

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
 Государственное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Электронного обучения  
 Специальность: Технология машиностроения  
 Кафедра: ТАМП ИК

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА**

Тема работы
<b>Совершенствование технологического процесса изготовления детали «поршень лебедки»</b>

УДК 621.864-242-048.34

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4302	Солодянкина Юлия Олеговна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шибинский Константин Григорьевич			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов Олег Николаевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гуляев Милий Всеволодович			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов Алексей Юрьевич	К.т.н.		

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

---

Институт: Электронного обучения  
Специальность: Технология машиностроения  
Кафедра: ТАМП ИК

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

дипломного проекта/работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-4302	Солодянкина Юлия Олеговна

Тема работы:

Совершенствование технологического процесса изготовления детали «поршень лебедки»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Чертеж детали, годовая программа выпуска, заводской технологический процесс
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Обзор научно-технической литературы, определение типа производства, составление маршрута операций, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания и основного времени, конструирование специального приспособления.
<b>Перечень графического материала</b>	Чертеж детали, размерный анализ, технологический процесс изготовления детали, чертеж приспособления.

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы***(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Николаевич
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

**Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику****Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шибинский Константин Григорьевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4302	Солодянкина Юлия Олеговна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 137 с., 38 рис., 35 табл., 25 источников, 8 прил.

Ключевые слова: поршень, лебедка, техпроцесс, размерный анализ, режимы резания, припуски

Объектом исследования является (ются)  
технологический процесс и чертеж детали «поршень лебедки».

Цель работы – совершенствование технологического процесса изготовления детали «поршень лебедки», разработка специального приспособления.

В процессе исследования проводились - анализ базового технологического процесса, анализ детали, анализ принятого технологического процесса.

В результате исследования усовершенствован технологический процесс изготовления детали «поршень лебедки».

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:  
-чертеж детали представлен с достаточным количеством видов, разрезов и выносных элементов;  
- все необходимые размеры нанесены и защищены допусками; допуски формы и расположения поверхностей в пределах поля допуска на размер.

Степень внедрения: на стадии перехода от разработки до внедрения на завод.

Область применения: ООО «Сибирская машиностроительная компания» или другое предприятие машиностроительного профиля.

Экономическая эффективность/значимость работы - снижение количества бракованных деталей

В будущем планируется: снизить конечную себестоимость изделия; уменьшить время изготовления детали.

## Содержание

Введение.....	3
<b>1. Технологическая часть.....</b>	<b>4</b>
1.1. Определение типа, форм и методов организации производства.....	5
1.2. Назначение и конструкция детали .....	10
1.3. Анализ технологичности конструкции детали.....	12
1.4. Анализ базового варианта техпроцесса.....	16
1.5. Размерный анализ базового техпроцесса.....	26
1.6. Выбор заготовки.....	27
1.7. Принятый маршрутный и операционный процесс.....	28
1.8. Расчет припусков и технологических размеров .....	32
1.9. Выбор оборудования, инструмента и технологической оснастки.....	67
1.10. Расчет режимов резания .....	70
1.11. Расчет основного времени.....	87
<b>2. Конструкторская часть.....</b>	<b>94</b>
2.1. Назначение и краткое описание устройства.....	95
<b>3. Экономический раздел.....</b>	<b>96</b>
3.1. Расчет затрат на технологический процесс.....	98
3.2. Экономическая эффективность.....	103
3.3. Планирование комплекса работ на создание проекта.....	103
3.3.1. Составление перечня работ.....	103
3.3.2. Определение трудоемкости работ.....	104
3.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	106
3.3.5. Расчет материальных затрат НТИ.....	108
3.3.6. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	109
3.3.7. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	109
3.3.8. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	111
3.3.9. Накладные расходы.....	111
3.3.10. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	112
<b>4. Социальная ответственность.....</b>	<b>113</b>
4.1. Производственная безопасность .....	114
4.1.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	115
4.1.2. Повышенный уровень шума.....	117
4.1.3. Повышенный уровень вибрации .....	118
4.1.4. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды.....	119

4.1.5 Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования.....	122
4.1.6 Поражение электрическим током.....	124
4.2 Экологическая безопасность.....	124
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	126
4.3.1 Пожарная и взрывная опасность.....	126
4.3.2 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.....	127
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	132
<b>Список литературы.....</b>	<b>136</b>
Приложения.....	

## Введение

Машиностроение является основой экономического развития нашей страны. Отечественное машиностроение является базой для ракето-, авиа-, дизелестроения, автомобильной, химической, электронной и других отраслей промышленности, обеспечивает экономическую независимость и обороноспособность нашего государства.

Технология машиностроения представляет собой отрасль технических наук, занимающихся разработкой средств, методов и приёмов человеческой деятельности для изготовления новых деталей и машин заданного качества на основе применения компьютерной техники и компьютерных систем автоматизированного проектирования. Современные машины немыслимы без использования глубоких знаний в области механики, электроники, вычислительной техники и пр.

В настоящее время в нашей стране необходима, в первую очередь, модернизация машиностроительного производства и создании импортозамещающих технологий, современных производственных машиностроительных предприятий. Ведущую роль при этих условиях приобретают специалисты машиностроительных производств - инженеры-технологи, конструкторы, механики.

Основными функциями инженера-технолога являются проектирование и организация технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий на основе выбора и конструирования оборудования, оснастки, средств автоматизации обработки и планирования современных гибких производственных модулей с использованием компьютерных систем.

Целью выпускной квалификационной работы является – усовершенствование технологического процесса изготовления детали “поршень”, выпускаемой предприятием ООО «Сибирская машиностроительная компания» г.Томск.

# **Технологическая часть**

## 1.1 Определение типа, форм и методов организации производства

В связи с отсутствием в базовом (заводском) варианте техпроцесса штучно-калькуляционного времени на основные операции техпроцесса, определим тип производства по укрупнённым нормативам [1, с.19-23; 2, с.366-369].

Тип производства определяется коэффициентом закрепления операций по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{г}}}{T_{\text{ср}}},$$

где  $t_{\text{г}}$  - такт выпуска детали, мин./шт.;

$T_{\text{ср}}$  - среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\text{г}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N},$$

где  $F_{\text{д}}$  - действительный годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N$  - годовая программа выпуска деталей,  $N=2000$  шт/год.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования определяем по формуле:

$$F_{\text{д}} = F_{\text{н}} - 3\% \cdot F_{\text{н}},$$

где  $F_{\text{н}}$  - номинальный годовой фонд рабочего времени при работе в одну смену составляет 1974 час. в 2016 году;

3% - потери рабочего времени.

$$F_{\text{д}} = 1974 - 1974 \cdot 0,03 = 1915 \text{ час.}$$

Тогда, такт выпуска составит:

$$t_{\text{г}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N} = \frac{60 \cdot 1915}{2000} = 57,45 \text{ мин.}$$

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса (среднюю трудоёмкость) определяем по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт.к}i}}{n},$$

где  $T_{шт.ки}$  - штучно - калькуляционное время  $i$ - ой основной операции, мин.;

$n$  - количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 8 операций техпроцесса ( $n=8$ ).

Основное технологическое время  $T_o$  на операционные переходы определяем по укрупнённым нормативам (см.табл.1).

Таблица 1. Формулы для укрупнённого расчёта основного времени  $T_o$

Переход	Расчетная формула [2,с.366-367]
Разрезание дисковой пилой	$T_o = 0,011 \cdot D$
Черновое подрезание торца	$T_o = 0,0000224 \cdot D^2$
Чистовое подрезание торца	$T_o = 0,000011 \cdot D^2$
Точение черновое	$T_o = 0,000075 \cdot D \cdot L$
Точение чистовое	$T_o = 0,000175 \cdot D \cdot L$
Сверление отверстий диаметром до 20 мм	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot L$
Рассверливание отверстий диаметром 20-70 мм	$T_o = 0,000423 \cdot D \cdot L$
Полирование	$T_o = 0,000327 \cdot D \cdot L$
Примечание: $D$ -диаметр заготовки, детали, мм; $L$ -длина заготовки, ступени, мм.	

### Расчёт основного времени ( $T_o$ ) по переходам операций базового (заводского) техпроцесса

#### 005 Отрезная:

$$T_o = 0,011 \cdot D = 0,011 \cdot 85 = 0,935 \text{ мин.}$$

#### 010 Токарная:

- переход 2

$$T_o = 0,000011 \cdot D^2 = 0,000011 \cdot 85^2 = 0,08 \text{ мин.}$$

- переход 3

$$T_o = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 81 \cdot 28 = 0,17 \text{ мин.}$$

- переход 4

$$T_o = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 68,6 \cdot 22,3 = 0,115 \text{ мин.}$$

- переход 5

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 68,6 \cdot 1 = 0,005 \text{ мин.}$$

### **015 Токарная:**

- переход 2

$$T_0 = 0,000011 \cdot D^2 = 0,000011 \cdot 85^2 = 0,08 \text{ мин.};$$

- переход 3

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 81 \cdot 40,5 = 0,246 \text{ мин.};$$

- переход 4

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 81 \cdot 1 = 0,006 \text{ мин.}$$

### **020 Токарная:**

-переход 2

$$T_0 = 0,000423 \cdot D \cdot L = 0,000423 \cdot 30 \cdot 40,5 = 0,514 \text{ мин.};$$

- переход 3

$$T_0 = 0,00018 \cdot D \cdot L = 0,00018 \cdot 38 \cdot 40,5 = 0,277 \text{ мин.};$$

- переход 4

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 38 \cdot 1 = 0,003 \text{ мин.}$$

### **025 Токарная:**

- переход 2

$$T_0 = 0,000011 \cdot D^2 = 0,000011 \cdot 81^2 = 0,072 \text{ мин.};$$

- переход

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 80,5 \cdot 18,2 = 0,109 \text{ мин.};$$

- переход 4

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 80,5 \cdot 0,5 = 0,003 \text{ мин.}$$

### **035 Координатно-сверлильная:**

- переходы 2-3

$$T_0 = 0,00056 \cdot D \cdot L = 14 \cdot (0,00056 \cdot 2,5 \cdot 10) = 0,196 \text{ мин.};$$

- переход 4

$$T_0 = 0,00056 \cdot D \cdot L = 2 \cdot (0,00056 \cdot 3,3 \cdot 10) = 0,037 \text{ мин.};$$

- переход 5

$$T_0 = 0,00056 \cdot D \cdot L = 12 \cdot (0,00056 \cdot 12 \cdot 32,4) = 2,6 \text{ мин.};$$

- переход 6

$$T_0 = 0,00056 \cdot D \cdot L = 12 \cdot (0,00056 \cdot 12 \cdot 30,5) = 2,46 \text{ мин};$$

- переход 7

$$T_0 = 0,00056 \cdot D \cdot L = 2 \cdot (0,00056 \cdot 3,3 \cdot 0,5) = 0,002 \text{ мин};$$

- переход 8

$$T_0 = 0,00056 \cdot D \cdot L = 12 \cdot (0,00056 \cdot 12 \cdot 0,8) = 0,065 \text{ мин};$$

- переход 9

$$T_0 = 0,00056 \cdot D \cdot L = 12 \cdot (0,00056 \cdot 12,5 \cdot 30,5) = 2,56 \text{ мин}.$$

### **050 Токарная:**

- переход 2

$$T_0 = 0,00018 \cdot D \cdot L = 0,00018 \cdot 38 \cdot 39,5 = 0,27 \text{ мин};$$

- переход 3

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 38 \cdot 0,5 = 0,001 \text{ мин}.$$

### **055 Токарная:**

- переход 2

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 80 \cdot 17,2 = 0,103 \text{ мин};$$

- переход 3

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 68 \cdot 22,5 = 0,115 \text{ мин};$$

- переход 4

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000075 \cdot 75 \cdot 23 = 0,129 \text{ мин};$$

- переход 5

$$T_0 = 0,000011 \cdot (D - d)^2 = 0,000011 \cdot (80 - 76)^2 = 0,0002 \text{ мин};$$

- переход 6

$$T = 0,000175 \cdot ((D - d) / 2) \cdot \text{tg } 30 = 0,000175 \cdot ((68 - 64) / 2) \cdot 0,5774 = 0,0002 \text{ мин};$$

- переход 7

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000175 \cdot 80 \cdot 0,5 \cdot 2 = 0,014 \text{ мин};$$

- переход 8

$$T_0 = 0,000075 \cdot D \cdot L = 0,000175 \cdot 80 \cdot 0,3 \cdot 2 = 0,0084 \text{ мин};$$

- переход 9

$$T_0 = 0,000327 \cdot D \cdot L = 0,000327 \cdot 68 \cdot 22,5 = 0,5 \text{ мин};$$

- переход 10

$$T_0 = 0,000327 \cdot D \cdot L = 0,000327 \cdot 80 \cdot 0,5 \cdot 4 = 0,052 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время  $i$  - ой основной операции определяем по формуле:

$$T_{шт.к i} = T_{oi} \cdot \varphi_{к.i}$$

где  $T_{oi}$  – основное технологическое время  $i$ - ой операции, мин.;

$\varphi_{ки}$  - коэффициент  $i$ -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа производства.

Для мелкосерийного производства:

$\varphi_k = 2,14$  (токарные станки),

$\varphi_k = 1,72$  (сверлильные станки) [3, прилож.35].

Таблица 2. Основное ( $T_o$ ) и штучно-калькуляционное время ( $T_{шт-к}$ ) для основных операций базового техпроцесса

Наименование операций	$\sum T_o, \text{мин.}$	$\sum T_{шт-к}, \text{мин.}$
005 Отрезная	0,935	2,10
010 Токарная	0,370	0,792
015 Токарная	0,332	0,71
020 Токарная	0,794	1,699
025 Токарная	0,184	0,394
035 Координатно-сверлильная	7,92	13,62
050 Токарная	0,271	0,58
055 Токарная	0,923	1,98

Среднее штучно - калькуляционное время:

$$T_{сп} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.к i}}{n} = \frac{T_{шт-к}^{005} + T_{шт-к}^{010} + T_{шт-к}^{015} + T_{шт-к}^{020} + T_{шт-к}^{025} + T_{шт-к}^{035} + T_{шт-к}^{050} + T_{шт-к}^{055}}{8} = \frac{2,10 + 0,792 + 0,71 + 1,699 + 0,394 + 13,62 + 0,58 + 1,98}{8} = 2,73 \text{ мин.}$$

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о} = \frac{t_в}{T_{ср}} = \frac{57,45}{2,73} = 21,04.$$

В соответствии с ГОСТ 3.1108-74 при  $K_{з.о} = 20 - 40$  - производство является мелкосерийным.

Определяем размер партии деталей:

$$П = \frac{N}{\Phi} \cdot a,$$

где  $\Phi$  - количество рабочих дней в году,  $\Phi = 246$  раб. дн. в 2016 году;

$a$  - число дней запаса, в течение которых должны быть заготовлены детали, принимаем  $a = 5$ .

$$П = \frac{2000}{246} \cdot 5 = 41шт$$

Объём выпуска деталей - 41шт/день.

## 1.2 Назначение и конструкция детали

Деталь “поршень” является элементом пневмопривода гидравлической лебедки типа ЛВС. Деталь относится к классу «втулок».

Деталь имеет габаритные размеры -  $L = 39,5$ мм,  $D_{max} = 80$ мм.

Самые точные поверхности:

- посадочные диаметры  $\varnothing 68f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right)$  мм,  $\varnothing 80f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right)$  мм;
- посадочный диаметр под уплотнительное кольцо  $\varnothing 76h9_{(-0,074)}$  мм.

Наружный контур состоит из двух ступеней  $\varnothing 80f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right)$  -  $\varnothing 75$  -  $\varnothing 68f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right)$  мм, имеется канавка под уплотнительное кольцо  $\varnothing 76h9_{(-0,074)}$  длиной  $4,3H13^{(+0,18)}$  мм. Внутренний контур - сквозное отверстие  $\varnothing 38H10^{(+0,1)}$ . На правом торце детали  $\varnothing 80f7$  12 глухих отверстий  $\varnothing 12,5H11^{(+0,1)}$  длиной  $30,5 \pm 0,125$ , расположенных с шагом  $30^\circ \pm 5'$  на  $R=26$ мм, 2 резьбовых отверстия  $M4-6Hx7-10$ , расположенных под углами  $15^\circ$  от радиальной оси детали на  $R=31$ мм. На левом торце детали  $\varnothing 64$ мм. фаска под углом  $30^\circ$  к поверхности  $\varnothing 68f7$ . Наружные угловые поверхности закруглены, радиусы закруглений  $R1$ ;  $R0,5$ ;  $R0,3$ . Дно канавки имеет радиус  $R0,4$ , который должен обеспечиваться инструментом.

Базовая поверхность (Б) -  $\varnothing 68f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$ .

Шероховатость базовой поверхности  $\varnothing 68f7$   $Ra$  0,40, поверхность полируется. Поверхность закруглений полируется до  $Ra$  0,40. Шероховатость цилиндрической поверхности  $\varnothing 80f7$   $Ra$  0,8. Шероховатость торцов детали  $\varnothing 80f7$ ,  $\varnothing 64$  и дна канавки  $\varnothing 76h9$   $Ra$  1,6. Неуказанная шероховатость  $Ra$  6,3.

Допуски на торцевое и радиальное биение поверхностей  $\varnothing 80f7$ ,  $\varnothing 76h9$  и торцевых поверхностей относительно базовой поверхности (Б) составляют 0,04мм.

Недостатки конструкторской документации:

- на чертеже указаны радиусы расположения отверстий по торцу детали  $R26$  и  $R31$ мм; необходимо указывать диаметры -  $\varnothing 52$  и  $\varnothing 62$ ;
- при выборе радиусов закруглений  $R0,5$  и  $R0,3$  следует предпочесть  $R0,4$  (радиус 1 ряда ГОСТ 10948-64);
- в технических требованиях указаны общие допуски -  $mH$  по ГОСТ 30893.2, нужно указать общие допуски -  $m$  по ГОСТ 30893.1-2002;
- остальные технические требования по ОСТ4 ГО.070.014 (ОСТ указан не верно).

Допуски на неуказанные линейные и угловые размеры принимаем по ГОСТ 30893.1-2002 -  $m$  (класс точности "средний"):

- на линейные размеры  $22,5 \pm 0,2$ мм,  $23 \pm 0,2$ мм;  $39,5 \pm 0,3$ мм;
- на диаметральные размеры  $\varnothing 75 \pm 0,3$ мм;  $\varnothing 62 \pm 0,3$ мм;  $\varnothing 52 \pm 0,3$ мм;
- на фаски и закругления  $\pm 0,2$ мм.

Рабочий чертеж, в целом, имеет все необходимые сведения, дающие полное представление о детали: все проекции, разрезы и сечения; указаны размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей; сведения о материале детали.

Материал детали "поршень" - прутки бронзовый БрАЖ9-4 ГОСТ 1628-78.

Бронзовые прутки БрАЖ отличаются механической прочностью и повышенной коррозионной стойкостью. Из бронзового прутка изготавливают бронзовые втулки и другие различные части механизмов, водных и газовых систем.

Свойства бронзового сплава марки БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78 приведены в таблице 3.

Таблица 3. Химический состав в % материала БрАЖ9-4

ГОСТ18175-78

Fe	Si	Mn	P	Al	Cu	Pb	Zn	Sn	Примесей
2 - 4	до 0.1	до 0.5	до 0.01	8 - 10	84.3 - 90	до 0.01	до 1	до 0.1	всего 1.7

Примечание: Cu - основа; процентное содержание Cu дано приблизительно.

### 1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Под технологичностью конструкции понимается совокупность её свойств, обеспечивающих в заданных условиях производства и эксплуатации, наименьшие затраты труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства и изготовлении изделия.

Оценка технологичности конструкции детали двух видов – качественная и количественная, определяется на основании ГОСТ 14.201-83.

#### Качественная оценка

Деталь имеет следующие достоинства в отношении технологичности:

- форма детали является правильной геометрической, деталь является телом вращения;
- конструкция детали позволяет вести обработку в трёхкулачковом патроне;
- конструкция детали позволяет вести обработку проходными резцами;
- допуски на линейные размеры достаточно велики;
- центральное отверстие простой формы;
- контролируемые размеры доступны для непосредственного измерения.

Деталь имеет следующие недостатки в отношении технологичности:

- в конструкции детали нарушен принцип единства баз; технологические базы в течение всего хода технологического процесса изменяются, что не позволяет избежать дополнительных погрешностей;
- все поверхности детали подвергаются механической обработке;
- допуски на радиальное и торцевое биение составляют 0,04мм, что делает необходимою вести токарную обработку наружных поверхностей в расточных кулачках;
- закругления угловых поверхностей;
- полирование наружной поверхности детали  $\varnothing 68f7$  и закруглений.

Деталь изготавливается из бронзового прутка Ø85мм ГОСТ 1628-78.

Калиброванный пруток – самый простой вариант получения заготовок.

### Количественная оценка

Количественная оценка технологичности конструкции детали осуществляется при использовании соответствующих основных и дополнительных базовых показателей технологичности.

#### Основные показатели:

- трудоемкость изготовления детали -  $\Sigma T_{шт} 2,73 = \text{мин.};$
- технологическая себестоимость детали -  $C_T = 2548 \text{ руб/час.}$

#### Дополнительные показатели:

- коэффициент унификации конструктивных элементов -  $K_{у.э}$

$$K_{у.э} = Q_{у.э} / Q_{э},$$

где  $Q_{у.э}$  и  $Q_{э}$  - соответственно число унифицированных и общее число конструктивных элементов детали, шт.

$$K_{у.э} = 22/72 = 0,3;$$

- коэффициент применимости стандартизованных обрабатываемых поверхностей -  $K_{п.ст}$

$$K_{п.ст} = D_{о.с} / D_{м.о},$$

где,  $D_{о.с}$ ,  $D_{м.о}$  - соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех, подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.

$$K_{п.ст} = 64/72 = 0,89;$$

- коэффициент обработки поверхностей -  $K_{п.о}$

$$K_{п.о} = 1 - D_{м.о} / D_{э},$$

где  $D_{э}$  - общее число поверхностей детали, шт.

$$K_{п.о} = 1 - 72/72 = 0;$$

- коэффициент использования материала -  $K_{и.м}$

$$K_{и.м} = q / Q,$$

где  $q$ ,  $Q$  - масса детали и заготовки соответственно, кг.

$$K_{и.м} = 0,55/1,875 = 0,29;$$

- коэффициент точности обработки -  $K_{т.ч}$

$$K_{тч} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum (T_i \cdot \chi_{n_i})}$$

где  $T_i$  - квалитет (точность),

$n_i$  - число поверхностей детали одинакового квалитета.

$$K_{тч} = 1 - \frac{72}{13 \cdot 2 + 12 \cdot 41 + 11 \cdot 15 + 10 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 8 \cdot 8 + 7 \cdot 2 + 6 \cdot 2} = 0,91;$$

• коэффициент шероховатости поверхности -  $K_{ш}$

$$K_{ш} = 1 - \frac{\sum m_i}{\sum (Ra_i \cdot \chi_{m_i})}$$

где  $m_i$  - число поверхностей детали с одинаковым параметром шероховатости;

$R_{a_i}$  - параметр шероховатости поверхности детали.

$$K_{ш} = 1 - \frac{72}{54 \cdot 6,3 + 2 \cdot 2,5 + 6 \cdot 1,6 + 1 \cdot 0,8 + 9 \cdot 0,4} = 0,8.$$

Значение коэффициента  $K_{тч}$  близко к единице, что свидетельствует о невысокой точности большинства поверхностей детали. Коэффициент  $K_{ш} = 0,8$  показывает, что деталь имеет более жесткие требования к шероховатости некоторых поверхностей.

Деталь по показателям технологичности, приведенным выше, является технологичной.

Качественный и количественный анализ точности изготовления детали приведён в таблицах 4,5.

На рис.1 указаны все технологические поверхности детали, подлежащие обработке.

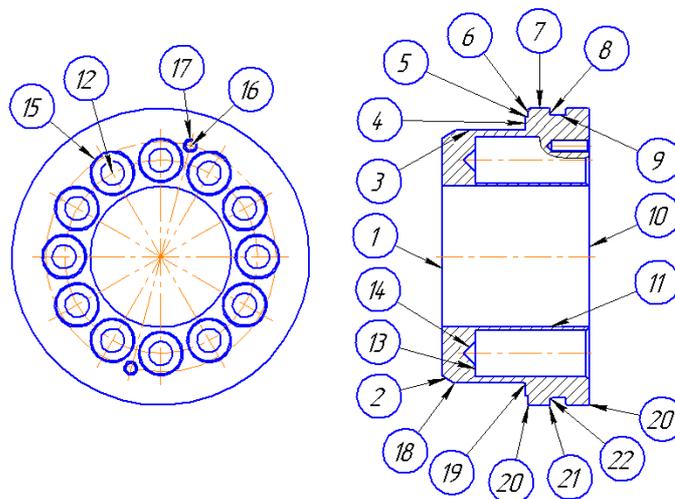


Рис.1. Технологические поверхности детали “поршень”

Таблица 4. Качественный анализ конструкции детали по технологичности

Данные о поверхности					Методы обработки поверхности
№ пов-ти	Наименование, форма	Основной размер	Поле допуска и качество	$R_a$ , мкм.	
1	Торец левый плоский, кольцо	$D=64$	$\begin{pmatrix} +0,06 \\ +0,03 \end{pmatrix}$	1,6	Точение черновое, точение тонкое
2	Фаска угловая	$\alpha=30^\circ$	$\pm 5'$	1,6	Точение тонкое
3	Поверхность цилиндрическая	$D=68$ $L=22,5^{**}$	$f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$ $m (\pm 0,2)^*$	0,40	Точение черновое, точение получистовое, точение тонкое, полирование
4,5	Г-образная (уступ)	$D=75$ $L=5(23^{**})$	$m(\pm 0,3)^*$ $m(\pm 0,2)^*$	6,3	Точение черновое точение получистовое
6	Торец плоский, кольцо	$D=80$	$f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$	6,3	Точение черновое, точение получистовое
7	Поверхность цилиндрическая	$D=80$ $L=16,5$	$f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$ $\pm 0,1$	0,80	Точение черновое, точение получистовое, точение тонкое, зачистка шлиф. лентой
8,9	Канавка П-образная	$D=76$ $L=4,3$	$h9(-0,074)$ $H13(+0,18)$	1,6	Точение тонкое
10	Торец правый плоский, кольцо	$D=80$	$f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$	1,6	Точение черновое и тонкое одновременно
11	Отверстие сквозное	$D=38$	$H10(+0,1)$	6,3	Сверление, растачивание
12, 13, 14	Отверстие глухое	$D=12,5$ $L=30,5$ $L=32,4$	$H11(+0,11)$ $\pm 0,125$	6,3	Центрирование, сверление, цекование, цекование,
15	Фаска	$0,8 \times 45^\circ$	$m (\pm 0,2)^*$	6,3	Зенкование
16	Резьбовое отверстие	$M4-6H \times 7-10$	степень точности $6H$	2,5	Центрирование, сверление, нарезание резьбы
17	Фаска	$0,5 \times 45^\circ$	$m (\pm 0,2)^*$	6,3	Зенкование
18 19 20 21 22	Закругления	$R 1,0$ $R 0,5$ $R 0,5$ $R 0,3$ $R 0,4$	$m (\pm 0,2)^*$	0,4	Точение тонкое, полирование

\* - общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002.

\*\* - размер от конструкторской базовой поверхности.

Таблица 5. Количественный анализ конструкции детали по технологичности

№ пов-ти	Наименование поверхности	Кол-во поверхностей	Кол-во унифицир. поверхностей	Квалитет точности	Параметры шероховатости Ra
1	Торец Ø64	1	1	11	1,6
2	Фаска под углом 30°	1	1	11	1,6
3	Цилиндр Ø68f7	1	1	7	0,4
4	Торец Ø75	1	1	12	6,3
5	Цилиндр (уступ) Ø75	1	1	12	6,3
6	Торец Ø80 f7	1	1	12	6,3
7	Цилиндр Ø80f7	1	1	7	0,8
8	Стенки канавки	2	1	13	1,6
9	Дно канавки Ø76h9	1	1	9	1,6
10	Торец Ø80 f7	1	1	11	1,6
11	Отверстие Ø38H10	1	1	10	6,3
12	Отверстие Ø12,5H11	12	1	11	6,3
13	Торец отв. прямой	12	1	12	6,3
14	Торец отв. конус 120°	12	1	12	6,3
15	Фаска отв. 0,8x45°	12	1	12	6,3
16	Резьб. отв. M4-6Hx7	2	1	6	2,5
17	Фаска отв. 0,5x45°	2	1	12	6,3
18	Закругление R 1,0	1	1	8	0,4
19	Закругление R 0,5	1	1	8	0,4
20	Закругление R 0,5	2	1	8	0,4
21	Закругление R 0,3	2	1	8	0,4
22	Закругление R 0,4	2	1	8	0,4
ИТОГО		72	22		

#### 1.4 Анализ базового варианта техпроцесса

Базовый (заводской) вариант техпроцесса включает в себя 12 операций техпроцесса:

- отрезная (заготовительная) операция ;
- токарные черновые и чистовые - 6 операций;
- координатно-сверлильная операция;
- слесарная операция;
- контрольные - 3 операции.

Операция 005 отрезная (заготовительная) выполняется на ленточнопильном станке Hercules FMV320. Заготовка отрезается от прутка Ø85мм ГОСТ 1628-78 в размер 44<sub>.1,0</sub> ленточной пилой Bi-alfa cobalt 34x1,1COMBI M42 ¾.

Токарная обработка производится на станках с ЧПУ. Применение станков с ЧПУ позволяет обрабатывать сложные детали, гарантировать качество изготовленной продукции, применять поточные методы в мелкосерийном производстве, автоматизировать производство, автоматизировать технологическую подготовку производства с использованием CAD/CAM/CAE систем.

Операции 010,015 - черновые токарные операции выполняются на токарном станке BOEHRINGER модели VDF 560 DUS (Германия).

Продольное и поперечное точение при черновой обработке поверхности детали, снятие фасок выполняется проходным резцом производства "Korloy" марки MWLNL2525M08 с 6-гранной пластиной WNMG 080408-GR WNMG NC3120. Материал резца T15K6 ТУ 2-035-892-82.

Операция 020- сверление и растачивание центрального отверстия  $\varnothing 38H10^{(+0,1)}$  выполняется на токарном станке Schaublin 150 (фирма «Schaublin Machines SA», Швейцария).

Центральное отверстие выполняется в два перехода:

- рассверливается отверстие  $\varnothing 30$ мм сверлом нормальной точности (класс В), с нормальным хвостовиком ГОСТ 10903-77 (материал сверла P18);
- растачивается отверстие  $\varnothing 38H10^{(+0,1)}$  резцом (державка S25R-MWLNL-08 производства "Korloy", пластина WNMG080408-GR WNMG NC3120).

Операция 050 – окончательное растачивание центрального отверстия  $\varnothing 38H10^{(+0,1)}$ .

Операция 035- координатно-сверлильная операция выполняется на координатно-расточном станке Hauser OP-4 (Германия).

Координатно-сверлильная операция выполняется в восемь переходов:

- центрование 2-х отверстий  $\varnothing 2,5$ мм;
- центрование 12-ти отверстий  $\varnothing 2,5$ мм;
- сверление 2-х отверстий  $\varnothing 3,3$ мм под резьбу;
- сверление 12-ти отверстий  $\varnothing 12$ мм;
- цекование 12-ти отверстий фрезой;
- цекование 12-ти отверстий сверлом ;
- зенкование фасок ;
- зенкование фасок.

Операция 040 - слесарная, нарезание резьбы *M4-6Hx7-10* .

Операции 025,055 - чистовые токарные операции выполняются на токарном станке Schaublin 150.

Продольное и поперечное точение при чистовой обработке поверхностей, снятие фаски под углом 30°, точение радиусных закруглений выполняется проходным резцом марки MWLNL2525M08 T15K6 ТУ 2-035-892-82 с 6-гранной пластиной WNMG 080408-GR WNMG NC3120.

Точение канавки  $\varnothing 76h9_{(-0.074)}$  производится канавочным резцом (державка MGENR 2525-4 производства “Korloy”, пластина MGMN 400-M NC3120).

На станке Schaublin 150 производится окончательная обработка (полирование) поверхности  $\varnothing 68 f7$  и радиусных закруглений до  $Ra0,4$ . Материалы для полирования - шкурка 2P 725x20 C2 24A 40-НМ ГОСТ 5009-82 и паста ПХЗ(типа ГОИ) тонкая ТУ6-18-36-85.

Контрольные операции 030,045,060 выполняются стандартным набором измерительного инструмента:

- штангенциркуль ЩЦК-1-125-0,02 ГОСТ 166-89;
- микрометры МК 75-1, МК100-1 ГОСТ 6507-90;
- концевые меры 1-Н1 ГОСТ 9038-90;
- калибр-пробка;
- плита УСП.

Базовый (заводской) маршрут технологии изготовления детали “поршень” с обозначением оборудования и технологических баз представлен в таблице 6.

Таблица 6. Базовый маршрут изготовления детали “поршень”

Номер операции	Наименование и краткое содержание операций	Модель станка	Режущий инструмент, размеры, марка материала	Технологические базы
1	2	3	4	5
005	Отрезная (заготовительная) 1. Отрезать заготовку, выдерживая размер 44. <sub>1</sub> .	Ленточнопильный станок Hercules FMV320	Пила ленточная Bi-alfa cobalt 34x1,1 COMBI M42 3/4	Ось заготовки, правый торец
010	Токарная 1. Установить и закрепить заготовку в расточные кулачки. 2. Подрезать торец начисто, выдерживая размер 42. <sub>0,5</sub> и $R_a$ 1,6. 3. Точить $\varnothing 81_{-0,2}$ на длину 28мм. 4. Точить $\varnothing 68,6_{-0,2}$ с подрезкой торца в размер 22,3±0,1. 5. Притупить острые кромки фаской 1x45°.	Токарный станок BOEHRINGER модели VDF560 DUS	Проходной резец MWLNL2525M08 T15K6, пластина 6-гранная WNMG 080408-GR WNMG NC3120	Поверхность $\varnothing 85$ , торец
015	Токарная 1. Установить и закрепить заготовку в расточные кулачки. Настройку на первую деталь предъявить контролёру ОТК: (торцевое биение заготовки в кулачках не более 0,05; радиальное биение не более 0,1). 2. Подрезать торец, выдерживая размер 40,5±0,15. 3. Точить $\varnothing 81_{-0,2}$ на проход. 4. Притупить острые кромки фаской 1x45°.			Поверхность $\varnothing 81$ , торец

1	2	3	4	5
020	<p>Токарная</p> <p>1. Установить и закрепить заготовку в расточные кулачки.</p> <p>2. Сверлить отверстие Ø30 на проход.</p> <p>3. Расточить отверстие Ø38H10<sup>(-0,1)</sup> на проход.</p> <p>4. Притупить острые кромки фаской 1,0x45°.</p>		<p>Сверло Ø30 P18 ГОСТ 10903-77</p> <p>Державка S25R-MWLNL-08</p> <p>производства “Korloy”, пластина WNMG080408-GR WNMG NC3120.</p>	<p>Поверхность Ø68,6<sub>0,2</sub>, левый торец</p>
025	<p>Токарная</p> <p>1. Установить и закрепить заготовку в расточные кулачки. (торцевое биение заготовки в кулачках не более 0,03; радиальное биение не более 0,1.</p> <p>2. Подрезать торец начисто, выдерживая размер 39,5 и R<sub>a</sub> 1,6.</p> <p>3. Точить Ø80,5<sub>-0,1</sub> на проход.</p> <p>4. Притупить острые кромки фаской 0,5x45°.</p>	<p>Токарный станок Schaublin 150</p>	<p>Проходной резец MWLNL2525M08 T15K6, пластина 6-гранная WNMG 080408-GR WNMG NC3120</p>	<p>Поверхность 68,6<sub>0,2</sub>, левый торец</p>
030	<p>Контроль</p> <p>Контроль размеров операций № 010-025.</p>			
035	<p>Координатно-сверлильная</p> <p>1. Установить и закрепить заготовку в трёхкулачковом патроне на поворотном столе. Заготовку выверить по Ø80,5. Контролировать перекос заготовки по торца</p>			

1	2	3	4	5
	<p>2. Центровать отверстия <i>M4-6Hx7-10</i>.</p> <p>3. Центровать отверстия <math>\varnothing 12,5H11^{(+0,11)}</math>.</p> <p>4. Сверлить отверстия <math>\varnothing 3,3^{+0,13}</math> (в черт. <i>M4-6Hx7-10</i>), выдерживая размер 10.</p> <p>5. Сверлить отверстия <math>\varnothing 12</math> ( в черт. <math>\varnothing 12,5H11^{(+0,11)}</math>) на глубину 32,4.</p> <p>6. Цековать отверстия <math>\varnothing 12</math>, выдерживая размер <math>30,5 \pm 0,125</math>.</p> <p>7. Зенковать фаску <math>0,5 \times 45^\circ</math> в отверстиях <math>\varnothing 3,3</math>.</p> <p>8. Зенковать фаску <math>0,8 \times 45^\circ</math> в отверстиях <math>\varnothing 12</math>.</p> <p>9. Цековать отверстия <math>\varnothing 12,5H11^{(+0,11)}</math>, выдерживая размер <math>30,5 \pm 0,125</math>.</p>	<p>Координатно-расточной станок Hauser OP-4</p>	<p>2317-0031 Сверло <math>\varnothing 2,5</math> P6M5 ГОСТ 14952-75</p> <p style="text-align: center;">-</p> <p>2300-0161 Сверло <math>\varnothing 3,4</math> P18ГОСТ 10902-77</p> <p>2300-0219 Сверло <math>\varnothing 12</math> P6M5 ГОСТ 10902-77</p> <p>2220-0012 Фреза <math>\varnothing 12 z=5</math> P6M5 ГОСТ 17025-71</p> <p>2353-0081 Зенковка P6M5 ГОСТ 14953-80</p> <p>2353-0111 Зенковка P6M5 ГОСТ 14953-80</p> <p>2300-0220 Сверло <math>\varnothing 12,5</math> P6M5 ГОСТ 10902-7</p>	<p>Поверхность <math>\varnothing 68,6_{-0,2}</math>, левый торец</p>
040	<p>Слесарная</p> <p>1. Нарезать внутреннюю резьбу <i>M4-6Hx7-10</i> в 2-х отверстиях.</p>		<p>2621-2425 Метчик P6M5 ГОСТ 3266-81</p> <p>8221-3023 Пробка ГОСТ 17758-72</p>	
045	<p>Контроль</p> <p>Контроль размеров операций № 035-040.</p>			

1	2	3	4	5
050	<p>Токарная</p> <p>1. Установить и закрепить заготовку в расточные кулачки (торцевое биение заготовки в кулачках не более 0,03; радиальное биение не более 0,1).</p> <p>2. Расточить отверстие окончательно, выдерживая размер <math>\varnothing 38H10^{(+0,1)}</math>.</p>	Токарный станок Schaublin 150	<p>Державка S25R-MWLNL-08 производства “Korloy”, пластина WNMG080408-GR WNMG NC3120</p>	Поверхность $\varnothing 68,6_{-0,2}$ , левый торец
055	<p>Токарная</p> <p>1. Установить и закрепить заготовку в обточенные кулачки (торцевое биение заготовки в кулачках не более 0,03).</p> <p>2. Точить диаметр <math>\varnothing 80f7_{(-0,06)}^{(-0,03)}</math> на проход.</p> <p>3. Точить диаметр <math>\varnothing 68f7_{(-0,06)}^{(-0,03)}</math> с подрезкой торца в размер 22,5, выдерживая R0,5.</p> <p>4. Точить диаметр <math>\varnothing 75</math> с подрезкой торца в размер 23.</p> <p>5. Точить канавку <math>\varnothing 76h9_{(-0,074)}</math>, выдерживая размеры 4,3H13<sup>(+0,18)</sup>, 6,5; R<sub>a</sub> 1,6.</p> <p>6. Точить фаску 30°, выдерживая <math>\varnothing 64</math>; R<sub>a</sub> 1,6; R1,0.</p> <p>7. Точить 2R0,5** на <math>\varnothing 80f7_{(-0,06)}^{(-0,03)}</math></p> <p>8. Полировать наружную поверхность <math>\varnothing 68f7</math>, выдерживая R<sub>a</sub> 0,4.</p> <p>9. Полировать кромки 2R0,5 и 2R0,3(вид “А”), выдерживая R<sub>a</sub> 0,4.</p>		<p>Проходной резец MWLNL2525M08 T15K6, пластина 6-гранная WNMG 080408-GR WNMG NC3120</p> <p style="text-align: center;">-</p> <p style="text-align: center;">-</p> <p>Державка MGENR 2525-4 производства “Korloy”, пластина MGMN 400-M NC3120).</p> <p>Шкурка 2P 725x20 C2 24A 40-НМ ГОСТ 5009-82. Паста ПХЗ (типа ГОИ) тонкая ТУ6-18-36-85.</p>	Отверстие $\varnothing 38^{+0,1}$ , правый торец
060	<p>Контроль</p> <p>Контроль размеров операций № 050-055.</p>			

## 1.5 Размерный анализ базового техпроцесса

Размерный анализ базового (заводского) техпроцесса позволяет оценить качество технологического процесса, определить, будет ли он обеспечивать выполнение конструкторских размеров, найти предельные значения припусков на обработку и оценить их достаточность для обеспечения требуемого качества поверхностного слоя.

Выполним размерный анализ базового (заводского) варианта техпроцесса для основных размеров в продольном направлении методом максимум-минимум.

Исходными данными для размерного анализа являются размер исходной заготовки, чертёж детали и технологический процесс изготовления детали.

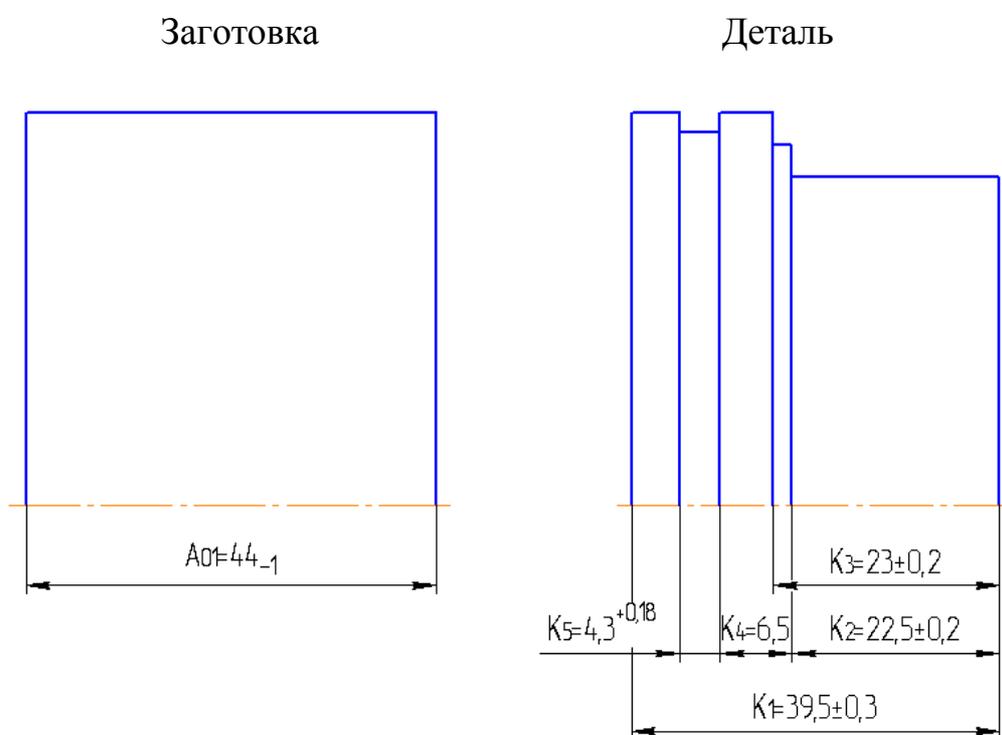


Рис.2 Эскизы заготовки и детали

Таблица 7. Эскизы обработки и переходы операций

Операция	Эскиз	Переходы
1.Токарная		<p>1.Подрезать торец начисто, выдерживая размер <math>42_{-0,5}</math>.</p> <p>2.Подрезать торец, выдерживая размер <math>22,3\pm 0,1</math>.</p>
2.Токарная		<p>1.Подрезать торец начерно, выдерживая размер <math>40,5\pm 0,15</math>.</p>
3.Токарная		<p>1.Подрезать торец начисто, выдерживая размер <math>39,5\pm 0,3</math>.</p>
4.Токарная		<p>1.Подрезать торец, выдерживая размер <math>22,5\pm 0,2</math>.</p> <p>2.Подрезать торец, выдерживая размер <math>2,3\pm 0,2</math>.</p> <p>3.4.Точить канавку, выдерживая размеры 6,5 и <math>4,3H18^{(+0,18)}</math>.</p>

Рис.3 Размерная схема базового (заводского) техпроцесса в продольном направлении

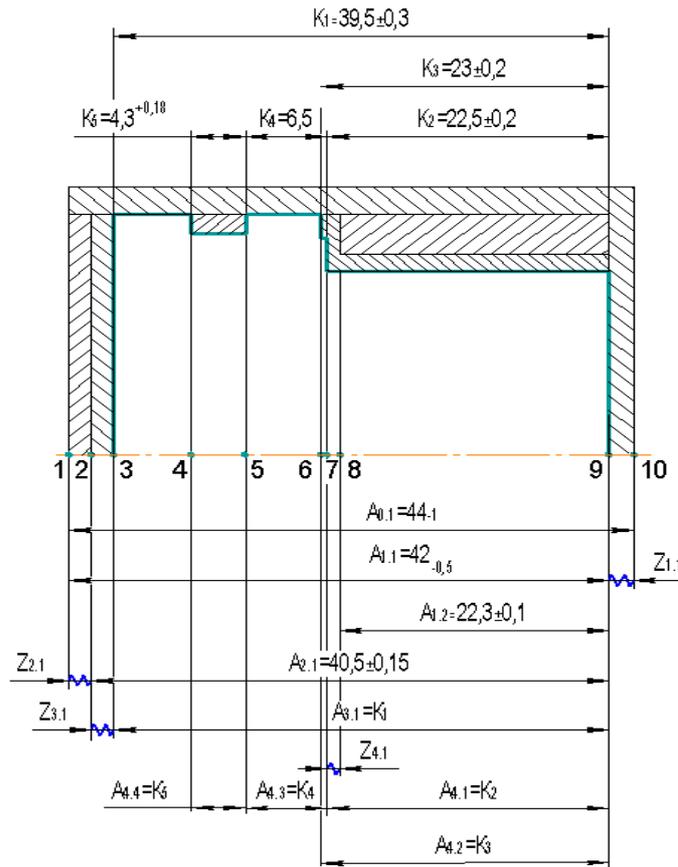


Рис.4 Граф технологических размерных цепей базового техпроцесса в продольном направлении

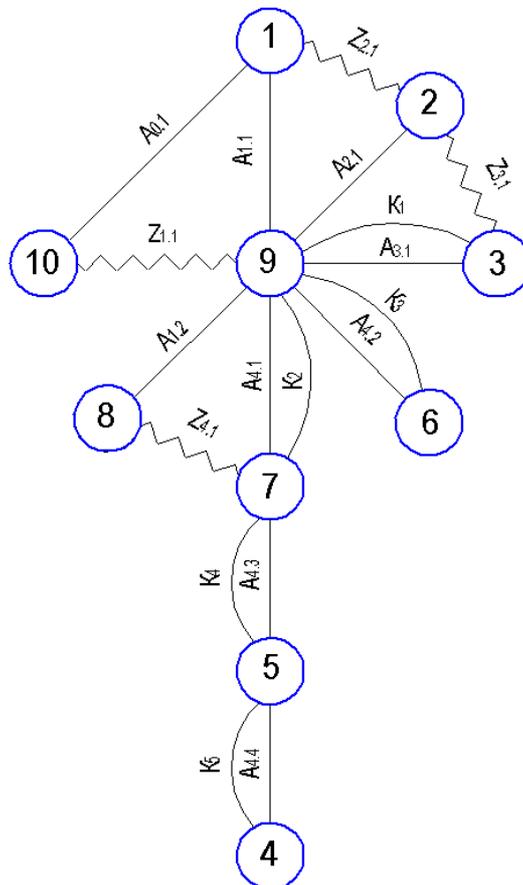
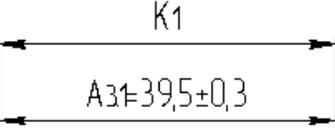
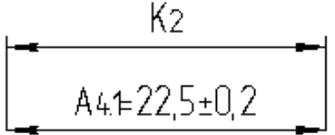
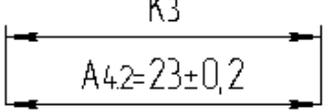
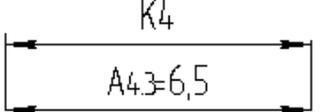
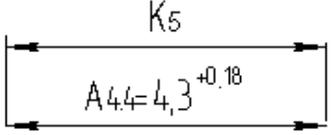
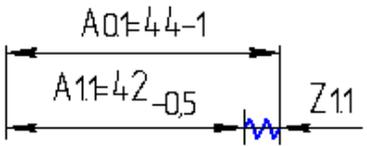
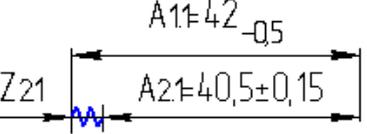
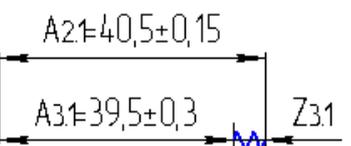
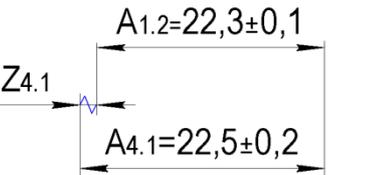


Таблица 8. Размерный анализ базового (заводского) техпроцесса

Проверяемые размеры	Схемы размерных цепей	Уравнения размерных цепей и вычисление значений замыкающих звеньев
K <sub>1</sub>		$K_1 = A_{3,1} = 39,5 \pm 0,3$ Размер выдерживается непосредственно.
K <sub>2</sub>		$K_2 = A_{4,1} = 22,5 \pm 0,2$ Размер выдерживается непосредственно.
K <sub>3</sub>		$K_3 = A_{4,2} = 23 \pm 0,2$ Размер выдерживается непосредственно.
K <sub>4</sub>		$K_4 = A_{4,3} = 6,5$ Размер выдерживается непосредственно.
K <sub>5</sub>		$K_5 = A_{4,4} = 4,3^{+0,18}$ Размер выдерживается непосредственно.
Z <sub>1.1</sub>		$Z_{1,1} = A_{0,1} - A_{1,1} = 44_{-1} - 42_{-0,5} = 2_{-1,0}^{+0,5}$
Z <sub>2.1</sub>		$Z_{2,1} = A_{1,1} - A_{2,1} = 42_{-0,5} - 40,5 \pm 0,15 = 1,5_{-0,65}^{+0,15}$
Z <sub>3.1</sub>		$Z_{3,1} = A_{2,1} - A_{3,1} = 40,5 \pm 0,15 - 39,5 \pm 0,3 = 1 \pm 0,15$
Z <sub>4.1</sub>		$Z_{4,1} = A_{4,1} - A_{1,2} = 22,5 \pm 0,2 - 22,3 \pm 0,1 = 0,2 \pm 0,3$

**ВЫВОД:** Есть возможность улучшить технологический процесс обработки поршня с целью повышения качества детали, снижения трудоёмкости и себестоимости технологического процесса. Большой минус базового технологического процесса, это несоблюдение принципа постоянства баз. В ходе техпроцесса происходит 8 переустановок заготовки, что влечет за собой дополнительную погрешность при обработке. Количество переустановок детали можно сократить до 4 на всех операциях и переходах.

Техпроцесс построен по принципу дифференциации операций. При изготовлении детали использовано несколько станков с ЧПУ на очень простых по содержанию операциях. Поэтому большая часть станков недогружена по своим технологическим возможностям. Операции возможно объединить и все токарные, сверлильные операции можно выполнить на одном станке BOEHRINGER модели VDF560.

### **1.6 Выбор заготовки**

Деталь изготавливается из прессованного бронзового прутка Ø85,0 БрАЖ9-4 ГОСТ 1628-78. Класс точности -9.

Вес заготовки  $m_z = 1,875$  кг;

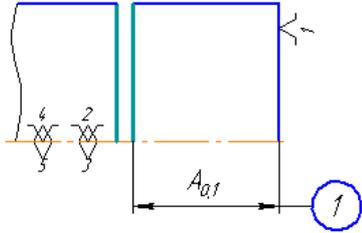
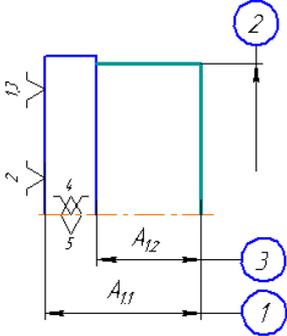
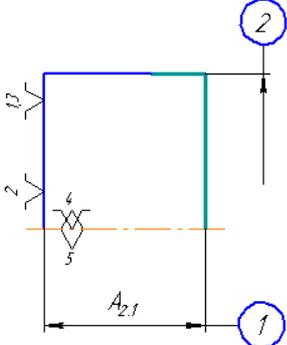
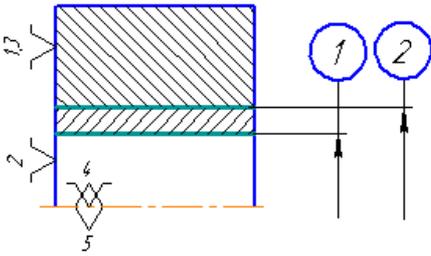
Вес детали  $m_d = 0,544$  кг;

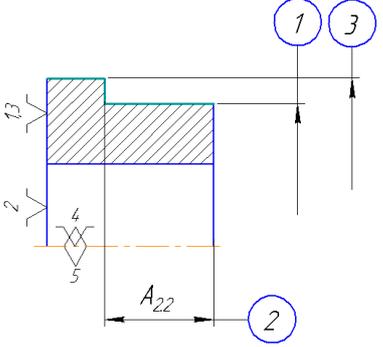
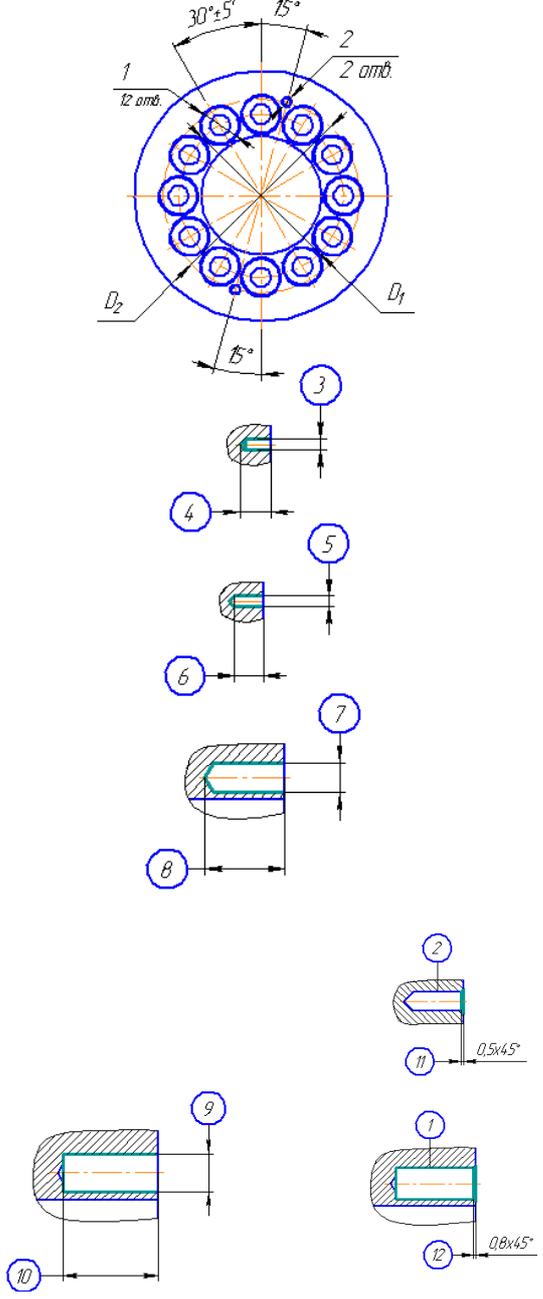
КИМ = 0,26.

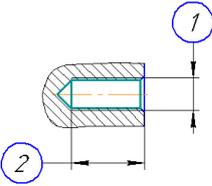
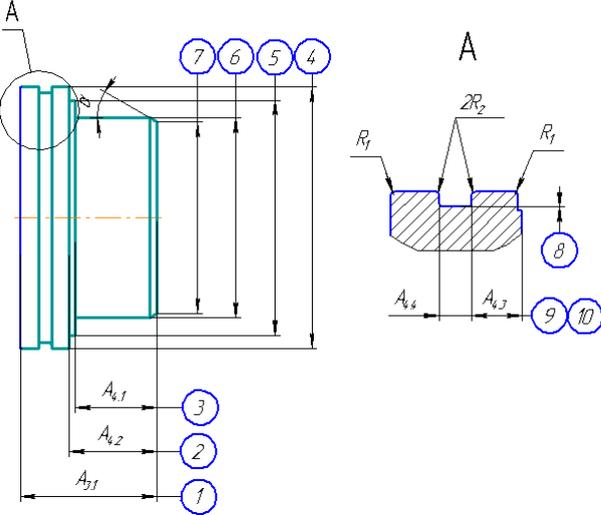
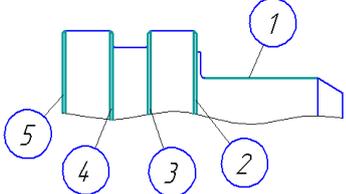
С учетом технологических свойств материала, габаритов детали, а также типа производства (мелкосерийное), в качестве исходной заготовки круглый прокат выбран правильно.

## 1.7 Принятый маршрутный и операционный техпроцесс

Таблица 9

Код, наименование, содержание операций и переходов	Операционный эскиз
1	2
<p>005 Отрезная (заготовительная)</p> <p>Отрезать заготовку в размер 1.</p>	
<p>010 Токарная с ЧПУ</p> <p>1. Подрезать торец начисто, выдерживая размер 1.</p> <p>2. Точить поверхность начерно, выдерживая размеры 2 и 3.</p>	
<p>015 Токарная с ЧПУ</p> <p>1. Подрезать торец начерно, выдерживая размер 1.</p> <p>2. Точить поверхность на проход, выдерживая размер 2.</p>	
<p>020 Токарная с ЧПУ</p> <p>1. Сверлить отверстие 1 на проход.</p> <p>2. Расточить отверстие 2 на проход</p>	

1	2
<p style="text-align: center;">025 Токарная с ЧПУ</p> <p>1.Точить поверхность 1 с подрезкой торца в размер 2.</p> <p>2.Точить поверхность 3 на проход.</p>	
<p style="text-align: center;">030 Контрольная</p> <p>Контроль размеров операций №010-025</p>	
<p style="text-align: center;">035 Токарная с ЧПУ</p> <p>1.Центровать отверстия 1-2, выдерживая размеры 3,4.</p> <p>2. Сверлить отверстия 2 (2 шт.), выдерживая размеры 5,6.</p> <p>3.Сверлить отверстия 1 (12 шт.), выдерживая размеры 7,8.</p> <p>4. Цековать отверстия 1, выдерживая размеры 9,10.</p> <p>5.Зенковать фаски в отверстиях 2, выдерживая размер 11.</p> <p>6. Зенковать фаски в отверстиях 1, выдерживая размер 12.</p>	

1	2
<p>040 Слесарная</p> <p>1. Нарезать резьбу в отверстиях 2, выдерживая размеры 1,2.</p>	
<p>045 Контрольная</p> <p>Контроль размеров операций №035-040</p>	
<p>050 Токарная с ЧПУ</p> <p>1. Подрезать торец начисто, выдерживая размер 1.</p> <p>2. Точить начисто размер 6 выдерживая размер 3.</p> <p>3. Точить начисто размер 5, выдерживая размер 2.</p> <p>4. Точить начисто размер 4 на проход.</p> <p>5. Точить фаску, выдерживая размер 7.</p> <p>6. Точить канавку, выдерживая размеры 8, 9, 10.</p> <p>7. Точить <math>2R_1</math>.</p> <p>8. Точить <math>2R_2</math>.</p>	
<p>055 Отделочная</p> <p>1. Полировать поверхность 1.</p> <p>2. Полировать кромки 2,3,4,5.</p>	
<p>060 Контрольная</p> <p>Контроль размеров операций №050-055</p>	

Отрезная (заготовительная) операция выполняется на ленточнопильном станке Hercules FMV320( производства Италии).

Токарные операции с ЧПУ выполняются на токарном станке BOEHRINGER модели VDF560 DUS (производства Германии).

Для обработки самой точной поверхности детали  $\varnothing 68f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$  рассчитываем необходимое (достаточное) количество операций (переходов) по коэффициенту уточнения ( $\varepsilon_0$ ).

Заготовка - прокат  $\varnothing 85_{-2,2}$ .

Для обработки поверхности  $\varnothing 68 f7$  принимаем следующий маршрут:

- токарная черновая обработка заготовки по 14 качеству (-0,87);
- токарная получистовая обработка по 12 качеству (-0,35);
- токарная чистовая обработка по 10 качеству(-0,12);
- токарная тонкая обработка  $\varnothing 68 f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$  по 7 качеству;
- полирование  $\varnothing 68 f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$  до  $Ra 0,4$ .

Необходимое общее уточнение рассчитаем по формуле:

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{заг}}{T_{дем}} = \frac{2,2}{0,03} = 73,33.$$

Рассчитываем промежуточное значение уточнений полученных на каждой операции (переходе):

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{заг}}{T_1} = \frac{2,2}{0,87} = 2,529; \varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,87}{0,35} = 2,486; \varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3} = \frac{0,35}{0,12} = 2,917;$$
$$\varepsilon_4 = \frac{T_3}{T_4} = \frac{0,12}{0,03} = 4,0; \varepsilon_5 = \frac{T_4}{T_{дем}} = \frac{0,03}{0,03} = 1.$$

Определим общее уточнение для принятого маршрута:

$$\varepsilon_{пр} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 \cdot \varepsilon_5 = 2,529 \cdot 2,486 \cdot 2,917 \cdot 4,0 \cdot 1 = 73,35.$$

Полученное значение  $\varepsilon_{пр}$  показывает, что при принятом маршруте точность обработки поверхности  $\varnothing 68f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$  обеспечивается, так как

$$\varepsilon_0 < \varepsilon_{пр} : (73,33 < 73,35).$$

## 1.8. Расчет припусков и технологических размеров

Расчет припусков выполним расчетно-аналитическим методом с учётом рекомендаций технической и справочной литературы [1,2] .

Величина минимального промежуточного припуска определяется по формулам:

- для асимметричных припусков при последовательной обработке плоских поверхностей

$$z_{i \max} = (R_{i-1} + h_{i-1}) + \rho_{i-1} + \varepsilon_i ;$$

- для симметричных припусков при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения

$$2z_{i \max} = 2(R_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}$$

где  $Rz_{i-1}$  - высота неровностей на предшествующем переходе;

$h_{i-1}$  - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе;

$\rho_{i-1}$  - суммарное пространственное отклонение расположения и форм обрабатываемой поверхности на предшествующем переходе,

$\varepsilon_i$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

При обработке отверстий  $\varepsilon_i$  из формулы исключают:

$$2z_{i \min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + T_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2} \right]$$

Номинальный припуск на обработку определяется по формулам:

- для внутренних поверхностей

$$z_i = z_{i \min} + ES_{i-1} - ES_i$$

$$2z_i = 2z_{i \min} + ES_{Di-1} - ES_{Di}$$

Здесь  $ES_{Di-1}$ ,  $ES_{i-1}$ ;  $ES_{Di}$ ,  $ES_i$  – верхние отклонения размеров соответственно на предшествующем и выполняемом переходах;

- для наружных поверхностей

$$z_i = z_{i \min} + ei_{i-1} + ei_i$$

$$2z_i = 2z_{i \min} + ei_{Di-1} + ei_{Di}$$

здесь  $ei_{i-1}$ ,  $ei_{Di-1}$ ;  $ei_i$ ,  $ei_{Di}$  – нижние отклонения размеров соответственно на предшествующем и выполняемом переходах.

Максимальный припуск на обработку определяется по формулам:

- для внутренних поверхностей

$$z_{i \max} = z_{i \min} + Td_{i-1} + Td_i$$

$$2z_{i \max} = 2z_{i \min} + Td_{i-1} + Td_i$$

- для наружных поверхностей

$$z_{i \max} = z_{i \min} + TD_{i-1} + TD_i$$

$$2z_{i \max} = 2z_{i \min} + TD_{i-1} + TD_i$$

здесь  $Td_{i-1}$ ,  $TD_{i-1}$  – допуски размеров на предшествующем переходе,

$Td_i$ ,  $TD_i$  – допуски размеров на выполняемом переходе.

Максимальные припуски принимают в качестве глубины резания и используем для определения режимов резания и выбора оборудования по мощности.

Расчетные формулы для определения размеров:

- для внутренних поверхностей

$$D_{\max i-1} = D_{\max i} - 2z_{\min i}$$

$$D_{\min i-1} = D_{\max i-1} - T_{D i-1}$$

$$a_{\max i-1} = a_{\max i} - z_{\min i}$$

$$a_{\min i-1} = a_{\max i-1} - T_{i-1}$$

- для наружных поверхностей

$$D_{\max i-1} = D_{\min i-1} + T_{D i-1}$$

$$D_{\min i-1} = D_{\min i} + 2z_{\min i}$$

$$a_{\max i-1} = a_{\min i-1} + T_{i-1}$$

$$a_{\min i-1} = a_{\min i} + z_{\min i}$$

здесь  $2z_{\min i}$  – минимальный (расчетный) припуск на диаметр;

$z_{\min i}$  – минимальный (расчетный) припуск на сторону на выполняемый технологический переход;

$a_{\min i-1}$ ,  $D_{\min i-1}$ ,  $a_{\max i-1}$ ,  $D_{\max i-1}$ , – соответственно наименьшие и наибольшие предельные размеры, полученные на предшествующем переходе;

$a_{\min i}$ ,  $D_{\min i}$ ,  $a_{\max i}$ ,  $D_{\max i}$ , – соответственно наименьшие и наибольшие предельные размеры, полученные на выполняемом технологическом переходе.

Рассчитаем припуски и операционные размеры с использованием вышеперечисленных формул и расчетных карт для каждой поверхности (см. таблицы 13-20).

Правильность проведенных расчетов определим по формулам:

$$z_{i \max} - z_{i \min} = T_{i-1} - T_i;$$

$$2z_{i \max} - 2z_{i \min} = T_{D i-1} - T_{D i};$$

$$z_{o \max} - z_{o \min} = T_z - T_{\partial};$$

$$2z_{o \max} - 2z_{o \min} = T_{D z} - T_{D \partial};$$

здесь  $z_{o \max}$ ,  $z_{o \min}$  – общие припуски на обработку.

В минимальный припуск входят пространственные отклонения ( $\rho$ ), имеющие самостоятельные значения, не связанные с допуском на выполняемый размер.

Для заготовок из сортового проката при консольном закреплении детали значение пространственных отклонений определим по формуле:

$$\rho_k = \Delta_k \cdot L_{\max},$$

где  $\Delta_k$  - удельная кривизна обрабатываемой поверхности;

$L_{\max}$  - наибольший продольный размер обрабатываемой поверхности.

Для прессованного бронзового прутка  $\varnothing 40-120$ мм. ГОСТ 1628-78(табл. 7) –

$$\Delta_k = 6 \text{ мм} / \text{м} = 0,6 \text{ мкм} / \text{мм}.$$

$$\rho_k = 0,6 \cdot 44 = 26 \text{ мкм}.$$

Остаточная пространственная погрешность в случае многопереходной обработки поверхности в одном установе уменьшается на коэффициент  $K_y$ .

При обработке точением торцевых поверхностей (наружным диаметром  $D$ ) остаточную пространственную погрешность можно принимать:

- при черновой подрезке торцов  $K_y = 0,1$

$$\rho_{\text{черн}} = K_y \cdot D \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,1 \cdot D \cdot \rho_{\text{заг}} ;$$

- при получистовой подрезке торцов  $K_y = 0,075$

$$\rho_{\text{получист}} = K_y \cdot D \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,075 \cdot D \cdot \rho_{\text{заг}}$$

- при чистовой подрезке торцов  $K_y = 0,05$

$$\rho_{\text{чист}} = K_y \cdot D \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,05 \cdot D \cdot \rho_{\text{заг}} .$$

При обработке поверхностей вращения остаточную пространственную погрешность можно принимать:

- при черновом и однократного обтачивании  $K_y = 0,06$

$$\rho_{\text{черн}} = K_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot \rho_{\text{заг}} ;$$

- при получистовом обтачивании  $K_y = 0,05$  ,

$$\rho_{\text{получист}} = K_y \cdot \rho_{\text{черн}} = 0,05 \cdot \rho_{\text{черн}} ;$$

- при чистовой обработке  $K_y = 0,04$

$$\rho_{\text{чист}} = K_y \cdot \rho_{\text{черн}} = 0,04 \cdot \rho_{\text{черн}}$$

Погрешность установки заготовки  $\varepsilon_{yi}$  на выполняемом переходе определяют как векторную сумму погрешности базирования  $\varepsilon_{\delta}$ , погрешности закрепления  $\varepsilon_3$  и погрешности приспособления  $\varepsilon_{np}$ .

$$\varepsilon_{yi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

Для однопозиционной обработки погрешность установки заготовки  $\varepsilon_{yi}$  можно определить по формуле:

$$\varepsilon_{yi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}$$

При установке детали в трёхкулачковом патроне  $\varepsilon_{\delta}=0$ .

Погрешность закрепления  $\varepsilon_3$  рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_3 = \sqrt{\varepsilon_{oc}^2 + \varepsilon_{rad}^2} ,$$

где  $\varepsilon_{oc}$  - осевая составляющая,

$\varepsilon_{rad}$  - радиальная составляющая.

Погрешности закрепления  $\varepsilon_3$  при поперечном размере заготовки свыше 80мм., (базовая поверхность предварительно обработанная) составят [1, стр.76-78]:

- в осевом направлении  $\varepsilon_{oc}=100\text{мкм.}$ ,
- в радиальном направлении  $\varepsilon_{pad}=120\text{мкм.}$

$$\varepsilon_3 = \sqrt{\varepsilon_{oc}^2 + \varepsilon_{pad}^2} = \sqrt{100^2 + 120^2} = 156\text{мкм.}$$

Погрешность установки возникает каждый раз при выполнении очередного установа заготовки. В случае многопереходной обработки поверхности в одном установе погрешность уменьшается на коэффициент  $K_y$ . Значения коэффициента уменьшения исходной погрешности  $K_y$  для расчёта погрешности закрепления приведены выше для вычисления остаточной погрешности.

### **Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 80f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$**

#### Маршрут обработки:

заготовка (16кв) → точ. черн. (14кв) → точ. получист. (12кв) → точ. чист. (10кв)  
→ точ. тонк. (8-9кв) ; → точ. тонк. (7кв).

Поверхность  $\varnothing 80f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$  обрабатывается за 3 установа:

- 1- точение черновое и получистовое;
- 2- точение чистовое;
- 3- точение тонкое.

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя для прессованных заготовок 16 качества примем по табл. П.2.10 [2, с.362]:

$$Rz + h = 160 + 160 = 320 \text{ мкм.}$$

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем по табл. 4.5 [1, стр.64]:

- черновая обработка  $Rz = 50 \text{ мкм, } h = 50 \text{ мкм;}$
- получистовая обработка  $Rz = 40 \text{ мкм, } h = 40 \text{ мкм;}$
- чистовая обработка  $Rz = 30 \text{ мкм, } h = 30 \text{ мкм;}$
- тонкая обработка  $Rz = 3 \text{ мкм.}$

Пространственная погрешность заготовки:

$$\rho_{заг} = 0,6 \cdot 44 = 26 \text{ мкм.}$$

Остаточная пространственная погрешность:

- при черновом точении  $K_y = 0,06$  :

$$\rho_{черн} = 0,06 \cdot 26 = 1,6 \text{ мкм};$$

- при получистовом точении  $K_y = 0,05$  :

$$\rho_{получист} = 0,05 \cdot 1,6 = 0,1 \text{ мкм};$$

- при чистовом точении равна погрешности обрабатываемой поверхности длиной 17мм :

$$\rho_{чист} = 0,6 \cdot 17 = 10 \text{ мкм};$$

- при тонком точении  $K_y = 0,02$

$$\rho_{тонк} = 0,02 \cdot 10 = 0,2 \text{ мкм}.$$

Погрешность закрепления:

- при черновом обтачивании  $\varepsilon_3 = 156 \text{ мкм};$

- при получистовом обтачивании  $K_y = 0,06$

$$\varepsilon_{получист} = K_y \cdot \varepsilon_3 = 0,06 \cdot 156 = 9,4 \text{ мкм};$$

- при чистовом обтачивании  $K_y = 0,05$

$$\varepsilon_{чист} = K_y \cdot \varepsilon_3 = 0,05 \cdot 15,6 = 1,0 \text{ мкм}.$$

1. Расчёт минимальных припусков:

- точение черновое

$$2z_{i \min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \left[ (160 + 200) + \sqrt{26^2 + 156^2} \right] = 2 \cdot 158 \text{ мкм};$$

- точение получистовое

$$2z_{i \min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \left[ (50 + 50 + \sqrt{2,6^2 + 9,4^2}) \right] = 2 \cdot 110 \text{ мкм};$$

- точение чистовое

$$2z_{i \min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \left[ (40 + 40 + \sqrt{0,1^2 + 1,0^2}) \right] = 2 \cdot 81 \text{ мкм};$$

- точение тонкое

$$2z_{i \min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \left[ (30 + 30 + \sqrt{10^2}) \right] = 2 \cdot 70 \text{ мкм};$$

- точение тонкое

$$2z_{i \min} = 2 \cdot Rz_{i-1} = 2 \cdot 3 \text{ мкм}.$$

2. Расчётный размер:  $d_p = d_{\min i-1} + 2Z_{\min i-1}$

- точение тонкое

$$d_{p4} = 79,94 + 2 * 0,03 = 80 \text{ мм};$$

- точение тонкое

$$d_{p3} = 80 + 2 * 0,07 = 80,14 \text{ мм};$$

- точение чистовое

$$d_{p2} = 80,14 + 2 * 0,81 = 81,76 \text{ мм};$$

- точение получистовое

$$d_{p1} = 81,76 + 2 * 0,11 = 81,98 \text{ мм};$$

- точение черновое

$$d_{p \text{ заг}} = 81,98 + 2 * 0,158 = 82,296 \text{ мм} \approx 82,3 \text{ мм}.$$

3. Допуски на каждом переходе принимаем по таблице П.2.11 [2, стр.364].

$$\delta_1 = 30 \text{ мкм}; \delta_2 = 60 \text{ мкм}; \delta_3 = 120 \text{ мкм}; \delta_4 = 0,35 \text{ мм}; \delta_5 = 0,87 \text{ мм}; \delta_3 = 2,2 \text{ мм}.$$

4. Предельные размеры  $d_{\text{max}} = d_{\text{min}} + \delta$ :

- точение тонкое

$$d_{\text{max}} = d_{\text{min}} + \delta_1 = 79,94 + 0,03 = 79,97 \text{ мм};$$

- точение тонкое

$$d_{\text{max}} = d_{\text{min}} + \delta_2 = 80,0 + 0,06 = 80,06 \text{ мм};$$

- точение чистовое

$$d_{\text{max}} = d_{\text{min}} + \delta_3 = 80,14 + 0,12 = 80,26 \text{ мм};$$

- точение получистовое

$$d_{\text{max}} = d_{\text{min}} + \delta_4 = 81,76 + 0,35 = 82,11 \text{ мм};$$

- точение черновое

$$d_{\text{max}} = d_{\text{min}} + \delta_5 = 81,98 + 0,87 = 82,85 \text{ мм};$$

- заготовка

$$d_{\text{max}} = d_{\text{min}} + \delta_3 = 82,3 + 2,2 = 84,5 \text{ мм}.$$

5. Предельные значения припусков:

$$Z_{\text{min1}} = 82,3 - 81,98 = 0,32 \text{ мм} = 320 \text{ мкм};$$

$$Z_{\text{min2}} = 81,98 - 81,76 = 0,22 \text{ мм} = 220 \text{ мкм};$$

$$Z_{\text{min3}} = 81,76 - 80,14 = 1,62 \text{ мм} = 1620 \text{ мкм};$$

$$Z_{\text{min4}} = 80,14 - 80,0 = 0,14 \text{ мм} = 140 \text{ мкм};$$

$$Z_{\text{min5}} = 80,0 - 79,94 = 0,06 \text{ мм} = 60 \text{ мкм};$$

$$Z_{\text{max1}} = 84,5 - 82,85 = 1,65 \text{ мм} = 1650 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 2} = 82,85 - 82,11 = 0,74 \text{ мм} = 740 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 3} = 82,11 - 80,26 = 1,85 \text{ мм} = 1850 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 4} = 80,26 - 80,06 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 5} = 80,06 - 79,97 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ мкм}.$$

6. Общие припуски:

$$Z^{\circ}_{\min} = 320 + 220 + 1620 + 140 + 60 = 2360 \text{ мкм};$$

$$Z^{\circ}_{\max} = 1650 + 740 + 1850 + 200 + 90 = 4530 \text{ мкм}.$$

7. Общий номинальный припуск:

$$Z^{\circ}_{\text{ном}} = Z^{\circ}_{\min} + H_3 - H_d = 2360 + 2200 - 60 = 4500 \text{ мкм}.$$

8. Номинальный диаметр заготовки:

$$d_{\text{заг.ном}} = 79,94 + 4,5 = 84,44 \text{ мм} \approx 85 \text{ мм}.$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 10.

Таблица 10. Расчет припусков на обработку поверхности  $\varnothing 80f7 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}$

Переходы обработки поверхности $\varnothing 80f7 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}$	Элементы припуска, в мкм				Расчётный припуск, $2Z_{\min}$ в мкм	Расчётный размер, в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Предельные размеры, в мм		Предельные значения припусков в мкм	
	$Rz$	$h$	$\rho$	$\varepsilon$				min	max	min	max
Заготовка	320		26	-	-	82,3	2200	82,3	84,5	-	-
Точение: 1 установ черновое получистовое	50	50	2,6	156	2*158	81,98	870	81,98	82,85	320	1650
	40	40	0,1	9,4	2*110	81,76	350	81,76	82,11	220	740
2 установ чистовое	30	30	10	1,0	2*81	80,14	120	80,14	80,26	1620	1850
3 установ тонкое тонкое	3	-	-	-	2*70	80,0	60	80,0	80,06	140	200
	0,8	-	-	-	2*3	79,94	30	79,94	79,97	60	90
Общий припуск										2360	4530

## Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\text{Ø}68f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$

### Маршрут обработки:

точ.чист.(10кв) → точ.тонк.(7кв) → полир.(7кв) .

После черновой и получистовой обработки поверхности  $\text{Ø}80f7$  снимается напуск, затем производится чистовое точение (1 установ), тонкое точение (2 установ) и полирование поверхности  $\text{Ø}68 f7$  .

Значения шероховатости и толщину дефектного поверхностного слоя принимаем для получистового точения поверхности  $\text{Ø}80f7 Rz=40$  мкм,  $h=40$ мкм.

Значение пространственной погрешности  $\rho$  принимаем с учётом кривизны обрабатываемой поверхности длиной 22,5мм:

$$\rho_k = \Delta_k \cdot L_{\max} = 0,06 \cdot 22,5 = 1,4 \text{ мкм.}$$

Погрешности закрепления  $\varepsilon_3$  при поперечном размере заготовки 50-80мм., (базовая поверхность предварительно обработанная) составят при чистовом точении [1, стр.76-78]:

- в осевом направлении  $\varepsilon_{oc} = 90$ мкм.,

- в радиальном направлении  $\varepsilon_{pad} = 100$ мкм.

$$\varepsilon_3 = \sqrt{\varepsilon_{oc}^2 + \varepsilon_{pad}^2} = \sqrt{90^2 + 100^2} = 135 \text{ мкм.}$$

### 1. Расчёт минимальных припусков $2Z_{\min}$ :

- точение чистовое

$$2z_{i\min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2} \right] = 2 \left[ (40 + 40) + \sqrt{1,3^2 + 135^2} \right] = 2 \cdot 215 \text{ мкм};$$

- точение тонкое

$$2z_{i\min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2} \right] = 2 \left[ (25 + 25) + \sqrt{1,4^2 + 135^2} \right] = 2 \cdot 185 \text{ мкм};$$

### 2. Расчётный размер: $d_p = d_{\min i-1} + 2Z_{\min i-1}$ :

- точение тонкое

$$d_{p2} = 67,94 + 2 \cdot 185 = 68,31 \text{ мм};$$

- точение чистовое

$$d_{p1} = 68,31 + 2 \cdot 0,215 = 68,74 \text{ мм.}$$

### 3. Допуски на каждом переходе принимаем по таблице П.2.11 [2, стр.364].

$$\delta_1 = 120 \text{ мкм}; \delta_2 = 60 \text{ мкм}; \delta_d = 300 \text{ мкм.}$$

4. Предельные размеры  $d_{\max}=d_{\min}+\delta$ :

- точение тонкое

$$d_{\max}=d_{\min}+\delta_2=68+0,06=68,06\text{мм};$$

- точение чистовое

$$d_{\max}=d_{\min}+\delta_1=68,37+0,12=68,49\text{мм};$$

- деталь

$$d_{\max}=d_{\min}+\delta_d=68,8+0,3=69,1\text{мм}.$$

5. Предельные значения припусков:

$$Z_{\min 1}=68,31-67,94=0,37\text{мм}=370\text{мкм};$$

$$Z_{\min 2}=68,8-68,31=0,49\text{мм}=490\text{мкм};$$

$$Z_{\max 1}=69,1-68,49=0,61\text{мм}=610\text{мкм};$$

$$Z_{\max 2}=68,49-68,00=0,49\text{мм}=490\text{мкм}.$$

6. Общие припуски:

$$Z^{\circ}_{\min}=430+370=860\text{мкм};$$

$$Z^{\circ}_{\max}=610+490=1100\text{мкм}.$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 11.

Таблица 11. Расчет припусков на обработку поверхности  $\text{Ø}68f7\left(\begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}\right)$

Переходы обработки поверхности $\text{Ø}68f7\left(\begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}\right)$	Элементы припуска, в мкм				Расчётный припуск $2Z_{\min}$ , в мкм	Расчётный размер, в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Предельные размеры, в мм		Предельные значения припусков, в мкм	
	$Rz$	$h$	$\rho$	$\varepsilon$				min	max	min	max
Точение получистовое $\text{Ø}80f7\left(\begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}\right)$	40	40	1,3	-	-	68,74	300	68,8	69,1	-	-
Точение: 1 установ чистовое	25	25	1,4	135	2*215	68,31	120	68,31	68,49	490	610
2 установ тонкое	3	10	-	-	2*185	67,94	60	67,94	68,0	370	490
Общий припуск										860	1100

## Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 75 \pm 0,3$

Точение поверхности  $\varnothing 75 \pm 0,3$  производится после окончательной обработки поверхностей  $\varnothing 80 f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$  и  $\varnothing 68 f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$ .

Припуск на чистовую обработку поверхности  $\varnothing 75 \pm 0,3$  составит:

$$Z = 80 \begin{matrix} -0,03 \\ -0,06 \end{matrix} - 75 \pm 0,3 = 5 \begin{matrix} +0,27 \\ -0,24 \end{matrix} \text{ мм.}$$

## Расчет припусков и технологических размеров канавки $\varnothing 76h9 \begin{pmatrix} -0,074 \end{pmatrix}$

Точение канавки  $\varnothing 76h9 \begin{pmatrix} -0,074 \end{pmatrix}$  производится после окончательной обработки поверхности  $\varnothing 80 f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$ .

Припуск на чистовую обработку канавки составит:

$$Z = 80 \begin{matrix} -0,03 \\ -0,06 \end{matrix} - 76 \begin{matrix} -0,074 \end{matrix} = 4 \begin{matrix} +0,044 \\ -0,06 \end{matrix} \text{ мм.}$$

## Расчет припусков и технологических размеров отверстия $\varnothing 38H10 \begin{pmatrix} +0,1 \end{pmatrix}$

Маршрут обработки:

сверление(12кв)  $\rightarrow$  точ.получист.(11кв)  $\rightarrow$  точ.чист.(10кв) .

1. Примем значения припусков на обработку:

- получистовое растачивание после сверления  $2 * Z_{\min} = 1,5 \text{ мм}$ ;

- чистовое растачивание  $2 * Z_{\min} = 1,5 \text{ мм}$ .

2. Расчётный размер:  $d_p = d_{\min i-1} - 2Z_{\min i-1}$ :

- при чистовом растачивании

$$d_{\min 3} = 38,0 \text{ мм};$$

- при получистовом растачивании

$$d_{\min 2} = 38,0 - 2 * 1500 = 35,0 \text{ мм};$$

- при сверлении

$$d_{\min 1} = 35,0 - 2 * 1500 = 32,0 \text{ мм};$$

3. Допуски на каждом переходе принимаем по квалитетам:

$$\delta_1 = 250 \text{ мкм}; \delta_2 = 160 \text{ мкм}; \delta_3 = 100 \text{ мкм.}$$

4. Предельные размеры  $d_{\max} = d_{\min} + \delta$ :

$$d_{\min 3} = d_{\max 3} + \delta_3 = 38,0 + 0,1 = 38,1 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = d_{\max 2} + \delta_2 = 35,0 + 0,16 = 35,16 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = d_{\max 1} + \delta_1 = 35,0 + 0,25 = 35,25 \text{ мм};$$

5. Предельные значения припусков:

$$Z_{\min 1} = 35,0 - 32,0 = 3\text{мм} = 3000\text{мкм};$$

$$Z_{\min 2} = 38,0 - 35,0 = 3\text{мм} = 3000\text{мкм};$$

$$Z_{\max 1} = 35,16 - 32,25 = 2,91\text{мм} = 2910\text{мкм};$$

$$Z_{\max 2} = 38,1 - 35,16 = 2,94\text{мм} = 2940\text{мкм}.$$

6. Общие припуски:

$$Z^{\circ}_{\min} = 3000 + 3000 = 6000\text{мкм};$$

$$Z^{\circ}_{\max} = 2910 + 2940 = 5850\text{мкм}.$$

7. Номинальный диаметр для сверления центрального отверстия:

$$d_1 = 32,0 + 32,4/2 = 32,2\text{мм}, \text{принимается } \varnothing 32 \pm 0,2\text{мм}.$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 12.

Таблица 12. Расчет припусков на обработку отверстия  $\varnothing 38H10^{(+0,1)}$

Переходы обработки отверстия $\varnothing 38H10^{(+0,1)}$	Табличный припуск $Z_{\min}$ , в мкм	Расчётный размер, в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Предельные размеры в мм		Предельные значения припусков в мкм	
				min	max	min	max
Сверление	-	32,0	250	32,0	32,25	-	-
Растачивание:							
получистовое	2*1500	35,0	160	35,0	35,16	3000	2910
чистовое	2*1500	38,0	100	38,0	38,1	3000	2940
Общий припуск						6000	5850

### Расчет припусков и технологических размеров

#### отверстия $\varnothing 12,5H11^{(+0,11)}$

Маршрут обработки:

сверление отв.  $\varnothing 2,5\text{мм}$  (13кв) → сверление  $\varnothing 3,3^{+0,13}\text{мм}$  (13кв) →  
 → сверление  $\varnothing 12,0\text{мм}$  (12кв) → цекование  $\varnothing 12,5H11^{(+0,11)}\text{мм}$  (11кв).

1. Примем значения припусков на обработку:

- при сверлении  $\varnothing 3,3$   $2 * Z_{\min} = 0,4\text{мм}$ ;

- при сверлении  $\varnothing 12,0$   $2 * Z_{\min} = 4,35\text{мм}$ ;

- при цековании  $\varnothing 12,5$   $2 * Z_{\min} = 0,25\text{мм}$ .

2. Расчётный размер:  $d_p = d_{\min i-1} - 2Z_{\min i-1}$ :

- при сверлении Ø3,3

$$d_{\min 1} = 3,3 - 2 * 0,4 = 2,5 \text{ мм};$$

- при сверлении Ø12,0

$$d_{\min 2} = 12,0 - 2 * 4,35 = 3,3 \text{ мм};$$

- при цековании Ø12,5

$$d_{\min 3} = 12,5 - 2 * 0,25 = 12,0 \text{ мм}.$$

3. Допуски на каждом переходе принимаем по квалитетам:

$$\delta_1 = 130 \text{ мкм}; \delta_2 = 160 \text{ мкм}; \delta_3 = 110 \text{ мкм}.$$

4. Предельные размеры  $d_{\max} = d_{\min} + \delta$ :

$$d_{\min 3} = d_{\max 3} + \delta_3 = 12,5 + 0,11 = 12,61 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = d_{\max 2} + \delta_2 = 12,0 + 0,16 = 12,16 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = d_{\max 1} + \delta_1 = 3,3 + 0,13 = 3,43 \text{ мм};$$

5. Предельные значения припусков:

$$Z_{\min 1} = 3,3 - 2,5 = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 2} = 12,0 - 3,3 = 8,7 \text{ мм} = 8700 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 3} = 12,5 - 12,0 = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ мкм}.$$

$$Z_{\max 1} = 3,43 - 3,3 = 0,13 \text{ мм} = 130 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 2} = 12,16 - 12,0 = 0,16 \text{ мм} = 160 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 3} = 12,61 - 12,5 = 0,11 \text{ мм} = 110 \text{ мкм}.$$

6. Общие припуски:

$$Z^{\circ}_{\min} = 800 + 8700 + 500 = 10000 \text{ мкм};$$

$$Z^{\circ}_{\max} = 130 + 160 + 110 = 400 \text{ мкм}.$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 13.

Таблица 13. Расчет припусков на обработку отверстия Ø12,5H11<sup>(+0,11)</sup>

Переходы обработки отверстия Ø12,5H11 <sup>(+0,11)</sup>	Табличный припуск $Z_{\min}$ , в мкм	Расчётный размер, в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Предельные размеры в мм		Предельные значения припусков в мкм	
				min	max	min	max
Сверление Ø2,5	-	2,5					
Сверление Ø3,3	2*0,4	3,3	130	3,3	3,43	800	130
Сверление Ø12,0	2*4,35	12,0	160	12,0	12,16	8700	160
Цекование Ø12,5	2*0,25	12,5	110	12,5	12,61	500	110
Общий припуск						10000	400

Определяем технологические размеры в диаметральном направлении.

Расчет технологических размеров для  $\varnothing 80f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$  выполним из условия обеспечения минимальных припусков на обработку. При этом расчёте используем размерную схему представленную на рисунке 5:

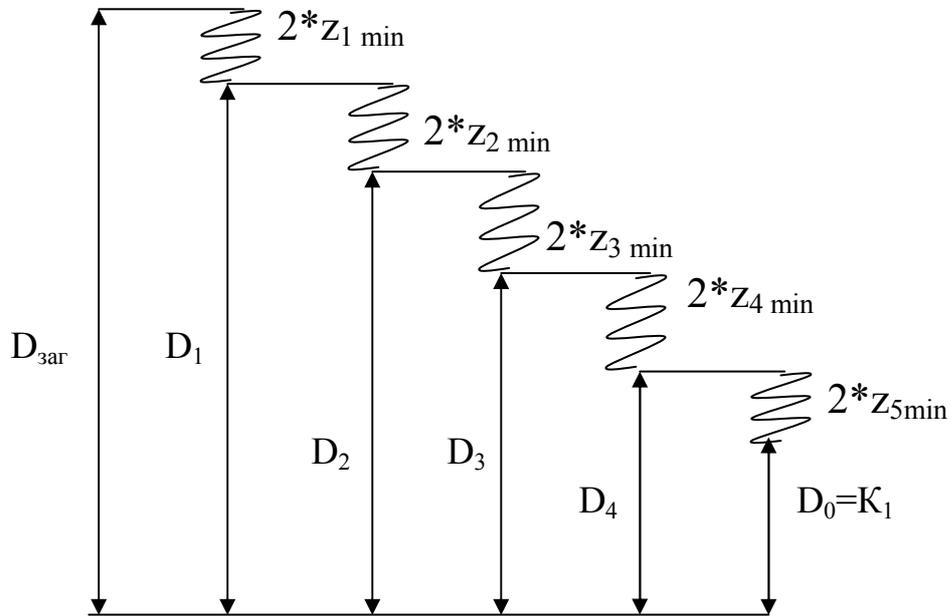


Рис.5 Размерная схема обработки поверхности  $\varnothing 80f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$

Определим величину  $D_4$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры:  $D_0 = K_1, D_4, 2z_{5\min}$ :

$$D_4^C = D_0^C + 2z_5^C = D_0^C + (2z_{5\min} + 2z_{5\max})/2 =$$

$$D_0^C + (2z_{5\min} + (2z_{5\min} + TD_4 + TD_0))/2 =$$

$$79,955 + (0,06 + (0,06 + 0,06 + 0,03))/2 = 80,125 \text{ мм.}$$

$$2z_5^C = D_4^C - D_0^C = 80,125 - 79,955 = 0,17 \text{ мм,}$$

$$2z_{5\max} = 2(2z_5^C) - 2z_{5\min} = 2 \cdot 0,17 - 2 \cdot 0,06 = 0,22 \text{ мм.}$$

$$D_4 = D_4^C + 0,015 = 80,125 + 0,015 = 80,14_{-0,03} \text{ мм.}$$

Принимаем:

$$D_4 = 80,14_{-0,03} \text{ мм.}$$

$$2z_5 = D_4 - D_0 = 80,14_{-0,03} - 80_{-0,06} = 0,14 + 0,06 \text{ мм.}$$

$$2z_{5\max} = 0,20 \text{ мм;}$$

$$2z_{5\min} = 0,14 \text{ мм.}$$

Определим величину  $D_3$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры:  $D_3$ ,  $D_4$ ,  $2*z_4$  min:

$$D_3^C = D_4^C + 2*z_4^C = D_4^C + (2*z_4 \text{ min} + 2*z_4 \text{ max})/2 =$$

$$D_4^C + (2*z_4 \text{ min} + (2*z_4 \text{ min} + TD_3 + TD_4))/2 =$$

$$80,1 + (0,14 + (0,14 + 0,12 + 0,06))/2 = 80,33 \text{ мм.}$$

$$2*z_4^C = D_3^C - D_4^C = 80,33 - 80,1 = 0,23 \text{ мм,}$$

$$2*z_4 \text{ max} = 2(2*z_4^C) - 2*z_4 \text{ min} = 2*0,23 - 2*0,14 = 0,18 \text{ мм.}$$

$$D_3 = D_3^C + 0,03 = 80,33 + 0,03 = 80,39 - 0,06 \text{ мм.}$$

Принимаем:  $D_3 = 80,4 - 0,06$  мм.

$$2z_4 = D_3 - D_4 = 80,4 - 0,06 - 80,14 - 0,03 = 0,26^{+0,03}_{-0,06} \text{ мм;}$$

$$2z_{4\text{max}} = 0,29 \text{ мм;}$$

$$2z_{4\text{min}} = 0,20 \text{ мм.}$$

Суммарный припуск на тонкое точение составит:

$$2z_5 + 2z_4 = 0,14 + 0,06 + 0,26^{+0,03}_{-0,06} = 0,4_{-0,03}$$

Определим величину  $D_2$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры:  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $2*z_3$  min:

$$D_2^C = D_3^C + 2*z_3^C = D_3^C + (2*z_3 \text{ min} + 2*z_3 \text{ max})/2 =$$

$$D_3^C + (2*z_3 \text{ min} + (2*z_3 \text{ min} + TD_2 + TD_3))/2 =$$

$$80,33 + (1,62 + (1,62 + 0,06 + 0,12))/2 = 82,04 \text{ мм.}$$

$$2*z_3^C = D_2^C - D_3^C = 82,04 - 80,33 = 1,71 \text{ мм,}$$

$$2*z_3 \text{ max} = 2(2*z_3^C) - 2*z_3 \text{ min} = 2*1,71 - 2*1,62 = 0,18 \text{ мм.}$$

$$D_2 = D_2^C + 0,24 = 82,04 + 0,06 = 82,1 - 0,12 \text{ мм.}$$

Принимаем:  $D_2 = 82,1 - 0,12$  мм.

$$2z_3 = D_2 - D_3 = 82,1 - 0,12 - 80,4 - 0,06 = 1,7^{+0,06}_{-0,12} \text{ мм;}$$

$$2z_{3\text{max}} = 1,76 \text{ мм;}$$

$$2z_{3\text{min}} = 1,58 \text{ мм.}$$

Припуск на чистовое точение составит:

$$2z_3 = 1,7^{+0,06}_{-0,12} \text{ мм.}$$

Определим величину  $D_1$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры:  $D_2$ ,  $D_1$ ,  $2 \cdot z_{2 \min}$ :

$$\begin{aligned}
 D_1^C &= D_2^C + 2 \cdot z_2^C = D_2^C + (2 \cdot z_{2 \min} + 2 \cdot z_{2 \max})/2 = \\
 &D_2^C + (2 \cdot z_{2 \min} + (2 \cdot z_{2 \min} + TD_1 + TD_2))/2 = \\
 &82,04 + (0,22 + (0,22 + 0,35 + 0,12))/2 = 82,495 \text{ мм.} \\
 2 \cdot z_2^C &= D_1^C - D_2^C = 82,495 - 82,04 = 0,455 \text{ мм,} \\
 2 \cdot z_{2 \max} &= 2(2 \cdot z_2^C) - 2 \cdot z_{2 \min} = 2 \cdot 0,455 - 2 \cdot 0,22 = 0,47 \text{ мм.} \\
 D_1 &= D_1^C + 0,24 = 82,495 + 0,24 = 82,735_{-0,12} \text{ мм.}
 \end{aligned}$$

Принимаем:  $D_1 = 82,735_{-0,12}$  мм

$$2z_2 = D_1 - D_2 = 82,735_{-0,12} - 82,1_{-0,12} = 0,635 \pm 0,12 \text{ мм;}$$

$$2z_{2 \max} = 0,755 \text{ мм;}$$

$$2z_{2 \min} = 0,515 \text{ мм.}$$

Определим величину  $D_{\text{зар}}$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры:  $D_{\text{зар}}$ ,  $D_1$ ,  $2 \cdot z_{1 \min}$ :

$$\begin{aligned}
 D_{\text{зар}}^C &= D_1^C + 2 \cdot z_1^C = D_1^C + (2 \cdot z_{1 \min} + 2 \cdot z_{1 \max})/2 = \\
 &D_1^C + (2 \cdot z_{1 \min} + (2 \cdot z_{1 \min} + TD_1 + TD_{\text{зар}}))/2 = \\
 &82,495 + (0,32 + (0,32 + 0,87 + 2,2))/2 = 84,35 \text{ мм.} \\
 2 \cdot z_1^C &= D_{\text{зар}}^C - D_1^C = 84,35 - 82,495 = 1,855 \text{ мм,} \\
 2 \cdot z_{1 \max} &= 2(2 \cdot z_1^C) - 2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot 1,855 - 2 \cdot 0,32 = 3,07 \text{ мм.} \\
 D_{\text{зар}} &= D_{\text{зар}}^C + 0,65 = 84,35 + 0,65 = 85,0_{-1,3}
 \end{aligned}$$

Принимаем:  $D_{\text{зар}} = 85,0_{-1,3}$  мм

$$2z_1 = D_{\text{зар}} - D_1 = 85,0_{-1,3} - 82,735_{-0,12} = 2,265_{-1,3}^{+0,12} \text{ мм;}$$

$$2z_{1 \max} = 2,385 \text{ мм;}$$

$$2z_{1 \min} = 0,965 \text{ мм.}$$

Суммарный припуск на черновое и получистовое точение составит:

$$2z_2 + 2z_1 = 0,635 \pm 0,12 + 2,265_{-1,3}^{+0,12} = 2,9^{-1,18} \text{ мм.}$$

Расчет технологических размеров  $\varnothing 68f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right)$  выполним из условия обеспечения минимальных припусков на обработку. При этом расчёте используем размерную схему представленную на рисунке 6.

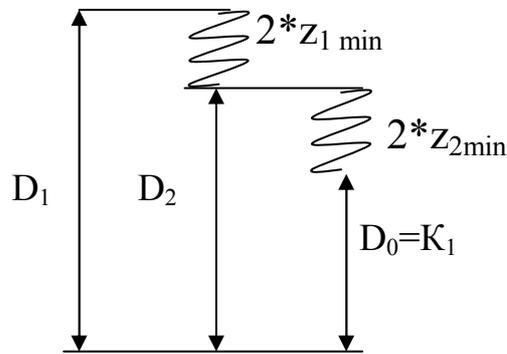


Рис.6 Размерная схема обработки поверхности  $\text{Ø}68f7 \begin{matrix} (-0,03) \\ (-0,06) \end{matrix}$

Определим величину  $D_4$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры:  $D_0 = K_1$ ,  $D_2$ ,  $2^*z_{2\min}$ :

$$D_2^C = D_0^C + 2^*z_2^C = D_0^C + (2^*z_{2\min} + 2^*z_{2\max})/2 =$$

$$D_0^C + (2^*z_{2\min} + (2^*z_{2\min} + TD_2 + TD_0))/2 =$$

$$67,97 + (0,37 + (0,37 + 0,12 + 0,06))/2 = 68,43 \text{ мм.}$$

$$2^*z_2^C = D_4^C - D_0^C = 68,43 - 67,97 = 0,46 \text{ мм,}$$

$$2^*z_{2\max} = 2(2^*z_2^C) - 2^*z_{2\min} = 2^*0,46 - 2^*0,37 = 0,18 \text{ мм.}$$

$$D_2 = D_2^C + 0,03 = 68,43 + 0,24 = 68,67_{-0,12} \text{ мм.}$$

Принимаем:  $D_2 = 68,7_{-0,15} \text{ мм.}$

$$2z_2 = D_2 - D_0 = 68,7_{-0,15} - 68_{-0,06}^{+0,03} = 0,7_{-0,12}^{+0,06} \text{ мм;}$$

$$2z_{2\max} = 0,76 \text{ мм;}$$

$$2z_{2\min} = 0,58 \text{ мм.}$$

Определим величину  $D_1$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры:  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $2^*z_{1\min}$ :

$$D_1^C = D_2^C + 2^*z_1^C = D_4^C + (2^*z_{1\min} + 2^*z_{1\max})/2 =$$

$$D_2^C + (2^*z_{1\min} + (2^*z_{1\min} + TD_1 + TD_2))/2 =$$

$$68,43 + (0,49 + (0,49 + 0,3 + 0,12))/2 = 69,13 \text{ мм.}$$

$$2^*z_4^C = D_3^C - D_4^C = 69,13 - 68,43 = 0,7 \text{ мм,}$$

$$2^*z_{1\max} = 2(2^*z_1^C) - 2^*z_{1\min} = 2^*0,7 - 2^*0,49 = 0,42 \text{ мм.}$$

$$D_1 = D_1^C + 0,81 = 69,13 + 0,6 = 69,73_{-0,3} \text{ мм.}$$

Принимаем:  $D_3 = 69,75_{-0,3} \text{ мм.}$

$$2z_4 = D_3 - D_4 = 69,75_{-0,3} - 68,7_{-0,15} = 1,05_{-0,3}^{+0,15} \text{ мм;}$$

$$2z_{4\max} = 1,2 \text{ мм;}$$

$$2z_{4\min} = 0,75 \text{ мм.}$$

## Расчет припусков и технологических размеров

### в осевом направлении

Выполним расчёт операционных припусков на обработку торцов А, Б, В, Г.  
(см. рис.7).

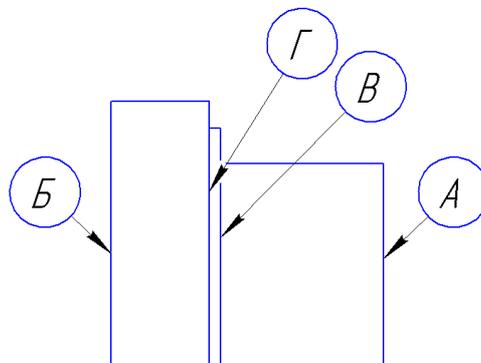


Рис.7 Деталь

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после резки заготовки дисковыми пилами определяем по табл. 4. [1, с.64]:

$$Rz + h = 400 \text{ мкм.}$$

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем по табл. 4.5 [1, стр.64]:

- черновая подрезка  $Rz = 50 \text{ мкм}$ ,  $h = 50 \text{ мкм}$ ;
- получистовая подрезка  $Rz = 40 \text{ мкм}$ ,  $h = 40 \text{ мкм}$ ;
- чистовая подрезка  $Rz = 30 \text{ мкм}$ ,  $h = 30 \text{ мкм}$ .

Остаточная пространственная погрешность:

- заготовки  $\rho_{заг} = 26 \text{ мкм}$ ,

- при черновой подрезке торца  $K_y = 0,1$

$$\rho_{черн} = K_y \cdot \rho_{заг} = 0,1 \cdot \rho_{заг} = 0,1 \cdot 26 = 2,6 ;$$

- при получистовой подрезке торца  $K_y = 0,05$

$$\rho_{чист} = K_y \cdot \rho_{заг} = 0,05 \cdot \rho_{заг} = 0,05 \cdot 26 = 1,3 .$$

- при чистовой подрезке торца  $K_y = 0,04$

$$\rho_{чист} = K_y \cdot \rho_{заг} = 0,04 \cdot \rho_{заг} = 0,04 \cdot 26 = 1,0$$

Погрешность закрепления:

- при черновой подрезке торца  $\varepsilon_3 = 156 \text{ мкм}$ ;

- при полустриженной подрезке торца  $K_y = 0,1$

$$\varepsilon_{черн} = K_y \cdot \varepsilon_3 = 0,1 \cdot 156 = 15,6 \text{ мкм};$$

- при чистой подрезке торца  $K_y = 0,05$

### Маршрут обработки торца А

Подрезку торца А выполним за 2 установа:

1 установ - подрезать торец начерно  
заготовка (15кв.) → подр.получист. (12кв.);

2 установ - подрезать торец начисто;  
подр.получист. (12кв.) → подр.чист.(10кв.).

1. Минимальный припуск:

- черновую подрезку торца

$$z_{1\min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\rho_{i-1} + \varepsilon_i| = 400 + 26 + 156 = 582 \text{ мкм};$$

- чистовую подрезку торца

$$z_{2\min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\rho_{i-1} + \varepsilon_i| = 400 + 26 + 156 = 582 \text{ мкм};$$

2. Расчётные размеры  $A_{p\min} = A_{\min i-1} + Z_{\min i-1}$  :

$$K_{д\min} = 39,2 \text{ мм};$$

$$A_{3.1\min} = K_{1\min} + z_{2\min} = 39,2 + 0,582 = 39,782 \approx 39,8 \text{ мм};$$

$$A_{2.1\min} = A_{3.1\min} + z_{1\min} = 39,782 + 0,582 = 40,364 \approx 40,4 \text{ мм};$$

3. Допуски на каждом переходе принимаем по таблице П.2.11 [2, стр.363,364].

$$\delta_{д} = 0,6 \text{ мм}; \delta_1 = 0,3 \text{ мм}; \delta_2 = 0,3 \text{ мм}.$$

4. Предельные размеры  $A_{\max} = A_{\min} + \delta_{i-1}$ :

$$A_{д} = K_{д\min} + \delta_{д} = 39,2 + 0,6 = 39,8 \text{ мм};$$

$$A_{3.1\max} = A_{3.1} + \delta_1 = 39,8 + 0,3 = 40,1 \text{ мм};$$

$$A_{2.1\max} = A_{2.1} + \delta_2 = 40,4 + 0,3 = 40,7 \text{ мм}.$$

5. Предельные значения припусков:

$$Z_{3.1\min} = 39,8 - 39,2 = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм};$$

$$Z_{2.1\min} = 40,4 - 39,8 = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм};$$

$$Z_{3.1\max} = 40,1 - 39,8 = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм};$$

$$Z_{2.1\max} = 40,7 - 40,1 = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм}.$$

6. Общие припуски:

$$Z_{\min}^0 = 600 + 600 = 1200 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max}^0 = 300 + 600 = 900 \text{ мкм}$$

7. Общий номинальный припуск:

$$Z_{\text{ном}}^0 = Z_{\min}^0 + N_3 - N_d = 1200 + 600 - 300 = 1500 \text{ мкм.}$$

8. Номинальный размер:

$$A_{2.1 \text{ ном}} = 39,2 + 1,5 = 40,7 \text{ мм.}$$

Проверка:

$$Z_{3.1 \text{ max}} - z_{3.1 \text{ min}} = T_1 - T_2 = 600 - 300 = 600 - 300 = 300 \text{ мкм};$$

$$Z_{2.1 \text{ max}} - z_{2.1 \text{ min}} = T_2 - T_3 = 600 - 600 = 300 - 300 = 0 \text{ мкм};$$

$$z_{\max}^0 - z_{\min}^0 = T_3 - T_d = 1200 - 900 = 600 - 300 = 300 \text{ мкм}$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 14.

Таблица 14. Расчет припусков на обработку торца А

Переходы обработки торца А	Элементы припуска, в мкм				Расчётный припуск, $Z_{\min}$ в мкм	Расчётный размер, в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Предельные размеры, в мм		Предельные значения припусков в мкм		
	Rz	h	$\rho$	$\varepsilon$				min	max	min	max	
Деталь	400	26	-			40,364	300	40,4	40,7	-	-	
подрезка: черновая				156	582	39,782	300	39,8	40,1	600	600	
	Общий припуск								600	600		
Деталь	400	26	-									
подрезка: чистовая				156	582	39,2	600	39,2	39,8	600	300	
	Общий припуск								1200	900		

Маршрут обработки торца Б:

заготовка (15 кв.) → подр. черн. (14 кв.) → подр. полуст. (12 кв.) → подр. чист. (10 кв.)

Подрезку торца Б выполним в одном установе за три перехода.

1. Минимальный припуск на подрезку торца:

- черновую

$$z_{1.1.1 \text{ min}} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\rho_{i-1} + \varepsilon_i| = 400 + 26 + 156 = 582 \text{ мкм};$$

- получистовую

$$z_{1.1.2 \min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\rho_{i-1} + \varepsilon_i| = 50 + 50 + 2,6 + 15,6 = 118,2 \text{ мкм};$$

- чистовую

$$z_{1.1.3 \min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\rho_{i-1} + \varepsilon_i| = 40 + 40 + 1,3 + 7,8 = 89 \text{ мкм}.$$

2. Расчётные размеры  $A_{p \min} = A_{\min i-1} + Z_{\min i-1}$ :

$$A_{2.1 \min} = 40,4 \text{ мм};$$

$$A_{1.3 \min} = 40,4 + 0,09 = 40,49 \approx 40,5 \text{ мм};$$

$$A_{1.2 \min} = 40,49 + 0,118 = 40,608 \approx 40,6 \text{ мм};$$

$$A_{1.1 \min} = 40,608 + 0,582 = 41,19 \approx 41,2 \text{ мм}.$$

3. Допуски на каждом переходе принимаем по таблице П.2.11 [2, стр.363,364].

$$\delta_1 = 100 \text{ мкм}; \delta_2 = 0,2 \text{ мм}; \delta_3 = 0,7 \text{ мм}; \delta_{\text{заг}} = 1,0 \text{ мм}.$$

4. Предельные размеры  $A_{i \max} = A_{\min i-1} + \delta_{i-1}$ :

$$A_{1.3 \max} = A_{2.1 \min} + \delta_1 = 40,4 + 0,1 = 40,5 \text{ мм};$$

$$A_{1.2 \max} = A_{1.3 \min} + \delta_2 = 40,5 + 0,2 = 40,7 \text{ мм};$$

$$A_{1.1 \max} = A_{1.2 \min} + \delta_3 = 40,6 + 0,7 = 41,3 \text{ мм};$$

$$A_{0.1 \max} = A_{0.1 \min} + \delta_{\text{заг}} = 41,2 + 1,0 = 42,2 \text{ мм}.$$

5. Предельные значения припусков:

$$Z_{1.1 \min} = 41,2 - 40,6 = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм};$$

$$Z_{1.2 \min} = 40,6 - 40,5 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм};$$

$$Z_{1.3 \min} = 40,5 - 40,4 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм};$$

$$Z_{1.1 \max} = 42,2 - 41,3 = 0,9 \text{ мм} = 900 \text{ мкм};$$

$$Z_{1.2 \max} = 41,3 - 40,7 = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм};$$

$$Z_{1.3 \max} = 40,7 - 40,5 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ мкм}.$$

6. Общие припуски:

$$Z_{\min}^0 = 100 + 100 + 600 = 800 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max}^0 = 200 + 600 + 900 = 1700 \text{ мкм}.$$

7. Общий номинальный припуск:

$$Z_{\text{ном}}^0 = Z_{\min}^0 + H_3 - H_d = 800 + 1000 - 100 = 1700 \text{ мкм}.$$

8. Номинальный размер заготовки:

$$A_{0.1 \text{ ном}} = 40,4 + 1,7 \approx 42,1 \text{ мм}.$$

Проверка расчётов:

$$Z_{1.1 \max} - Z_{1.1 \min} = T_3 - T_1 = 900 - 600 = 1000 - 700 = 300 \text{ мкм};$$

$$Z_{1.2 \max} - Z_{1.2 \min} = T_1 - T_2 = 600 - 100 = 700 - 500 = 500 \text{ мкм};$$

$$Z_{1.3 \max} - Z_{1.3 \min} = T_2 - T_3 = 200 - 100 = 200 - 100 = 100 \text{ мкм};$$

$$Z_{1.1 \max}^0 - Z_{1.1 \min}^0 = T_3 - T_d = 1700 - 800 = 1000 - 100 = 900 \text{ мкм}.$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 15.

Таблица 15. Расчет припусков на обработку торца Б

Переходы обработки торца Б	Элементы припуска, в мкм				Расчётный припуск, $Z_{\min}$ в мкм	Расчётный размер, в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Предельные размеры, в мм		Предельные значения припусков в мкм	
	$Rz$	$h$	$\rho$	$\varepsilon$				min	max	min	max
Заготовка	400		26	-		41,19	1000	41,2	42,2	-	-
Подрезка: черновая	50	50	2,6	156	582	40,608	700	40,6	41,3	600	900
получистовая	40	40	1,3	15,6	118	40,49	200	40,5	40,7	100	600
чистовая	-	-	-	7,8	90	40,4	100	40,4	40,5	100	200
Общий припуск										800	1700

Маршрут обработки торца В:

Подрезку торца В выполним в 2 установка:

1 - деталь → подр. черн. (14 кв.);

2 - подр. черн. (14 кв.) → подр. чист. (12 кв.)

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя принимаем:

$$Rz + h = 400 \text{ мкм}.$$

Для детали после чистовой подрезки торца  $Rz = 30 \text{ мкм}$ ,  $h = 30 \text{ мкм}$ .

Пространственная погрешность детали  $\rho_{\text{заг.}} = 26 \text{ мкм}$ .

Остаточная пространственная погрешность после чистовой подрезки торца А:

$$\rho_{\text{чист}} = K_y \cdot \rho_{\text{заг.}} = 0,04 \cdot \rho_{\text{заг.}} = 0,04 \cdot 26 = 1,0$$

Погрешность закрепления:

- при черновой подрезке торца  $\varepsilon_3 = 156 \text{ мкм}$ ;

- при чистовой подрезке торца  $K_y = 0,05$

$$\varepsilon_{\text{чист}} = K_y \cdot \varepsilon_3 = 0,05 \cdot 156 = 7,8 \text{ мкм}.$$

1. Минимальный припуск:

- черновую подрезку торца

$$z_{i \text{ min}} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\rho_{i-1} + \varepsilon_i| = 400 + 26 + 156 = 582 \text{ мкм};$$

- чистовую подрезку торца

$$z_{i \text{ min}} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\rho_{i-1} + \varepsilon_i| = 30 + 30 + 1 + 7,8 = 70 \text{ мкм}.$$

2. Расчётные размеры  $A_p = A_{\text{min } i-1} + Z_{\text{min } i-1}$ :

$$A_{\text{min}} = 22,3 \text{ мм};$$

$$A_{4.1.1 \text{ min}} = 22,3 + 0,07 = 23,0;$$

$$A_{4.1.2 \text{ min}} = 23,0 + 0,582 = 23,582 \approx 23,58 \text{ мм}.$$

3. Допуски:  $\delta_1 = 400 \text{ мкм}$ ;  $\delta_2 = 200 \text{ мкм}$ .

4. Предельные размеры  $A_{\text{max } i-1} = A_{\text{min } i-1} + \delta_i$ :

$$A_{4.1.1 \text{ max}} = A_{4.1.1 \text{ min}} + \delta_1 = 23,0 + 0,4 = 23,4 \text{ мм};$$

$$A_{4.1.2 \text{ max}} = A_{4.1.2 \text{ min}} + \delta_2 = 23,58 + 0,2 = 23,78 \text{ мм}.$$

5. Предельные значения припусков:

$$Z_{4.1.1 \text{ min}} = 23,0 - 22,3 = 0,7 \text{ мм} = 700 \text{ мкм};$$

$$Z_{4.1.2 \text{ min}} = 23,58 - 23,0 = 0,58 \text{ мм} = 580 \text{ мкм};$$

$$Z_{4.1.1 \text{ max}} = 23,4 - 22,7 = 0,7 \text{ мм} = 700 \text{ мкм};$$

$$Z_{4.1.2 \text{ max}} = 23,78 - 23,4 = 0,38 \text{ мм} = 380 \text{ мкм}.$$

6. Общие припуски:

$$Z_{\text{min}}^0 = 580 + 700 = 1280 \text{ мкм};$$

$$Z_{\text{max}}^0 = 700 + 380 = 1080 \text{ мкм}.$$

7. Общий номинальный припуск:

$$Z_{\text{ном}}^0 = Z_{\text{min}}^0 + H_3 - H_4 = 1280 + 200 - 400 = 1080 \text{ мкм}.$$

8. Номинальный размер:

$$A_{4.1. \text{ ном}} = 22,3 + 0,5 \text{ мм}.$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 16.

Таблица 16. Расчет припусков на обработку торца В

Переходы обработки торца В	Элементы припуска, в мкм				Расчётный припуск, $Z_{\min}$ в мкм	Расчётный размер, в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Предельные размеры, в мм		Предельные значения припусков в мкм	
	$Rz$	$h$	$\rho$	$\varepsilon$				min	max	min	max
Деталь	400		26	-		23,582	200	23,58	23,78	-	-
<u>1 установ</u> подрезка: черновая	-	-	-	156	582	23,0	200	23,0	23,4	580	380
Общий припуск										580	380
Деталь	30	30	1,0	-		23,0	400	23,0	23,4	-	-
<u>2 установ</u> подрезка: чистовая	-	-	-	7,8	70	22,3	400	22,3	22,7	700	700
Общий припуск										700	700

Маршрут обработки торца Г:

Подрезка торца Г выполняется непосредственно после чистовой обработки торца В:

деталь → подр. чист. (12кв.)

1. Минимальный припуск :

$$z_{i \min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\rho_{i-1} + \varepsilon_i| = 30 + 30 + 1 + 7,8 = 70 \text{ мкм.}$$

2. Расчётные размеры  $A_p = A_{\min i-1} + Z_{\min i-1}$ :

$$A_{\min} = 22,8 \text{ мм;}$$

$$A_{4.2 \text{ д}} = 22,8 + 0,7 = 22,87 \text{ мм.}$$

3. Допуск  $\delta = 400 \text{ мкм.}$

4. Предельный размер

$$A_{4.2 \max} = A_{4.2 \min} + \delta = 22,8 + 0,4 = 23,2 \text{ мм;}$$

$$A_{4.2 \text{ д} \max} = A_{4.2 \text{ д} \min} + \delta = 22,87 + 0,4 = 23,27 \text{ мм.}$$

5. Предельные значения припусков:

$$Z_{4.2 \min} = 22,87 - 22,8 = 0,07 \text{ мм} = 70 \text{ мкм;}$$

$$Z_{4.2 \max} = 23,27 - 23,2 = 0,07 \text{ мм} = 70 \text{ мкм.}$$

6. Общие припуски:

$$Z^{\circ}_{\min} = 70 \text{ мкм};$$

$$Z^{\circ}_{\max} = 70 \text{ мкм}$$

7. Общий номинальный припуск:

$$Z^{\circ}_{\text{ном}} = Z^{\circ}_{\min} + N_3 - N_d = 70 + 400 - 400 = 70 \text{ мкм.}$$

8. Номинальный размер:

$$A_{z,\text{ном}} = 22,8 + 0,7 = 23,5 \text{ мм.}$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 17.

Таблица 17. Расчет припусков на обработку торца Г

Переходы обработки торца Г	Элементы припуска, в мкм				Расчётный припуск, $Z_{\min}$ в мкм	Расчётный размер, в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Предельные размеры, в мм		Предельные значения припусков в мкм	
	Rz	h	$\rho$	$\epsilon$				min	max	min	max
Деталь	30	30	1,0	-		22,87	400	22,87	23,27	-	-
Подрезка чистовая	-	-	-	7,8	70	22,8	400	22,8	23,2	70	70
Общий припуск										70	70

Определяем технологические размеры в осевом направлении, используя размерную схему на рисунке 8.

Допуски на технологические и конструкторские размеры:

- заготовка:  $TA_{0,1} = 1,0 \text{ мм};$

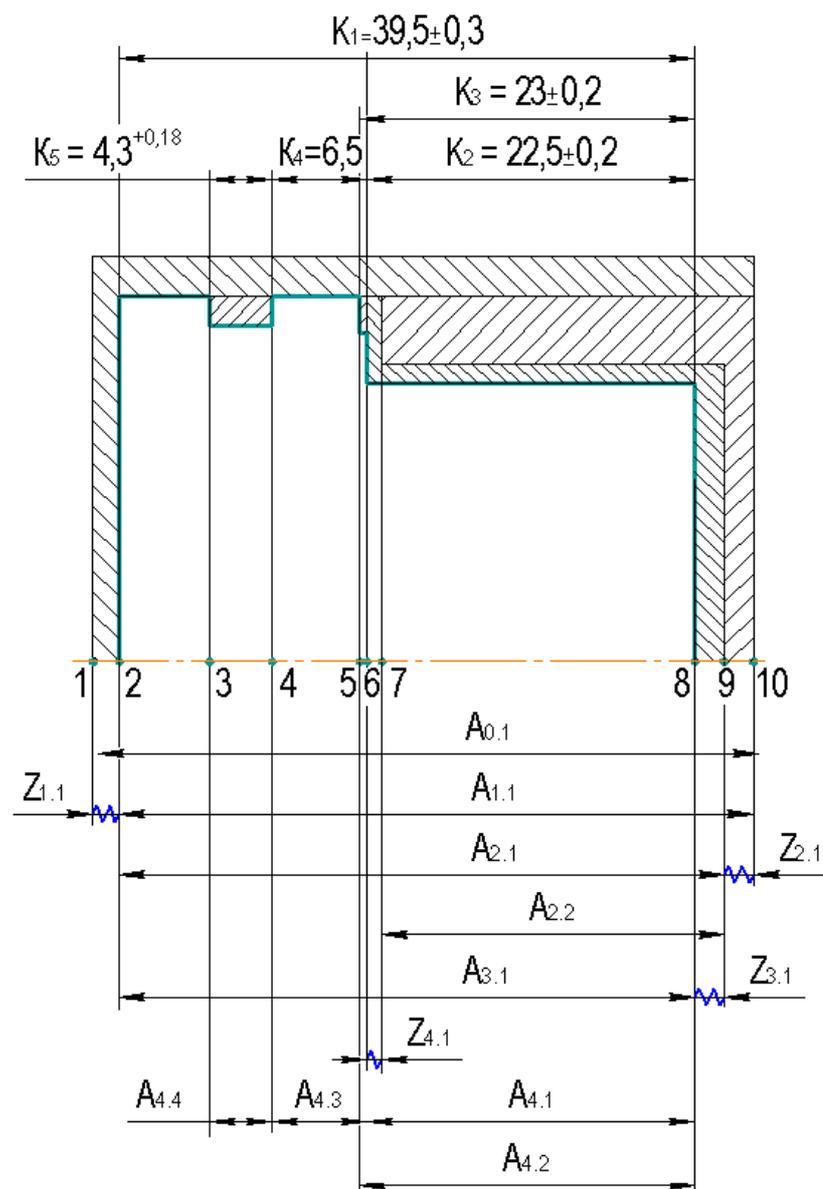
- токарная:  $TA_{1,1} = 0,1 \text{ мм};$

- токарная  $TA_{2,1} = \pm 0,15 \text{ мм}; TA_{2,2} = \pm 0,1 \text{ мм};$

- токарная  $TA_{3,1} = TK_1 = \pm 0,3 \text{ мм};$

- токарная  $TA_{4,1} = TK_2 \pm 0,2 \text{ мм}; TA_{4,2} = TK_3 \pm 0,2 \text{ мм.}$

Рис.8 Размерная схема обработки детали в осевом направлении



Решение технологических размерных цепей проведём методом средних значений.

Расчёт начинаем с проверки условия  $TK_i \geq \sum TA_i$ .

Определим суммарный припуск по технологическим переходам для размера заготовки:

$$TA_{0.1} \geq \sum TA_{1.1} + TA_{2.1} + TA_{3.1}$$

$$1,0 = 0,1 + 0,30 + 0,60$$

$$1,0 = 1,0.$$

Для размера  $K_1 = 39,5 \pm 0,3$  (см. рис.9):

$TK_1 = 0,6 \geq TA_{3.1} = 0,6$  мм, размер  $K_1$  может быть обеспечен с заданной точностью.

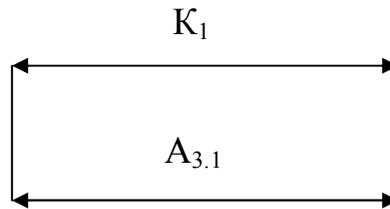


Рис.9 Размерная схема для  $K_1$

Для размера  $K_2 = 22,5 \pm 0,2$  (см. рис10.):

$TK_2 = 0,4 \geq TA_{4.1} = 0,4$  мм, размер  $K_2$  может быть обеспечен с заданной точностью.

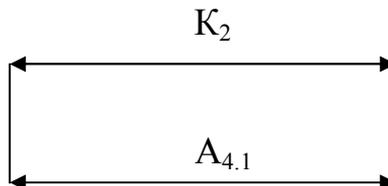


Рис.10 Размерная схема для  $K_2$

Для размера  $K_3 = 23 \pm 0,2$  (см. рис.11):

$TK_3 = 0,4 \geq TA_{4.2} = 0,4$  мм, размер  $K_3$  может быть обеспечен с заданной точностью.

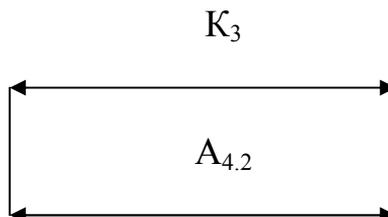


Рис.11 Размерная схема для  $K_3$

Для размера  $K_4 = 6,5$  (см. рис.12):

$TK_4 = 0 \geq TA_{4.3} = 0$  мм, размер  $K_4$  может быть обеспечен с заданной точностью.

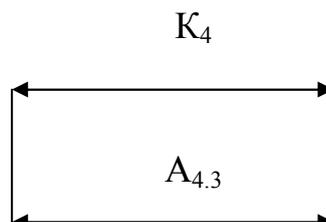


Рис.12 Размерная схема для  $K_4$

Для размера  $K_5=4,3^{+0,18}$  (см. рис.13):

$TK_5 = 0,18 \geq TA_{4.4}=0,18$  мм, размер  $K_5$  может быть обеспечен с заданной точностью.

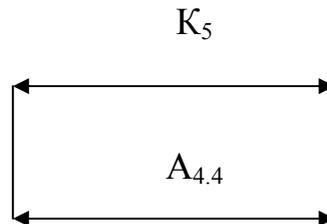


Рис.13 Размерная схема для  $K_5$

Для определения технологического размера  $A_{2.1}$  рассмотрим цепь 1 (см. рис.14):

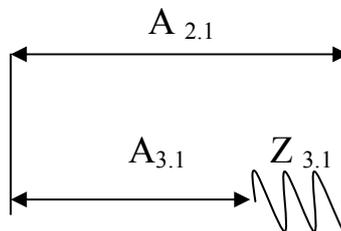


Рис.14 Цепь 1

$$A_{2.1}^C = A_{3.1}^C + z_{3.1}^C =$$

$$39,5 + 0,45 = 39,95 \text{ мм.}$$

$$z_{3.1}^C = A_{2.1}^C - A_{3.1}^C = 39,95 - 39,5 = 0,45 \text{ мм,}$$

$$z_{3.1 \text{ max}} = 2(z_{3.1}^C) - z_{3.1 \text{ min}} = 2 * 0,45 - 0,6 = 0,3 \text{ мм.}$$

$$A_{2.1} = A_{2.1}^C \pm 0,15 = 39,95 \pm 0,15 \text{ мм.}$$

Принимаем:

$A_{2.1} = 39,95 \pm 0,15$  мм. (технологический размер для операции 015, переход 1) ;

$Z_{3.1} = A_{2.1} - A_{3.1} = 39,95 \pm 0,15 - 39,5 \pm 0,3 = 0,45 \pm 0,15$  мм;

$Z_{3.1 \text{ max}} = 0,6$  мм;

$Z_{3.1 \text{ min}} = 0,3$  мм.

Для определения технологического размера  $A_{1.1}$  рассмотрим цепь 2 (см. рис.15):

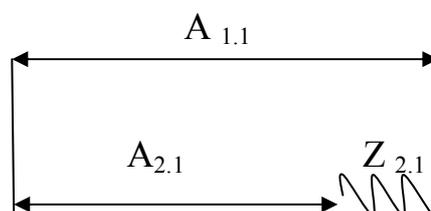


Рис.15 Цепь 2

$$\begin{aligned}
A_{1.1}^C &= A_{2.1}^C + z_{2.1}^C = A_{2.1}^C + (z_{2.1 \min} + z_{2.1 \max})/2 = \\
&A_{2.1}^C + (z_{2.1 \min} + (z_{2.1 \min} + TA_{1.1} + TA_{2.1}))/2 = \\
&39,95 + (0,6 + (0,6 + 0,3 + 0,3))/2 = 40,55 \text{ мм.} \\
Z_{2.1}^C &= A_{1.1}^C - A_{2.1}^C = 40,55 - 39,95 = 0,6 \text{ мм,} \\
Z_{2.1 \max} &= 2(z_{2.1}^C) - z_{2.1 \min} = 2 * 0,6 - 0,6 = 0,6 \text{ мм.} \\
A_{1.1} &= A_{1.1}^C + 0,2 = 40,55 + 0,2 = 40,75_{-0,1} \text{ мм.}
\end{aligned}$$

Принимаем:

$A_{1.1} = 40,75_{-0,1}$  мм. (технологический размер для операции 010, переход 1);

$Z_{2.1} = A_{1.1} - A_{2.1} = 40,75_{-0,1} - 39,95 \pm 0,15 \text{ мм} = 0,8_{-0,25}^{+0,15}$  мм;

$Z_{2.1 \max} = 0,95$  мм;

$Z_{2.1 \min} = 0,55$  мм.

Для определения технологического размера  $A_{0.1}$  рассмотрим цепь 3 (см. рис.16):

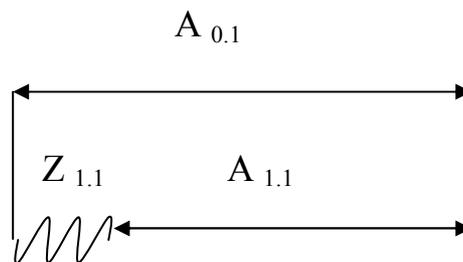


Рис.16 Цепь 3

$$\begin{aligned}
A_{0.1}^C &= A_{1.1}^C + z_{1.1}^C = A_{1.1}^C + (z_{1.1 \min} + z_{1.1 \max})/2 = \\
&A_{1.1}^C + (z_{1.1 \min} + (z_{1.1 \min} + TA_{0.1} + TA_{1.1}))/2 = \\
&40,75 + (0,8 + (0,8 + 1,0 + 0,1))/2 = 42,1 \text{ мм.} \\
Z_{1.1}^C &= A_{0.1}^C - A_{1.1}^C = 42,1 - 40,75 = 1,35 \text{ мм,} \\
Z_{1.1 \max} &= 2(z_{1.1}^C) - z_{1.1 \min} = 2 * 1,35 - 0,8 = 1,9 \text{ мм.} \\
A_{0.1} &= A_{0.1}^C + 2,0 = 42,1 + 2,0 = 44,1_{-1,0} \text{ мм.}
\end{aligned}$$

Принимаем:  $A_{0.1} = 44,1_{-1,0}$  мм (размер заготовки);

$Z_{1.1} = A_{0.1} - A_{1.1} = 44,1_{-1,0} - 41,75_{-0,1} = 2,95_{-1,0}^{+0,1}$  мм;

$Z_{1.1 \max} = 3,25$  мм;

$Z_{1.1 \min} = 1,95$  мм.

Для определения технологического размера  $A_{2.2}$  рассмотрим цепь 4 (см. рис.17):

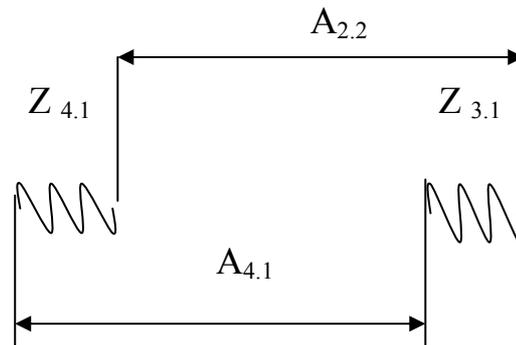


Рис.17 Цепь 4

$$A_{2.2}^C = A_{4.1}^C + z_{3.1}^C - z_{4.1}^C = A_{4.1}^C + ((z_{3.1 \min} + z_{3.1 \max})/2 - (z_{4.1 \min} + z_{4.1 \max})/2) =$$

$$A_{4.1}^C + (z_{3.1 \min} + (z_{1.1 \min} + TA_{4.1} + TA_{2.2})/2 - (z_{4.1 \min} + (z_{4.1 \min} + TA_{4.1} + TA_{2.2})/2) =$$

$$22,5 + (0,6 + (0,6 + 0,4 + 0,2))/2 - (0,58 + (0,58 + 0,4 + 0,2))/2 = 22,52 \text{ мм.}$$

$$z_{4.1}^C = A_{4.1}^C - A_{2.2}^C + z_{3.1} = 22,5 - 22,52 + 0,6 = 0,58 \text{ мм,}$$

$$z_{4.1 \max} = 2(z_{4.1}^C) - z_{4.1 \min} = 2 * 0,58 - 0,58 = 0,58 \text{ мм.}$$

$$A_{2.2} = A_{2.2}^C + 0,2 = 22,52 + 0,2 = 22,72 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

Принимаем:

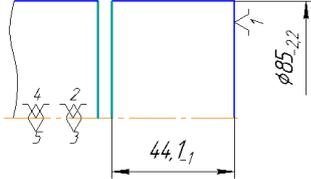
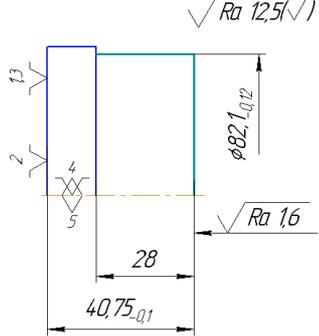
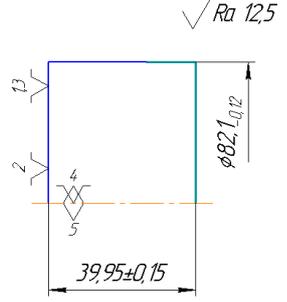
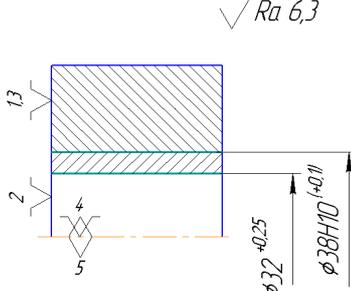
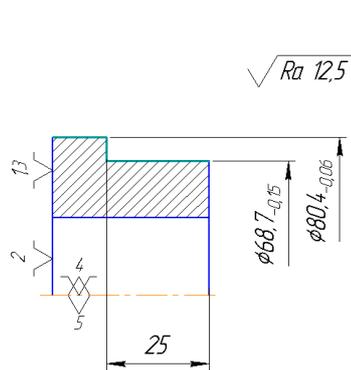
$$A_{2.2} = 22,5 \pm 0,1 \text{ мм (технологический размер для операции 025, переход1);}$$

$$z_{4.1} = A_{4.1} - A_{1.1} + z_{3.1} = 22,5 \pm 0,2 - 22,5 \pm 0,1 + 0,45 \pm 0,15 = 0,45 \pm 0,05;$$

$$z_{4.1 \max} = 0,5 \text{ мм;}$$

$$z_{1.1 \min} = 0,4 \text{ мм.}$$

Таблица 18. Принятый маршрутный техпроцесс

Код, наименование, содержание операций и переходов	Операционный эскиз
1	2
<p>005 Отрезная (заготовительная) Отрезать заготовку в размер <math>44,1_{-0,1}</math> мм.</p>	
<p>010 Токарная с ЧПУ 1. Подрезать торец начисто, выдерживая размер <math>40,75_{-0,1}</math> мм и <math>Ra 1,6</math>. 2. Точить <math>\varnothing 82,1_{-0,2}</math> мм в размер 28 мм.</p>	
<p>015 Токарная с ЧПУ 1. Подрезать торец, выдерживая размер <math>39,95 \pm 0,15</math> мм. 2. Точить <math>\varnothing 82,1_{-0,2}</math> мм на проход.</p>	
<p>020 Токарная с ЧПУ 1. Сверлить отверстие <math>\varnothing 32</math> мм на проход. 2. Расточить отверстие <math>\varnothing 35</math> мм начерно. 3. Расточить отверстие <math>\varnothing 38H10^{(+0,1)}</math> мм начисто</p>	
<p>025 Токарная с ЧПУ 1. Точить <math>\varnothing 68,7_{-0,15}</math> мм с подрезкой торца в размер 25 мм выдерживая <math>R0,5</math>. 2. Точить <math>\varnothing 80,4_{-0,06}</math> мм на проход.</p>	

1	2
<p>030 Контрольная</p> <p>Контроль размеров операций №010-025</p>	
<p>035 Токарная с ЧПУ</p> <p>1.Центровать отверстия Ø2,5мм (14шт.)</p> <p>2. Сверлить отверстия Ø3,3 мм (2 шт.), выдерживая размеры 10мм , Ø62мм, 15°±5´.</p> <p>3.Сверлить отверстия Ø12 мм (12 шт.), выдерживая размеры 32,4мм , Ø52 мм, 30°±5´</p> <p>4.Расточить отверстия Ø12,5H11<sup>(+0,1)</sup> мм выдерживая размер 30,5±0,125мм.</p> <p>5.Зенковать фаски 0,5x45° в отверстиях Ø3,3мм (2шт.).</p> <p>6. Зенковать фаски 0,8x45° в отверстиях Ø12,5 H11<sup>(+0,1)</sup> мм (12 шт.)</p>	
<p>040 Слесарная</p> <p>1.Нарезать резьбу М4-6Нх7-10 в двух отверстиях Ø3,3мм.</p>	

1	2
<p>045 Контрольная</p> <p>Контроль размеров операций №035-040</p>	
<p>050 Токарная с ЧПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подрезать торец начисто, выдерживая размер <math>39,5 \pm 0,3</math> мм и <math>Ra</math> 1,6.</li> <li>2. Точить начисто <math>\varnothing 68f7 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}</math> мм, выдерживая размер <math>22,5 \pm 0,2</math> мм, <math>R0,5</math> и <math>Ra</math> 1,6.</li> <li>3. Точить начисто <math>\varnothing 75 \pm 0,3</math> мм, выдерживая размер <math>23 \pm 0,2</math> мм.</li> <li>4. Точить начисто <math>\varnothing 80f7 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}</math> мм на проход, выдерживая <math>Ra</math> 0,80.</li> <li>5. Точить фаску <math>30^\circ</math>, выдерживая размер <math>\varnothing 64</math> мм, <math>R1,0</math> и <math>Ra</math> 1,6.</li> <li>6. Точить канавку <math>\varnothing 76h9 \begin{smallmatrix} -0,074 \end{smallmatrix}</math> мм, выдерживая размеры 6,5 мм, <math>4,3 H13 \begin{smallmatrix} +0,18 \end{smallmatrix}</math> мм и <math>Ra</math> 1,6.</li> <li>7. Точить <math>2R0,5</math> <math>Ra</math> 1,6.</li> <li>8. Точить <math>2R0,3</math> <math>Ra</math> 1,6.</li> </ol>	<p>Technical drawing of a shaft with dimensions and surface finish requirements. The drawing shows a shaft with a total length of <math>39,5 \pm 0,3</math> mm. It features a chamfered end with a <math>30^\circ</math> angle and a diameter of <math>\varnothing 64</math> mm. The main body has a diameter of <math>\varnothing 68</math> mm with a length of <math>22,5 \pm 0,2</math> mm. A groove with a diameter of <math>\varnothing 76</math> mm and a depth of 6,5 mm is located <math>23 \pm 0,2</math> mm from the end. The shaft is finished with various surface textures (<math>Ra</math>) and radii (<math>R</math>) as specified in the drawing.</p>
<p>055 Отделочная</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полировать поверхность <math>\varnothing 68f7 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}</math> выдерживая <math>Ra</math> 0,40.</li> <li>2. Полировать закругления <math>R0,5</math> и <math>R0,3</math>, выдерживая <math>Ra</math> 0,40.</li> </ol>	<p>Technical drawing of a shaft showing the final polished surface with a surface texture of <math>Ra</math> 0,40. The drawing highlights the chamfered end and the groove area.</p>
<p>060 Контрольная</p> <p>Контроль размеров операций №050-055</p>	

Рис.18 Принятая размерная схема обработки детали

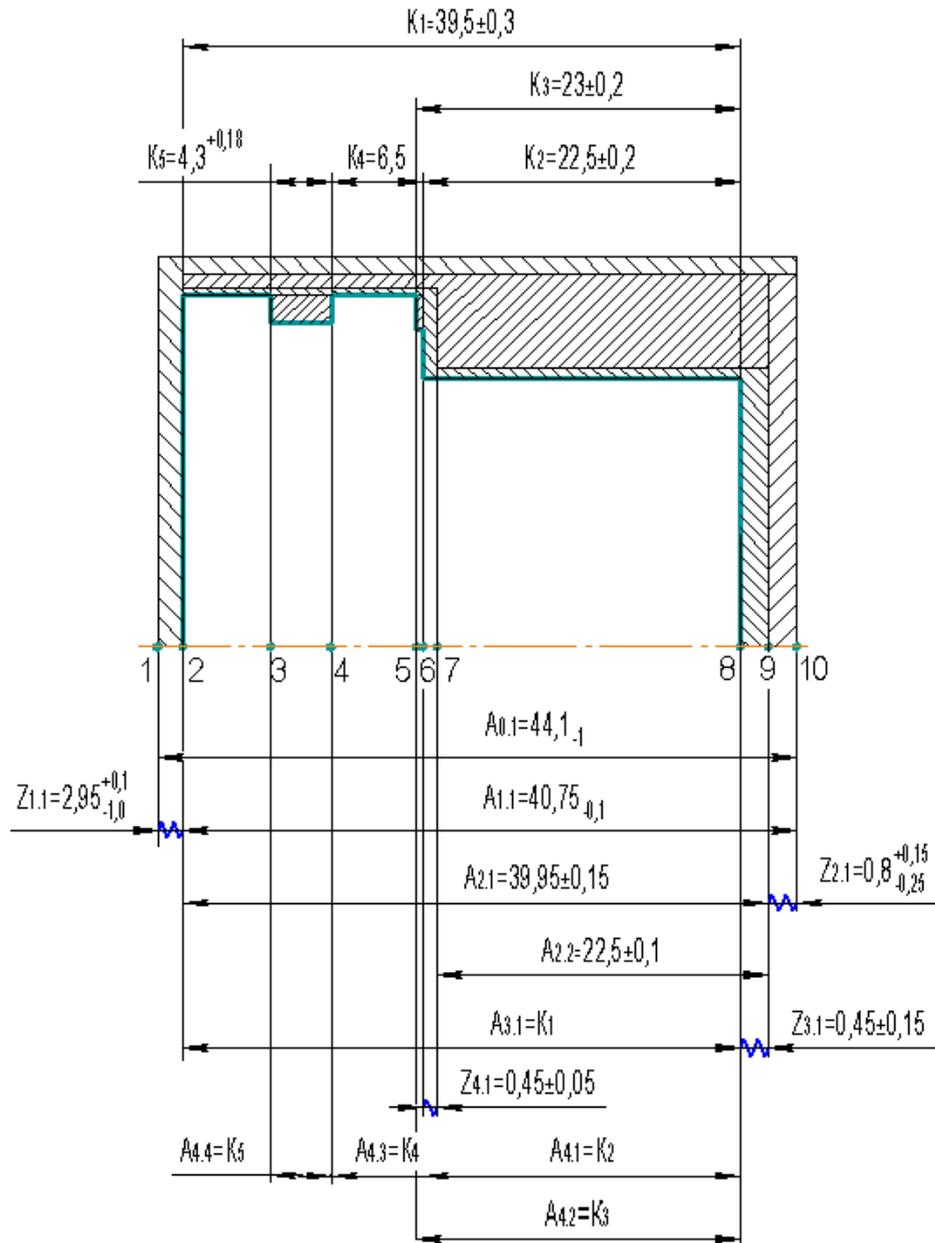


Рис.19 Граф технологических размерных цепей принятого техпроцесса в продольном направлении

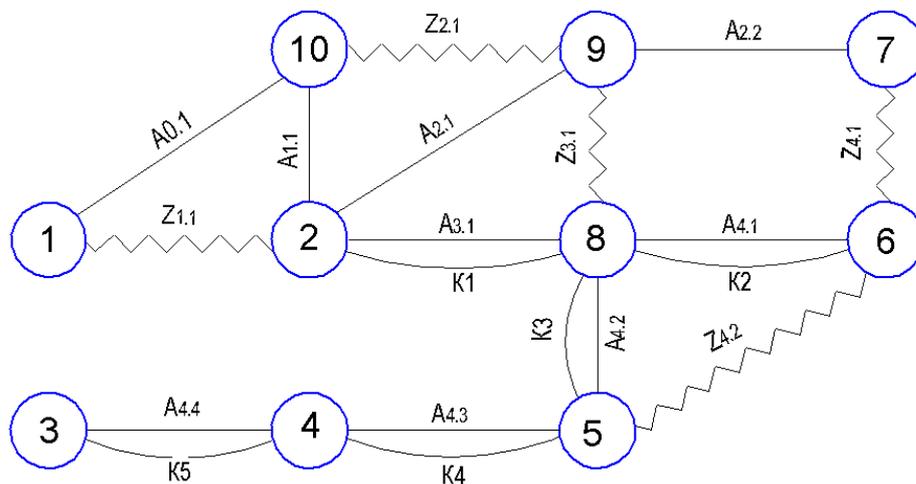
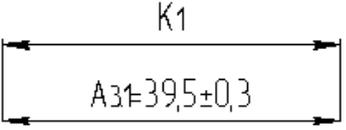
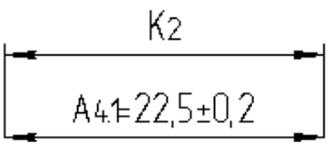
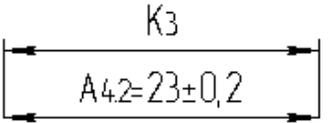
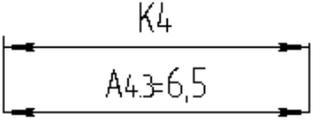
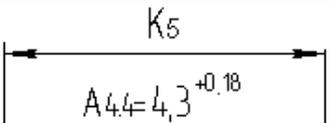
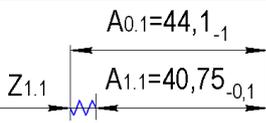
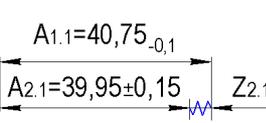
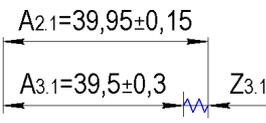
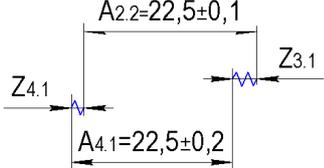


Таблица 19. Размерный анализ принятого техпроцесса

Проверяемые размеры	Схемы размерных цепей	Уравнения размерных цепей и вычисление значений замыкающих звеньев
K <sub>1</sub>		$K_1 = A_{3.1} = 39,5 \pm 0,3$ Размер выдерживается непосредственно.
K <sub>2</sub>		$K_2 = A_{4.1} = 22,5 \pm 0,2$ Размер выдерживается непосредственно.
K <sub>3</sub>		$K_3 = A_{4.2} = 23 \pm 0,2$ Размер выдерживается непосредственно.
K <sub>4</sub>		$K_4 = A_{4.3} = 6,5$ Размер выдерживается непосредственно.
K <sub>5</sub>		$K_5 = A_{4.4} = 4,3^{+0,18}$ Размер выдерживается непосредственно.
Z <sub>1.1</sub>		$Z_{1.1} = A_{0.1} - A_{1.1} = 44,1_{-1} - 40,75_{-0,1} = 2,95_{-1,0}^{+0,1}$
Z <sub>2.1</sub>		$Z_{2.1} = A_{1.1} - A_{2.1} = 4,75_{-0,1} - 39,95 \pm 0,15 = 0,8_{-0,25}^{+0,15}$
Z <sub>3.1</sub>		$Z_{3.1} = A_{2.1} - A_{3.1} = 39,95 \pm 0,15 - 39,5 \pm 0,3 = 0,45 \pm 0,15$
Z <sub>4.1</sub>		$Z_{4.1} = A_{4.1} + Z_{3.1} - A_{2.2} = 22,5 \pm 0,2 + 0,45 \pm 0,15 - 22,5 \pm 0,1 = 0,45 \pm 0,05$

## 1.9. Выбор оборудования, инструмента и технологической оснастки

### *Ленточнопильный станок Hercules FMV320*

#### Паспортные данные станка:

скорость пилы min/max 6-120 м/мин.

мощность двигателя - 3 кВт.

Инструменты: пила ленточная Vi-alfa cobalt 34x1,1COMBI M42 3/4.

### *Токарный станок BOEHRINGER модели VDF560 DUS*

*(производство Германия)*

#### Паспортные данные станка:

Максимальный диаметр детали ( над станиной )	мм	570
Максимальный диаметр детали ( над суппортом )	мм	365
Длина точения	мм	2000
Ход поперечного суппорта	мм	345
Высота центров	мм	280
Ширина станины	мм	360
Длина направляющих	мм	520
Ширина поперечных салазок	мм	260
Длина поперечных салазок	мм	680
Конец шпинделя по DIN 55027	размер	8
Диаметр шпинделя в передней опоре	мм	100
Диаметр сквозного отверстия в шпинделе	мм	62
Внутренний конус шпинделя	метрич.	70
3-х фазный двигатель переменного тока с бесступенчатым регулированием		
Мощность привода (ПВ=60%)	кВт	25
Максимальный крутящий момент (ПВ=60%)	Нм	1800
Диапазон частот вращения шпинделя	об/мин.	6-2500
Количество ступеней коробки передач		2
Диапазон частот вращения на 1-й ступени	об/мин.	6-500
Диапазон частот вращения на 2-й ступени	об/мин.	15-2500
Привод подачи		
3-х фазный серводвигатель переменного тока		
Диапазон подач (продольных и поперечных)	мм/об.	0,01-50
Ускоренный поперечный ход (быстрая подача)	м/мин.	5
Ускоренный продольный ход (быстрая подача)	м/мин.	10
Усилие поперечной подачи	Н	7100
Усилие продольной подачи	Н	12500
Шаг нарезаемых резьб	мм	0,1-2000
Задняя бабка с ручным перемещением		
диаметр пиноли	мм	100
Ход пиноли	мм	190
Посадочный конус пиноли	МК	5
Допускаемый вес детали с задней бабкой и люнетом	кг	1300
Габаритные размеры станка:		
Длина	мм	4830
Ширина	мм	2156
Высота	мм	1973
Вес станка	кг	5600
Система ЧПУ		SiemensSinumerik 840d

Для чернового продольного и поперечного точения применяем проходные резцы марки S25R-PWLNR/L с 6-гранной пластиной WNMG 080408- HR.

Для получистового и чистового точения применяем проходные резцы марки S25R-PWLNR/L с 6-гранной пластиной WNMG 080404- HC.

Для тонкого точения применяем проходные резцы марки S25R-PWLNR/L с 6-гранной пластиной WNMG 080404- HU.

Для растачивания отверстия  $\varnothing 38H10$  применяем резец S20S-PWLNR/L -06 с 6-гранной пластиной WNMG 080604- HC.

Точение канавки  $\varnothing 76h9_{(-0,074)}$  производится канавочным резцом марки BNGTN KB320 длиной 26мм.

Для обработки отверстий применяем следующие режущие инструменты:

- сверло спиральное  $\varnothing 32$  P6M5 с коническим хвостовиком нормальной точности ГОСТ 10903-77;

- сверло спиральное  $\varnothing 12$  P6M5 с цилиндрическим хвостовиком нормальной точности, исп. 1 ГОСТ 10902-77;

- сверло спиральное  $\varnothing 3,4$  P6M5 с цилиндрическим хвостовиком нормальной точности исп. 2, ГОСТ 10902-77;

- сверло центровочное  $\varnothing 2,5$ мм P6M5 , исп.2 ГОСТ 14952-75:

- фреза концевая  $\varnothing 12,5$  BK8 с цилиндрическим хвостовиком , норм.зуб,  $z=5$  ГОСТ 17025-71.

Для обработки фасок в отверстиях:

- зенковки конические  $\varnothing 5$ мм и  $\varnothing 16$ мм P6M5 ГОСТ14953-80;

Для нарезания резьбы используем метчик короткий с проходным хвостовиком P6M5 ГОСТ 3266-81.

Для полировальной операции – паста ГОИ тонкая ТУ 6-18-36-85.

Для технического контроля применяется универсальный измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-1-125-0,02 ГОСТ 166-89, микрометры МК 75-1, МК 100-1 ГОСТ 6507-90.

Для измерения радиального и торцевого биения используем контрольное приспособление, разработанное в данном проекте.

Таблица 20. Перечень оборудования, инструмента, технологической оснастки

Наименование операций	Технологическое оборудование	Инструмент	Технологическая оснастка
Отрезная	Ленточнопильный станок Hercules FMV320	Пила ленточная Bi-alfa cobalt 34x1,1COMBI M42 3/4	
Токарные с ЧПУ	Токарный станок BOEHRINGER модели VDF 560 DUS	Резец проходной S25R-PWLNR/L СМП WNMG 080404- HR Резец проходной S25R-PWLNR/L СМП WNMG 080404- HC Резец проходной S25R-PWLNR/L СМП 080404- HU Сверло Ø32мм P6M5 ГОСТ 10903-77 Резец S20S-PWLNR/L -06 СМП WNMG 080604- HC КНБ точения канавок BNGTN KB320 Сверло 2301-3882-B1 ГОСТ 10903-77 P6M5. Сверло 2317-0005 ГОСТ 14952-75 P6M5. Сверло 2300-6531- B1 ГОСТ 10902-77 P6M5. Сверло 2301-2641- B1 ГОСТ 10902-77. Фреза 2220-0014 ГОСТ 17025-71 BK8. Зенковка 2353-0081 ГОСТ 14953-80 P6M5. Зенковка 2353-0111 ГОСТ 14953-80 P6M5.	Трехкулачковый патрон
Слесарная		Метчик 2621-2425 ГОСТ 3266-81 P6M5 Пробка 8221-3023 ГОСТ17758-72	

## 1.10. Расчёт режимов резания

### Токарные операции

Оборудование: *токарный станок BOEHRINGER модели VDF 560 DUS.*

Паспортные данные:

частота вращения min/max 6 -2500об/мин.

диапазон скорости подачи, мм/мин. по осям:

$x - 0,01-50,$

$y - 0,01-50;$

наибольшая сила, допускаемая механизмами:

продольной подачи – 12500Н,

поперечной подачи – 7100Н;

диаметр детали над станиной - 570мм.;

диаметр детали над суппортом - 365мм.;

длина обрабатываемой детали - 2000мм.;

мощность двигателя - 25кВт.

Исходные данные:

Заготовка - пруток БраЖ9-4,  $HV_{10}^{-1}=160$  МПа,  $\sigma_B=540$  МПа(55кг/мм<sup>2</sup>),

состояние поверхности – с коркой.

Инструменты см.в таблице 23.

Расчёты режимов резания для межоперационных переходов токарных операций выполним по справочнику [8].

## Алгоритмы расчёта режимов резания для токарных операций

### Для чернового и чистового точения поверхности, чернового и чистового подрезания торца

1. Определяем глубину резания  $t = z$ .
2. В зависимости от стадии обработки, обрабатываемого материала, диаметра детали, глубины резания выбираем табличное значение подачи  $S_T$ . Определяем поправочные коэффициенты. Определяем фактическое значение подачи  $S_0$ .
3. Выбираем табличное значение скорости резания  $V_T$  в зависимости от подачи  $S_0$ , глубины резания и параметров инструмента; определяем скорость резания  $V$  с учётом поправочных коэффициентов.

4. Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} (\text{мин}^{-1})$$

Принимаем ближайшие значения частоты вращения шпинделя по паспорту станка  $n_\phi$ .

5. Определяем фактическую скорость резания по формуле:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} (\text{м / мин})$$

6. Определяем табличную мощность резания  $N_T$  в зависимости от глубины резания, подачи  $S_0$  и материала инструмента с учётом поправочного коэффициента.

Определяем мощность резания  $N$  по формуле:

$$N = N_T \cdot K_{NM} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} (\text{кВт})$$

Эффективная мощность станка  $N_\Delta$ :

$$N_\Delta = N \cdot \eta,$$

где  $\eta = 0,8$  - КПД станка.

Выбранные режимы резания должны удовлетворять условию -  $N < N_\Delta$ .

7. Выбираем табличные значения составляющих сил резания  $P_{X_T}$  и  $P_{Y_T}$  по максимальной подаче. Определяем значения составляющих сил резания  $P_X$  и  $P_Y$  с учётом поправочного коэффициента.

Значения составляющих сил резания должны удовлетворять условиям

$$-P_X \leq P_{X_{ст}}, P_Y \leq P_{Y_{ст}}.$$

## Для сверления, растачивания, зенкерования отверстий

1. Выбираем табличные значения подачи  $S_T$ , скорости  $V_T$ , мощности  $N_T$  и осевой силы резания  $P_T$ .
2. Выбираем поправочные коэффициенты.
3. Определяем фактические значения подачи  $S_0$ , скорости  $V$ , мощности  $N$ .
4. Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} (\text{мин}^{-1})$$

Принимаем ближайшие значения частоты вращения шпинделя по паспорту станка  $n_\phi$ .

5. Определяем фактическую скорость резания по формуле:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} (\text{м / мин})$$

6. Определяем мощность резания по формуле:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T}$$

7. Определяем осевую силу резания по формуле:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}}$$

Поправочные коэффициенты:

$K_{S_d}$  - сечение державки резца,

$K_{S_h}$  - прочность режущей части,

$K_{S_M}$  - механические свойства обрабатываемого материала,

$K_{S_y}$  - схема установки заготовки,

$K_{S_{II}}$  - состояние поверхности заготовки,

$K_{S_\phi}$  - геометрические параметры режущих инструментов,

$K_{S_J}$  - жёсткость станка,

$K_{S_r}$  - радиус вершины резца,

$K_{S_k}$  - качество обрабатываемой поверхности,

$K_{S_{\phi_k}}$  - кинематический угол в плане,

$K_{V_M}$  - скорость резания,

$K_{N_M}$  - мощность резания,

$K_{P_M}$  - сила резания.

## Операция 010 - токарная с ЧПУ:

Переход 1: подрезать правый торец начисто (IT10).

1. Глубина резания  $t = z_{1.1} = 2,0 \text{ мм}$ .

2. Подача  $S_{OT} = 0,14 \text{ мм/об}$  [8, карта 6 поз.23].

Поправочные коэффициенты на подачу:

$K_{S_{II}} = 1,0$  (BK3-M) [8, карта 4 лист 2];

$K_{S_{д}} = 0,95$ ;  $K_{S_{h}} = 0,9$  [8, карта 5 лист 1];

$K_{S_{M}} = 1,05$ ;  $K_{S_{V}} = 0,8$  [8, карта 5 лист 2];

$K_{S_{II}} = 0,85$ ;  $K_{S_{\phi}} = 1,0$  [8, карта 5 лист 3].

$K_{S_{J}} = 1,0$  [8, карта 5 лист 4].

$$S_0 = S_{OT} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_{д}} \cdot K_{S_{h}} \cdot K_{S_{M}} \cdot K_{S_{V}} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_{\phi}} \cdot K_{S_{J}} = \\ 0,14 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,10 \text{ мм / об}$$

3. Скорость резания определим в зависимости от подачи  $S_0$ , глубины резания и материала инструмента (BK3-M) [8, карта 22] с учётом поправочных коэффициентов:

при  $S_0 = 0,10 \text{ мм/об}$  и  $t=2,0 \text{ мм} \rightarrow v_T = 264 \text{ м / мин}$

Поправочные коэффициенты на скорость резания:

$K_{V_{II}} = 1,0$  [8, карта 22];

$K_{V_c} = 1,0$ ;  $K_{V_o} = 1,0$  [8, карта 23 лист 1];

$K_{V_J} = 1,0$ ;  $K_{V_M} = 1,1$  [8, карта 23 лист 2];

$K_{V_{\phi}} = 1,0$ ;  $K_{V_T} = 1,0$ ;  $K_{V_{ж}} = 1,0$  [8, карта 23 лист 3].

$$V = V_T \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_c} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{\phi}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} = \\ 264 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 290 \text{ м / мин}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 290}{3,14 \cdot 85} = 1086 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка ближайшая частота вращения шпинделя  $n_{\phi} = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 1000}{1000} = 267 \text{ м / мин}.$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 3 \text{ кВт} [8, \text{ карта 21 лист 8}], K_{N_M} = 1,15 [8, \text{ карта 24}].$$

Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 3 \cdot 1,15 \cdot \frac{267}{264} = 3,5 \text{ кВт}.$$

7. Составляющие силы резания  $P_{X_T}$  и  $P_{Y_T}$  при максимальной подаче

$$S_{OT} = 0,1 \text{ мм/об} \text{ и } t = 2,0 \text{ мм} \rightarrow P_{X_T} = 530 \text{ Н}, P_{Y_T} = 160 \text{ Н},$$

$$K_{P_M} = 0,8 [8, \text{ карта 32,33}].$$

$$P_X = P_{X_T} \cdot K_{P_M} = 530 \cdot 0,8 = 424 \text{ Н}$$

$$P_Y = P_{Y_T} \cdot K_{P_M} = 160 \cdot 0,8 = 128 \text{ Н}$$

Значения составляющих сил резания меньше допустимых механизмом станка:

$$P_X < P_{X_{CT}} : 638 \text{ Н} < 7100 \text{ Н}; P_Y < P_{Y_{CT}} : 215 \text{ Н} < 12500 \text{ Н}.$$

Переход 2: точить начерно Ø80f7 (IT12).

1. Глубина резания  $t = 1,6 \text{ мм}$

2. Подача  $S_{OT} = 0,42 \text{ мм/об}$  [8, карта 4 лист 2].

Поправочные коэффициенты на подачу:

$$K_{S_{II}} = 1,0; K_{S_{Д}} = 0,95; K_{S_{h}} = 0,9; K_{S_M} = 1,05; K_{S_Y} = 0,8;$$

$$K_{S_{II}} = 0,85; K_{S_\phi} = 1,0; K_{S_J} = 1,0.$$

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_{Д}} \cdot K_{S_{h}} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_Y} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_\phi} \cdot K_{S_J} = \\ 0,42 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,26 \text{ мм / об}$$

3. Скорость резания [8, карта 21 лист 8]:

$$\text{при } S_0 = 0,26 \text{ мм/об} \text{ и } t = 1,6 \text{ мм} \rightarrow v_T = 450 \text{ м / мин}$$

Поправочные коэффициенты на скорость резания:

$$K_{V_{II}} = 1,0; K_{V_C} = 1,0; K_{V_O} = 1,0; K_{V_J} = 1,0; K_{V_M} = 1,1;$$

$$K_{V_\phi} = 1,0; K_{V_T} = 1,0; K_{V_{ж}} = 1,0.$$

$$V = V_T \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} = \\ 450 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 495 \text{ мин}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 495}{3,14 \cdot 81} = 1946 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту станка ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 2000 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 81 \cdot 2000}{1000} = 508 \text{ м / мин}$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 3,5 \text{ кВт} [8, \text{ карта } 21 \text{ лист } 8], K_{N_M} = 1,15 [8, \text{ карта } 24].$$

7. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 3,5 \cdot 1,15 \cdot \frac{508}{450} = 4,55 \text{ кВт}.$$

### **Операция 015 - токарная с ЧПУ:**

Переход 1: подрезать левый торец начерно (IT12).

1. Глубина резания  $t = z_{2,1} = 1,5 \text{ мм}$ .

2. Подача  $S_{OT} = 0,42 \text{ мм/об}$  [8, карта 4 лист 2 поз.20].

Поправочные коэффициенты на подачу:

$$K_{S_{H1}} = 1,0; K_{S_{D1}} = 0,95; K_{S_{h1}} = 0,9; K_{S_{M1}} = 1,05; K_{S_{y1}} = 0,8;$$

$$K_{S_{H2}} = 0,85; K_{S_{\phi}} = 1,0; K_{S_J} = 1,0.$$

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{S_{H1}} \cdot K_{S_{D1}} \cdot K_{S_{h1}} \cdot K_{S_{M1}} \cdot K_{S_{y1}} \cdot K_{S_{H2}} \cdot K_{S_{\phi}} \cdot K_{S_J} = \\ 0,42 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,26 \text{ мм / об}$$

3. Скорость резания [8, карта 21 лист 8] :

$$\text{при } S_0 = 0,26 \text{ мм/об и } t = 1,5 \text{ мм} \rightarrow v_T = 450 \text{ м / мин}$$

Поправочные коэффициенты на скорость резания:

$$K_{V_{H1}} = 1,0; K_{V_C} = 1,0; K_{V_O} = 1,0; K_{V_J} = 1,0; K_{V_M} = 1,1;$$

$$K_{V_{\phi}} = 1,0; K_{V_T} = 1,0; K_{V_{ж}} = 1,0.$$

$$V = V_T \cdot K_{V_{H1}} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{\phi}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} = \\ 450 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 495 \text{ мин}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 495}{3,14 \cdot 81} = 1946 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 2000 \text{ мин}^{-1}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 2000}{1000} = 238 \text{ м / мин}$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 3,5 \text{ кВт} [8, \text{ карта 21 лист 8}], K_{N_M} = 1,15 [8, \text{ карта 24}].$$

7. Мощность резания :

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 3,5 \cdot 1,15 \cdot \frac{508}{450} = 4,55 \text{ кВт}.$$

Переход 2: точить  $\text{Ø}80f7$  начерно (IT14).

Режимы резания аналогичны режимам резания операции 010 , переход 2.

### **Операция 020 - токарная с ЧПУ:**

Переход 1: сверлить отверстие  $\text{Ø}32 \text{ мм}$ .

1. Табличные значения:

$$S_{OT} = 0,65 \text{ мм / об}; v_T = 20,0 \text{ м / мин}; N_T = 4,38 \text{ кВт}; P_T = 15200 \text{ Н} [8, \text{ карта 46 лист 2}].$$

Табличное значение осевой силы  $P_T > P_{CT}$ , поэтому примем ближайшие табличные значения:

$$S_{OT} = 0,43 \text{ мм / об}; v_T = 21,5 \text{ м / мин}; N_T = 2,85 \text{ кВт}; P_T = 11400 \text{ Н} .$$

2. Поправочные коэффициенты:

$$K_{S_M} = K_{V_M} = K_{P_M} = K_{N_M} = 1 [8, \text{ карта 53 лист 2}].$$

3. Фактические значения:

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{S_M} = 0,43 \cdot 1,0 = 0,43 \text{ мм / об}$$

$$V = v_T \cdot K_{V_M} = 21,5 \cdot 1,0 = 21,5 \text{ м / мин}$$

$$N = N_T \cdot K_{N_M} = 2,85 \cdot 1,0 = 2,85 \text{ кВт}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,5}{3,14 \cdot 32} = 214 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 200 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 200}{1000} = 20 \text{ м / мин}.$$

6. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 2,85 \cdot 1 \cdot \frac{21,5}{21,5} = 2,85 \text{ кВт}$$

7. Осевая сила резания:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{11400}{1} = 11400 \text{ Н} \quad P < P_{CT}: 11400 \text{ Н} < 12500 \text{ Н}$$

Переходы 2,3: расточить отверстие Ø38H10мм (2 прохода).

1. Глубина резания  $t = 1,5 \text{ мм}$ .

2. Подача  $S_{OT} = 0,33 \text{ мм/об}$  [8, карта 12].

Поправочные коэффициенты на подачу:

$$K_{S_M} = 1,05; \quad K_{S_L} = 1,0 \text{ [8, карта 14 лист 1];}$$

$$K_{S_r} = 1,0; \quad K_{S_K} = 1,0; \quad K_{S_{\phi_K}} = 1,0; \quad K_{S_D} = 0,62 \text{ [8, карта 14 лист 2].}$$

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_L} \cdot K_{S_r} \cdot K_{S_K} \cdot K_{S_{\phi_K}} \cdot K_{S_D} = \\ 0,33 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,62 = 0,21 \text{ мм / об}$$

3. Скорость резания [8, карта 21 лист 8]:

$$\text{при } S_O = 0,21 \text{ мм/об и } t = 1,5 \text{ мм} \rightarrow v_T = 240 \text{ м / мин}$$

Поправочные коэффициенты на скорость резания:

$$K_{V_H} = 1,0; \quad K_{V_C} = 1,0; \quad K_{V_O} = 1,0; \quad K_{V_J} = 1,0; \quad K_{V_M} = 1,1;$$

$$K_{V_\phi} = 1,0; \quad K_{V_T} = 1,0; \quad K_{V_{ж}} = 1,0.$$

$$V = V_T \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} = \\ 240 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 264 \text{ мин}$$

4. Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 264}{3,14 \cdot 38} = 2212 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту станка ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 2000 \text{ мин}^{-1}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 2000}{1000} = 238 \text{ м / мин}$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 3,1 \text{ кВт} \text{ [8, карта 21 лист 8], } K_{N_M} = 1,15 \text{ [8, карта 24].}$$

7. Мощность резания :

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 3,1 \cdot 1,15 \cdot \frac{264}{240} = 3,92 \text{ кВт}.$$

### Операция 025 - токарная с ЧПУ:

Переход 1: точить Ø68f7, (IT10).

1. Глубина резания:  $t = 6,2 \text{ мм}$ .

2. Подача:  $S_{OT} = 0,20 \text{ мм/об}$  [8, карта 6 поз.24].

Поправочные коэффициенты на подачу:

$$K_{S_{II}} = 1,0; K_{S_{Д}} = 0,95; K_{S_{h}} = 0,9; K_{S_{M}} = 1,05; K_{S_{Y}} = 0,8;$$

$$K_{S_{II}} = 0,85; K_{S_{\phi}} = 1,0; K_{S_{J}} = 1,0.$$

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_{Д}} \cdot K_{S_{h}} \cdot K_{S_{M}} \cdot K_{S_{Y}} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_{\phi}} \cdot K_{S_{J}} = \\ 0,2 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,12 \text{ мм / об}$$

3. Скорость резания [8, карта 22]:

при  $S_O = 0,12 \text{ мм/об}$  и  $t = 6,2 \text{ мм} \rightarrow v_T = 240 \text{ м / мин}$ .

Поправочные коэффициенты на скорость резания:

$$K_{V_{II}} = 1,0; K_{V_C} = 1,0; K_{V_O} = 1,0; K_{V_J} = 1,0; K_{V_M} = 1,1;$$

$$K_{V_{\phi}} = 1,0; K_{V_T} = 1,0; K_{V_{ж}} = 1,0.$$

$$V = V_T \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{\phi}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} = \\ 240 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 264 \text{ м / мин}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 264}{3,14 \cdot 68} = 1235 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 1250 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 1250}{1000} = 270 \text{ м / мин}.$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 5,7 \text{ кВт} [8, карта 21 лист 8], K_{N_M} = 1,15 [8, карта 24].$$

7. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} (\text{кВт}) = 5,7 \cdot 1,15 \cdot \frac{270}{240} = 7,4 \text{ кВт}.$$

Переход 2: точить Ø80f7 (IT10).

1. Глубина резания:  $t = 1,0$  мм.

2. Подача:  $S_{OT} = 0,20$  мм/об [8, карта 6 поз.22].

Поправочные коэффициенты на подачу:

$$K_{S_{II}} = 1,0; K_{S_D} = 0,95; K_{S_h} = 0,9; K_{S_M} = 1,05; K_{S_V} = 0,8;$$

$$K_{S_{II}} = 0,85; K_{S_\phi} = 1,0; K_{S_J} = 1,0.$$

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_D} \cdot K_{S_h} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_V} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_\phi} \cdot K_{S_J} = \\ 0,2 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,12 \text{ мм / об}$$

3. Скорость резания [8, карта 22]:

при  $S_O = 0,12$  мм/об и  $t = 1,0$  мм  $\rightarrow v_T = 420$  м / мин .

$$K_{V_{II}} = 1,0; K_{V_C} = 1,0; K_{V_O} = 1,0; K_{V_J} = 1,0; K_{V_M} = 1,1;$$

$$K_{V_\phi} = 1,0; K_{V_T} = 1,0; K_{V_{ж}} = 1,0.$$

$$V = V_T \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} = \\ 420 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 462 \text{ м / мин}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 462}{3,14 \cdot 80} = 1840 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 1800 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} (\text{м / мин}) = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1800}{1000} = 452 \text{ м / мин}$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 3,1 \text{ кВт} [8, \text{ карта 21 лист 8}], K_{N_M} = 1,15 [8, \text{ карта 24}]$$

7. Мощность резания :

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 3,1 \cdot 1,15 \cdot \frac{462}{420} = 3,9 \text{ кВт}.$$

### **Операция 035 - токарная с ЧПУ**

Переход 1: центровать отверстия Ø2,5 мм.

1. Табличные значения:

$$S_T = 0,13 \text{ мм / об}; v_T = 27,5 \text{ м / мин}; N_T = 0,20 \text{ кВт}; P_T = 509 \text{ Н} [8, \text{ карта 46 лист 1}].$$

2. Поправочные коэффициенты:

$$K_{S_M} = K_{V_M} = K_{P_M} = K_{N_M} = 1 \text{ [8, карта 53 лист 2].}$$

3. Табличные значения с учетом поправочного коэффициента:

$$S_o = S_T \cdot K_{S_m} = 0,13 \cdot 1 = 0,13 \text{ мм / об}$$

$$V = V_T \cdot K_{v_m} = 27,5 \cdot 1 = 27,5 \text{ м / мин}$$

$$N = N_T \cdot K_{N_m} = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ кВт}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 2,5} = 3235 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 3000 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 3000}{1000} = 23,6 \text{ м / мин}$$

6. Мощность резания

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 0,2 \cdot 1 \cdot \frac{23,6}{27,5} = 0,17 \text{ кВт}$$

7. Осевая сила резания

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{509}{1} = 509 \text{ Н} \quad ; \quad P < P_{CT} : 509 \text{ Н} < 12500 \text{ Н}.$$

Переход 2: сверлить отверстия Ø3,3 мм.

Режимы сверления отверстий Ø3,3 мм аналогичны режимам на 1 переходе.

Переход 3: сверлить отверстия Ø12 мм.

1. Табличные значения:

$$S_T = 0,42 \text{ мм / об} ; v_T = 25,2 \text{ м / мин} ; N_T = 1,34 \text{ кВт} ; P_T = 3675 \text{ Н} \text{ [8, карта 46 лист 1].}$$

2. Поправочные коэффициенты:

$$K_{S_M} = K_{V_M} = K_{P_M} = K_{N_M} = 1 \text{ [8, карта 53 лист 2].}$$

3. Табличные значения с учетом поправочного коэффициента:

$$S_o = S_{OT} \cdot K_{S_m} = 0,42 \cdot 1 = 0,42 \text{ мм / об}$$

$$V = V_T \cdot K_{v_m} = 25,2 \cdot 1 = 25,2 \text{ м / мин}$$

$$N = N_T \cdot K_{N_m} = 1,34 \cdot 1 = 1,34 \text{ кВт}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25,2}{3,14 \cdot 12} = 670 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 600 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 600}{1000} = 23 \text{ м / мин.}$$

6. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 1,34 \cdot 1 \cdot \frac{23}{25,2} = 1,2 \text{ кВт.}$$

7. Осевая сила резания:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{3675}{1} = 3675 \text{ Н} \quad P < P_{CT} : 3675 \text{ Н} < 12500 \text{ Н.}$$

Переход 4: расточить отверстие  $\text{Ø}12,5 \text{ H}11^{(+0,1)}$  мм

1. Табличные значения:

$$S_T = 0,3 \text{ мм / об}; v_T = 12,5 \text{ м / мин}; N_T = 3,3 \text{ кВт}; P_T = 434 \text{ Н} [8, \text{ карта 51 лист 2}].$$

2. Поправочные коэффициенты:

$$K_{S_M} = K_{V_M} = K_{P_M} = K_{N_M} = 1 [8, \text{ карта 53 лист 2}].$$

3. Табличные значения с учетом поправочного коэффициента:

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{S_m} = 0,3 \cdot 1 = 0,3 \text{ мм / об};$$

$$V = V_T \cdot K_{v_m} = 12,5 \cdot 1,0 = 12,5 \text{ м / мин};$$

$$N = N_T \cdot K_{N_m} = 3,3 \cdot 1,0 = 3,3 \text{ кВт.}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,5}{3,14 \cdot 12,5} = 315 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 315 \text{ мин}^{-1}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12,5 \cdot 315}{1000} = 12,4 \text{ м / мин}$$

6. Мощность резания:  $N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 3,3 \cdot 1 \cdot \frac{12,4}{12,5} = 3,27 \text{ кВт.}$

7. Осевая сила резания:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{434}{1} = 434H \quad ; \quad P < P_{CT} : 434H < 12500H.$$

Переход 5: зенковать фаски 0,5x45°.

1. Табличные значения:

$$S_T = 0,13 \text{ мм / об} ; v_T = 27,5 \text{ м / мин} ; N_T = 0,20 \text{ кВт} ; P_T = 509H \text{ [8, карта 46 лист 1]}.$$

2. Поправочные коэффициенты:

$$K_{S_M} = K_{v_m} = K_{P_m} = K_{N_m} = 1 \text{ [8, карта 53 лист 2]}.$$

3. Табличные значения с учетом поправочного коэффициента:

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{S_m} = 0,13 \cdot 1 = 0,13 \text{ мм / об}$$

$$V = V_T \cdot K_{v_m} = 27,5 \cdot 1 = 27,5 \text{ м / мин}$$

$$N = N_T \cdot K_{N_m} = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ кВт}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 4} = 2190 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 2000 \text{ мин}^{-1}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 2000}{1000} = 25 \text{ м / мин}$$

6. Мощность резания :

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 0,2 \cdot 1 \cdot \frac{25}{27,5} = 0,18 \text{ кВт}$$

7. Осевая сила резания:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{509}{1} = 509H \quad ; \quad P < P_{CT} : 509H < 12500H.$$

Переход 6: зенковать фаски 0,8x45°.

1. Табличные значения:

$$S_T = 0,42 \text{ мм / об} ; v_T = 25,2 \text{ м / мин} ; N_T = 1,34 \text{ кВт} ; P_T = 3675H \text{ [8, карта 46 лист 1]}.$$

2. Поправочные коэффициенты:

$$K_{S_M} = K_{v_m} = K_{P_m} = K_{N_m} = 1 \text{ [8, карта 53 лист 2]}.$$

3. Табличные значения с учетом поправочного коэффициента:

$$S_o = S_{OT} \cdot K_{S_m} = 0,42 \cdot 1 = 0,42 \text{ мм / об}$$

$$V = V_T \cdot K_{V_m} = 25,2 \cdot 1 = 25,2 \text{ м / мин}$$

$$N = N_T \cdot K_{N_m} = 1,34 \cdot 1 = 1,34 \text{ кВт}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25,2}{3,14 \cdot 12,4} = 647 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12,4 \cdot 647}{1000} = 25,2 \text{ м / мин}$$

6. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 1,34 \cdot 1 \cdot \frac{25,2}{25,2} = 1,34 \text{ кВт}$$

7. Осевая сила резания:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{3675}{1} = 3675 \text{ Н} \quad ; \quad P < P_{CT} : 3675 \text{ Н} < 12500 \text{ Н}.$$

### **Операция 050 - токарная с ЧПУ:**

Переход 1: подрезать торец  $\varnothing 68 f7$  начисто (IT10).

1. Глубина резания:  $t = z_{3,1} = 1,0 \text{ мм}$ .

2. Подача:  $S_{OT} = 0,2 \text{ мм/об}$  [8, карта 6 поз.23].

Поправочные коэффициенты на подачу:

$$K_{S_{II}} = 1,0 ; K_{S_{Д}} = 0,95 ; K_{S_{h}} = 0,9 ; K_{S_{M}} = 1,05 ; K_{S_{V}} = 0,8 ;$$

$$K_{S_{II}} = 0,85 ; K_{S_{\phi}} = 1,0 ; K_{S_{J}} = 1,0.$$

$$S_o = S_{OT} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_{Д}} \cdot K_{S_{h}} \cdot K_{S_{M}} \cdot K_{S_{V}} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_{\phi}} \cdot K_{S_{J}} = \\ 0,2 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,12 \text{ мм / об}$$

3. Скорость резания [8, карта 22]:

$$\text{при } S_o = 0,12 \text{ мм/об и } t = 1 \text{ мм} \rightarrow v_T = 264 \text{ м / мин}.$$

Поправочные коэффициенты на скорость резания:

$$K_{V_{II}} = 1,0 \quad K_{V_C} = 1,0 ; K_{V_o} = 1,0 \quad K_{V_J} = 1,0 ; K_{V_M} = 1,1 ;$$

$$K_{V_{\phi}} = 1,0 ; K_{V_T} = 1,0 ; K_{V_{ж}} = 1,0 .$$

$$V = V_T \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{\phi}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} = 264 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 290 \text{ м / мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 290}{3,14 \cdot 68} = 1358 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту станка ближайшая частота вращения шпинделя  $n_{\phi} = 1350 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 1350}{1000} = 288 \text{ м / мин}$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 3 \text{ кВт} [8, \text{ карта 21 лист 8}], K_{N_M} = 1,15 [8, \text{ карта 24}].$$

7. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_{\phi}}{V_T} = 3 \cdot 1,15 \cdot \frac{290}{288} = 3,5 \text{ кВт.}$$

Переход 2: точить Ø68f7 мм (IT7).

1. Глубина резания:  $t = 0,15 \text{ мм}$ .

2. Подача:  $S_{от} = 0,08 \text{ мм/об}$  [8, карта 7 по19].

3. Скорость резания [8, карта 22]:

$$\text{при } S_0 = 0,08 \text{ мм/об и } t = 0,15 \text{ мм} \rightarrow v_T = 500 \text{ м / мин}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 500}{3,14 \cdot 68} = 2342 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка ближайшая частота вращения шпинделя  $n_{\phi} = 2000 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 2000}{1000} = 427 \text{ м / мин.}$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 2 \text{ кВт} [8, \text{ карта 21 лист 8}], K_{N_M} = 1,15 [8, \text{ карта 24}].$$

7. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 2 \cdot 1,15 \cdot \frac{427}{500} = 2,0 \text{ кВт}.$$

Переход 3: точить Ø75 мм (IT10).

1. Глубина резания:  $t = 0,5 \text{ мм}$ .

2. Подача:  $S_{от} = 0,08 \text{ мм/об}$  [8, карта 6 поз.21].

3. Скорость резания [8, карта 22]:

при  $S_0 = 0,08 \text{ мм/об}$  и  $t = 0,5 \text{ мм} \rightarrow v_T = 500 \text{ м / мин}$ .

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 500}{3,14 \cdot 75} = 2120 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 2000 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 2000}{1000} = 471 \text{ м / мин}.$$

6. Табличная мощность резания:

$N_T = 2 \text{ кВт}$  [8, карта 21 лист 8],  $K_{N_M} = 1,15$  [8, карта 24]

7. Мощность резания :

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_\phi}{V_T} = 2 \cdot 1,15 \cdot \frac{471}{500} = 2,2 \text{ кВт}.$$

Переход 4: точить Ø80f7 мм (IT7).

1. Глубина резания:  $t = 0,15 \text{ мм}$ .

2. Подача:  $S_{от} = 0,08 \text{ мм/об}$  [8, карта 7 поз.22].

3. Скорость резания [8, карта 22]:

при  $S_0 = 0,08 \text{ мм/об}$  и  $t = 0,15 \text{ мм} \rightarrow v_T = 500 \text{ м / мин}$ .

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 500}{3,14 \cdot 80} = 1990 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка ближайшая частота вращения шпинделя  $n_\phi = 2000 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 2200}{1000} = 553 \text{ м / мин.}$$

6. Табличная мощность резания:

$$N_T = 2 \text{ кВт} [8, \text{ карта 21 лист 8}], K_{N_M} = 1,15 [8, \text{ карта 24}].$$

7. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot \frac{V_{\phi}}{V_T} = 2 \cdot 1,15 \cdot \frac{553}{500} = 2,55 \text{ кВт.}$$

Переход 5: точить фаску 30°.

Расчёт режимов точения фаски аналогичен расчёту режимов точения канавки .

Переход 6: точить канавку Ø76h9 мм.

1. Ширина резца:  $t = 4,0 \text{ мм.}$

2. Подача:  $S_0 = 0,15 \text{ мм/об}$  [8, карта 27].

Поправочные коэффициенты на подачу:

Материал (ВК6)  $K_{S_H} = 1,0$  [8, карта 27];  $K_{S_M} = 1,0$  [8, карта 29 лист 1];

$K_{S_Y} = 1,0$  ;  $K_{S_{III}} = 0,3$  ;  $K_{S_d} = 1,1$  ( $\text{Ø}76/\text{Ø}80=0,94$ );  $K_{S_o} = 1,0$  [8, карта 29 лист 2].

$$S_o = S_T \cdot K_{S_H} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_Y} \cdot K_{S_{III}} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_o} = \\ 0,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,3 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,05 \text{ мм / об}$$

3. Скорость резания:

при  $S_o = 0,05 \text{ мм/об}$  и  $t = 4,3 \text{ мм} \rightarrow v_T = 160 \text{ м / мин.};$

$K_{V_H} = 1,0$  [8, карта 30 лист 2];  $K_{V_M} = 0,85$  [8, карта 31 лист 1];

$K_{V_T} = 0,8$  ,  $K_{V_{ж}} = 1,0$  [8, карта 31 лист 2];  $K_{V_c} = 1,0$  ,  $K_{V_{от}} = 1,0$  [8, карта 31 лист 3].

$$V = V_T \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} \cdot K_{V_c} \cdot K_{V_{от}} = 160 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 109 \text{ м / мин}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 76} = 455 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту ближайшая частота вращения шпинделя  $n_{\phi} = 450 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Фактическая скорость резания:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 76 \cdot 450}{1000} = 107 \text{ м / мин.}$$

6. Мощность резания:

$$N = N_T \cdot \frac{V_{\phi}}{V_T} = 3,8 \cdot \frac{107}{109} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Для переходов 7 и 8 (точение закруглений  $R0,5$  и  $R0,3$ ) режимы резания аналогичны режимам резания канавки.

### 1.11 Расчет основного времени

Основное время определяем по формуле:

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n}$$

где  $L_{PX}$  – расчётная длина обработки, мм;

$i$  – число рабочих ходов;

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

$S$  – подача, мм/об (мм/мин).

На каждую операцию (переход) необходимо определить длину рабочего хода инструмента:

$$L_{PX} = l + l_1 + l_2 + l_3,$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  – длина подвода инструмента, мм;

$l_2$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_3$  – длина перебега инструмента, мм.

Для подрезки торца длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{PX} = D/2 + l_1 + l_2,$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности (диаметр торца), мм.

Величины подвода, врезания и перебега инструмента при точении и обработке отверстий принимаем согласно [8, приложение 22,23].

#### Операция 005

$$T_0 = 0,011 \cdot D = 0,011 \cdot 85 = 0,935 \text{ мин}$$

### Операция 010

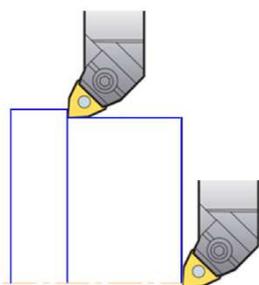


Рис.20

- переход 1:

$$L_{PX} = D/2 + l_1 + = 85/2 + 3 + 1 = 46,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{46,5 \cdot 2}{0,1 \cdot 1000} = 0,93 \text{ мин}$$

- переход 2:

$$L_{PX} = l_1 + l_2 + l_3 = 28 + 1 + 3 + 1 = 33 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{33 \cdot 2}{0,26 \cdot 2000} = 0,25 \text{ мин}$$

### Операция 015

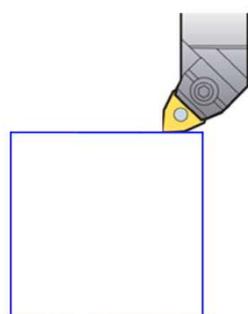


Рис.21

- переход 1:

$$L_{PX} = D/2 + l_1 + l_2 = 81/2 + 3 + 1 = 44,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{44,5 \cdot 2}{0,26 \cdot 2000} = 0,34 \text{ мин}$$

- переход 2:

$$L_{PX} = l_1 + l_2 + l_3 = 16 + 1 + 3 + 1 = 21 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{21 \cdot 2}{0,26 \cdot 2000} = 0,16 \text{ мин}$$

### Операция 020

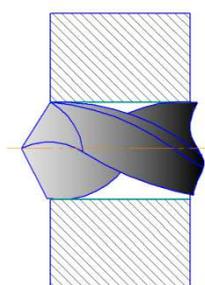


Рис.22

-переход 1:

$$L_{PX} = l_1 + l_2 + l_3 = 2,5 + 32 + 12 + 1 = 87,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{87,5 \cdot 1}{0,43 \cdot 200} = 1 \text{ мин}$$

- переход 2:

$$L_{PX} = l_1 + l_2 + l_3 = 42,5 + 1 + 1 + 1 = 45,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{45,5 \cdot 1}{0,21 \cdot 2000} = 0,1 \text{ мин}$$

- переход 3:

$$L_{PX} = l_1 + l_2 + l_3 = 42,5 + 1 + 1 + 1 = 45,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{45,5 \cdot 1}{0,21 \cdot 2000} = 0,1 \text{ мин}$$

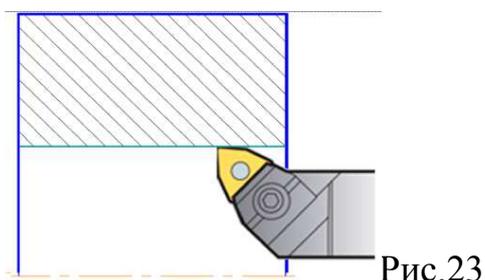


Рис.23

## Операция 025

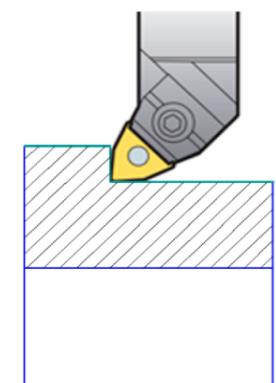


Рис.24

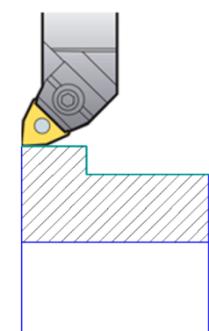


Рис.25

-переход 1:

$$L_{PX} = 1 + l_2 + l_3 = 22,5 + 1 + 7 + 2 = 32,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{32,5 \cdot 1}{0,2 \cdot 1250} = 0,13 \text{ мин}$$

- переход 2:

$$L_{PX} = 1 + l_1 + l_2 + l_3 = 18 + 1 + 1 + 1 = 21 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{21 \cdot 1}{0,12 \cdot 1800} = 0,1 \text{ мин}$$

## Операция 035

- переход 1:

$$L_{PX} = 1 + l_1 + l_2 + l_3 = 5 + 1 + 1,5 = 7,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = 14 \cdot \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = 14 \cdot \frac{7,5 \cdot 1}{0,13 \cdot 3000} = 0,27 \text{ мин}$$

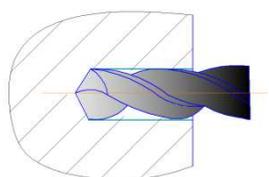


Рис.26

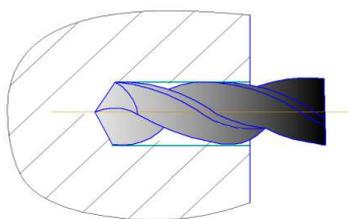


Рис.27

- переход 2:

$$L_{PX} = 1 + l_1 + l_2 + l_3 = 10 + 1 + 1,5 = 12,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = 2 \cdot \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = 2 \cdot \frac{12,5 \cdot 1}{0,13 \cdot 3000} = 0,06 \text{ мин}$$

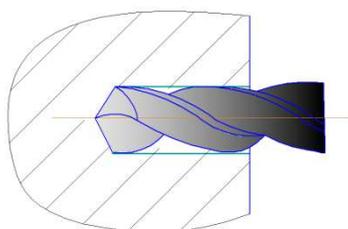


Рис.28

- переход 3:

$$L_{PX} = 1 + l_1 + l_2 + l_3 = 28,4 + 1 + 4 = 33,4 \text{ мм.}$$

$$t_o = 12 \cdot \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = 12 \cdot \frac{33,4 \cdot 1}{0,42 \cdot 600} = 1,6 \text{ мин}$$

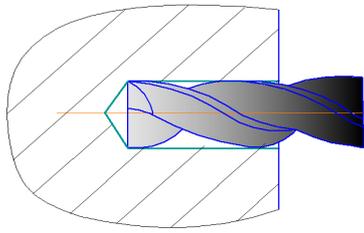


Рис.29

- переход 4:

$$L_{PX} = 1 + l_1 + l_2 + l_3 = 30,5 + 1 + 2 = 33,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = 12 \cdot \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = 12 \cdot \frac{33,5 \cdot 1}{0,13 \cdot 315} = 9,8 \text{ мин}$$

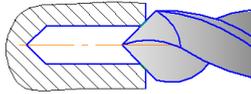


Рис.30

- переход 5:

$$L_{PX} = l = 0,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = 2 \cdot \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = 2 \cdot \frac{0,5 \cdot 1}{0,13 \cdot 2000} = 0,004 \text{ мин}$$

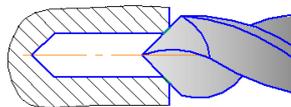


Рис.31

- переход 6:

$$L_{PX} = l = 0,8 \text{ мм.}$$

$$t_o = 12 \cdot \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = 12 \cdot \frac{0,8 \cdot 1}{0,42 \cdot 1000} = 0,02 \text{ мин}$$

### Операция 040

$$T_0 = 2 \cdot (0,0004 \cdot D \cdot L) = 2 \cdot (0,0004 \cdot 4 \cdot 10) = 0,032 \text{ мин}$$

### Операция 050



Рис.32

- переход 1:

$$L_{PX} = D/2 + l_1 + l_2 = 68/2 + 1 + 1 = 36 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{36 \cdot 2}{0,12 \cdot 1350} = 0,44 \text{ мин}$$

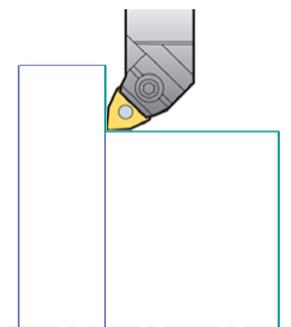


Рис.33

- переход 2:

$$L_{PX} = D/2 + l_1 + l_2 = 68/2 + 1 + 1 = 36 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{36 \cdot 2}{0,08 \cdot 2000} = 0,45 \text{ мин}$$

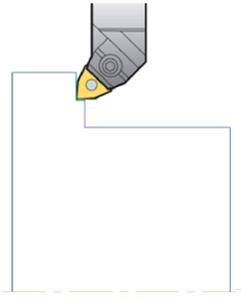


Рис.34

- переход 3:

$$L_{PX} = D/2 + l_1 + l_2 = 5/2 + 1 + 1 = 39,5 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{39,5 \cdot 2}{0,08 \cdot 2000} = 0,49 \text{ мин}$$

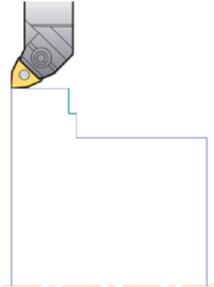


Рис.35

- переход 4:

$$L_{PX} = D/2 + l_1 + l_2 = 80/2 + 1 + 1 = 42 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{42 \cdot 2}{0,08 \cdot 2000} = 0,52 \text{ мин}$$

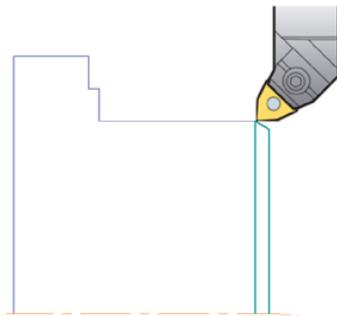


Рис.36

- переход 5:

$$L_{PX} = l = 3,4 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{3,4 \cdot 1}{0,05 \cdot 450} = 0,15 \text{ мин}$$

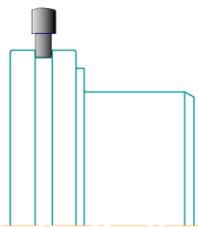


Рис.37

- переход 6:

$$L_{PX} = D/2 + l_1 + l_2 = 76/2 + 1 + 3 = 42 \text{ мм.}$$

$$t_o = \frac{L_{PX} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{42 \cdot 2}{0,05 \cdot 450} = 3,7 \text{ мин}$$

### Операция 055

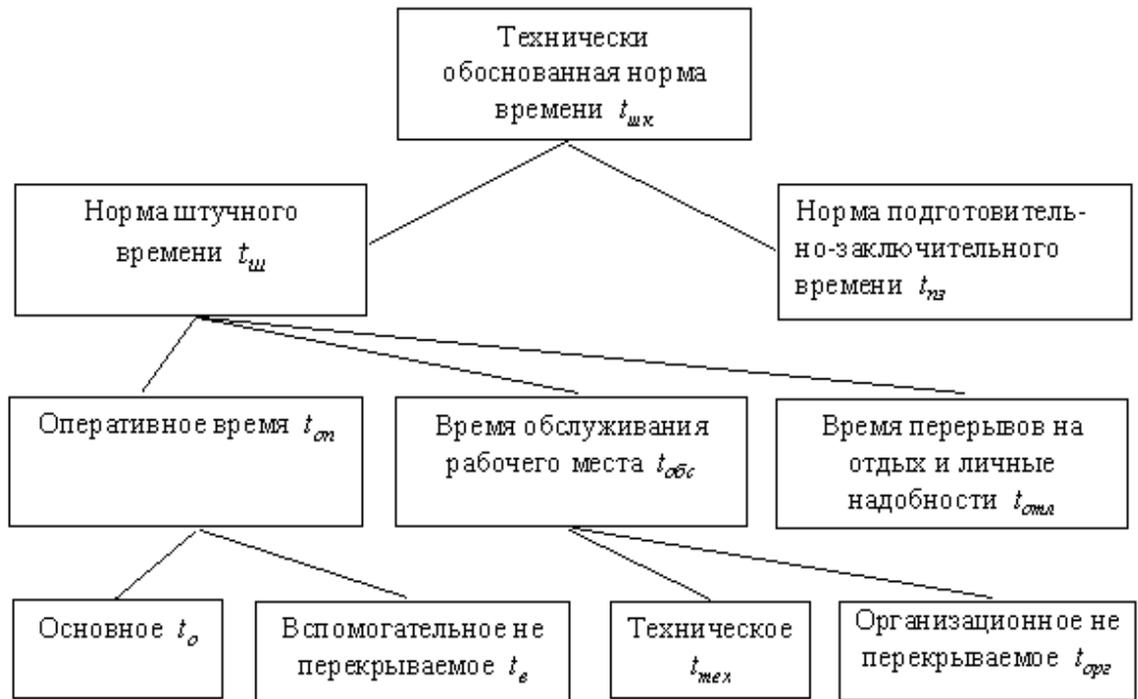
- переход 1:

$$T_0 = 0,000327 \cdot D \cdot L = 0,000327 \cdot 68 \cdot 22,5 = 0,5 \text{ мин}$$

- переход 2:

$$T_0 = 4 \cdot (0,000327 \cdot D \cdot L) = 4 \cdot (0,000327 \cdot 80 \cdot (0,5 + 0,3) / 2) = 0,04 \text{ мин}$$

Рис.38 Структура штучно-калькуляционного времени



Все затраты рабочего времени определяют на принятую для расчёта единицу работы (операцию, штуку) и составляют норму штучно-калькуляционного времени  $t_{шт-к}$ .

Определяют норму штучно-калькуляционного времени  $t_{шт-к}$  в серийном производстве по формулам:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + t_{пз},$$

$$t_{шт} = t_o + t_v + t_{обс} + t_{отд},$$

$$t_{шт-к} = t_o + t_v + t_{обс} + t_{отд} + t_{пз}$$

где  $t_{шт}$  - штучное время,

$t_{пз}$  - подготовительно-заключительное время,

$t_o$  - основное время;

$t_v$  - вспомогательное время;

$t_{обс}$  - время на обслуживание рабочего места;

$t_{отд}$  - время на отдых.

Вспомогательное время  $t_{\text{в}}$  состоит из затрат времени на отдельные приёмы:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{yc}} + t_{\text{з.о}} + t_{\text{yn}} + t_{\text{уз}},$$

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

$t_{\text{з.о}}$  - время на закрепление и открепление детали;

$t_{\text{yn}}$  - время на приёмы управления станком;

$t_{\text{уз}}$  - время на контрольные измерения и пр.

$$t_{\text{yc}} + t_{\text{з.о}} = 0,23 \text{ мин [1, с.197]}$$

$$t_{\text{yn}} = 0,01 \text{ мин [1, с.202]}$$

$$t_{\text{уз}} = 0,055 \text{ мин – время на проверку биения индикатором часового типа [1, с.209]}$$

$$t_{\text{уз}} = 0,16 \text{ мин – время на проверку штангенциркулем;}$$

$$t_{\text{уз}} = 0,22 \text{ мин - время на проверку нутромером индикаторным ;}$$

$$t_{\text{уз}} = 0,22 \text{ мин – время на проверку микрометром [1, с.209]}$$

Оперативное время  $t_{\text{он}}$  рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{он}} = t_{\text{o}} + t_{\text{в}},$$

Время  $t_{\text{отд}}$  и  $t_{\text{обс}}$  составляет 4% и 3% соответственно от  $t_{\text{он}}$ .

Подготовительно - заключительное время  $t_{\text{н.з}}$  составляет 2 мин - время на наладку станка и установку приспособления.

Расчеты норм времени  $t_{\text{o}}$ ,  $t_{\text{в}}$ , ...,  $t_{\text{шт}}$  по всем операциям приведены в таблице 21 и технологической карте.

Таблица 21. Сводная таблица норм времени

В минутах

№ операции	Наименование операции	Основное время, $t_0$	Вспомогательное время, $t_{в}$	Оперативное время, $t_{оп}$	Время обслуживания $t_{обс}$	Время на отдых, $t_{отд}$	Подгот.- заклоч. время, $t_{п.з}$	Штучно-калькуляционное время, $t_{шт-к}$
005	Заготовительная	0,94	0,01	0,95	0,03	0,04	0,18	1,2
010	Токарная	1,18	0,24	1,42	0,04	0,05	0,22	1,73
015	Токарная	0,5	0,24	0,74	0,02	0,03	0,22	1,01
020	Токарная	1,2	0,01	1,21	0,04	0,05	0,22	1,52
025	Токарная	0,23	0,24	0,43	0,01	0,02	0,22	0,72
035	Токарная	11,75	0,24	11,99	0,36	0,48	0,22	13,05
040	Слесарная	0,32	0,24	0,56	0,01	0,02	0,3	0,89
050	Токарная	5,75	0,24	5,99	0,18	0,24	0,22	6,63
055	Отделочная	0,54	0,24	0,78	0,02	0,03	0,2	1,03

# **Конструкторская часть**

## 2. Конструкторская часть

### 2.1. Назначение и краткое описание устройства

Устройство предназначено для контрольного измерения радиального и торцевого биения детали «поршень».

Устройство содержит опорную плиту 1, на которой устанавливается поверочная призма 10 с призматической выемкой (тип III 100x60x90 ГОСТ 5641-66), пластина-фиксатор 2, стойки 3(2 шт). Пластина-фиксатор 2 крепится к опорной плите 1 с помощью ЭДС (Δ3 ГОСТ 14806-80). Стойки 3 крепятся к опорным пластинам 6 (2 шт) с помощью ЭДС (Δ3 ГОСТ 14806-80). Опорные пластины 6 крепятся к опорной плите 1 с помощью винтов 12(4шт). На стойках 3 с помощью винтов 8 (4шт) на нужном уровне устанавливаются перекладина 4 и консоли 5 (2шт). На перекладине 4 устанавливаются индикаторы часового типа ИЧ-10 11 (3шт). с помощью скобы 9 и винтов 13(2шт.). На консолях 5 закрепляются индикаторы 11 (2шт) с помощью болтов 14 и гаек 15. В резьбовое отверстие пластины-фиксатора 2 устанавливается ручка-фиксатор 7 для регулировки положения и фиксирования детали 16 на призме 10.

Индикаторы часового типа установленные на перекладине 4 осуществляют замер радиального биения, а установленные на консолях 5- замер торцевого биения обработанных поверхностей детали.

Устройство работает следующим образом.

Деталь 16 устанавливается базовой поверхностью на поверочную призму 10. Регулируя положение ручки-фиксатора 7, подводим её стержень до детали для фиксации. Установленные индикаторы 11 подводим к измеряемым поверхностям детали. Вручную производим вращение детали и осуществляем замер радиального и торцевого биения соответственно.

При соответствии величин радиального и торцевого биения измеряемой детали и предъявляемых к ней, техническим требованиям, деталь считается годной, в противном случае, деталь отправляется на доработку или выбраковывается .

Предлагаемое техническое решение соответствует требованиям промышленной применимости и возможно для реализации на производстве.

# **Экономическая часть**

### 3. Экономическая часть

Экономия - уменьшение затрат производственных ресурсов на производство готовой продукции или работ. Бережливость при расходовании материальных, трудовых, денежных, природных и других ресурсов употребляется также в смысле выгоды, эффекта, полученных в результате бережного, рационального использования различных видов ресурсов, сокращение непроизводственных ресурсов, потерь, совершенствования техники и т.п. Экономия ресурсов позволяет достичь более высокого конечного результата при сокращении их расхода. Величина сэкономленных ресурсов может быть определена в натуральном, трудовом или денежном выражении в соответствующих единицах измерения.

Годовой экономический эффект - годовая экономия приведенных затрат, т.е. текущих и капитальных, приведенных к одной размерности. В производстве различают экономический и социальный эффекты. Экономический эффект характеризует создаваемые потребительские стоимости и произведенные для этого затраты; социальный эффект выражает развитие рабочей силы, повышение ее творческого характера непосредственно в процессе труда. Экономический эффект является одним из важных показателей, применяемых при анализе и оценке экономической эффективности различных вариантов внедрения новой техники, технологии, прогрессивных видов продукции, организации труда и производства. На основании данных о годовом экономическом эффекте оценивается эффективность сравниваемых вариантов и принимается решение о целесообразности внедрения того или иного варианта техники, технологии.

Экономическая эффективность - соотношение между получаемыми результатами производства - продукцией и материальными услугами, с одной стороны, и затратами труда и средств производства - с другой.

Сравнительная экономическая эффективность - разность между сравниваемыми общими величинами экономического эффекта, исчисляемыми при различных вариантах (вновь разрабатываемый вариант и базовый).

Себестоимость продукции - денежное выражение текущих затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции - часть стоимости, включающая затраты на потребление средств производства и оплату труда.

Прибыль - разница между объемом реализации продукции и затратами на ее производство.

### 3.1. Расчёт затрат на технологический процесс

Произведём расчёт себестоимости изготовления детали «поршень».

Данные для расчёта:

- вес заготовки  $M_z = 1,875$  кг;
- вес детали  $M_{дет} = 0,554$  кг;
- коэффициент использования материала КИМ=0,26;
- цена материала  $C_m = 583$ руб/кг;
- цена реализуемых отходов (стружки)  $C_{отх} = 140$  руб/кг;
- количество основных операций  $m=9$ ;
- исходные данные для расчета заработной платы. (см табл.23);
- исходные данные для расчета стоимости нормо – часа (см табл 24);
- коэффициент дополнительной заработной платы  $K_{доп} = 6\%$ ;
- единый социальный налог ЕСН =30% (величина отчислений в Пенсионный фонд – 22%, в Фонд социального страхования – 2,9%, в Фонд обязательного медицинского страхования – 5,1%. );
- премиальный коэффициент  $K_{пр} = 1,15$ ;
- районный коэффициент  $K_p = 1,3$ ;
- мощность двигателей по операциям  $N$ , кВт (приведена в таблице 9);
- цена за электроэнергию,  $C_{эл} = 3,085$  руб/кВт·час
- прочие расходы, связанные со стоимостью и эксплуатацией оборудования,
- цеховые расходы – 500% от основной заработной платы.

Таблица 22.

№ операции	Наименование операции	$T_{шт-к}$ , мин.	Ставка, руб/час.
005	Отрезная	1,2	75
010	Токарная с ЧПУ	1,73	100
015	Токарная с ЧПУ	1,01	100
020	Токарная с ЧПУ	1,52	100
025	Токарная с ЧПУ	0,72	100
035	Токарная с ЧПУ	13,05	100
040	Слесарная	0,89	75
050	Токарная с ЧПУ	6,63	100
055	Отделочная	1,03	75

Таблица 23.

№ операции	Наименование операции	$T_o$ , мин.	Мощность $N$ , кВт.
005	Отрезная	0,94	
010	Токарная с ЧПУ	1,18	3,5
015	Токарная с ЧПУ	0,5	4,55
020	Токарная с ЧПУ	1,2	3,92
025	Токарная с ЧПУ	0,23	7,4
035	Токарная с ЧПУ	11,75	3,27
040	Слесарная	0,32	-
050	Токарная с ЧПУ	5,75	3,5
055	Отделочная	0,54	-

1. Стоимость материала за вычетом отходов:

Определим норму расхода материала с учётом неизбежных технологических потерь ( $I$ ). Технологические потери для проката составляют 15% от массы заготовки.

$$M_{з.п} = M_з \cdot (100 + П) / 100 = 1,875 \cdot (100 + 15) / 100 = 2,156 \text{ кг.}$$

Определим стоимость изготовления заготовки

$$C_з = C_м \cdot M_{з.п} - C_{отх} (M_{з.п} - M_д),$$

где  $C_м$  - цена 1кг. получения заготовки, руб/кг;

$M_д$  - масса детали  $M_д = 0,55$ кг;

$C_{отх}$  - стоимость отходов (стружки), руб.

Цена бронзового прутка Ø85мм. БрАЖ9-4 ГОСТ 1628-78  $C_м = 583$ руб/кг.

Стоимость отходов (стружки)  $C_{отх} = 140$  руб/кг.

$$C_з = C_м \cdot M_{з.п} - C_{отх} \cdot (M_{з.п} - M_д) = \\ 583 \cdot 2,156 - 140 \cdot (2,156 - 0,55) = 1217,61 \text{ руб / кг.}$$

2. Тарифная заработная плата рабочих по операциям:

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60}$$

005 Отрезная

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{1,2 \cdot 75}{60} = 1,5 \text{ руб};$$

010 Токарная с ЧПУ

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{1,73 \cdot 100}{60} = 2,88 \text{ руб};$$

015 Токарная с ЧПУ

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{1,01 \cdot 100}{60} = 1,68 \text{ руб};$$

020 Токарная с ЧПУ

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{1,52 \cdot 100}{60} = 2,53 \text{ руб};$$

025 Токарная с ЧПУ

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{0,72 \cdot 100}{60} = 1,2 \text{ руб};$$

035 Токарная с ЧПУ

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{13,05 \cdot 100}{60} = 21,75 \text{ руб};$$

040 Слесарная

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{0,89 \cdot 75}{60} = 1,1 \text{ руб};$$

050 Токарная с ЧПУ

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{6,63 \cdot 100}{60} = 11,05 \text{ руб};$$

055 Отделочная

$$C = \frac{T_{шт.к.} \cdot C_m}{60} = \frac{1,03 \cdot 75}{60} = 1,28 \text{ руб}.$$

Основная заработная плата всех рабочих

$$C_{осн з/н} = \sum_{i=1}^n C_i \times K_{np} \times K_p$$

$$C_{осн з/н} = (1,5 + 2,88 + 1,68 + 2,53 + 1,2 + 21,75 + 1,1 + 11,05 + 1,28) \cdot 1,15 \cdot 1,3 = 67,23 \text{ руб}$$

3. Дополнительная заработная плата

$$C_{дон з/н} = C_{осн} \cdot K_{дон} = 67,23 \cdot 0,06 = 4,00 \text{ руб}.$$

4. Единый социальный налог

$$ЕСН = \frac{26\% \cdot (C_{осн} + C_{дон})}{100\%} = \frac{26\% \cdot (67,23 + 4)}{100\%} = 18,52 \text{ руб}.$$

5. Затраты на электроэнергию по операциям:

$$C_{эл} = \frac{T_o \cdot N}{60} \cdot Ц_{эл}$$

где N – мощность станка, кВт;

T<sub>o</sub> – основное время, мин.

005 Отрезная

$$C_{эл} = \frac{T_o \cdot N}{60} \cdot Ц_{эл} = \frac{0,94 \cdot 3,5}{60} \cdot 3,085 = 0,17 \text{ руб};$$

010 Токарная с ЧПУ

$$C_{эл} = \frac{T_o \cdot N}{60} \cdot Ц_{эл} = \frac{1,18 \cdot 3,5}{60} \cdot 3,085 = 0,21 \text{ руб};$$

015 Токарная с ЧПУ

$$C_{эл} = \frac{T_o \cdot N}{60} \cdot Ц_{эл} = \frac{0,5 \cdot 4,55}{60} \cdot 3,085 = 0,12 \text{ руб};$$

020 Токарная с ЧПУ

$$C_{эл} = \frac{T_o \cdot N}{60} \cdot Ц_{эл} = \frac{1,2 \cdot 3,92}{60} \cdot 3,085 = 0,24 \text{ руб.};$$

025 Токарная с ЧПУ

$$C_{эл} = \frac{T_o \cdot N}{60} \cdot Ц_{эл} = \frac{0,23 \cdot 7,4}{60} \cdot 3,085 = 0,09 \text{ руб.};$$

035 Токарная с ЧПУ

$$C_{эл} = \frac{T_o \cdot N}{60} \cdot Ц_{эл} = \frac{11,75 \cdot 3,27}{60} \cdot 3,085 = 1,98 \text{ руб.};$$

050 Токарная с ЧПУ

$$C_{эл} = \frac{T_o \cdot N}{60} \cdot Ц_{эл} = \frac{5,75 \cdot 3,5}{60} \cdot 3,085 = 1,03 \text{ руб.}$$

Общие затраты на электроэнергию составят:

$$C_{эл} = \sum_{i=1}^n C_i = 0,17 + 0,21 + 0,12 + 0,24 + 0,09 + 1,98 + 1,03 = 3,84 \text{ руб.}$$

6. Прочие расходы.

Прочие расходы, входящие в себестоимость изготовления детали будут составлять 500% от основной заработной платы.

$$C_{пр} = C_{осн} \cdot 500\% = 67,23 \cdot 5 = 336,15 \text{ (руб)}$$

7. Себестоимость изготовления детали составит:

$$S = C_{\text{мат}} + C_{\text{з/п}} + C_{\text{доп з/п}} + ЕСН + C_{эл} + C_{пр} = \\ 1217,61 + 67,23 + 4,00 + 18,52 + 3,84 + 336,15 = 1647 \text{ рублей } 35 \text{ копеек.}$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 24.

Таблица 24. Расчёт себестоимости изготовления детали

Виды расходов	Сумма, руб.
1. Стоимость материала за вычетом отходов	1217,61
2. Основная заработная плата рабочих	67,23
3. Дополнительная заработная плата	4,00
4. Отчисления на социальные нужды	18,52
5. Затраты на электроэнергию	3,84
6. Прочие расходы	336,15
Итого	1647,35

8. Себестоимость изготовления партии деталей: ммммммммммм

$$S_{\text{п}} = S \cdot \text{П}, \text{ руб.}$$

где П – количество деталей в партии, П=41 шт.

$$S_{\text{общ.}} = 1647,35 \cdot 41 = 67541 \text{ руб.35коп.}$$

9. Себестоимость изготовления всей программы выпуска деталей:

$$S_{\text{общ.}} = S \cdot N, \text{ руб.}$$

где N – программа выпуска деталей, N=2000шт.

$$S_{\text{общ.}} = 1647,35 \cdot 2000 = 3294700 \text{ руб.}$$

10. Расчёт затрат на разработку технологии.

Исходные данные:

- тарифная ставка  $C_T = 15000$  руб/мес. ммммммммммм
- накладные расходы  $K = 50\%$
- коэффициент премий  $K_{\text{пр}} = 35\%$ ;
- районный коэффициент  $K_{\text{р}} = 30\%$ ;
- время, затраченное на разработку технологии  $T = 70$ ч.

$$\text{Затраты: } C_{\text{техн}} = (C_T \times T_{(\text{мес})}) \times K \times K_{\text{пр}} \times K_{\text{р}};$$

$$T_{(\text{мес})} = 70 / (8 \times 5 \times 4) = 0,44 \text{ мес.}$$

Тогда,

$$C_{\text{техн}} = (C_T \times T_{(\text{мес})}) \times K \times K_{\text{пр}} \times K_{\text{р}} = (15000 \times 0,44) + 50\% + 35\% + 30\% = \\ 6600 + 3300 + 2310 + 1980 = 14190 \text{ руб.}$$

Затраты на разработку технологии составили 14190 руб. 00 коп.

### 3.2. Экономическая эффективность

Экономическая годовая эффективность предлагаемого варианта технологического процесса изготовления детали «поршень» относительно существующего:

$$\mathcal{E}_e = (S_c - S_n) \times N = (2548 - 1647,35) \times 2000 = 1801300 \text{ руб.}$$

### 3.3 Планирование комплекса работ на создание проекта

#### 3.3.1 Составление перечня работ

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Разделим выполнение дипломной работы на этапы представленные в таблице 25.

Таблица 25. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, студент-дипломник
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник
	3	Выбор моделей и способов анализа	Руководитель, Студент-дипломник
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент-дипломник
	6	Поиск методов решения	Студент-дипломник
	7	Реализация моделей	Руководитель, Студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник,
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

#### 3.3.2 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в чел/днях по формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min\ i} + 2 \cdot t_{\max\ i}}{5},$$

где:  $t_{ожi}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел-дн.;

$t_{\min i}$  - 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.

Значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k$$

где  $T_{ki}$  - продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

$T_{pi}$  - продолжительность одной работы, раб.дн.;

$k$  - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кГ}}{T_{кГ} - T_{вд} - T_{пд}},$$

где  $T_{кГ}$  - количество календарных дней в году;

$T_{вд}$  - количество выходных дней в году;

$T_{пд}$  - количество праздничных дней в году.

Длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кз}}{T_{кз} - T_{вд} - T_{нд}} = \frac{366}{366 - 111 - 8} = 1,48.$$

Тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_k$  нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 26.

Таблица 26. Временные показатели проведения

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	$T_p$	$T_k$	$y_i, \%$	$\Gamma_i, \%$
1	Руководитель, студент-дипломник	1	4	2,2	1,1	2	1,5	1,5
2	Студент-дипломник	15	30	21	21	32	29,3	30,85
3	Руководитель, студент-дипломник	3	6	4,2	2,1	4	2,9	33,75
4	Руководитель, студент-дипломник	2	6	3,6	1,8	3	2,5	36,3
5	Руководитель, студент-дипломник	15	40	25	12,5	19	17,45	53,75
6	Студент-дипломник	2	6	3,6	3,6	6	5	58,8
7	Руководитель, студент-дипломник	14	30	20,4	10,2	16	14,24	73
8	Студент-дипломник	1	5	2,6	2,6	4	3,6	76,65
9	Руководитель, студент-дипломник	2	10	5,2	2,6	4	3,6	80,28
10	Студент-дипломник	10	20	14	14	21	19,5	99,8
Итого:						111		

### 3.3.3 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 30 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом, работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 27. Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работы	Исполнители	$t_k$	Февраль	Март	Апрель	Май
1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, студент-дипломник	2				
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник	32				
3	Выбор моделей и способов анализа	Руководитель, студент-дипломник	4				
4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-дипломник	3				
5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент-дипломник	19				
6	Поиск методов решения	Студент-дипломник	6				
7	Реализация моделей	Руководитель, студент-дипломник	16				
8	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник	4				
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник	4				
10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	21				

Руководитель
 Студент-дипломник

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

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

### 3.3.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи},$$

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.);

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Коэффициент транспортно-заготовительных расходов принят 0,2.

Таблица 28. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ),руб
Бумага А4	лист	150	3	540
Бумага А1	лист	10	10	120
Картридж для принтера	шт.	2	1200	2880
Интернет	абонент. плата/месяц	4	350	1680
Ручка	шт.	5	20	120
Тетрадь	шт.	1	10	12
Дополнительная литература	шт.	4	250	1200
Итого:				6552

### 3.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 29. Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Индикатор часового типа ИЧ-10 (0-10мм) кл. точн.1	5	948	5451
2	Сварочный инвертор Ресанта САИ - 160	1	5990	6888
3	Винт регулировочный	2	150	300
Итого:				12639

### 3.3.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы сводится в таблице 30.

Таблица 30. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоёмкость	Зар. плата, приходящаяся на 1 чел/дн., тыс.руб.	Всего зар. плата по тарифу (окладам), тыс.руб.
1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, студент-дипломник	2,2	4,4	11,6
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник	21	0,8	20,2

3	Выбор моделей и способов анализа	Руководитель, студент-дипломник	4,2	4,4	22,3
4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-дипломник	3,6	4,4	19
5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент-дипломник	25	4,4	132
6	Поиск методов решения	Студент-дипломник	3,6	0,8	3,6
7	Реализация моделей	Руководитель, студент-дипломник	20,4	4,4	107,7
8	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник	2,6	0,8	2,5
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник	5,2	4,4	27,6
10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	14	0,8	13,5
Итого:					360

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{zn} = Z_{ocn} + Z_{дон},$$

где  $Z_{ocn}$  - основная заработная плата;

$Z_{дон}$  - дополнительная заработная плата (20% от  $Z_{zn} = 72000$ ).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{ocn},$$

где  $k_{доп}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760руб., студента – 35504руб..

### 3.3.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}),$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная– 27,1%.

Таблица 31. Отчисления во внебюджетные фонды ставка

Исполнитель	Основная зар.плата, руб.	Дополнительная зар.плата, руб.
Руководитель проекта	48000	5760
Студент-дипломник	31700	3804
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	24190,5	

### 3.3.9 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{накл} = (\sum стате\dot{й}) \cdot k_{нр},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы составляют:

$$Z_{накл} = 475381,5 \cdot 0,16 = 76061,04 \text{ руб.}$$

### 3.3.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 32. Расчет бюджета затрат НИИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты НИИ	6552	Пункт 3.3.5
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	12639	Пункт 3.3.6
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	360000	Пункт 3.3.7
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	72000	Пункт 3.3.7
5	Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	Пункт 3.3.8
6	Накладные расходы	76061,04	16% от суммы ст.1-5
7	Бюджет затрат НИИ	551442,54	Сумма ст.1-6

# **Социальная ответственность**

#### 4. Социальная ответственность

В данном разделе ВКР объектом исследования является ООО «Сибирская машиностроительная компания» (далее «СМК»). Компания основана в 1999г. на базе научно-исследовательского института Технологии машиностроения и механообрабатывающего производства томского филиала Ракетно-космического агентства. Современное гибкое автоматизированное производство позволяет считать компанию «СМК» как одну из ведущих компаний Томской области в машиностроительном производстве.

В исследовании рассмотрим опасные и вредные производственные факторы производства, в частности производства детали «поршень лебедки», влияние этих факторов на работоспособность работников цеха. Выявим причины их возникновения и возможные методы защиты для минимизации воздействия фактора.

##### 4.1 Производственная безопасность

В машиностроительном производстве присутствует целый ряд опасных и вредных факторов, которые негативно влияют на состояние здоровья человека, снижают производительность труда и качество выпускаемой продукции.

Таблица 33.

Опасные и вредные факторы при изготовлении детали «поршень лебедки»

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74) «Опасные и вредные производственные факторы»		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Закрытые производственные помещения. Небольшая территория. 2) двигатели приводов; - зубчатые передачи; - подшипники качения; - неуравновешенные вращающиеся части	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте 3. Повышенный уровень вибрации 4. повышенная	5. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 6. Влияние напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через	ГОСТ ИСО 8995-2002 «Освещение рабочих систем внутри помещений» ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.1.012-90 и СН № 3044-84 «Допустимые уровни

<p>станка;  - силы инерции, возникающие из-за движения деталей механизмов станка с переменными ускорениями;  - установки кондиционирования и вентиляции воздуха  3)  неуравновешенные силовые воздействия, соударение деталей;  4) производственный цех, отделение неразрушающих методов контроля, травления и операции полировки, окрашивания;</p>	<p>запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</p>	<p>тело человека</p>	<p>общей вибрации»  ГОСТ 12.2.003-74  «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»</p>
---	---	----------------------	--

#### 4.1.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Правильно спроектированное и выполненное освещение на машиностроительных предприятиях обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Недостаточное освещение отрицательно влияет на рабочих. Оно ухудшает зрение и состояние нервной системы человека. Кроме того, от освещения зависит производительность труда и качество выпускаемой продукции. Следовательно, его недостаток может привести к ухудшению производственного процесса.

На участке изготовления детали «поршень лебедки» существует недостаток естественного освещения, поэтому искусственное освещение, осуществляемое электрическими лампами, в целях создания наилучших условий видения, должна отвечать следующим требованиям:

а) освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется объектом различения, фоном, контрастом;

б) необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства.

Исследование освещенности рабочей зоны необходимо для обеспечения нормативных условий в помещениях. Реальная освещенность на рабочем месте взята из паспорта производственного помещения. Фактические и требуемые параметры систем естественного и искусственного освещения заносятся в таблицу 34. ррр

Таблица 34. Параметры систем естественного и искусственного освещения

Наименование рабочего места	Тип светильника и источника света	Коэффициент естественной освещенности, КЕО, %		Освещенность при совмещенной системе, лк	
		Фактический	Норм. значение	Фактический	Норм. значение
Кабинеты и рабочие комнаты	Светильники общего назначения	2,7	3,0	270	300
Инструментальный цех	Универсальные светодиодные светильники	2,6	3	430	500
Механо-сборочный цех	Универсальные светодиодные светильники	2,6	3	430	500
Лакокрасочное отделение	Светильники общего назначения	1,7	2,5	150	300
Коридор	Светильники общего назначения	-	-	20	100

Нормативные значения взяты из ГОСТ Р ЕН 12464-1:2011.

Фактические значения взяты из паспорта производственного помещения «СМК».

В ходе исследования освещения участка рабочей зоны изготовления детали «поршень лебедки» выявлено недостаточное освещение, что может привести к появлению травмоопасных ситуаций во время производства, появлению бракованных деталей из-за неточности производства и как следствие ухудшение экономических показателей.

#### 4.1.2. Повышенный уровень шума на рабочем месте

При изготовлении детали «поршень лебедки» основным источником шума является токарный станок VDF BOEHRINGER DUS 560.

Шум на производстве наносит большой ущерб, неблагоприятно действуя на организм человека и снижая производительность труда. При повышенных нормах шума происходит утомление рабочих, что приводит к увеличению числа ошибок при работе и способствует возникновению травм.

Основные источники шума при работе токарных станков:

- двигатели приводов;
- зубчатые передачи;
- подшипники качения;
- неуравновешенные вращающиеся части станка;
- силы инерции, возникающие из-за движения деталей механизмов станка с переменными ускорениями;
- установки кондиционирования и вентиляции воздуха.

Нормативным документом, регламентирующим допустимые уровни шума, является № 3223-85 «Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах». По ГОСТ 12.1.003-83 на рабочих местах и рабочих зонах в производственных помещениях допустимый эквивалентный уровень шума составляет 80 дБ(опасный для слуха уровень шума составляет 134 дБ).

При проектировании и установке производственного оборудования уделяется большое внимание к бесшумной работе механизмов, которые являются источниками шума.

Для уменьшения шума на рабочем месте предусмотрены следующие мероприятия:

- применение современных станков с ЧПУ;
- замена металлических деталей деталями из материалов с большим акустическим сопротивлением (пластмассы и др.);
- замена подшипников качения подшипниками скольжения;

- применение материалов с большим внутренним трением (резина, пластмасса, войлок и др.);
- установка экранов, звукоизолирующих кожухов, ограждений и звукоизолирующих покрытий;
- установка глушителей аэродинамических шумов, создаваемых вентиляторами и компрессорами; смазки трущихся поверхностей в сочленениях;
- применение СОЖ при обработке деталей.

Все условия на ООО «Сибирская машиностроительная компания» выполняются непосредственно за счет использования станков с ЧПУ.

В ходе исследования освещения участка рабочей зоны изготовления детали «поршень лебедки» выявлено, что при механической обработке на станке ЧПУ уровень шума не превышает допустимых значений, что благоприятно сказывается на продуктивной работе цеха в целом.

### 4.1.3. Повышенный уровень вибрации

Причиной возникновения вибраций при изготовлении детали «поршень лебедки» могут являться возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. В одних случаях их источниками являются возвратно-поступательно движущиеся детали в других случаях неуравновешенные вращающиеся массы. Иногда вибрации создаются ударами деталей. Наличие дисбаланса во всех случаях приводит к появлению неуравновешенных центробежных сил, вызывающих вибрацию. Причиной дисбаланса может явиться неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы тела и оси вращения, деформация деталей от неравномерного нагрева при горячих и холодных посадках.

Таблица 35. Влияние вибрации на организм человека

Амплитуда колебаний вибрации, мм	Частота вибрации, Гц	Результат воздействия
До 0,015	Различная	Не влияет на организм
0,016-0,050	40-50	Нервное возбуждение с депрессией
0,051-0,100	40-50	Изменение в центральной нервной системе, сердце и органах слуха
0,101-0,300	50-150	Возможное заболевание
0,101-0,300	150-250	Вызывает виброболезнь

Общепринятым является деление вибраций на общие и местные.

Общая вибрация — это колебание всего тела, передающееся с рабочего места.

Локальная вибрация (местная вибрация) — это приложение колебаний только к ограниченному участку поверхности организма.

На производстве распространены оба вида вибрации:

- локальная - через руки (чаще всего при работе с ручными машинами),
- общая (по всему телу) - при положении сидя или стоя на рабочем месте (у машины и технологического оборудования).

Для ослабления действия вибрации на организм человека приняты следующие меры по предупреждению распространения вибрации:

- уравнивание вращающихся масс.
- уменьшение технологических допусков на изготовление и сборку машин и инструментов.
- использование специальных виброизолирующих перчаток.
- исключение возможности охлаждения рук рабочего во время работы.
- уменьшение вибрации на пути её распространения средствами виброизоляции и вибропоглощения (пористая резина, поролон, пенопласт, войлок и др.).
- ограничение времени воздействия вибрации на руки рабочего (ГОСТ 12.1.012-90 п.5).

На технологическом оборудовании и участке при производстве детали «поршень» вибрация находится в допустимых значениях. Это достигается за счет использования современных станков с ЧПУ, за счет мягкого материала детали (Бронза БраЖ9-4), низких подач и использовании вибропоглощающих материалов.

#### **4.1.4. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны**

При изготовлении детали «поршень лебедки» наблюдается минимальная запыленность рабочей зоны. Обработка происходит на токарном станке VDF BOEHRINGER DUS 560, оснащенный защитным экраном с использованием СОЖ.

Машиностроительные заводы обязаны проводить мероприятия по очистке воздуха рабочей зоны.

Источниками загрязнения воздуха рабочей зоны в цехе являются непосредственно производственный цех, отделение неразрушающих методов контроля, травления и операции полировки, окрашивания. Так же в труднодоступных местах станков и установок скапливается достаточно пыли.

Нормативные значения параметров микроклимата и требования к составу воздуха рабочей зоны определены «Санитарными нормами микроклимата производственных помещений № 4088-86» и СнИП 2.04.05-86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Одним из основных мероприятий является обеспечение надлежащего воздухообмена. Для этого предусмотрены местные отсасывающие устройства, обеспечивающие удаление избыточной температуры, абразивной пыли и вредных веществ, а также приточно-вытяжная общеобменная система вентиляции. В помещении в процессе работы периодически должно контролироваться содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Для их определения производят периодический отбор проб. Периодичность устанавливается органами санитарного надзора. Пробы воздуха берут на участке полирования и в отделении неразрушающих методов контроля в зоне дыхания при характерных производственных условиях.

#### **4.1.5. Движущиеся машины и механизмы;**

##### **подвижные части производственного оборудования;**

При изготовлении детали «поршень лебедки» следует учитывать все опасности, возникающие при проведении работ в автоматическом, ручном режимах и/или выполнении операций, требующих вмешательства оператора или другого персонала (например, наладка, уборка и ремонт). Анализ неисправностей и выхода из строя компонентов станка, включая повреждения элементов системы (систем) управления, является частью оценки риска. Указания по этим вопросам приведены в ЕН 954-1.

Из основных опасностей особое внимание уделяется следующим:

- выбросу режущих инструментов, элементов зажимных патронов, обрабатываемых деталей или их частей, включая стружку;

- захвату или наматыванию на вращающиеся части станка, в частности на зажимные патроны, режущие инструменты и обрабатываемые детали;
- отрезанию и раздавливанию между движущимися частями и неподвижными/движущимися частями станка.

Основными зонами риска являются:

- рабочие зоны с вращающимся шпинделем (шпинделями), устройства для крепления обрабатываемой детали (например, зажимной патрон), суппорт (суппорта), револьверная головка (головки), обрабатываемая деталь (детали), копировальное устройство (устройства), неподвижные люнеты, задняя бабка, стружка, устройство для удаления стружки (если оно встроено в станок);
- устройства для загрузки/выгрузки заготовок, в том числе устройства для подачи прутков в случае их применения, используемые в станках с горизонтальной компоновкой;
- задняя часть шпинделя;
- сменные зубчатые колеса;
- ходовой винт.

Источниками движущихся частей также являются транспортные устройства. Основной величиной характеризующей опасность подвижных частей является скорость их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с.

Движущиеся части оборудования представляют опасность травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-74 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением.

Одним из важных условий безопасного труда является недоступность подвижных частей оборудования, для рабочего, в ходе технологического процесса.

Для этого проводят следующие мероприятия:

- устанавливают защитные устройства (местные ограждения, крышки, кожуха и др.);
- крупногабаритные перемещающиеся части оборудования и транспортные устройства окрашивают чередующимися под углом  $45^\circ$  полосами желтого и черного цветов;
- на наружной стороне ограждений наносят предупреждающий знак опасности по ГОСТ 12.4.026-76;
- устанавливают предохранительные и блокирующие устройства предотвращающие поломку деталей станков, самопроизвольное опускание шпинделей, головок, бабок и др. частей;
- устанавливают тормозные устройства обеспечивающие остановку шпинделя в течение не более 5 сек. Для этого применяются колодочные тормозные устройства и торможение электродвигателя противовключением;
- при установке заготовок и снятии деталей применяются автоматические устройства (механические руки, револьверные приспособления и др.) для исключения соприкосновения рук станочников с движущимися приспособлениями и инструментом;
- контроль на станках размеров обрабатываемых заготовок и снятие деталей для контроля проводится лишь при отключенных механизмах вращения или перемещения заготовок, инструмента и приспособлений.

#### **4.1.6. Поражение электрическим током.**

Так как изготовление детали «поршень лебедки» происходит на автоматизированном токарном станке с ЧПУ, возможны следующие основные причины поражения электрическим током:

- случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением.
- появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т. п.) в результате повреждения изоляции или других причин.

- появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.
- возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода на землю.

ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Приведём перечень основных мероприятий по снижению уровней воздействия и устранению влияния опасных и вредных производственных факторов, применяемые на ООО «Сибирская машиностроительная компания»:

- механизация и автоматизация производства.
- оградительные средства защиты , препятствующие попаданию человека в опасную зону и распространению опасных и вредных факторов
- предохранительные устройства защиты от возникновения аварийных режимов
- устройства сигнализации, сообщающие персоналу о возникающих аварийных ситуациях.
- знаки безопасности; средства коллективной защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.
- профилактика для уменьшения негативного воздействия вредных веществ на здоровье человека.

Машиностроительные и металлообрабатывающие производства:  
класс опасности - I ; санитарно - защитная зона 1000 м.

## 4.2. 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 загрязнений существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений. В процессе шлифования и полирования выделяется большое количество мелкодисперсной пыли. Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, на 30 - 40 % состоит из материала обрабатываемого круга, на 60 - 70 % из материала изделия. Вредные вещества выделяются и в период нанесения покрытия, а также при его высыхании.

Из производственных помещений пары растворителей, лакокрасочные туманы выбрасываются через высокие трубы без предварительной очистки.

Для восстановительных целей (охлаждение деталей и узлов технологического оборудования: промывка, обогащение и чистка исходных материалов или продукции) на машиностроительных предприятиях используется вода. На основе анализа систем водоснабжения определено количество воды, потребляемое и сбрасываемое машиностроительными предприятиями. При обработке металлов вода используется для охлаждения инструмента, на промывке деталей, при этом сточные воды загрязняются минеральными маслами, мылами, металлической и абразивной пылью и эмульгаторами. Основное загрязнение вносят смазочно-охлаждающие жидкости, применяемые при обработке на металлорежущих станках. Вода используется также для приготовления растворов электролитов, промывочных операций перед нанесением покрытий и перед сушкой деталей, наполнения ванн улавливания загрязненных веществ, а также промывки деталей после нанесения гальванических покрытий. Из всех видов сточных вод машиностроительных предприятий стоки гальванических цехов загрязнены в большей степени ядовитыми химическими веществами, при этом концентрации загрязнений существенно зависят от вида технологического процесса нанесения гальванических покрытий.

Твердые отходы в машиностроении образуются в процессе продукции в виде амортизационного лома (модернизация оборудования, оснастки, инструментов); стружки и опилок (древесных и металлических); шлаков и золы; осадков и пыли (отходы системы очистки воздуха). Отходы в основном образуются при: производстве проката (обдирочная стружка, опилки, окалина); механической обработке (высечки, обрезки). В соответствии с ГОСТ1639 - 78 на предприятиях организуется сбор лома цветных металлов.

Основными источниками вибраций в окружающей среде служат: технологическое оборудование (молоты, штампы и прессы); мощные энергетические установки (насосы, двигатели, компрессоры), а также некоторые транспортные системы. Во всех случаях вибраций, распространяются они по грунту и достигают фундаментов общественных жилых зданий.

При передаче вибраций через фундаменты и грунты опасность представляет неравномерная осадка фундаментов и грунта, что может привести к разрушению расположенных на них инженерных и строительных конструкций. Допустимые уровни вибраций в жилых домах, условия и правила их измерения и оценки регламентируются "Санитарными нормами допустимых вибраций в жилых домах" №1304 - 75.

Наиболее активной формой защиты от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий на окружающую среду является безотходная технология - комплекс мероприятий в технологических процессах от обработки сырья до минимума количества вредных выбросов, что уменьшает воздействие отходов на окружающую среду до приемлемого уровня. В этот комплекс мероприятий входят: создание и внедрение новых процессов получения продукции с образованием минимального количества отходов; разработка различных типов бессточных технологических систем и водооборотных циклов на базе способов очистки сточных вод; разработка систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы; создание территориально-промышленных комплексов, имеющих замкнутую структуру материальных потоков сырья и отходов внутри комплекса.

Существуют и множество других мероприятий по защите окружающей среды:

- механизация и автоматизация производственных процессов, сопряженных с опасностью для здоровья;
- применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов;
- защита работающих от источников тепловых излучений;
- устройство и оборудование вентиляции и отопления;
- применение средств воздухоочистки;
- предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду;
- вывоз отходов, не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения;
- применение средств индивидуальной защиты работающих.

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

### **4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **4.3.1. Пожарная и взрывная безопасность.**

Большую опасность на машиностроительных предприятиях представляют пожары и взрывы, поэтому для эвакуации необходимо наличие эвакуационных выходов.

Причиной возникновения на участке пожара может быть:

- образование искры, получившейся в результате короткого замыкания;
- образование искр при обработке абразивным инструментом;
- возгорание в результате контакта промасленной ветоши или спецодежды с горячими частями оборудования;
- неосторожное обращение с огнём;
- неосторожное обращение с легко воспламеняющимися горюче – смазочными материалами;
- загорание мусора из-за большого скопления и несоблюдение режима курения;

- самовозгорание в воздухе;
- загорание масла в поддоне станка из-за разрыва шлангов.

На участке используются следующие средства пожаротушения:

- огнетушители ОВП-10, ОУ-2.5-8;
- пожарные краны;
- пожарные щиты;
- участок оборудован средствами связи и пожарными извещателями.

Мероприятия режимного характера:

- контроль за производством огневых и покрасочных работ;
- контроль за режимом курения.

В настоящее время помимо вышеуказанных потенциальных опасностей присоединилась ещё одна не менее важная угроза – это угроза терроризма. Для защиты человека от этой опасности проводятся предупредительные мероприятия, взывая к бдительности граждан, сообщать о подозрительных лицах и предметах в правоохранительные органы. Так же проводится ряд лекционных мероприятий, на случай если вы окажетесь в заложниках и как вести себя в таких ситуациях.

#### **4.3.2. Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях**

Устойчивость работы объектов экономики в чрезвычайных ситуациях определяется их способностью выполнять свои функции в этих условиях, а также приспособленностью к восстановлению в случае повреждения. В условиях чрезвычайных ситуаций промышленные предприятия должны сохранять способность выпускать продукцию, а транспорт, средства связи линии электропередачи и прочие объекты, не производящие материальные ценности, — нормальное выполнение своих задач.

Для того чтобы объект сохранил устойчивость в условиях чрезвычайных ситуаций, проводят комплекс инженерно-технических, организационных и других

мероприятий, направленных на защиту персонала от воздействия опасных и вредных факторов, возникающих при развитии чрезвычайной ситуации, а также населения, проживающего вблизи объекта. Необходимо учесть возможность вторичного образования токсичных, пожароопасных, взрывоопасных систем и др.

Кроме того, проводится анализ уязвимости объекта и его элементов в условиях чрезвычайных ситуаций. Разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости объекта и его подготовке к восстановлению в случае повреждения.

С целью защиты работающих на тех предприятиях, где в процессе производства используют взрывоопасные, токсичные и радиоактивные вещества, строят убежища, а также разрабатывают специальный график работы персонала в условиях заражения вредными веществами. Должна быть подготовлена система оповещения персонала и населения, проживающего вблизи объекта, о возникшей на нем чрезвычайной ситуации. Персонал объекта должен уметь выполнять конкретные работы по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в очаге поражения.

На устойчивость работы объекта в условиях чрезвычайных ситуаций оказывают влияние следующие факторы:

- район расположения объекта;
- внутренняя планировка и застройка территории объекта;
- специфика технологического процесса (используемые вещества, энергетические характеристики оборудования, его пожаро- и взрывоопасность и др.);
- надежность системы управления производством и др.
- Район расположения объекта определяет величину, а также вероятность воздействия поражающих факторов природного происхождения (землетрясения, наводнения, ураганы, оползни и проч.). Существенное влияние на последствия чрезвычайных ситуаций могут оказывать метеорологические условия района (количество выпадающих осадков, направление господствующих ветров, минимальные и максимальные температуры воздуха, рельеф местности).

- внутренняя планировка и плотность застройки территории объекта оказывают значительное влияние на вероятность распространения пожара, разрушения, которые может вызвать ударная волна, образующаяся при взрыве, на размеры очага поражения при выбросе в окружающую среду токсичных веществ и др.

Рассмотрим пути повышения устойчивости функционирования наиболее важных видов технических систем и объектов.

**Системы водоснабжения** представляют собой крупный комплекс зданий и сооружений, удаленных друг от друга на значительные расстояния. При чрезвычайных ситуациях, как правило, все элементы этой системы не могут быть выведены из строя одновременно. При проектировании системы водоснабжения необходимо предусмотреть меры их защиты в чрезвычайных ситуациях. Ответственные элементы системы водоснабжения целесообразно размещать ниже поверхности земли, что повышает их устойчивость. Следует предусмотреть возможность ремонта данных систем без их остановки и отключения водоснабжения других потребителей.

Весьма важной является система водоотведения загрязненных (сточных) вод (система канализации). В результате ее разрушения создаются условия для развития болезней и эпидемий. Скопление сточных вод на территории объекта затрудняет проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Должна быть разработана схема аварийного выпуска сточных вод непосредственно в водоемы. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, комплектуются надежными источниками электропитания.

В разных чрезвычайных ситуациях системы электроснабжения (электрические сооружения и сети) могут получить различные разрушения и повреждения. Их наиболее уязвимыми частями являются наземные сооружения (электростанции, подстанции, трансформаторные станции), а также воздушные линии электропередачи. В современных крупных энергосистемах применяются

различные автоматические устройства, способные практически мгновенно отключить поврежденные электроисточники, сохраняя работоспособность системы в целом.

Для повышения ее устойчивости в первую очередь целесообразно заменить воздушные линии электропередачи на 1 кабельные (подземные) сети, использовать резервные сети для запитки потребителей, предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы).

Весьма важно обеспечить устойчивость **системы газоснабжения**, так как при ее разрушении или повреждении возможно возникновение пожаров и взрывов, а также выход газа в окружающую среду, что значительно затрудняет проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ.

Основные мероприятия по увеличению устойчивости систем газоснабжения следующие:

- сооружение подземных обводных газопроводов (бассейнов), обеспечивающих подачу газа в аварийных условиях;
- использование устройств, обеспечивающих возможность работы оборудования при пониженном давлении в газопроводах;
- создание на предприятиях аварийного запаса альтернативного вида топлива (угля, мазута);
- осуществление газоснабжения объекта от нескольких источников (газопроводов);
- создание подземных хранилищ газа высокого давления;
- использование на закольцованных системах газоснабжения отключающих устройств, установленных на распределительной сети.

В результате чрезвычайной ситуации может быть серьезно повреждена **система теплоснабжения** предприятия, что создает серьезные трудности для их функционирования, особенно в холодный период. Так, разрушение трубопроводов с горячей водой или паром может повлечь их

затопление и затруднить локализацию и ликвидацию аварии. Наиболее уязвимые элементы систем теплоснабжения — теплоэлектроцентрали и районные котельные.

Основным способом повышения устойчивости внутреннего оборудования тепловых сетей является их дублирование. Необходимо также обеспечить возможность отключения поврежденных участков теплосетей без нарушения ритма теплоснабжения потребителей, а также создать системы резервного теплоснабжения.

Основным средством повышения устойчивости рассмотренных сооружений от воздействия ударной волны является повышение прочности и жесткости конструкций.

Особое внимание следует уделять устойчивости **складов и хранилищ** ядовитых, пожаро- и взрывоопасных веществ в условиях чрезвычайных ситуаций. Это достигается переводом указанных материалов на хранение из наземных складов в подземные, хранением минимального количества ядовитых, пожаро- и взрывоопасных веществ, а также безостановочным использованием этих веществ при поступлении на объект, минуя склад ("работа с колес").

Для повышения устойчивости работы объектов в чрезвычайных ситуациях необходимо уделять значительное внимание защите рабочих и служащих. Для этого на объектах строятся убежища и укрытия, предназначенные для защиты персонала, создается и поддерживается в постоянной готовности система оповещения рабочих и служащих объекта, а также проживающего вблизи объекта населения о возникновении чрезвычайной ситуации. Персонал, обслуживающий объект, должен знать о режиме его работы в случае возникновения чрезвычайной ситуации, а также уметь выполнять конкретные работы по ликвидации очагов поражения.

#### **4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др.

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда.

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени

утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ. Правовую основу организации работ в чрезвычайных ситуациях и ликвидации их последствий составляет закон Российской Федерации “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” (1994), который определяет общие для Российской Федерации организационно-правовые нормы в области защиты ее граждан, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории Российской Федерации, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах Российской Федерации или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности. Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций локализации последствий аварий.

Федеральный закон “О радиационной безопасности населения” (1995) характеризует правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

Федеральный закон “О гражданской обороне” (1998) отражает задачи в области гражданской обороны и правовые основы их осуществления, полномочия органов государственной власти РФ, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов

местного самоуправления организаций независимо от форм собственности, а также силы и средства гражданской обороны.

Среди подзаконных актов в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций выделяется Постановление Правительства РФ “О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций” (1995), в котором определены принципы построения, состав сил и средств, порядок выполнения задач и взаимодействие основных элементов, а также регулируются основные вопросы функционирования Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). В Москве принят закон города Москвы “О защите населения и территорий города от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера”, а также постановления, среди которых важнейшими являются: р“Об индексации платы за загрязнение окружающей природной среды”, “О ставках платы и порядке исчисления платежей за загрязнение окружающей природной среды на территории Москвы”, “О ходе работ по созданию автоматизированной системы экомониторинга”, “О мерах по обеспечению взрывобезопасности на промышленных объектах Москвы”.

Управление безопасностью жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях осуществляет Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС), которое реализует государственную политику в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, осуществляет координацию деятельности государственных и местных органов в этой области. Управление безопасностью в чрезвычайных ситуациях обеспечивается единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), которая объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций, в полномочия которых входит решение вопросов защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

## Литература

1. А.Ф.Горбачевич, В.А. Шкред. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов – Москва, Альянс, 2015г. – 256с.
2. Пахомов Д.С., Схиртладзе А.Г., Чуваков А.Б. Основы проектирования технологических процессов и подготовки операций для станков с ЧПУ: учебник – Старый Оскол, «ГНТ», 2016г. –392с.
3. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения. Учебное пособие, Москва ИНФРА-М 2016г.-328 с.
4. Михаевич Е.П. «Технология машиностроения»: учебно-методическое пособие, Томск, 2010г.
5. Радкевич Я.М., Тимирязев В.А. и др. Расчёт припусков и межпереходных размеров в машиностроении, Москва, «Высшая школа», 2004г., 138с.
6. Жуков Э.Л., Козарь Э.Э. и др. под редакцией Мурашкина С.Л. Технология машиностроения, часть II, СПб, изд-во СПбГТУ, 2000г., 498с.
7. Г.А. Харламов, А.С. Тарапов: Припуски на механическую обработку. Справочник, М.» Машиностроение”,2006г.
8. Гузеев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник, Москва, «Машиностроение», 2007г., 368с
10. Каталог «Токарные станки серии DUS»
11. Каталог резцов и СМП «Kolroy»
11. ГОСТ 1628-78 Прутки бронзовые. Технические условия
11. Фатхутдинов Р.А.Производственный менеджмент.4-е изд.-Санкт-Петербург 2003г., 491с.
- 12.Непомнящий Е.Г. Экономика и управление предприятием. Таганрог: ТРГУ, 1997г.
- 13.Управление исследованиями и инновациями. М.:Наука, 1993г.
14. Методические указания по разработке раздела « Социальная ответственность», Томск, ТПУ,2016г.
15. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

16. ФЗ от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об охране окружающей среды"
17. ФЗ от 21 декабря 1994 г. N 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"
18. ФЗ от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 23.05.2016) "О пожарной безопасности"
19. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
20. ГОСТ Р 22.3.03 – 94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения»
21. ГОСТ ИСО 8995-2002 «Освещение рабочих систем внутри помещений»
22. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».
23. ГОСТ 12.1.012-90 и СН № 3044-84 «Допустимые уровни общей вибрации»
24. ГОСТ 12.2.003-74 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
25. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.