						режущий	измерительный						mm/об	mm/мин	Частота об/мин	Скорость резания м/мин	Ta, мин	Tвс	Tпз		Tшт
005	1	Заготовительная Выбинуть прутки до упора и закрепить Отрезать заготовку выдержав размер А1.1		Отрезной станок Модель 8631	Патрон трехшлицевой 7100-0035 ГОСТ 2675-80	отрезная фреза Dφ = 4.0 мм, z = 48, P6M5	Линейка измерительная 200 ГОСТ 4.27-75	1	1	52	-	26	2500	750	129.9	1.8	1.08	0.39	3.99		
010	1	Фрезерно-центровая Установить и снять заготовку Подрезать торцы А и В выдерживая размер А21 на длине А*2.1		Фрезерно-центрально-абрашная станок модель 2Г94.2.04	Патрон трехшлицевой 7100-0035 ГОСТ 2675-80	Торцевая фреза φ63 ГОСТ 9304-69	Штанцгенциркуль ШЦ-П-0-200-0.1	1	2	52	-	0.38	-	980	536.7	87.64	3.44	2.06	0.76	6.26	
	2	Центровать торец А и В согласно эскизу						1	2	106	25	25	0.07	-	1500	53.6	0.097	0.05	0.02	0.167	
015	1	Токарная с ЧПУ Установить и снять заготовку Точить шейку на длину А3.1 до диаметра 0.31 предварительно		Токарно-винторезный станок с ЧПУ модель 160НТ	Патрон трехшлицевой 7100-0035 ГОСТ 2675-80	Резец проходной упорный 210FO013 T15K6 ГОСТ 18879-73	Штанцгенциркуль ШЦ-П-0-200-0.1	1	2	1	10	192	0.9	-	1257	187.49	0.034	0.03	0.007	0.071	
	2	Точить шейку до диаметра 0.31 выдержав А3.1 окончательно						1	2	48	10	192	0.9	-	1257	187.49	0.007	0.004	0.001	0.012	
020	1	Токарная с ЧПУ Установить и снять заготовку Точить поверхность до диаметра D4.1 на проход		Токарно-винторезный станок с ЧПУ модель 160НТ	Патрон трехшлицевой 7100-0035 ГОСТ 2675-80	Резец проходной упорный 210FO013 T15K6 ГОСТ 18879-73	Штанцгенциркуль ШЦ-П-0-200-0.1	1	1	44.7	131	192	0.9	-	1455.77	175.44	0.27	0.16	0.059	0.48	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23						
025	A	Фрезерная  Установить и снять заготовку  Фрезеровать две лыски выдерживая размер А5.1		Горизонтально-фрезерный станок модель 6Р80	Пневматический зажим	Торцевая фреза ф63 ГОСТ 9304-69	Штангенциркуль ШЦ-П-0-200-0,1	1	2	35	-	163	0,9	-	1753,4	192,32	0,79	0,47	0,17	1,43								
030	1	Токарная с ЧПУ  Установить и снять заготовку  Точить канавку на длину А4.1 до диаметра D4.1 выдерживая А4.2		Токарно-винторезный станок с ЧПУ модель 160НТ	Патрон трехшлицевый 7100-0035 ГОСТ 2675-80	Резец канавочный 2x4,0 Т5К10 ГОСТ 18885-7,3 Резец проходной отогнутый 2102-1117 Т15К6 ГОСТ 18877-73	Штангенциркуль ШЦ-П-0-200-0,1	1	1	-	20	0,19	0,5	-	3087	329,7	0,11	0,06	0,02	0,19								
	2	Точить канавку на длину А4.3 до диаметра D4.2						1	1	43	2	1	0,9	-	1409	194,7	0,007	0,004	0,001	0,012								
	3	Точить шейку на проход до диаметра D4.3 выдерживая А4.4						1	1	44	8	164	0,9	-	1409	194,7	0,008	0,0048	0,0017	0,014								
	4	Точить фаски А4.5, А4.6 и А4.7						1	3	44	15	1	0,5	-	3087	339,3	0,01	0,006	0,002	0,018								
	5	Точить конус поверхность до диаметра D4.4						1	6	38,1-44,7	126	0,19	0,5	-	1250	339,3	0,11	0,06	0,02	0,19								
	6	Нарезать резьбу на поверхность до диаметра D4.5 выдерживая параметры резьбы						1	1	48	10	0,68	-	15	1215	182,6	0,066	0,039	0,014	0,119								
035	1	Круглошлифовальная  Установить и снять заготовку  Шлифовать конус до диаметра D8.1		Круглошлифовальный станок 3А12				1		44,7	126	0,001	-	63	213,73	28,07	0,21	0,126	0,04	0,37								
	2	Шлифовать шейку до диаметра D10.1							1		44	8	0,001	-	63	217	26,16	0,14	0,08	0,03	0,25							

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ИШНПТ-38/152014.004

Копирол

Формат А1

Лист  
2