

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

---

<b>Институт</b>	ИК
<b>Направление подготовки</b>	15.03.01 «Машиностроение»
<b>Кафедра</b>	Технология машиностроения и промышленная робототехника

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

<b>Тема ВКР</b>
<b>Разработка технологического процесса детали типа «Фланец»</b>

УДК 621.81.22.002:658.524

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л31	Попов А.А.		

Руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТМСР	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гаврикова Н.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

И.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСР	Вильнин А.Д.			

Томск – 2017 г.

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

<b>Институт</b>	ИК
<b>Направление подготовки</b>	15.03.01 «Машиностроение»
<b>Кафедра</b>	Технология машиностроения и промышленная робототехника

УТВЕРЖДАЮ:  
 И.о. зав. кафедрой ТМСПР

\_\_\_\_\_ Вильнин А.Д.  
 (подпись) (дата) (ФИО)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Л31	Попов А.А.

Тема работы:

Разработка технологического процесса детали типа «Фланец»	
Утверждена приказом директора ИК	«__» ____. 2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы	13.06.17
---	----------

**Техническое задание:**

<b>Исходные данные к работе:</b>	Чертеж детали; годовая программа выпуска $N_z=2000$ <i>шт</i>
----------------------------------	--

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

<b>1. Технологическая часть:</b>	Выполнить анализ технологичности детали; обосновать выбор заготовки; спроектировать технологический процесс; рассчитать припуски на обработку всех поверхностей; выполнить размерный анализ технологического процесса и рассчитать технологические размеры; рассчитать режимы резания и требуемую мощность станков, рассчитать время выполнения каждой операции и всего технологического процесса
<b>2. Конструкторская часть:</b>	Спроектировать специальное приспособление для одной из операций; определить необходимую силу зажима; сделать описание конструкции.
<b>Перечень графического материала:</b>	1. Чертёж детали – формат А4; 2. Операционные карты технологического процесса – формат А1;

	3. Комплексная схема размерного анализа – формат А1; 4. Сборочный чертёж приспособления – формат А3; 5. Спецификация приспособления – формат А4; 6. Расчёт технологической себестоимости изготовления детали – формат А1;
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Технологическая часть	Доц. каф. ТМСПР Козлов В.Н.
Конструкторская часть	Доц. каф. ТМСПР Козлов В.Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ст. преподаватель Гаврикова Н.А.
Социальная ответственность	Профессор каф. ЭБЖ Федорчук Ю.М.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и и иностранном (английском) языках**

Аннотация

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.10.16
--	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТМСПР	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л31	Попов Антон Андреевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 106 страниц, 22 рисунков, 6 таблиц, 9 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: технологичность, базирование, операция, сверление, оснастка.

Объектом исследования является технологический процесс изготовления детали типа «фланец».

Цель дипломной работы: разработка технологического процесса изготовления детали типа «фланец».

В процессе разработки проводились: построение размерных схем, определение припусков, расчет режимов резания, расчет норм времени, конструирование оснастки, анализ полученных результатов.

В результате проектирования: были определены припуски, подобраны режимы резания и назначены нормы времени, а также сконструирована разжимная оправка для последующей механической обработки.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Степень внедрения: технологический процесс изготовления детали типа «фланец», трудоемкий процесс, который требует достаточно много времени на разработку, но вполне возможен для реализации на производстве

Область применения: технологический процесс изготовления детали типа фланец, будет представлять интерес перед производственными компаниями.

Экономическая эффективность/значимость работы: подобран оптимальный вариант для изготовления данной детали, удовлетворяющий всем требованиям

В будущем планируется: доработка технологического процесса, и запуск производства.

## Оглавление

Введение .....	4
1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	6
Техническое задание .....	7
1.1 Анализ технологичности детали .....	8
1.2 Разработка маршрута изготовления детали .....	9
1.3 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.....	16
Определение допусков на технологические размеры .....	16
Проверка обеспечения точности конструкторских размеров .....	18
Проверка обеспечения конструкторских диаметральных размеров .....	22
Определение минимальных припусков на обработку и технологических размеров.....	22
Расчет минимальных припусков .....	22
Расчет осевых технологических размеров.....	24
Расчет диаметральных технологических размеров .....	29
Технологические размеры .....	33
1.4 Расчет режимов и мощности резания.....	34
Токарная операция .....	35
Сверление 3-х отверстия диаметром 10мм.....	41
Круглошлифовальная операция .....	43
Внутришлифовальная операция .....	44
1.5 Нормирование технологических операций.....	47
Расчет основного времени .....	47
Расчет вспомогательного времени .....	57
Расчет оперативного времени.....	58
Расчет времени на обслуживание рабочего места.....	59
Расчет времени на отдых .....	57
Определение подготовительно-заключительного времени.....	60
Расчет штучного времени .....	60

Расчет штучно-калькуляционного времени.....	61
<b>2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>62</b>
2.1 Габаритные размеры разжимной оправки .....	63
2.2 Расчет моментов сил резания и трения .....	64
2.3 Расчет усилия закрепления .....	66
2.4 Расчет условия самоторможения клина .....	68
<b>3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>72</b>
Задание.....	73
3.1 Общие положения .....	75
3.2 Расчет затрат по статье "Сырье и материалы" .....	76
3.3 Расчет затрат «Покупные комплектующие и полуфабрикаты».....	77
3.4 Расчет затрат «Возвратные изделия и полуфабрикаты» .....	77
3.5 Расчет затрат «Топливо и энергия на технологические цели» .....	77
3.6 Расчет затрат «Основная заработная плата производственных рабочих»	78
3.7 Расчет затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» .....	79
3.8 Расчет затрат «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»	79
3.9 Расчет затрат «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения» .....	80
3.10 Расчет затрат «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования».....	80
3.11 Расчет затрат «Общехозяйственные расходы».....	86
3.12 Расчет затрат по статье «Технологические потери».....	86
3.13 Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы».....	86
3.14 Расчет затрат по статье «Потери брака» .....	87
3.15 Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы».....	87
3.16 Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию» .....	87
3.17 Расчет прибыли .....	87
3.18 Расчет НДС .....	87
3.17 Цена изделия.....	87
<b>4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>88</b>

Задание .....	89
Описание рабочего места.....	91
4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	91
4.1.1 Метеоусловия .....	91
4.1.2 Вредные вещества .....	92
4.1.3 Производственный шум.....	94
4.1.4 Освещенность .....	95
4.1.5 Электромагнитные поля.....	97
4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	99
4.2.1 Факторы электрической природы.....	99
4.2.2 Факторы пожарной и взрывной природы .....	101
4.2.3 Охрана окружающей среды .....	103
4.2.4 Защита в ЧС .....	103
4.2.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ....	104
Список литературы .....	106

## Введение

Машиностроение традиционно является ведущей отраслью экономики. Развитие машиностроения определяется как разработкой принципиально новых конструкций машин, так и совершенствование технологий их изготовления. Часто именно технологичность конструкции определяет, будет ли она широко использоваться.

В современной технологии машиностроения развитие происходит по следующим направлениям:

- повышение возможностей, качества и экономичности средств технологического оснащения (высокопроизводительные станки, инструмент с повышенной стойкостью и т. д.);
- создание максимально эффективных маршрутов технологических процессов;
- использование эффективной системы управления и планирования производства;
- комплексная автоматизация производства, включающая в себя разработку конструкций изделий, технологическое проектирование, календарное планирование и др.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов получения заготовок с минимальными допусками под механическую обработку. В некоторых случаях целесообразно снижать технологичность изделия для повышения качества продукции, что может значительно повысить конкурентоспособность продукции и компенсировать дополнительные затраты. Стремление к технологичности в любом случае не должно приводить к ухудшению свойств изделия ниже конструктивно заданных.

Критерии построения эффективных маршрутов технологического процесса зависят от типа производства и возможностей предприятия. Одним из наиболее известных критериев является принцип постоянства баз. Маршрут должен быть рассчитан так, чтобы возможности оборудования были максимально использованы.

Автоматизация производства на всех его этапах позволяет существенно сократить время подготовки производства, внедрения новых изделий, уменьшить и упорядочить документооборот, оперативно вносить изменения в действующие технологические процессы. Сейчас уже высокотехнологичные производства (авиа- и автомобилестроение) не могут оставаться на конкурентоспособном уровне без комплексных систем автоматизации.

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. Технологический процесс разрабатывается для условий серийного производства.

# **1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

## Техническое задание

Разобрать технологический процесс изготовления детали «Фланец». Чертёж детали представлен на рис. 1.1. Годовая программа выпуска: 2000шт.

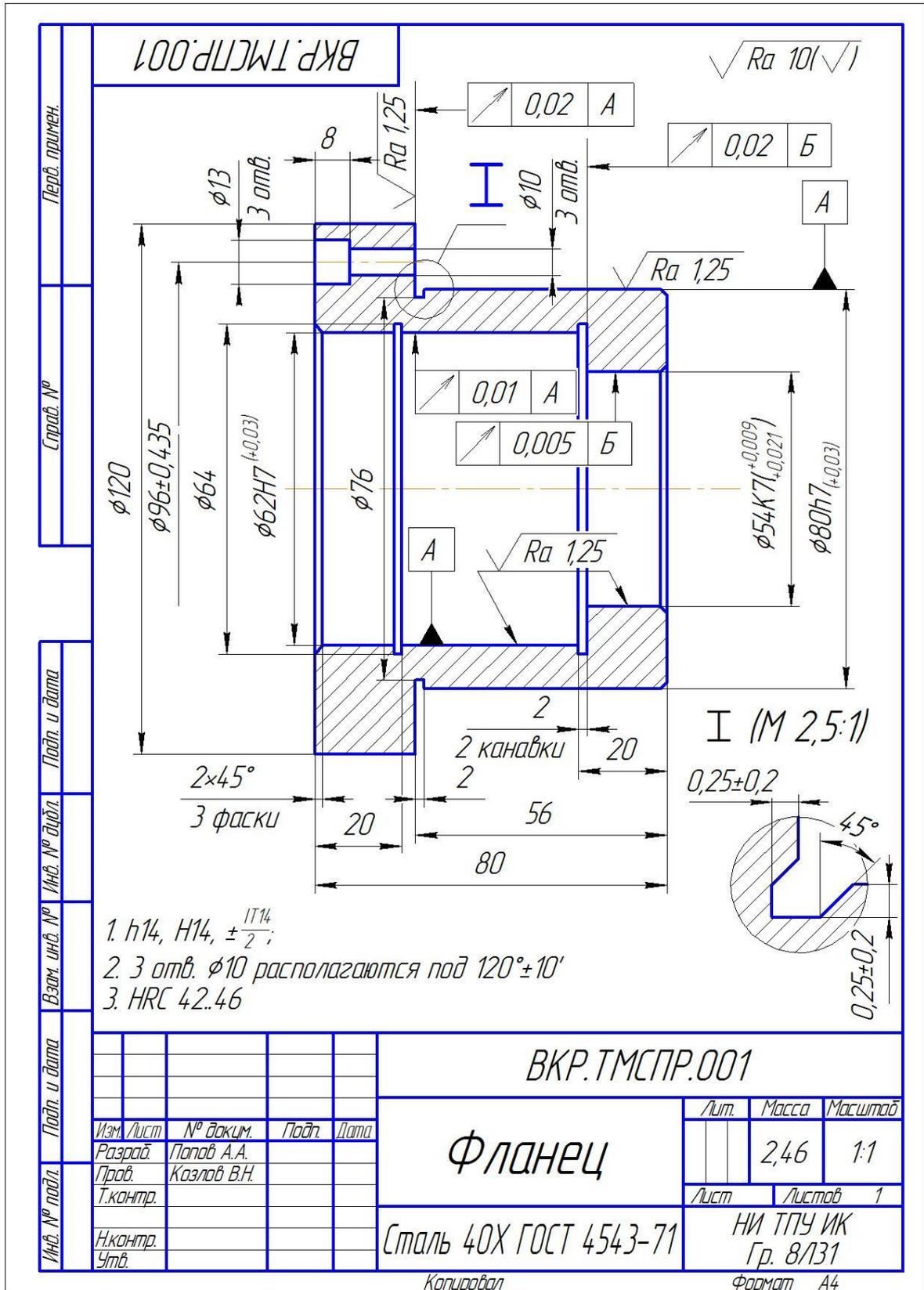


Рис. 1.1 Чертёж детали

## 1.1 Анализ технологичности детали

Анализируя параметры точности размеров детали, можно заметить, что на поверхности назначены относительно грубые допуски, что позволяет использовать обычное оборудование и простой измерительный инструмент. Наличие точных отверстий  $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$ ,  $\varnothing 54K7^{(+0,009)}_{(-0,021)}$ , и точного вала  $\varnothing 80h7_{(-0,03)}$ , а так же шероховатости  $\sqrt{Ra} 1,25$  подразумевает использование операции, обеспечивающей высокую точность размера. Радиальное биение относительно базовых поверхностей не должно превышать 0,005-0,01мм.

Также на чертеже обозначен материал сталь 40Х. Получение заготовки осуществляется штамповкой. Программа выпуска деталей составляет 2000 штук.

## 1.2 Разработка маршрута изготовления детали

Маршрут технологии изготовления детали типа «Фланец» представлен в таблице 1. Предварительный маршрут включает в себя схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, а так же тексты переходов и их эскизы.

Таблица 1 - Маршрут обработки

					Операционный эскиз	
Название операции и ее содержание						
<p><b>Операция 0</b> (заготовительная)</p> <p>Штамповка</p>						
<p><b>Операция 1</b> (Токарная с ЧПУ)</p> <p>0. Установить и снять заготовку</p> <p>1. Обточить торец 1 выдерживая размер <math>A_{11}</math></p> <p>2. Расточить поверхность 2 до диаметра <math>D_{12}</math> на проход.</p> <p>3. Расточить поверхность 3 до диаметра <math>D_{13}</math> (<math>h12</math>) выдерживая размер <math>A_{13}</math></p> <p>4. Расточить поверхность 3 до диаметра <math>D_{14}</math> (<math>h9</math>) выдерживая размер <math>A_{13}</math></p> <p>5. Расточить канавку 7 диаметром <math>D_{15}</math> выдерживая размеры <math>A_{15.1}</math> и <math>A_{15.2}</math></p> <p>6. Расточить фаску 8 выдерживая размер <math>A_{16}</math></p> <p>7. Обточить наружный диаметр 9 до <math>d_{17}</math> на проход.</p>						
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дробл.	Подп. и дата			
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дробл.	Подп. и дата			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	

Копировал

Формат А4

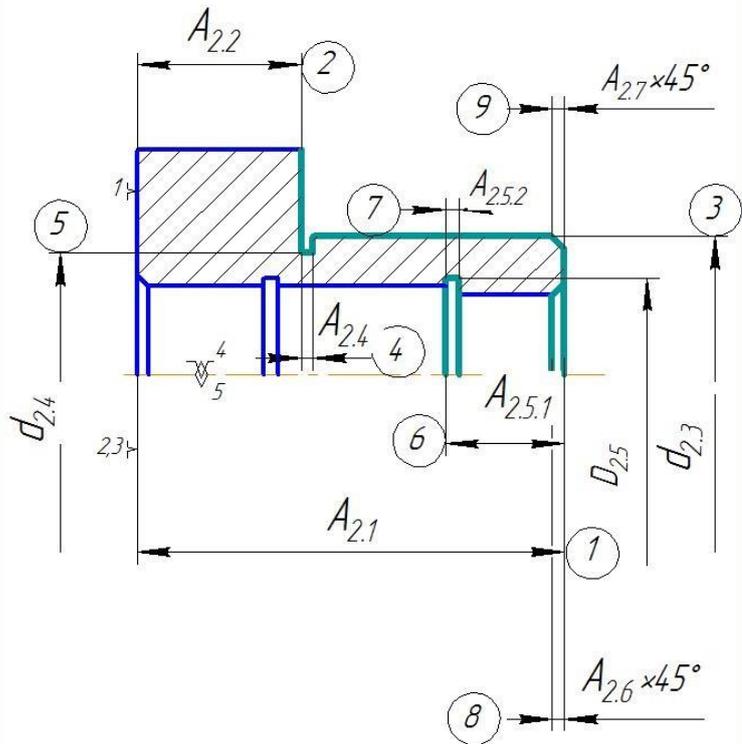
Название операции  
и ее содержание

Операционный эскиз

**Операция 2  
(Токарная с ЧПУ)**

0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку.
1. Обточить торец 1, выдерживая размер  $A_{21}$
  2. Подрезать торец 2 до  $\phi d_{23}$  выдерживая размер  $A_{22}$
  3. Обточить поверхность 3 до  $\phi d_{23}$ , выдерживая размер  $A_{22}$
  4. Обточить канавку 4 на глубину  $d_{24}$ , выдерживая размеры  $A_{22}$  и  $A_{24}$
  5. Расточить канавку 7 до  $D_{25}$ , выдерживая размеры  $A_{25.1}$  и  $A_{25.2}$
  6. Расточить фаску 8, выдерживая размер  $A_{26}$
  7. Обточить фаску 9, выдерживая размер  $A_{27}$

$\sqrt{Ra 10(\sqrt{I})}$



Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Лист

Название операции  
и ее содержание

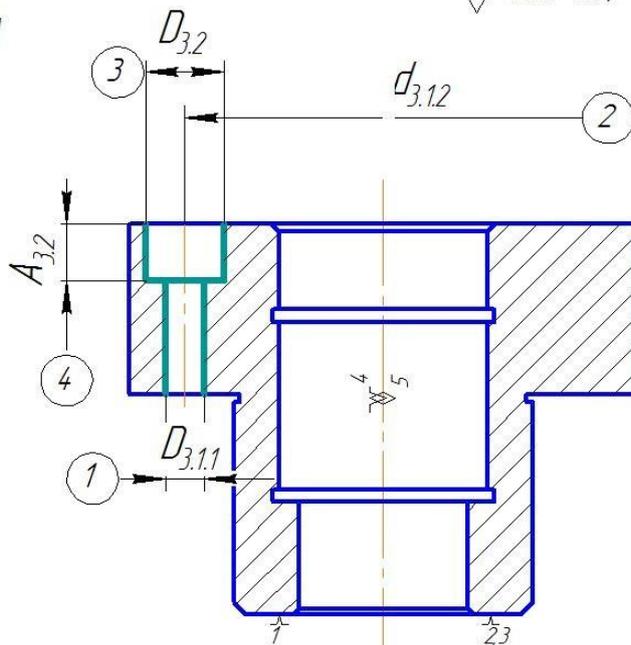
Операционный эскиз

Операция 3  
(Вертикально-сверлильная)

$\sqrt{Ra\ 10(\sqrt{I})}$

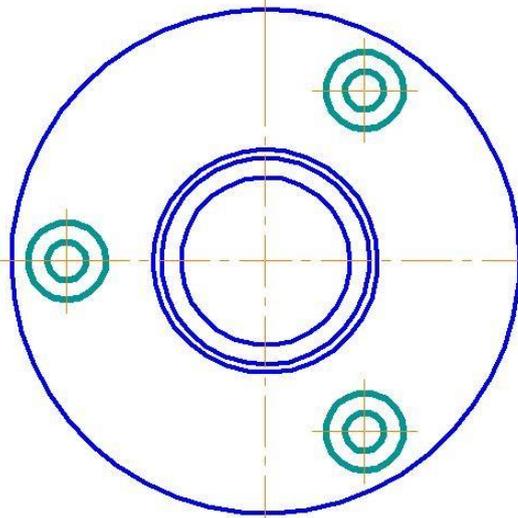
Установ А

0. Установить и снять деталь. Установить кондукторную плиту.
1. Сверлить на проход поочередно 3 отверстия  $D_{3.11}$  (H14), выдерживая размер  $d_{3.12}$



Установ Б

0. Снять кондукторную плиту.
1. Зенковать поочередно 3 отверстия  $D_{3.2}$  (H14), выдерживая размеры  $d_{3.12}$  и  $A_{3.2}$



Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

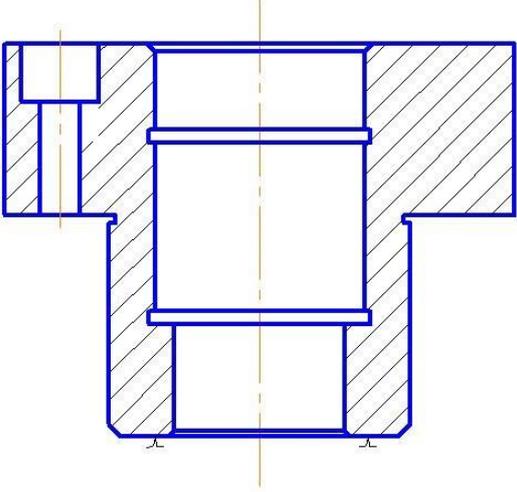
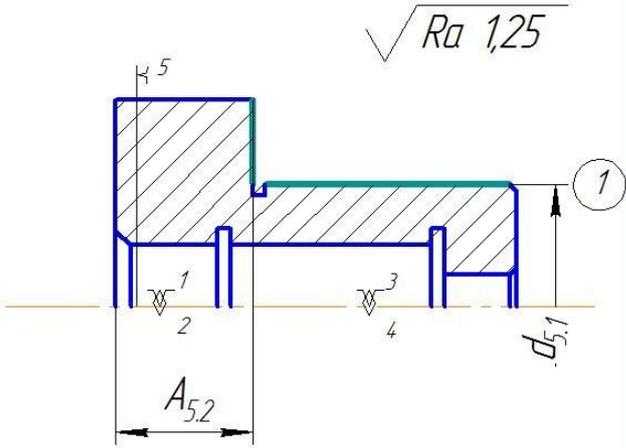
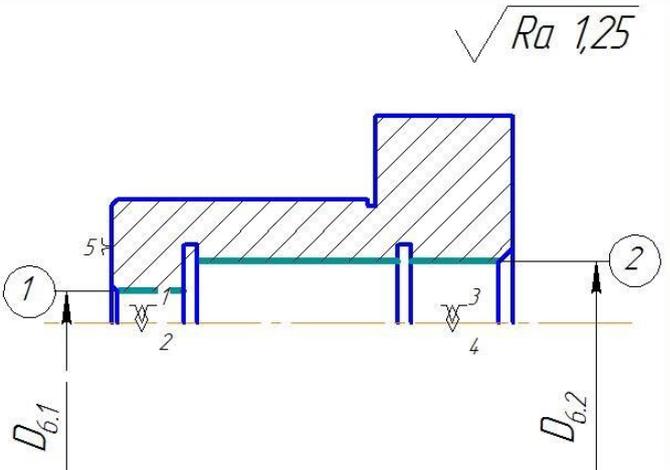
Инв. № подл.

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Лист

Копировал

Формат А4

Название операции и ее содержание					Операционный эскиз	
<p><b>Операция 4</b> (Термическая)</p> <p>Закалить и отпустить до HRC 42...46</p>						
<p><b>Операция 5</b> (Круглошлифовальная)</p> <p>0. Установить и снять деталь на разжимную оправку. 1. Шлифовать поверхность 1 до <math>d_{5.1}</math> выдерживая размер <math>A_{5.2}</math></p>					<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra 1,25}</math></p> 	
<p><b>Операция 6</b> (Внутришлифовальная)</p> <p>0. Установить и снять деталь в цанговый патрон. 1. Шлифовать поверхность 1 до <math>D_{6.1}</math> 2. Шлифовать поверхность 2 до <math>D_{6.2}</math></p>					<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra 1,25}</math></p> 	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лист	

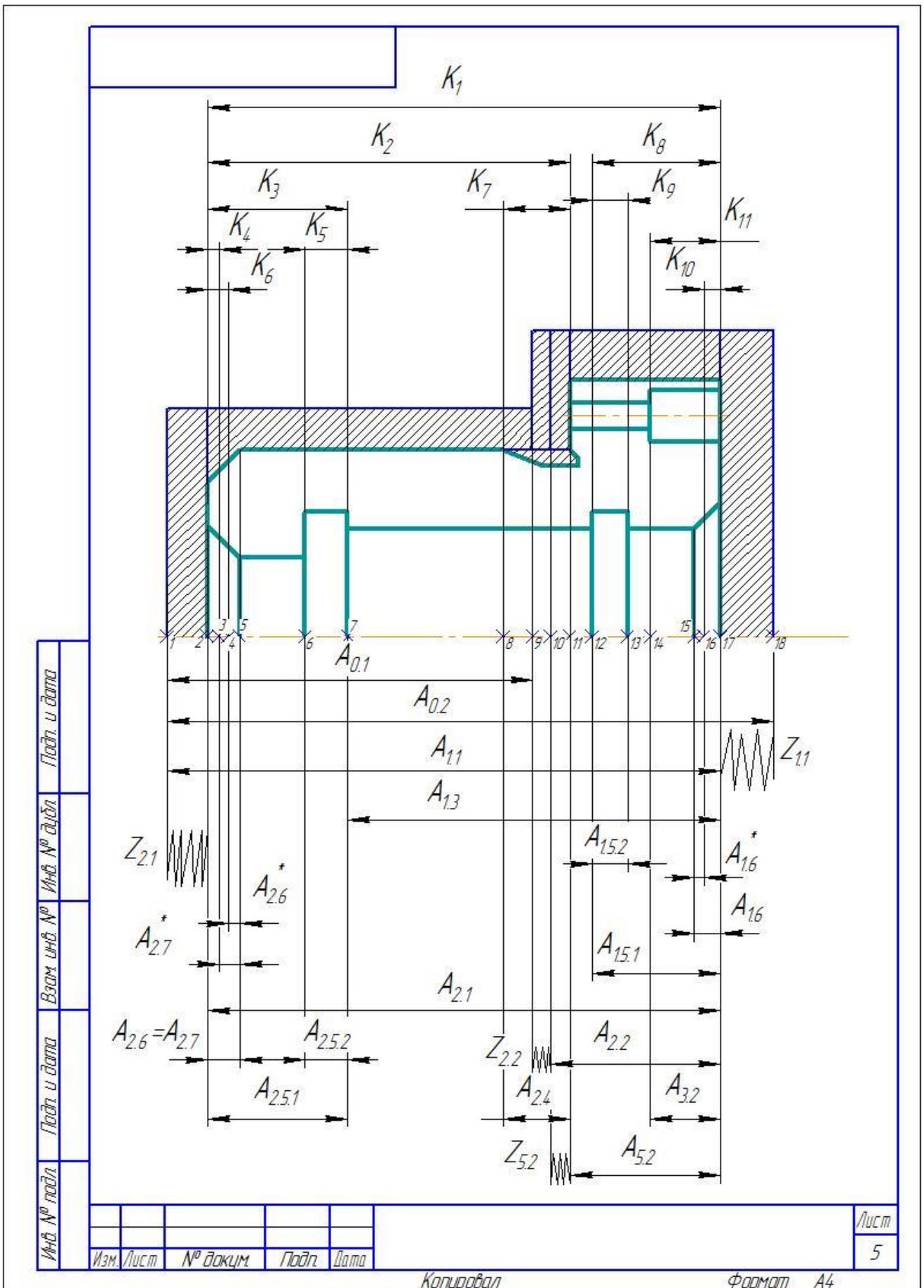


Рис. 1.2 Размерная схема (осевые размеры)

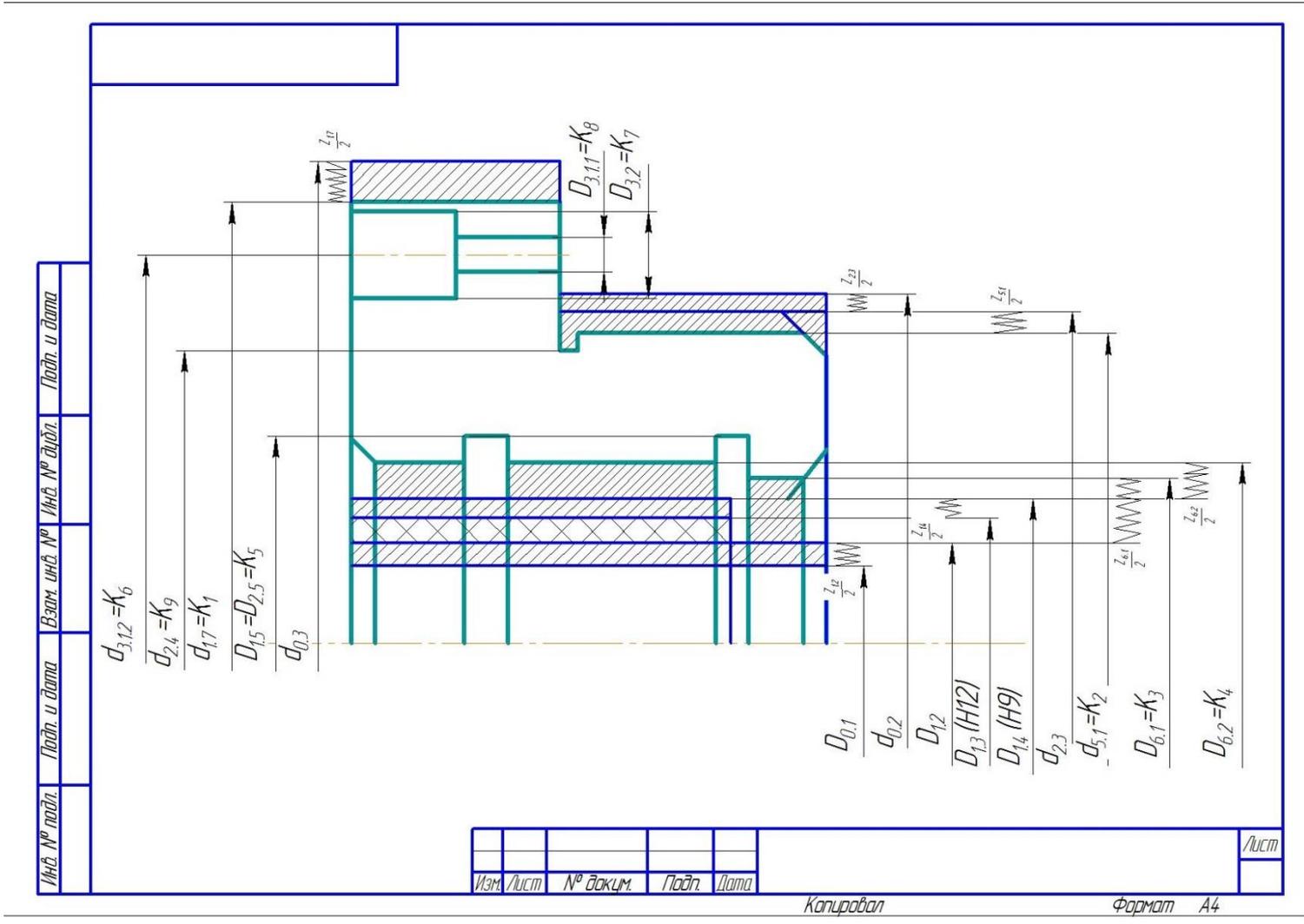


Рис. 1.3 Размерная схема (диаметральные размеры)

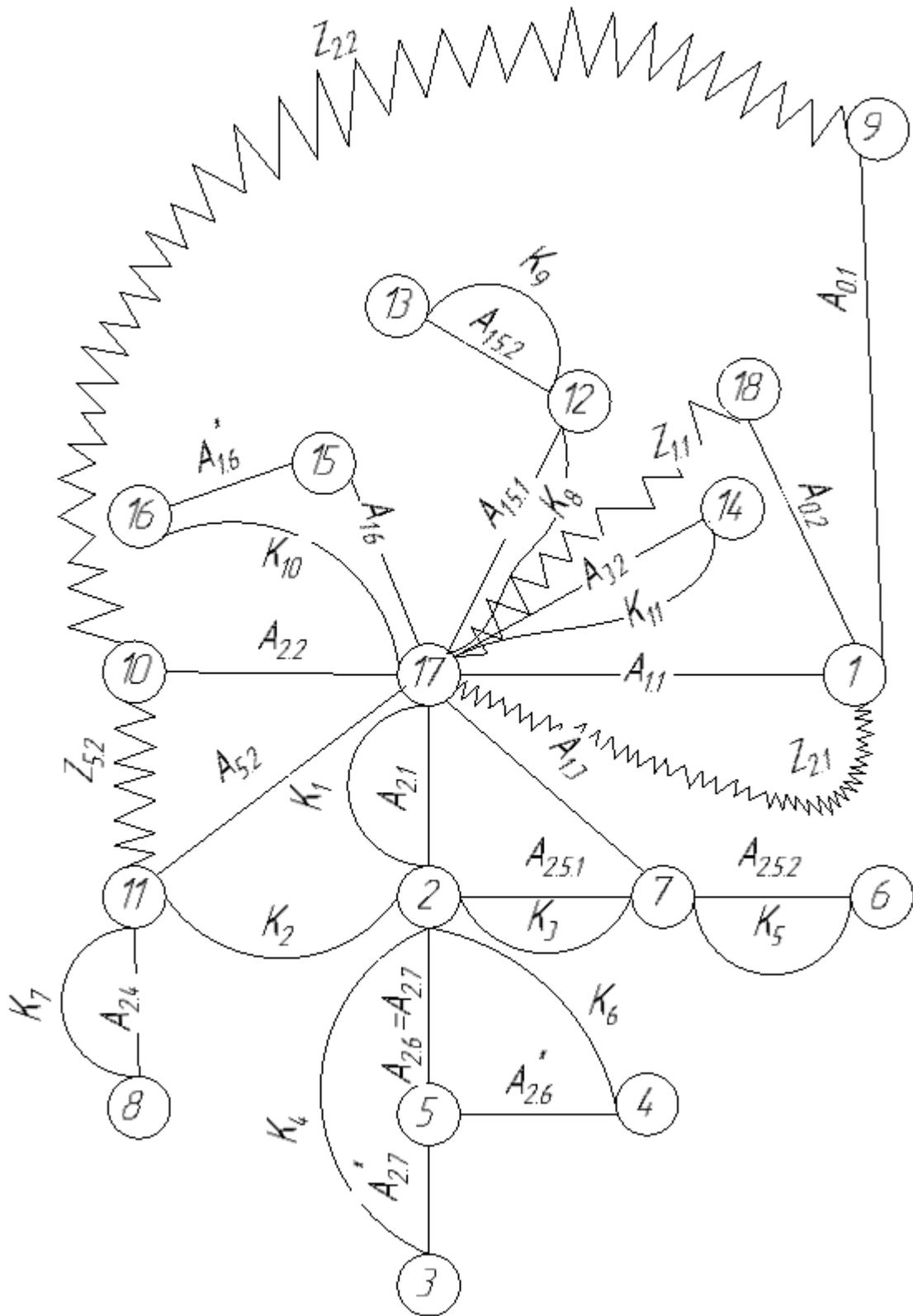


Рис. 1.4 Граф технологических размеров

## 1.3 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали

### 1.3.1 Определение допусков на технологические размеры

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам. Допуски размеров, получаемых на операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности. Эти таблицы включают в себя статистические данные по погрешностям размеров заготовок, обрабатываемых на различных металлорежущих станках. Величина допуска непосредственно зависит от вида и метода обработки, используемого оборудования, числа рабочих ходов и размера обрабатываемой поверхности.

Допуски на конструкторские осевые размеры:

$$TK_1 = 0,6\text{мм}$$

$$TK_2 = 0,74\text{мм}$$

$$TK_3 = 0,52\text{мм}$$

$$TK_4 = 0,3\text{мм}$$

$$TK_5 = 0,25\text{мм}$$

$$TK_6 = 0,3\text{мм}$$

$$TK_7 = 0,25\text{мм}$$

$$TK_8 = 0,52\text{мм}$$

$$TK_9 = 0,25\text{мм}$$

$$TK_{10} = 0,3\text{мм}$$

$$TK_{11} = 0,36\text{мм}$$

Допуски на конструкторские диаметральные размеры:

$$TK_1 = 0,87\text{мм}$$

$$TK_2 = 0,03\text{мм}$$

$$TK_3 = 0,03\text{мм}$$

$$TK_4 = 0,03\text{мм}$$

$$TK_5 = 0,25\text{мм}$$

$$TK_6 = 0,87\text{мм}$$

$$TK_7 = 0,43\text{мм}$$

$$TK_8 = 0,36\text{мм}$$

$$TK_9 = 0,25\text{мм}$$

1) Штамповка:

$$TA_{01} = 1,2\text{мм}$$

$$TA_{02} = 1,2\text{мм}$$

$$Td_{03} = 1,2\text{мм}$$

$$TD_{01} = 1\text{мм}$$

$$Td_{02} = 1\text{мм}$$

## 2)Токарная ЧПУ

$$TA_{1,1} = \omega_{1,1} + \rho_u = 0,2 + 0,08 = 0,28 \text{ мм}$$

$$TD_{1,2} = \omega_{1,2} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TD_{1,3} = \omega_{1,3} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TD_{1,4} = \omega_{1,4} = 0,074 \text{ мм}$$

$$TA_{1,3} = \omega_{1,3} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TD_{1,5} = TA_{1,5,2} = \omega_{1,5} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TA_{1,5,1} = 0,52 \text{ мм}$$

$$TA_{1,6} = \omega_{1,6} + \rho_u = 0,1 + 0,06 = 0,16 \text{ мм}$$

$$Td_{1,7} = \omega_{1,7} = 0,87 \text{ мм}$$

## 3) Токарная ЧПУ

$$TA_{2,1} = 0,6 \text{ мм}$$

$$TA_{2,2} = \omega_{2,2} = 0,52 \text{ мм}$$

$$Td_{2,3} = \omega_{2,3} = 0,2 \text{ мм}$$

$$Td_{2,4} = TA_{2,4} = \omega_{2,4} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TD_{2,5} = TA_{2,5,2} = \omega_{2,5} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TA_{2,5,1} = 0,52 \text{ мм}$$

$$TA_{2,6} = TA_{2,7} = \omega_{2,6} + \rho_u = 0,1 + 0,06 = 0,16 \text{ мм}$$

## 4) Сверлильная

$$TD_{3,1,1} = \omega_{3,1,1} = 0,36 \text{ мм}$$

$$Td_{3,1,2} = 0,87 \text{ мм}$$

$$TA_{3,2} = 0,43 \text{ мм}$$

## 5)Круглошлифовальная

$$Td_{5,1} = \omega_{5,1} = 0,03 \text{ мм}$$

$$TA_{5,2} = \omega_{5,2} + \rho_u = 0,08 + 0,01 = 0,09 \text{ мм}$$

## 6) Внутришлифовальная

$$TD_{6,1} = \omega_{6,1} = 0,03 \text{ мм}$$

$$TD_{6,2} = \omega_{6,2} = 0,03 \text{ мм}$$

### 1.3.2 Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

Для проверки обеспечения точности конструкторских размеров необходимо построить размерную схему отдельно в осевом и радиальном направлениях. На данную схему наносят все технологические размеры, припуски на обработку, а также конструкторские размеры. На основании построенной размерной схемы выделяют размерные цепи, замыкающимися звеньями в которых являются конструкторские размеры и припуски на обработку.

Конструкторские осевые размеры выдерживаемые непосредственно:

$$K_1 = A_{2.1} = 80 \pm 0,3 \text{ мм}$$

$$K_3 = A_{2.5.1} = 20 \pm 0,26 \text{ мм}$$

$$K_5 = A_{2.5.2} = 2 \pm 0,125 \text{ мм}$$

$$K_7 = A_{2.4} = 2 \pm 0,125 \text{ мм}$$

$$K_8 = A_{1.5.1} = 20 \pm 0,26 \text{ мм}$$

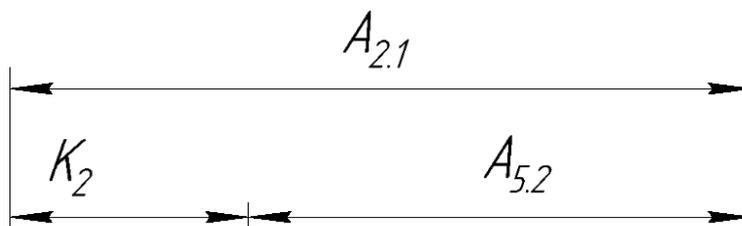
$$K_9 = A_{1.5.2} = 2 \pm 0,125 \text{ мм}$$

$$K_{11} = A_{3.2} = 8 \pm 0,18 \text{ мм}$$

Проверяем возможность решения размерной цепи, руководствуясь правилом, что при расчете размерных цепей методом максимума-минимума допуск замыкающего звена равен или больше суммы допусков составляющих звеньев.

Конструкторские размеры не выдерживаемые непосредственно:

1) Для  $K_2$

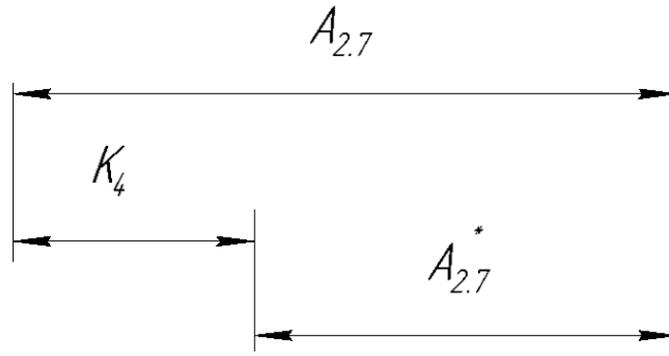


$$TK_2 \geq TA_{2.1} + TA_{5.2}$$

$$0,74 \geq 0,6 + 0,09$$

$$0,74 \geq 0,69$$

2) Для  $K_4$



$A_{2.7}^* = \frac{Z_{6.1}^D}{2}$  считаем, как припуск (Рис.1.5)

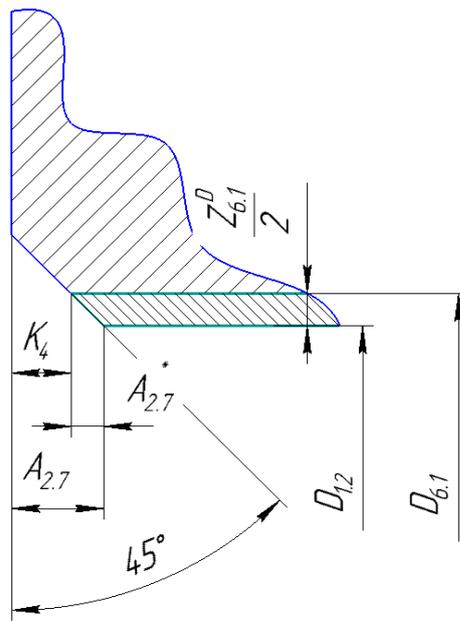


Рис. 1.5 Получение фаски

$$A_{2.7}^* = \frac{Z_{6.1}^D}{2} = \frac{0,271}{2} = 0,135 \text{ мм};$$

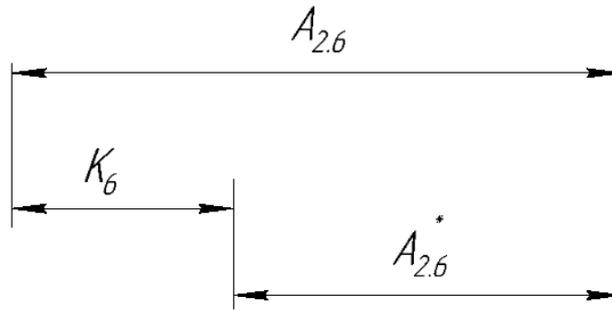
$$TA_{2.7}^* = \frac{TZ_{6.1}^D}{2} = \frac{TD_{1.2} + TD_{6.1}}{2} = \frac{0,2 + 0,03}{2} = 0,115 \text{ мм};$$

$$TK_4 \geq TA_{2.7} + TA_{2.7}^*$$

$$0,3 \geq 0,16 + 0,115$$

$$0,3 \geq 0,275$$

3) Для  $K_6$



$A_{2.6}^* = \frac{Z_{5.1}^D}{2}$  считаем, как припуск (рис. 1.6)

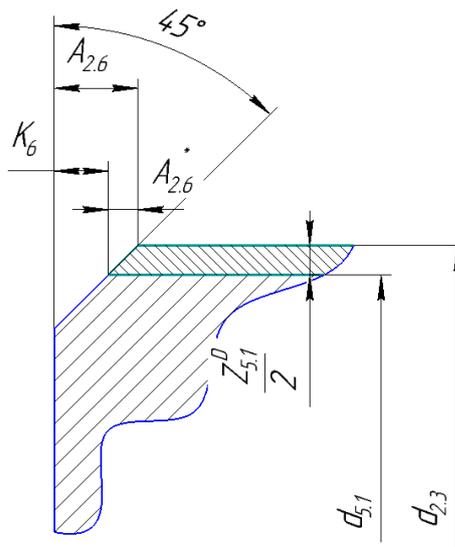


Рис. 1.6 Получение фаски

$$A_{2.6}^* = \frac{Z_{5.1}^D}{2} = \frac{0,211}{2} = 0,105 \text{ мм}$$

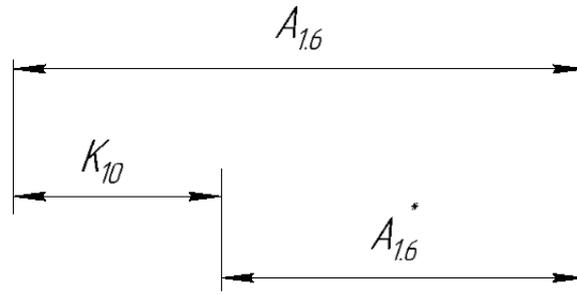
$$TA_{2.6}^* = \frac{TZ_{5.1}^D}{2} = \frac{Td_{2.3} + Td_{5.1}}{2} = \frac{0,2 + 0,03}{2} = 0,115 \text{ мм}$$

$$TK_6 \geq TA_{2.6} + TA_{2.6}^*$$

$$0,3 \geq 0,16 + 0,115$$

$$0,3 \geq 0,275$$

4) Для  $K_{10}$



$A_{1.6}^* = \frac{Z_{6.2}^D}{2}$  считаем, как припуск (рис. 1.7)

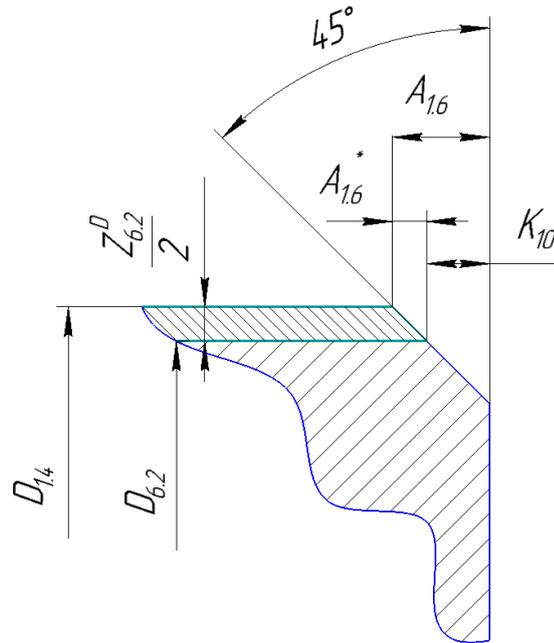


Рис. 1.7 Получение фаски

$$A_{1.6}^* = \frac{Z_{6.2}^D}{2} = \frac{0,253}{2} = 0,126 \text{ мм}$$

$$TA_{1.6}^* = \frac{TZ_{6.2}^D}{2} = \frac{TD_{1.4} + TD_{6.2}}{2} = \frac{0,074 + 0,03}{2} = 0,052 \text{ мм}$$

$$TK_{10} \geq TA_{1.6} + TA_{1.6}^*$$

$$0,3 \geq 0,16 + 0,052$$

$$0,3 \geq 0,212$$

## Проверка обеспечения конструкторских диаметральных размеров

$$K_4 = D_{6.2} = \varnothing 62^{+0.03} \text{ мм}$$

$$K_3 = D_{6.1} = \varnothing 54K7^{(+0.009)}_{(+0.021)} \text{ мм}$$

$$K_2 = d_{5.1} = \varnothing 80_{-0.03} \text{ мм}$$

$$K_6 = d_{3.1.2} = \varnothing 96 \pm 0,435 \text{ мм}$$

$$K_1 = d_{1.7} = \varnothing 120_{-0.87} \text{ мм}$$

$$K_7 = D_{3.2} = \varnothing 13^{+0.43} \text{ мм}$$

$$K_8 = D_{3.1.1} = \varnothing 10^{+0.36} \text{ мм}$$

$$K_9 = d_{2.4} = \varnothing 76^{+0.25} \text{ мм}$$

$$K_5 = D_{1.5} = D_{2.5} = \varnothing 64^{+0.25} \text{ мм}$$

Данная технология обеспечивает точность всех конструкторских размеров.

### 1.3.3 Определение минимальных припусков на обработку и технологических размеров

#### Расчет минимальных припусков

Существует два метода определения минимальных припусков на обработку: нормативный и расчетно-аналитический [7].

При нормативном методе значения  $z_i \min$  находят непосредственно по таблицам, которые составлены путем обобщения и систематизации производственных данных.

При расчетно-аналитическом методе  $z_i \min$  находят путем суммирования отдельных составляющих, что позволяет наиболее полно учесть конкретные условия обработки.

Расчет минимальных значений для диаметральных припусков производим, пользуясь формулой:

$$z_{i \min}^D = 2 \cdot \left( R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1)$$

где:  $Z_{i\min}^D$  – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм;

$R_{z\ i-1}$  – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;

$h_{i-1}$  - толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi\ i-1}^2 + \rho_{p\ i-1}^2} \quad (2)$$

суммарное пространственное отклонение формы и расположение поверхности, полученное на предыдущем переходе, мкм;

где:  $\rho_{\phi\ i-1}$  – погрешность формы поверхности, полученная на предыдущем переходе.

$\rho_{p\ i-1}$  – погрешность расположения поверхности, полученная на предыдущем переходе.

$$\varepsilon_{y_i} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma_i}^2 + \varepsilon_{z_i}^2}, \quad (3)$$

погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки).

$$Z_{1,2\min}^D = 2 \cdot (200 + 300 + \sqrt{12500 + 12100}) = 1313 \text{ мкм};$$

$$Z_{1,4\min}^D = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{464}) = 223 \text{ мкм};$$

$$Z_{1,7\min}^D = 2 \cdot (250 + 300 + \sqrt{11600 + 10000}) = 1394 \text{ мкм};$$

$$Z_{2,3\min}^D = 2 \cdot (250 + 300 + \sqrt{11600 + 6400}) = 1368 \text{ мкм};$$

$$Z_{5,1\min}^D = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{234}) = 211 \text{ мкм};$$

$$Z_{6,1\min}^D = 2 \cdot (30 + 45 + \sqrt{68 + 6400}) = 271 \text{ мкм};$$

$$Z_{6,2\min}^D = 2 \cdot (20 + 25 + \sqrt{234 + 6400}) = 253 \text{ мкм}$$

Расчет минимальных значений для осевых припусков производим, пользуясь формулой:

$$z_{i\min} = R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (4)$$

где:  $Z_{\min}$  – минимальный осевой припуск для рассматриваемой обработки, мкм;

$R_{z\ i-1}$  – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;

$h_{i-1}$  - толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

$\rho_{i-1}$  – суммарное пространственное отклонение формы и расположение поверхности, полученное на предыдущем переходе, мкм;

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi_{i-1}}^2 + \rho_{p_{i-1}}^2} \quad (5)$$

где:  $\rho_{\phi_{i-1}}$  – погрешность формы поверхности, полученная на предыдущем переходе.

$\rho_{p_{i-1}}$  – погрешность расположения поверхности, полученная на предыдущем переходе.

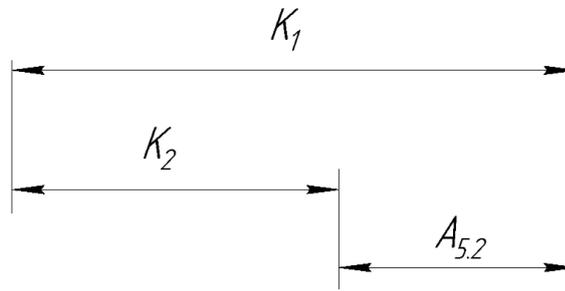
$$Z_{1.1\min} = Z_{2.1\min} = 250 + 350 + 158 = 758 \text{ мкм};$$

$$Z_{2.2\min} = 250 + 350 + 132 = 732 \text{ мкм};$$

$$Z_{5.2\min} = 40 + 50 + 158 = 248 \text{ мкм};$$

### 1.3.4 Расчет осевых технологических размеров

Из цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера  $A_{5.2}$



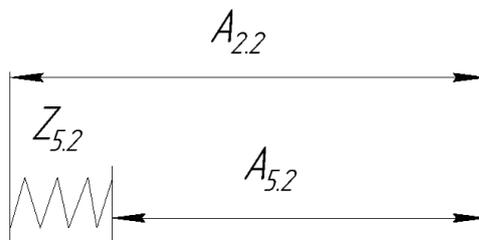
$$K_1^{cp} = K_2^{cp} + A_{5.2}^{cp}$$

$$A_{5.2}^{cp} = K_1^{cp} - K_2^{cp}$$

$$A_{5.2}^{cp} = 80 - 56 = 24 \text{ мм}$$

$$A_{5.2} = 24 \pm 0,045 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $A_{2.2}$



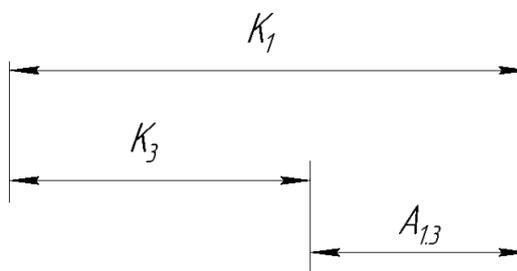
$$Z_{5.2}^{cp} = \frac{Z_{5.2}^{\min} + Z_{5.2}^{\max}}{2} = \frac{Z_{5.2}^{\min} + (Z_{5.2}^{\min} + \sum TA)}{2} = \frac{0,248 + (0,248 + 0,09 + 0,52)}{2} = 0,553 \text{ мм}$$

$$A_{2.2}^{cp} = A_{5.2}^{cp} + Z_{5.2}^{cp}$$

$$A_{2.2}^{cp} = 24 + 0,553 = 24,553 \text{ мм}$$

$$A_{2.2} = 24,553 \pm 0,26 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $A_{1.3}$



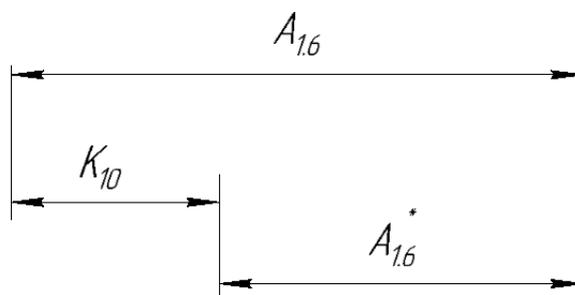
$$K_1^{cp} = K_3^{cp} + A_{1.3}^{cp}$$

$$A_{1.3}^{cp} = K_1^{cp} - K_3^{cp}$$

$$A_{1.3}^{cp} = 80 - 20 = 60 \text{ мм}$$

$$A_{1.3} = 60 \pm 0,1 \text{ мм}$$

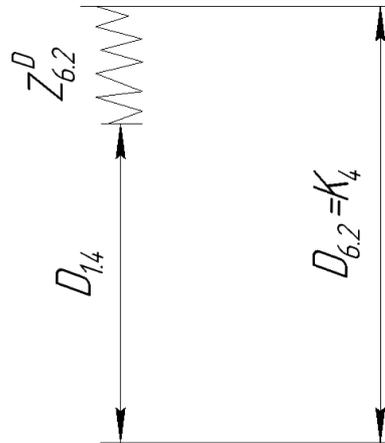
Далее находим среднее значение для размера  $A_{1.6}$



$$A_{1,6}^{cp} = K_{10}^{cp} + A_{1,6}^{cp*}$$

$$A_{1,6}^{cp*} = \frac{Z_{D6.2}^{cp}}{2}$$

Для того, чтобы найти  $Z_{D6.2}^{cp}$  составим размерную цепь:



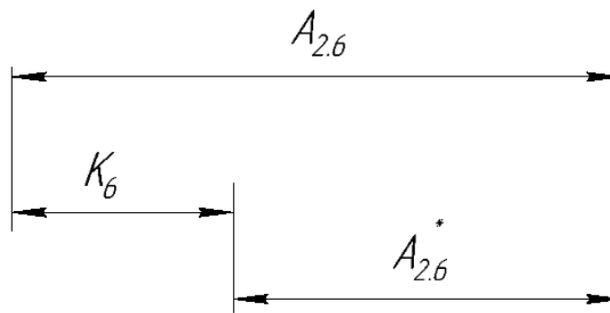
$$Z_{D6.2}^{cp} = \frac{Z_{\min 6.2}^D + Z_{\max 6.2}^D}{2} = \frac{Z_{\min 6.2}^D + (Z_{\min 6.2}^D + TK_4 + TD_{1,4})}{2} = \frac{0,253 + (0,253 + 0,03 + 0,074)}{2} = 0,305 \text{ мм}$$

$$A_{1,6}^{cp*} = \frac{Z_{D6.2}^{cp}}{2} = \frac{0,305}{2} = 0,152 \text{ мм}$$

$$A_{1,6}^{cp} = 2 + 0,152 = 2,152 \text{ мм}$$

$$A_{1,6} = 2,152 \pm 0,08 \text{ мм}$$

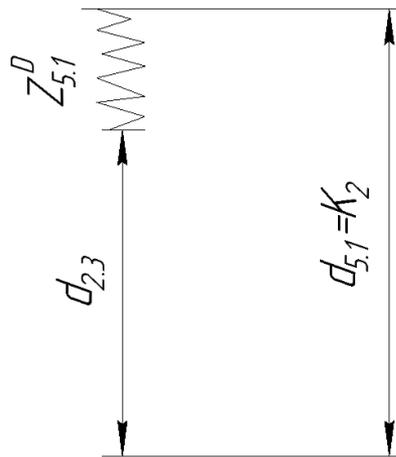
Далее находим среднее значение для размера  $A_{2,6}$



$$A_{2,6}^{cp} = K_6^{cp} + A_{2,6}^{cp*}$$

$$A_{2,6}^{cp*} = \frac{Z_{D5.1}^{cp}}{2}$$

Для того, чтобы найти  $Z_{D5.1}^{cp}$  составим размерную цепь:



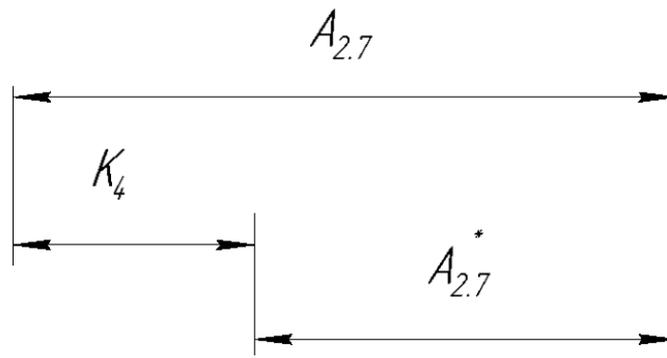
$$Z_{D5.1}^{cp} = \frac{Z_{\min 5.1}^D + Z_{\max 5.1}^D}{2} = \frac{Z_{\min 5.1}^D + (Z_{\min 5.1}^D + TK_2 + Td_{2.2})}{2} = \frac{0,211 + (0,211 + 0,03 + 0,2)}{2} = 0,326 \text{ мм}$$

$$A_{2.6}^{cp*} = \frac{Z_{D5.1}^{cp}}{2} = \frac{0,326}{2} = 0,163 \text{ мм}$$

$$A_{2.6}^{cp} = 2 + 0,163 = 2,163 \text{ мм}$$

$$A_{2.6} = 2,163 \pm 0,08 \text{ мм}$$

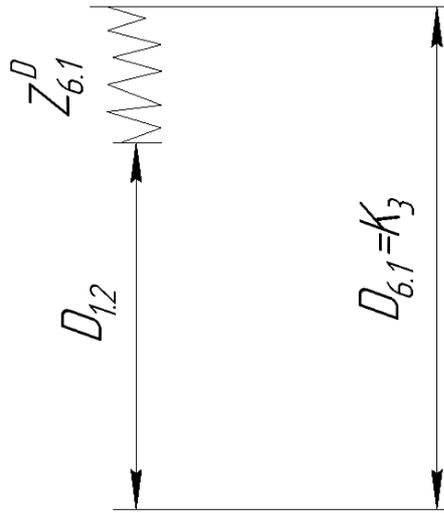
Далее находим среднее значение для размера  $A_{2.7}$



$$A_{2.7}^{cp} = K_4^{cp} + A_{2.7}^{cp*}$$

$$A_{2.7}^{cp*} = \frac{Z_{D6.1}^{cp}}{2}$$

Для того, чтобы найти  $Z_{D6.1}^{cp}$  составим размерную цепь:



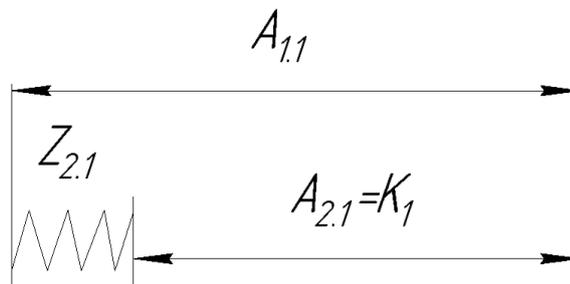
$$Z_{D_{6.1}}^{cp} = \frac{Z_{\min 6.1}^D + Z_{\max 6.1}^D}{2} = \frac{Z_{\min 6.1}^D + (Z_{\min 6.1}^D + TK_3 + TD_{1,2})}{2} = \frac{0,271 + (0,271 + 0,03 + 0,2)}{2} = 0,386 \text{ мм}$$

$$A_{2.7}^{cp*} = \frac{Z_{D_{6.1}}^{cp}}{2} = \frac{0,386}{2} = 0,193 \text{ мм}$$

$$A_{2.7}^{cp} = 2 + 0,193 = 2,193 \text{ мм}$$

$$A_{2.7} = 2,193 \pm 0,08 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $A_{1,1}$



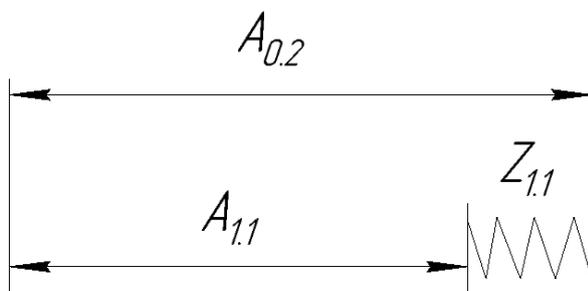
$$Z_{2,1}^{cp} = \frac{Z_{2,1}^{\min} + Z_{2,1}^{\max}}{2} = \frac{Z_{2,1}^{\min} + (Z_{2,1}^{\min} + TK_1 + TA_{1,1})}{2} = \frac{0,758 + (0,758 + 0,72 + 0,28)}{2} = 1,258 \text{ мм}$$

$$A_{1,1}^{cp} = K_1^{cp} + Z_{2,1}^{cp}$$

$$A_{1,1}^{cp} = 80 + 1,258 = 81,258 \text{ мм}$$

$$A_{1,1} = 81,258 \pm 0,14 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $A_{0,2}$



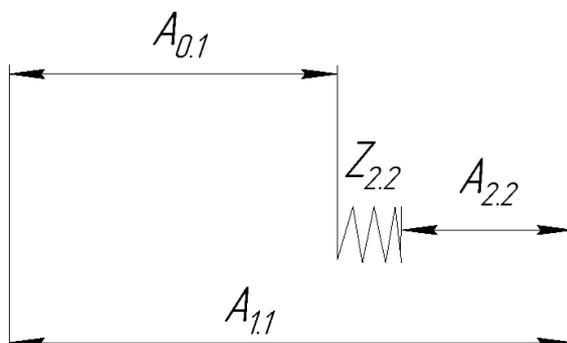
$$Z_{1.1}^{cp} = \frac{Z_{1.1}^{\min} + Z_{1.1}^{\max}}{2} = \frac{Z_{1.1}^{\min} + (Z_{1.1}^{\min} + TA_{0.2} + TA_{1.1})}{2} = \frac{0,758 + (0,758 + 1,2 + 0,28)}{2} = 1,498 \text{ мм}$$

$$A_{0.2}^{cp} = A_{1.1}^{cp} + Z_{1.1}^{cp}$$

$$A_{0.2}^{cp} = 81,258 + 1,498 = 82,756 \pm 0,6 \text{ мм}$$

$$A_{0.2} = 83^{+0,4}_{-0,8}$$

Далее находим среднее значение для размера  $A_{0.1}$



$$Z_{2.2}^{cp} = \frac{Z_{2.2}^{\min} + Z_{2.2}^{\max}}{2} = \frac{Z_{2.2}^{\min} + (Z_{2.2}^{\min} + TA_{0.1} + TA_{1.1} + TA_{2.2})}{2} = \frac{0,732 + (0,732 + 1,2 + 0,28 + 0,52)}{2} = 1,732 \text{ мм}$$

$$A_{1.1}^{cp} = A_{0.1}^{cp} + Z_{2.2}^{cp} + A_{2.2}^{cp}$$

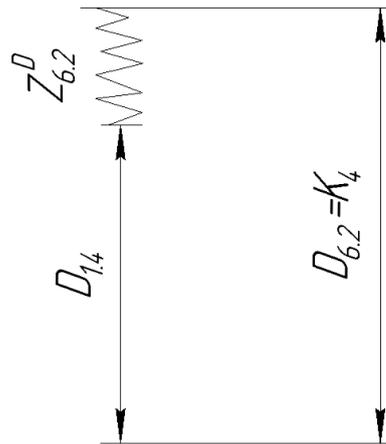
$$A_{0.1}^{cp} = A_{1.1}^{cp} - (Z_{2.2}^{cp} + A_{2.2}^{cp})$$

$$A_{0.1}^{cp} = 81,258 - (1,732 + 24,553) = 54,973 \text{ мм}$$

$$A_{0.1} = 55,173^{+0,4}_{-0,8} \approx 55,1^{+0,4}_{-0,8} \text{ мм}$$

### 1.3.5 Расчет диаметральных технологических размеров

Из цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера  $D_{1.4}$



$$K_4^{cp} = D_{1.4}^{cp} + Z_{D6.2}^{cp}$$

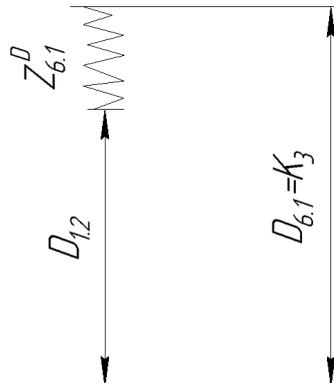
$$D_{1.4}^{cp} = K_4^{cp} - Z_{D6.2}^{cp}$$

$$Z_{D6.2}^{cp} = \frac{Z_{\min 6.2}^D + Z_{\max 6.2}^D}{2} = \frac{Z_{\min 6.2}^D + (Z_{\min 6.2}^D + TK_4 + TD_{1.4})}{2} = \frac{0,253 + (0,253 + 0,03 + 0,074)}{2} = 0,305 \text{ мм}$$

$$D_{1.4}^{cp} = 62,015 - 0,305 = 61,71 \text{ мм}$$

$$D_{1.4} = 61,71 \pm 0,037 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $D_{1.2}$



$$K_3^{cp} = D_{1.2}^{cp} + Z_{D6.1}^{cp}$$

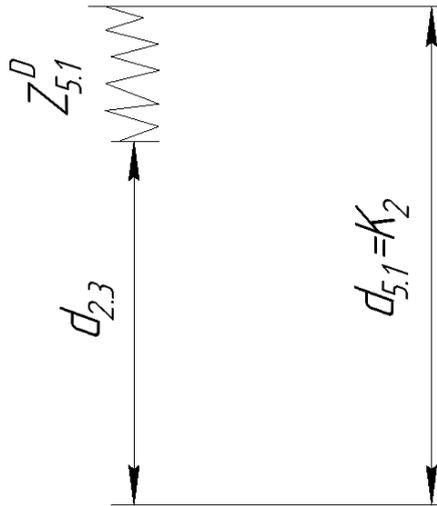
$$D_{1.2}^{cp} = K_3^{cp} - Z_{D6.1}^{cp}$$

$$Z_{D6.1}^{cp} = \frac{Z_{\min 6.1}^D + Z_{\max 6.1}^D}{2} = \frac{Z_{\min 6.1}^D + (Z_{\min 6.1}^D + TK_3 + TD_{1.2})}{2} = \frac{0,271 + (0,271 + 0,03 + 0,2)}{2} = 0,386 \text{ мм}$$

$$D_{1.2}^{cp} = 54,994 - 0,386 = 54,608 \text{ мм}$$

$$D_{1.2} = 53,608 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $d_{2.3}$



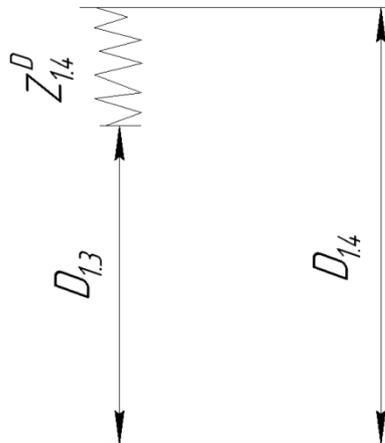
$$d_{2,3}^{cp} = K_2^{cp} + Z_{D5,1}^{cp}$$

$$Z_{D5,1}^{cp} = \frac{Z_{\min 5,1}^D + Z_{\max 5,1}^D}{2} = \frac{Z_{\min 5,1}^D + (Z_{\min 5,1}^D + TK_2 + Td_{2,2})}{2} = \frac{0,211 + (0,211 + 0,03 + 0,2)}{2} = 0,326 \text{ мм}$$

$$d_{2,3}^{cp} = 79,985 + 0,326 = 80,311 \text{ мм}$$

$$d_{2,3} = 80,311 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $D_{1,3}$



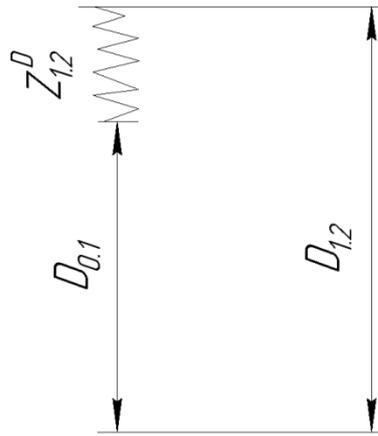
$$D_{1,3}^{cp} = D_{1,4}^{cp} - Z_{D1,4}^{cp}$$

$$Z_{D1,4}^{cp} = \frac{Z_{\min 1,4}^D + Z_{\max 1,4}^D}{2} = \frac{Z_{\min 1,4}^D + (Z_{\min 1,4}^D + TD_{1,3} + TD_{1,4})}{2} = \frac{0,223 + (0,223 + 0,2 + 0,074)}{2} = 0,36 \text{ мм}$$

$$D_{1,3}^{cp} = 61,71 - 0,36 = 61,35 \text{ мм}$$

$$D_{1,3} = 61,35 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $D_{0,1}$



$$D_{1.2}^{cp} = D_{0.1}^{cp} + Z_{D1.2}^{cp}$$

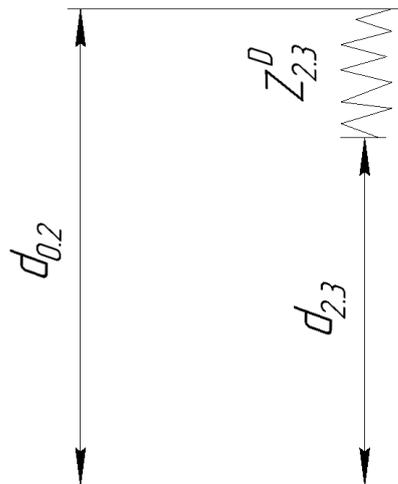
$$D_{0.1}^{cp} = D_{1.2}^{cp} - Z_{D1.2}^{cp}$$

$$Z_{D1.2}^{cp} = \frac{Z_{\min 1.2}^D + Z_{\max 1.2}^D}{2} = \frac{Z_{\min 1.2}^D + (Z_{\min 1.2}^D + TD_{0.1} + TD_{1.2})}{2} = \frac{1,313 + (1,313 + 1 + 0,2)}{2} = 1,913 \text{ мм}$$

$$D_{0.1}^{cp} = 53,608 - 1,913 = 51,695 \text{ мм}$$

$$D_{0.1}^{cp} = 51,695 \pm 0,5 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $d_{0.2}$



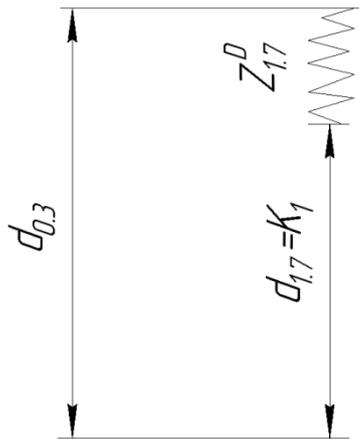
$$d_{0.2}^{cp} = d_{2.3}^{cp} + Z_{D2.3}^{cp}$$

$$Z_{D2.3}^{cp} = \frac{Z_{\min 2.3}^D + Z_{\max 2.3}^D}{2} = \frac{Z_{\min 2.3}^D + (Z_{\min 2.3}^D + Td_{0.2} + Td_{2.3})}{2} = \frac{1,368 + (1,368 + 1 + 0,2)}{2} = 1,968 \text{ мм}$$

$$d_{0.2}^{cp} = 80,311 + 1,968 = 82,279 \text{ мм}$$

$$d_{0.2}^{cp} = 82,279 \pm 0,5 \text{ мм}$$

Далее находим среднее значение для размера  $d_{0.3}$



$$d_{0,3}^{cp} = K_1^{cp} + Z_{D1,7}^{cp}$$

$$Z_{D1,7}^{cp} = \frac{Z_{\min 1,7}^D + Z_{\max 1,7}^D}{2} = \frac{Z_{\min 1,7}^D + (Z_{\min 1,7}^D + TK_1 + Td_{0,3})}{2} = \frac{1,394 + (1,394 + 0,87 + 1,2)}{2} = 2,429 \text{ мм}$$

$$d_{0,3}^{cp} = 119,565 + 2,429 = 121,994$$

$$d_{0,3}^{cp} = 121,994 \pm 0,6$$

### Технологические размеры:

- |  |   |
|--|---|
| 1) $A_{0,1} = 55,1_{-0,8}^{+0,4} \text{ мм}$   | 18) $d_{1,7} = 120_{-0,87} \text{ мм}$          |
| 2) $A_{0,2} = 83_{-0,8}^{+0,4} \text{ мм}$     | 19) $d_{3,1,2} = 96 \pm 0,435 \text{ мм}$       |
| 3) $A_{1,1} = 81,258 \pm 0,14 \text{ мм}$      | 20) $d_{0,2} = 82,8_{-1} \text{ мм}$            |
| 4) $A_{1,3} = 60 \pm 0,1 \text{ мм}$           | 21) $d_{2,3} = 80,41_{-0,2} \text{ мм}$         |
| 5) $A_{1,5,1} = 20 \pm 0,26 \text{ мм}$        | 22) $d_{5,1} = 80_{-0,03} \text{ мм}$           |
| 6) $A_{1,5,2} = 2 \pm 0,125 \text{ мм}$        | 23) $d_{2,4} = 76_{-0,25} \text{ мм}$           |
| 7) $A_{1,6} = 2,152 \pm 0,08 \text{ мм}$       | 24) $D_{2,5} = 64^{+0,25} \text{ мм}$           |
| 8) $A_{2,1} = 80 \pm 0,37 \text{ мм}$          | 25) $D_{1,5} = 64^{+0,25} \text{ мм}$           |
| 9) $A_{2,2} = 24,553 \pm 0,26 \text{ мм}$      | 26) $D_{6,2} = 62^{+0,03} \text{ мм}$           |
| 10) $A_{2,4} = 2 \pm 0,125 \text{ мм}$         | 27) $D_{6,1} = 54_{-0,021}^{+0,009} \text{ мм}$ |
| 11) $A_{2,5,1} = 20 \pm 0,26 \text{ мм}$       | 28) $D_{1,4} = 61,7_{-0,074} \text{ мм}$        |
| 12) $A_{2,5,2} = 2 \pm 0,125 \text{ мм}$       | 29) $D_{1,3} = 61,15^{+0,3} \text{ мм}$         |
| 13) $A_{2,6} = 2,163 \pm 0,08 \text{ мм}$      | 30) $D_{1,2} = 53,5^{+0,2} \text{ мм}$          |
| 14) $A_{2,7} = 2,193 \pm 0,08 \text{ мм}$      | 31) $D_{0,1} = 51,2^{+1} \text{ мм}$            |
| 15) $A_{3,2} = 8 \pm 0,18 \text{ мм}$          | 32) $D_{3,1,1} = 10^{+0,36} \text{ мм}$         |
| 16) $A_{5,2} = 24 \pm 0,045 \text{ мм}$        | 33) $D_{3,2} = 13^{+0,43} \text{ мм}$           |
| 17) $d_{0,3} = 122,2_{-0,8}^{+0,4} \text{ мм}$ |   |

## 1.4 Расчет режимов и мощности резания

При назначении режимов резания следует учитывать вид обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал заготовки, тип и состояние станка [6].

Используемые станки и необходимые технические характеристики:

### Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-15

Макс. диаметр точения \_\_\_\_\_ 228 мм

Макс. длина точения \_\_\_\_\_ 406 мм

Диаметр патрона \_\_\_\_\_ 210 мм

Мощность двигателя \_\_\_\_\_ 14,9 кВт

Количество инструментальных гнезд в револьвере \_\_\_\_\_ 12шт

### Печь камерного типа ПКМ 4.8.4

Макс. температура \_\_\_\_\_ 1150/1250° C

Мощность \_\_\_\_\_ 21кВт

### Станок вертикальный сверлильный OPTIMUM B40E.

Макс. диаметр сверления \_\_\_\_\_ 32 мм

Частота вращения шпинделя, \_\_\_\_\_ 95-3200 об/мин

Вылет шпинделя \_\_\_\_\_ 285 мм

Мощность двигателя \_\_\_\_\_ 1,5кВт

### Круглошлифовальный станок MD1320B

Диаметр обрабатываемой детали \_\_\_\_\_ 8-200мм

Высота центров \_\_\_\_\_ 125мм

Макс. скорость вращения круга \_\_\_\_\_ 1309об\мин

Мощность двигателя \_\_\_\_\_ 7,5 кВт

Макс. перемещение шлифовального круга \_\_\_\_\_ 215мм

### Внутришлифовальный станок JAGURA. Серия JAG-3JAW (-AL1/-AAL1)

Диаметр внутреннего шлифования \_\_\_\_\_ 1,5-80 мм

Диаметр зажимаемой заготовки \_\_\_\_\_ 2,5-200 мм

Максимальная длина зажимаемой заготовки \_\_\_\_\_ 240 мм

Частота вращения круга \_\_\_\_\_ 55000об/мин

Мощность шлифовального шпинделя \_\_\_\_\_ 3750Вт

## 1.Токарная операция

Токарная обработка детали будет производиться твердосплавными СМП Т15К6.  
Для данной операции выбираем токарный станок Haas ST-15

Подрезка торца.

Для 1-й операции 1 переход

Для 2-ой операции 1,2 переходы

Поправочные коэффициенты:

а) коэффициент, учитывающий материал заготовки (сталь 40Х) и его прочность:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

б) коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (штамповка)

$$K_{ПВ} = 0,8$$

в) коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента (Т15К6)

$$K_{ИВ} = 1,15$$

г) общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия на скорость резания.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 1,104$$

д) поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих влияние геометрии резца на силу резания.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Подача при полуступовом точении, с радиусом при вершине резца  $r = 2$  мм и требуемой шероховатости  $Ra \leq 2,5$  мкм:

$$s = 0,36 \text{ мм} \setminus \text{об}$$

Глубина резания:

$$t = 1,5 \text{ мм}$$

Стойкость:

$$T = TK_{T_H} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{280}{30^{0.2} \cdot 1,5^{0.15} \cdot 0,36^{0.45}} \cdot 1,104 = 233,4 \text{ м / мин}$$

$$C_v = 280; x=0,15; y=0,45; m=0,20$$

Число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 233,4}{3,14 \cdot 120} = 619,5 \approx 620 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,36^{0.75} \cdot 233,4^{-0.15} \cdot 0,85 = 784,6 \text{ Н}$$

$$C_p = 300; x=1; y=0,75; n= -0,15$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{784,6 \cdot 233,4}{1020 \cdot 60} = 3 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{рез}}$ - мощность резания на токарном станке;

$N_{\text{ст}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$3 < 14,9$$

Черновое растачивание отверстия  $\varnothing 53,6H12$ .

Для 1-й операции 2 и 3 переходы

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{IV} = 0,8$$

$$K_{IIV} = 1,15$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 1,104$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85$$

Подача:

$$s = 0,5 \text{ мм} \setminus \text{об}$$

Глубина резания:

$$t \approx 2 \text{ мм}$$

Стойкость:

$$T = TK_{T_H} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{290}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,104 = 186,2 \text{ м} \setminus \text{мин}$$

$$C_V = 290; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 186,2}{3,14 \cdot 53,6} = 1106,3 \text{ об} \setminus \text{мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 186,2^{-0,15} \cdot 0,85 = 1384,5 \text{ Н}$$

$$C_p = 300; x=1; y=0,75; n= -0,15$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1384,5 \cdot 186,2}{1020 \cdot 60} = 4,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$4,2 < 14,9;$$

Получистовое растачивание отверстия  $\varnothing 62H9$ .

Для 1-й операции 4-й переход

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{IV} = 0,8$$

$$K_{IV} = 1,15$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 1,104$$

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85$$

Подача:

$$s = 0,246 \text{ мм} \setminus \text{об}$$

Глубина резания:

$$t \approx 0,36 \text{ мм}$$

Стойкость:

$$T = TK_{T_H} = 15 \cdot 1 = 15 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{15^{0,2} \cdot 0,36^{0,15} \cdot 0,246^{0,20}} \cdot 1,104 = 346,8 \text{ м / мин}$$

$$C_v = 350; x=0,15; y=0,2; m=0,2$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 346,8}{3,14 \cdot 62} = 1781,3 \text{ об / мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,36^1 \cdot 0,246^{0,75} \cdot 346,8^{-0,15} \cdot 0,85 = 133,3 \text{ Н}$$

$$C_p = 300; x=1; y=0,75; n= -0,15$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{133,3 \cdot 346,8}{1020 \cdot 60} = 0,75 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$0,75 < 14,9;$$

Наружное черновое точение.

Для 1-й операции 7-й переход  $\varnothing 80$

Для 2-й операции 3-й переход  $\varnothing 120$

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{ПV} = 0,8$$

$$K_{ПV} = 1,15$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 1,104$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85$$

Подача:

$$s = 0,8 \text{ мм/об}$$

Глубина резания:

$$t \approx 2,5 \text{ мм}$$

Стойкость:

$$T = TK_{Tn} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{280}{30^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 1,104 = 150,8 \text{ м/мин}$$

$$C_v = 280; x=0,15; y=0,45; m=0,20$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 150,8}{3,14 \cdot 120} = 400,2 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 150,8^{-0,15} \cdot 0,85 = 2541,1 \text{ Н}$$

$$C_p = 300; x=1; y=0,75; n=-0,15$$

$$P_x = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 339 \cdot 2,5^1 \cdot 0,8^{0,5} \cdot 150,8^{-0,4} \cdot 0,85 = 693,16 \text{ Н}$$

$$C_p = 339; x=1; y=0,5; n=-0,4$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2541,1 \cdot 150,8}{1020 \cdot 60} = 6,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$6,2 < 14,9;$$

Растачивание канавок и фасок.

Для 1-й операции 5 и 6 переходы

Для 2-ой операции 4,5,6 и 7 переходы

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{ПV} = 0,8$$

$$K_{ПV} = 1,15$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ПV} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 1,104$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85$$

Подача:

$$s = 0,08 \text{ мм/об}$$

Глубина резания:

$$t \approx 2 \text{ мм}$$

Стойкость:

$$T = TK_{Tn} = 20 \cdot 1 = 20 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m s^y} K_v = \frac{47}{20^{0,2} \cdot 0,08^{0,8}} \cdot 1,104 = 214,9 \text{ м/мин}$$

$$C_v = 47; y=0,8; m=0,20$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 214,9}{3,14 \cdot 64} = 1069,3 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 408 \cdot 2^{0,72} \cdot 0,08^{0,8} \cdot 214,9^0 \cdot 0,85 = 757,3 \text{ Н}$$

$$C_p = 408; x=0,72; y=0,8; n=0$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z v}{1020 \cdot 60} = \frac{757,3 \cdot 214,9}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$2,6 < 14,9;$$

## 2. Сверление 3-х отверстий поочередно диаметром 10мм на проход.

Для данной операции выбираем сверлильный станок ОПТИМУМ В40Е.

Сверление деталей производится спиральными сверлами из быстрорежущей стали Р6М5.

Диаметр сверла:

$$D=10\text{мм}$$

Длина отверстия:

$$l_g = A_{2,2}^{\max} = 24,813\text{мм}$$

Глубина резания:

$$t = 0,5D = 5\text{мм}$$

Подача:

$$s=0,25 \text{ мм/об}$$

Стойкость инструмента:

$$T=25\text{мин}$$

Есть охлаждение

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2$$

$$K_{HV} = 1$$

$$K_{IV} = 1$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

$$K_P = K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v = \frac{9,8 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 1,2 = 31 \text{ м / мин}$$

$$C_v = 9,8; m=0,20; y=0,5; q=0,4;$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 31}{3,14 \cdot 10} = 987,2 \text{ об / мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,85 = 9,67 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_M = 0,0345; q=2; y=0,8;$$

Сила резания:

$$P_o = 10C_P D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 10^1 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 0,85 = 2190,2 \text{ Н}$$

$$C_P = 68; q=1; y=0,7;$$

Мощность:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{9,67 \cdot 987,2}{9750} = 0,98 \text{ кВт}$$

Проверка мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$$0,98 < 1,5$$

Зенкование 3х отверстий поочередно, на глубину 8мм.

Диаметр зенковки:  $D=13\text{мм}$

Диаметр предварительно обработанного отверстия:  $d=10\text{мм}$

Глубина резания:  $t = 0,5(D - d) = 1,5\text{мм}$

Подача:  $s=0,28\text{ мм/об}$

Стойкость инструмента:

$T=30\text{мин}$

Есть охлаждение

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2$$

$$K_{HV} = 1$$

$$K_{IV} = 1$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

$$K_P = K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{16,3 \cdot 13^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 1,5^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 1,2 = 26,5 \text{ м} \setminus \text{мин}$$

$$C_v = 16,3; m=0,3; y=0,5; q=0,3; x=0,2;$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 26,5}{3,14 \cdot 13} = 649,2 \text{ об} \setminus \text{мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10C_M D^q t^x s^y K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 13^1 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,85 = 5,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_M = 0,09; q=1; x=0,9; y=0,8;$$

Сила резания:

$$P_O = 10C_P D^q t^x s^y K_p = 10 \cdot 67 \cdot 13^0 \cdot 1,5^{1,2} \cdot 0,28^{0,65} \cdot 0,85 = 405 \text{ Н}$$

$$C_P = 67; q=0; x=1,2; y=0,65;$$

Мощность:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{5,2 \cdot 649,2}{9750} = 0,34 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$$0,34 < 1,5$$

### 3.Круглошлифовальная операция $\varnothing 54K7$

1 и 2 переходы

Для данной операции выбираем круглошлифовальный станок MD1320B. Выбор шлифовального круга: Белый электрокорунд 25А, зернистость 25, твердость круга СМ2, структура 7, керамическая связка из К5

Скорость вращения круга:  $v_k = 35 м \cdot с$

Скорость вращения заготовки:  $v_s = 50 м \cdot мин$

Глубина шлифования:  $t = 0,05 мм$

Ширина круга  $B=55 мм$

Диаметр круга  $D=600 мм$

Отверстие  $H=50$

Подача:

Продольная  $s_B = 0,3B = 16,5 мм / об$ ;

Поперечная подача  $s_t = 0,05 мм / дв.ход$ ;

Частота вращения детали:

$n = 150 об / мин$ ;

Частота вращения круга:

$$n = \frac{v_k \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot D_k} = \frac{35 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 600} = 1114 об \cdot мин ;$$

Мощность:

$$N = 7,25 \cdot K_1 \cdot K_2 = 7,25 \cdot 1 \cdot 0,9 = 6,5 кВт;$$

Где  $K_1$  - поправочный коэффициент, в зависимости от ширины круга(=1);

$K_2$  поправочный коэффициент, в зависимости от диаметра обрабатываемой поверхности(=0,9)

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$$6,5 < 7,5$$

### 4. Внутришлифовальная операция $\varnothing 62H7$

1 и 2 переходы

Для данной операции выбираем Внутришлифовальный станок JAGURA. Серия JAG-3JAW (-AL1/-AAL1). Выбор шлифовального круга: Белый электрокорунд 25А, зернистость 25, твердость круга СМ2, структура 7, керамическая связка из К5

Скорость вращения круга:  $v_k = 35 м \setminus с$ ;

Скорость вращения заготовки:  $v_s = 40 м \setminus мин$ ;

Глубина шлифования:  $t = 0,01 мм$ ;

Ширина круга  $B = 30 мм$ ;

Диаметр круга  $D = 32 мм$ ;

Отверстие  $H = 10$ ;

Подача:

Продольная

$s_B = 0,6B = 18 мм / об$ ;

Поперечная:  $s_t = 0,01 мм / дв. ход$

Частота вращения детали:

$n = 180 об \setminus мин$ ;

Частота вращения круга:

$$n = \frac{v_k \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot D_k} = \frac{35 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 32} = 20899 об / мин;$$

Мощность:

$$N = 1,8 \cdot K_1 \cdot K_2 = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 1,25 = 2 кВт;$$

Где  $K_1$  - поправочный коэффициент, в зависимости от ширины круга(=0,9);

$K_2$  поправочный коэффициент, в зависимости от диаметра обрабатываемой поверхности(=1,25)

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$$2 < 3,75$$

Таблица 2: Режимы резания

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Режимы резания		
Операции	Переход		t, мм	S, мм/об	n, об/мин
1	2	3	4	5	6
<b>0</b>	1	<b>Заготовительная</b>	-	-	-

		штамповка			
<b>1</b>		<b>Токарная с ЧПУ</b>	1,5	0,36	620
	1	Подрезание торца			
	2	Черновое растачивание отверстия	2	0,5	1100
	3	Черновое растачивание отверстия (5 проходов)	1,5	0,5	1100
	4	Получистовое растачивание отверстия	0,36	0,246	1800
	5	Растачивание канавки	2	0,08	1100
	6	Растачивание фаски	2	0,08	1100
	7	Наружное точение	2,5	0,8	400
<b>2</b>		<b>Токарная с ЧПУ</b>	1,25	0,36	620
	1	Подрезание торца			
	2	Подрезание торца	1,7	0,36	620
	3	Наружное точение	2	0,8	400
	4	Растачивание канавки	2	0,08	1100
	5	Растачивание канавки	2	0,08	1100
	6	Растачивание фаски	2	0,08	1100
	7	Растачивание фаски	2	0,08	1100
<b>3</b>		<b>Сверлильная операция</b>	5	0,25	1000
	1	Сверление на проход 3 отверстий			

	2	Зенкерование 3 отверстий	1,5	0,28	650
<b>4</b>	1	<b>Круглошлифовальная</b> Шлифование поверхности	0,05	16,5	150
	2	Шлифование торца	0,05	16,5	150
<b>5</b>	1	<b>Внутришлифовальная</b> Шлифование отверстия	0,01	18	250
	2	Шлифование отверстия	0,01	18	250

## 1.5 Нормирование технологических операций

### Расчет основного времени

Основное время – время, затрачиваемое на движение инструмента на рабочей подаче.

Расчет основного времени производят на основании следующей зависимости [8]:

$$t_0 = \frac{(L \cdot i)}{(S \cdot n)}, \text{ мин}; \quad (5)$$

где  $L$  – расчётная длина обработки, мм;

$i$  - число рабочих ходов;

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

$S$  – подача, мм/об ;

Расчетную длину обработки определяют как:

$$L = l_d + l_{BP} + l_{II} + l_C, \text{ мм};$$

$l_d$  - длина детали в направлении подачи, мм;

$l_{BP}$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_{II}$  – длина подвода инструмента, мм;

$l_C$  – длина сбегания инструмента, мм;

Величины подвода и сбегания для токарной и сверлильной принимаем равной 1..2 мм, для заготовительной операции данный параметр принимаем равным 0.

Величина врезания инструмента в каждом конкретном случае определяется как:

$$l_{BP} = \frac{t}{\text{tg} \varphi};$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$\varphi$  - угол в плане.

### 1.Токарная операция №1.

## 1. Подрезание торца:

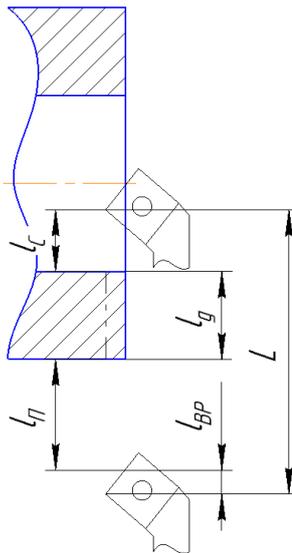


Рис.1.5.1 подрезание торца

$$l_g = \frac{d_{0.3}^{\max} - D_{0.1}^{\min}}{2} = \frac{122,594 - 51,195}{2} = 35,699 \text{ мм};$$

$$l_{gp} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1,498}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 1,498 \text{ мм};$$

$$l_{II} = l_C = 1,5 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{BP} + l_{II} + l_C = 35,699 + 1,498 + 1,5 + 1,5 = 40,197 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,36 \cdot 619,5 = 223 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i=1;$$

$$t_o^1 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{40,197 \cdot 1}{223} = 0,18 \text{ мин};$$

## 2. Растачивание отверстия:

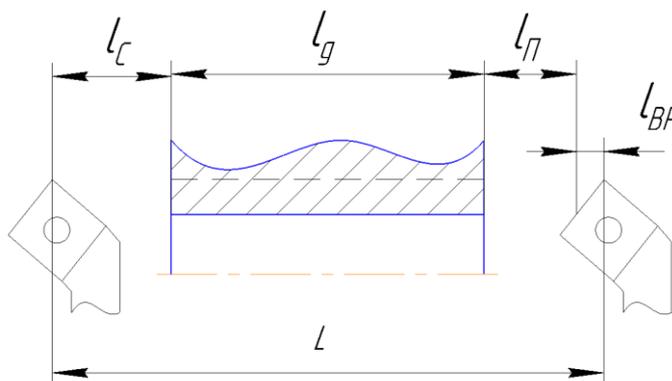


Рис.1.5.2 растачивание отверстия

$$l_g = A_{1.1}^{\max} = 81,398 \text{ мм};$$

$$l_{II} = l_C = 2 \text{ мм};$$

$$l_{ep} = \frac{Z_{1.2} \cdot \sqrt{2}}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{0,956}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 0,956 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{BP} + l_{II} + l_C = 81,398 + 0,956 + 2 + 2 = 86,355 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,5 \cdot 1106,3 = 553,1 \text{ мм} \cdot \text{мин};$$

$$i=1;$$

$$t_o^2 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{86,355 \cdot 1}{553,1} = 0,15 \text{ мин};$$

### 3. Растачивание отверстия:

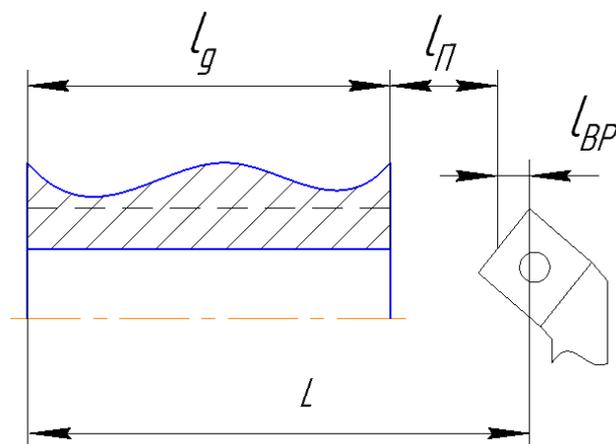


Рис.1.5.3 растачивание отверстия

$$l_g = A_{1.3}^{\max} = 60,1 \text{ мм};$$

$$l_{II} = 1 \text{ мм};$$

$$l_{ep} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1,5}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 1,5 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{BP} + l_{II} = 60,1 + 1,5 + 1 = 62,6 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,5 \cdot 1106,3 = 553,1 \text{ мм} \cdot \text{мин};$$

$$i=5;$$

$$t_o^3 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{62,6 \cdot 5}{553,1} = 0,56 \text{ мин};$$

### 4. Растачивание отверстия (рис. 1.5.3):

$$l_g = A_{1.3}^{\max} = 60,1 \text{ мм};$$

$$l_{II} = 1 \text{ мм};$$

$$l_{ep} = \frac{Z_{1.4} \cdot \sqrt{2}}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{0,18}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 0,18 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{BP} + l_{II} = 60,1 + 0,18 + 1 = 61,28 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,246 \cdot 1781 = 438,2 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i = 1;$$

$$t_o^4 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{61,28 \cdot 1}{438,2} = 0,14 \text{ мин};$$

#### 5. Растачивание канавки:

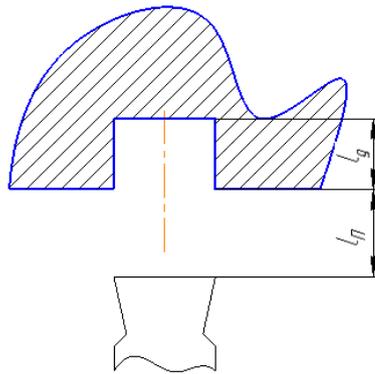


Рис.1.5.4 растачивание канавки

$$l_g = \frac{D_{1.5}^{\max} - D_{1.4}^{\min}}{2} = \frac{64,25 - 61,673}{2} = 1,288 \text{ мм};$$

$$l_{II} = 1 \text{ мм};$$

$$L = 2 \cdot (l_g + l_{II}) = 2 \cdot (1,288 + 1) = 4,577 \text{ мм};$$

Вывод резца делаем с рабочей подачей.

$$S_M = S \cdot n = 0,08 \cdot 1069,3 = 85,5 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i = 1;$$

$$t_o^5 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{4,577 \cdot 1}{85,5} = 0,05 \text{ мин};$$

#### 6. Растачивание фаски:

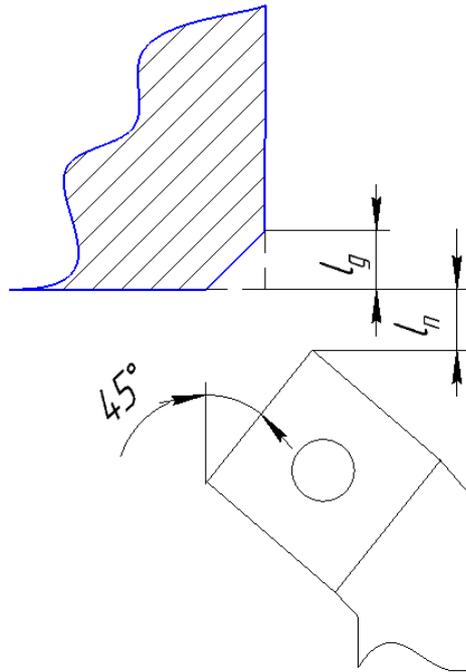


Рис.1.5.5 растачивание фаски

$$l_g = A_{1.6}^{\max} = 2,232 \text{ мм};$$

$$l_n = 1 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_n = 2,232 + 1 = 3,232 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,08 \cdot 1069,3 = 85,5 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i=1;$$

$$t_o^6 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{3,232 \cdot 1}{85,5} = 0,04 \text{ мин};$$

7. Наружное точение:

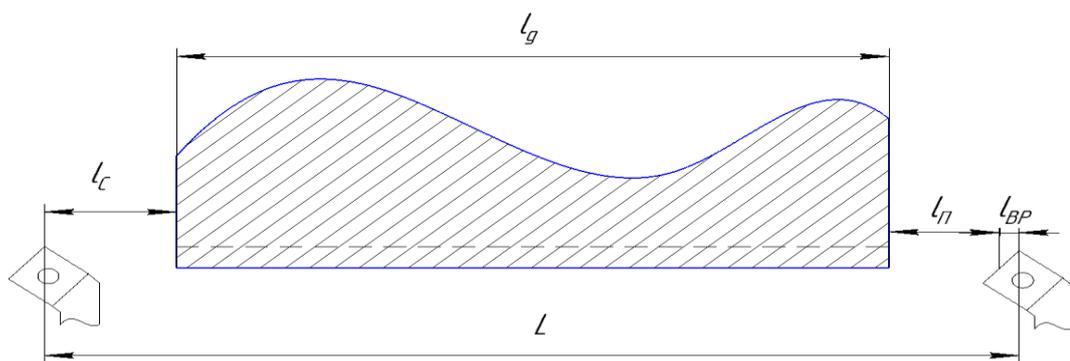


Рис.1.5.6 наружное точение

$$l_g = A_{1.1}^{\max} - A_{0.1}^{\min} = 81,398 - 55,465 = 25,933 \text{ мм};$$

$$l_n = l_c = 1 \text{ мм};$$

$$l_{\text{сп}} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{0,8}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 0,8 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{\text{BP}} + l_{\text{II}} + l_C = 25,933 + 0,8 + 1 + 1 = 28,74 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,8 \cdot 400,2 = 320,1 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i = 3;$$

$$t_O^7 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{28,74 \cdot 3}{320,1} = 0,27 \text{ мин};$$

Основное время всей операции:

$$t_O = t_O^1 + t_O^2 + t_O^3 + t_O^4 + t_O^5 + t_O^6 + t_O^7 = 0,18 + 0,15 + 0,56 + 0,14 + 0,05 + 0,04 + 0,27 = 1,39 \text{ мин};$$

## 2. Токарная операция №2

1. Подрезание торца (рис. 1.5.1):

$$l_g = \frac{d_{0,2}^{\max} - D_{1,2}^{\min}}{2} = \frac{82,779 - 53,508}{2} = 14,6 \text{ мм};$$

$$l_{\text{сп}} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1,258}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 1,258 \text{ мм};$$

$$l_{\text{II}} = l_C = 1,5 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{\text{BP}} + l_{\text{II}} + l_C = 14,6 + 1,258 + 1,5 + 1,5 = 18,858 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,36 \cdot 620 = 223,2 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i = 1;$$

$$t_O^1 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{18,858 \cdot 1}{223,2} = 0,08 \text{ мин};$$

2. Подрезание торца (рис. 1.5.1):

$$l_g = \frac{d_{1,7}^{\max} - d_{0,2}^{\min}}{2} = \frac{120 - 81,779}{2} = 19,11 \text{ мм};$$

$$l_{\text{сп}} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1,732}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 1,732 \text{ мм};$$

$$l_{\text{II}} = 1,5 \text{ мм};$$

$$l_C = 0 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{\text{BP}} + l_{\text{II}} + l_C = 19,11 + 1,732 + 1,5 + 0 = 22,342 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,36 \cdot 620 = 223,2 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i = 1;$$

$$t_O^2 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{22,342 \cdot 1}{223,2} = 0,1 \text{ мин};$$

### 3. Наружное точение (рис.1.5.6):

$$l_g = A_{2.1}^{\max} - A_{2.2}^{\max} - Z_{2.2} = 80,3 - 24,813 - 1,732 = 53,755 \text{ мм};$$

$$l_{\Pi} = 1 \text{ мм};$$

$$l_{ep} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{0,984}{\operatorname{tg} 45^\circ} = 0,984 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{BP} + l_{\Pi} = 53,755 + 0,984 + 1 = 55,739 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,8 \cdot 600,3 = 480,2 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i=2;$$

$$t_O^3 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{55,739 \cdot 2}{480,2} = 0,23 \text{ мин};$$

### 4. Растачивание канавки (рис. 1.5.4):

$$l_g = \frac{d_{2.3}^{\max} - d_{2.4}^{\min}}{2} = \frac{80,411 - 76}{2} = 2,205 \text{ мм};$$

$$l_{\Pi} = 1 \text{ мм};$$

$$L = 2 \cdot (l_g + l_{\Pi}) = 2 \cdot (2,205 + 1) = 6,41 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,08 \cdot 1100 = 88 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i=1;$$

$$t_O^4 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{6,41 \cdot 1}{88} = 0,07 \text{ мин};$$

### 5. Растачивание канавки (рис. 1.5.4):

$$l_g = \frac{D_{1.5}^{\max} - D_{1.2}^{\min}}{2} = \frac{64,25 - 53,508}{2} = 10,742 \text{ мм};$$

$$l_{\Pi} = 1 \text{ мм};$$

$$L = 2 \cdot (l_g + l_{\Pi}) = 2 \cdot (10,742 + 1) = 23,484 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,08 \cdot 1069,3 = 85,5 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i=1;$$

$$t_O^5 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{23,484 \cdot 1}{85,5} = 0,27 \text{ мин};$$

### 6. Растачивание фаски (рис.1.5.5):

$$l_g = A_{2.6}^{\max} = 2,273 \text{ мм};$$

$$l_{\Pi} = 1 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{\Pi} = 2,273 + 1 = 3,273 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,08 \cdot 1069,3 = 85,5 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i=1;$$

$$t_o^6 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{3,273 \cdot 1}{85,5} = 0,05 \text{ мин};$$

7. Растачивание фаски (рис. 1.5.5):

$$l_g = A_{2.7}^{\max} = 2,243 \text{ мм};$$

$$l_{II} = 1 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{II} = 2,243 + 1 = 3,243 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,08 \cdot 1069,3 = 85,5 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i=1;$$

$$t_o^7 = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{3,243 \cdot 1}{85,5} = 0,05 \text{ мин};$$

Основное время всей операции:

$$t_o = t_o^1 + t_o^2 + t_o^3 + t_o^4 + t_o^5 + t_o^6 + t_o^7 = 0,08 + 0,1 + 0,23 + 0,07 + 0,27 + 0,05 + 0,05 = 0,85 \text{ мин};$$

### 3. Сверлильная операция №3.

1. Сверлить 3 отверстия диаметром 10мм:

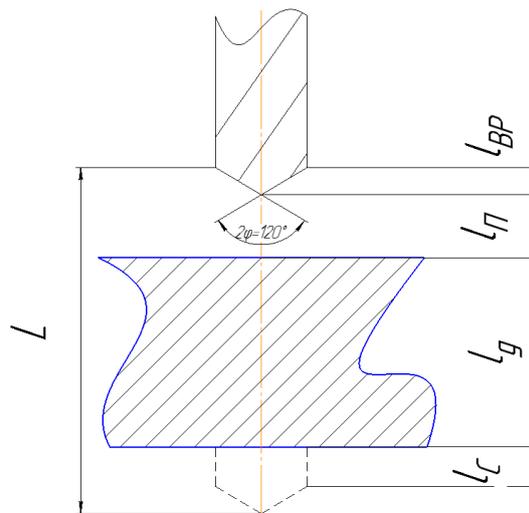


Рис.3.1 Сверление отверстия на проход

$$l_g = A_{2.2}^{\max} = 24,813 \text{ мм};$$

$$l_{II} = 2 \text{ мм};$$

$$l_c = 2 \text{ мм};$$

$$l_{BP} = \frac{r}{\text{tg} 60^\circ} = \frac{5}{1,7} = 2,88 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_c + l_{II} + 2l_{BP} = 24,813 + 2 + 2 + 2 \cdot 2,88 = 34,573 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,25 \cdot 987,2 = 246,8 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$\frac{l_g}{D} = \frac{24,813}{10} = 2,48 \text{ мм}, \text{ принимаем } i=3;$$

$$t_O^1 = 3 \cdot \frac{L \cdot i}{S_M} = 3 \cdot \left( \frac{34,573 \cdot 3}{246,8} \right) = 0,42 \cdot 3 = 1,2 \text{ мин};$$

2. Зенкование 3х отверстий:

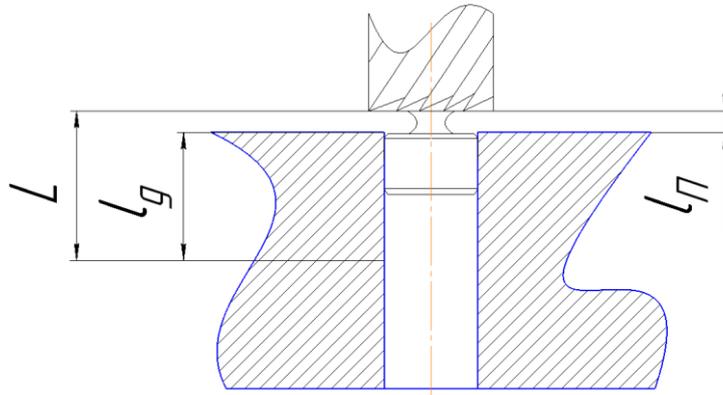


Рис.3.2 Зенкерование отверстия

$$l_g = A_{3,2}^{\max} = 8,18 \text{ мм};$$

$$l_{\Pi} = 5 \text{ мм};$$

$$L = l_g + l_{\Pi} = 8,18 + 5 = 13,8 \text{ мм};$$

$$S_M = S \cdot n = 0,28 \cdot 649,2 = 181,7 \text{ мм} \setminus \text{мин};$$

$$i=1;$$

$$t_O^2 = 3 \cdot \frac{L \cdot i}{S_M} = 3 \cdot \left( \frac{13,8 \cdot 1}{181,7} \right) = 0,07 \cdot 3 = 0,22 \text{ мин};$$

Основное время всей операции:

$$t_o = t_O^1 + t_O^2 = 1,2 + 0,22 = 1,4 \text{ мин};$$

#### 4. Термическая операция №4:

Время нагрева и выдерживания партии детали в печи и последующее охлаждение:

$$t_o = 20,5 \text{ мин}$$

В одну печь помещается до 15 деталей, следовательно, время нагрева одной детали:

$$t_o = 1,36 \text{ мин};$$

## 5. Круглошлифовальная операция №5:

Расчет основного времени, будет производиться по формуле:

$$t_{10} = \frac{l_g}{S_B \cdot n_o} \cdot 2 \cdot i;$$

Необходимо учитывать  $2i$ , так как происходит вывод абразивного круга из зоны резания и его обратное возвращение на той же подаче.

1. Наружное шлифование поверхности  $\varnothing 80,4\text{мм}$

Число проходов наружного точения:

$$i = \frac{Z_{5.1}^D / 2}{t} = \frac{0,326 \setminus 2}{0,05} = 3,26 \approx 4;$$

Основное время наружного точения:

$$t_{10} = \frac{55,5}{16,5 \cdot 104} \cdot 2 \cdot 4 = 0,25\text{мин};$$

2. Шлифование торца  $\varnothing 120\text{мм}$

Число проходов шлифования торца:

$$i = \frac{Z_{5.2}}{t} = \frac{0,553}{0,05} = 11;$$

Основное время шлифование торца:

$$t_{20} = \frac{20}{16,5 \cdot 104} \cdot 2 \cdot 11 = 0,25\text{мин};$$

Где  $l_g = \frac{d_{1.7} - d_{5.1}}{2} = \frac{120 - 80}{2} = 20\text{мм};$

Основное время всей операции:

$$t_o = t_{10} + t_{20} = 0,5\text{мин};$$

## 6. Внутришлифовальная операция:

Расчет основного времени, будет производиться по формуле:

$$t_{10} = \frac{l_g}{S_B \cdot n_o} \cdot 2 \cdot i;$$

Необходимо учитывать  $2i$ , так как происходит вывод абразивного круга из зоны резания и его обратное возвращение на той же подаче.

1. Внутреннее шлифование поверхности  $\varnothing 61,7\text{мм}$

Число проходов:

$$i = \frac{Z_{6.2}^D / 2}{t} = \frac{0,305 \setminus 2}{0,01} = 15,26 \approx 16;$$

Основное время шлифования:

$$t_{10} = \frac{60}{18 \cdot 180} \cdot 2 \cdot 16 = 0,59\text{мин};$$

2. Внутреннее шлифование поверхности  $\varnothing 53,5\text{мм}$

Число проходов:

$$i = \frac{Z_{6.1}^D / 2}{t} = \frac{0,386 \setminus 2}{0,01} = 19,3 \approx 20;$$

Основное время шлифования:

$$t_{20} = \frac{20}{18 \cdot 180} \cdot 2 \cdot 20 = 0,24 \text{ мин};$$

Основное время всей операции:

$$t_o = t_{10} + t_{20} = 0,83 \text{ мин};$$

### Расчет вспомогательного времени

Вспомогательное время для операции будет складываться из времени на установку и снятие детали, управление станком, измерение детали [8].

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}} \quad (6)$$

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

$t_{\text{упр}}$  - время на управление станком;

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

1. Токарная операция:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}} = 0,19 + 0,4 + 0,17 = 0,76 \text{ мин};$$

2. Токарная операция:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}} = 0,2 + 0,23 + 0,29 = 0,72 \text{ мин};$$

3. Сверлильная операция:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}} = 0,42 + 0,17 + 0,15 = 0,64 \text{ мин};$$

а. Сверлильная операция (зенкование):

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}} = 0,32 + 0,17 + 0,15 = 0,64 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время всей операции:

$$t_{\text{в}} = 0,64 + 0,64 = 1,28 \text{ мин};$$

4. Термическая операция:

$$t_g = 0,06 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная операция:

$$t_g = t_{уст} + t_{упр} + t_{изм} = 0,35 + 0,17 + 0,33 = 0,85 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная операция:

$$t_g = t_{уст} + t_{упр} + t_{изм} = 0,22 + 1,1 + 0,33 = 1,65 \text{ мин};$$

### Расчет оперативного времени

$$t_{он} = t_{осн} + t_g \quad (7)$$

1. Токарная операция:

$$t_{он} = t_{осн} + t_g = 1,39 + 0,76 = 2,15 \text{ мин};$$

2. Токарная операция:

$$t_{он} = t_{осн} + t_g = 0,85 + 0,72 = 1,57 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$t_{он} = t_{осн} + t_g = 1,48 + 1,28 = 2,7 \text{ мин};$$

4. Термическая операция:

$$t_{он} = t_{осн} + t_g = 1,36 + 0,06 = 1,42 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная операция:

$$t_{он} = t_{осн} + t_g = 0,5 + 0,85 = 1,35 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная операция:

$$t_{он} = t_{осн} + t_g = 0,83 + 1,65 = 2,48 \text{ мин};$$

### Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$t_{обс} = \alpha \cdot t_{он} \quad (8)$$

Где  $\alpha$  - процент от оперативного времени.

1. Токарная операция:

$$t_{обс} = \alpha \cdot t_{он} = 0,03 \cdot 2,15 = 0,06 \text{ мин};$$

2. Токарная операция:

$$t_{обс} = \alpha \cdot t_{он} = 0,03 \cdot 1,57 = 0,047 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$t_{обс} = \alpha \cdot t_{он} = 0,06 \cdot 2,7 = 0,16 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$t_{обс} = \alpha \cdot t_{он} = 0,08 \cdot 1,36 = 0,113 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная операция.

$$t_{обс} = \alpha \cdot t_{он} = 0,05 \cdot 1,35 = 0,06 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная операция:

$$t_{обс} = \alpha \cdot t_{он} = 0,05 \cdot 2,48 = 0,12 \text{ мин};$$

#### Расчет времени на отдых

$$t_{пер} = \beta \cdot t_{он} \quad (9)$$

Где,  $\beta$  - процент от оперативного времени.

1. Токарная операция:

$$t_{пер} = \beta \cdot t_{он} = 0,04 \cdot 2,15 = 0,086 \text{ мин};$$

2. Токарная операция:

$$t_{пер} = \beta \cdot t_{он} = 0,04 \cdot 1,57 = 0,06 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$t_{пер} = \beta \cdot t_{он} = 0,04 \cdot 2,7 = 0,11 \text{ мин};$$

4. Термическая операция:

$$t_{пер} = \beta \cdot t_{он} = 0,04 \cdot 1,36 = 0,05 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная операция:

$$t_{пер} = \beta \cdot t_{он} = 0,04 \cdot 1,35 = 0,05 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная операция:

$$t_{пер} = \beta \cdot t_{он} = 0,04 \cdot 2,48 = 0,09 \text{ мин};$$

### Определение подготовительно-заключительного времени.

1. Токарная операция:

$$t_{пз} = 9 \text{ мин.}$$

2. Токарная операция:

$$t_{пз} = 8 \text{ мин.}$$

3. Сверлильная:

$$t_{пз} = 5 \text{ мин.}$$

4. Термическая:

$$t_{пз} = 4 \text{ мин.}$$

5. Круглошлифовальная операция:

$$t_{пз} = 10 \text{ мин.}$$

6. Внутришлифовальная операция:

$$t_{пз} = 7 \text{ мин.}$$

### Расчет штучного времени

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} \quad (10)$$

1. Токарная операция:

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{пер} = 2,29 \text{ мин};$$

2. Токарная операция:

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{пер} = 1,677 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{пер} = 2,97 \text{ мин};$$

4. Термическая операция:

$$t_{ум} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{пер} = 1,59 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная операция:

$$t_{ум} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{пер} = 1,46 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная операция:

$$t_{ум} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{пер} = 2,69 \text{ мин};$$

### Расчет штучно-калькуляционного времени

$$t_{ум.к} = \sum t_{ум} + \frac{\sum t_{нз}}{n} = 12,67 + \frac{43}{250} = 12,84 \text{ мин}; \quad (11)$$

Где  $n=250$  - такт выпуска деталей,

## **2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ**

В качестве технологической оснастки выбрана кулачковая фланцевая оправка по ГОСТ 1731-72.

Целью конструкторской части является разработка данного приспособления для второй токарной операций механической обработки, определения силы закрепления и точности установки детали.

### 2.1 Габаритные размеры разжимной оправки.

Диаметр разжимной оправки:

$$D = 61,673 \text{ мм}$$

При этом должно выполняться условие:

$$S_{\max T} \leq 0,2 \text{ мм},$$

где  $S_{\max}$  - наибольший зазор между поверхностью отверстия детали и поверхности разжимной оправки.  $S_{\max} = 0,2 \text{ мм}$  – для нормальной работы при использовании разжимной оправки.

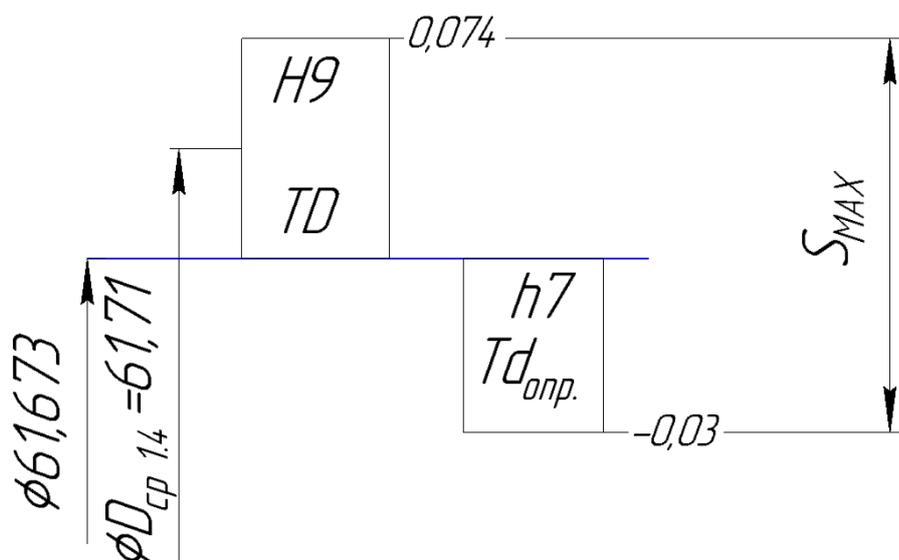


Рис.2.1 Посадка с зазором разжимной оправки и детали

$$S_{\max T} = TD + Td = 0,072 + 0,03 = 0,104 \text{ мм}$$

$$S_{\max T} \leq S_{\max} \text{ - условие выполняется.}$$

$$0,104 \leq 0,2$$

Назначаем габаритные размеры разжимной кулачковой фланцевой оправки по ГОСТ 17531-72:

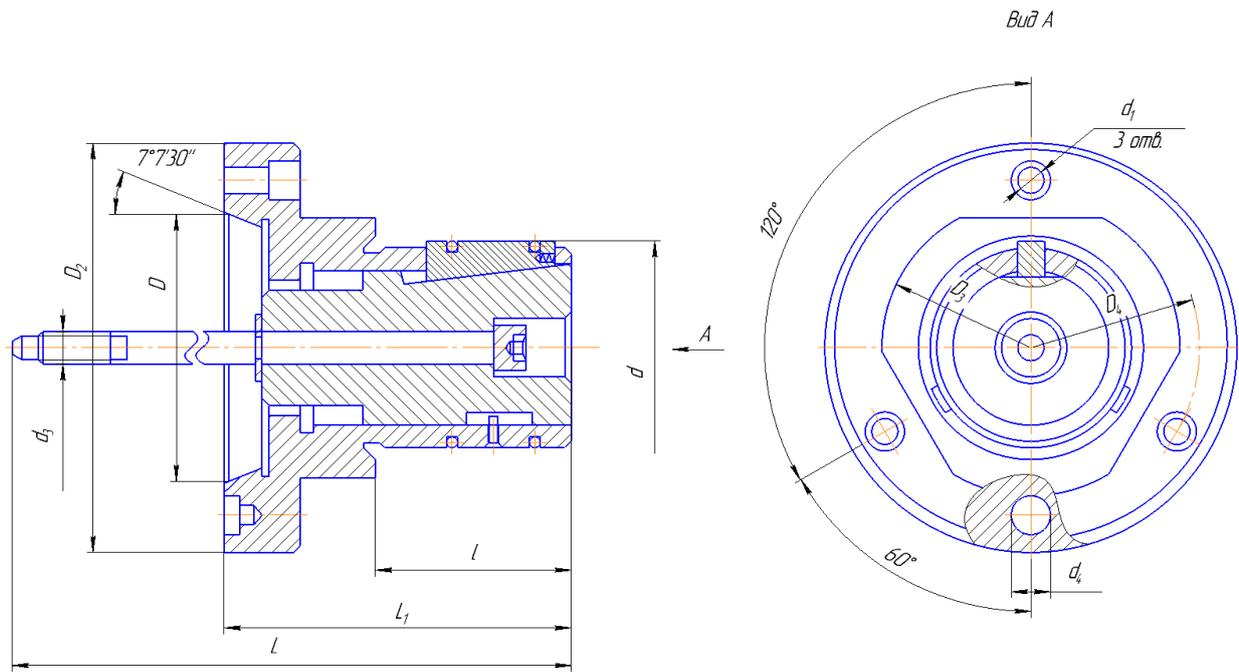


Рис.2.2 Габаритные размеры разжимной оправки.

d	D		L	l	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	Масса кг.
	Ном.	Пред. Откл.										
61,673	82,563	+0,004 -0,006	350	100	130	100	104,8 ±0,2	11	M16	16,3 ±0,1	155	6,61

## 2.2 Расчёт моментов сил резания и трения.

Так как на данной операции будет производиться обработка наружного диаметра детали и обработка внутреннего диаметра (расточивание канавки), то последующий расчет момента силы резания будет осуществляться по максимальной силе резания  $P_z$ :

- 1) При наружном точении:  $P_z = 2541,1 \text{ Н}$ ;
- 2) При растачивании канавки:  $P_z = 757,3 \text{ Н}$ ;
- 3) При подрезке торцов  $P_z = 784,6 \text{ Н}$

Для обработки детали, должно выполняться условие:

$$M_{PE3} \leq M_{TP} \quad (1)$$

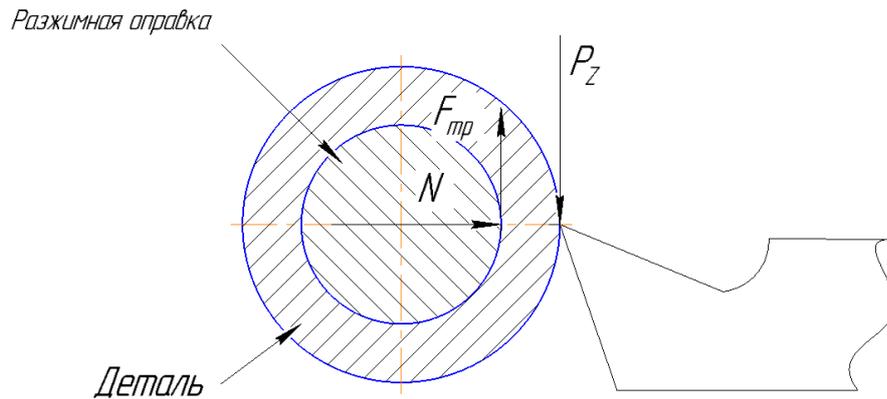


Рис. 2.4 Схема резания при закреплении.

Момент силы резания рассчитываем по формуле:

$$M_{PE3} = P_z \frac{D_{cp}}{2} \quad (2)$$

Где:

$$D_{cp} = \frac{d_{0.2} + d_{2.3}}{2} = \frac{82,8 + 80,41}{2} = 81,6 \text{ мм};$$

$$M_{PE3} = 2541,1 \cdot \frac{0,0816}{2} = 103,68 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Момент силы трения рассчитываем по формуле:

$$M_{TP} = F_{TP} \frac{d_{оправки}}{2} \quad (3)$$

Для этого найдем силу трения и реакции опоры по формулам:

$$F_{TP} = N \cdot f \quad (4)$$

$$N = P_z \frac{d_{0.2}}{d_{оправки} \cdot f} \quad (5)$$

Где  $f$  – коэффициент трения.

Так как данный механизм с трением только по 1 наклонной плоскости, принимаем  $f=0,15$ .

Рассчитываем реакцию опоры по формуле (5):

$$N = 2,5411 \cdot \frac{0,0828}{0,0616 \cdot 0,15} = 22,7 \text{ кН};$$

Рассчитываем силу трения по формуле (4):

$$F = 22,7 \cdot 0,15 = 3,41 \text{ кН};$$

После найденных сил рассчитываем момент силы трения по формуле (3):

$$M_{TP} = 3410 \cdot \frac{0,0616}{2} = 105 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Условие (1) выполняется:

$$103,68 \leq 105$$

### 2.3 Расчёт усилия закреплeния.

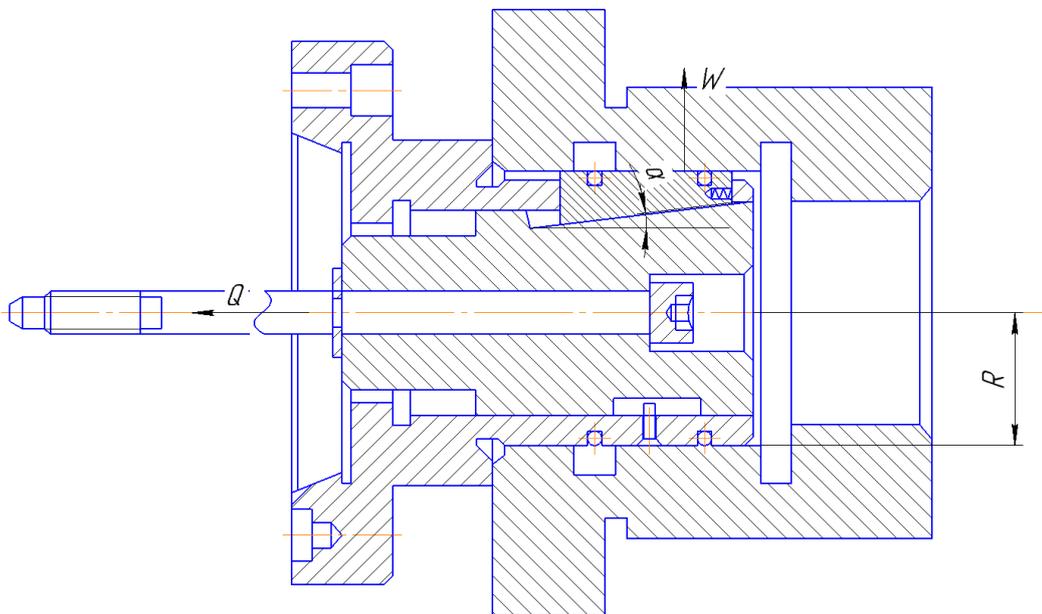


Рис.2.5 Схема для определения потребных сил зажима при обработке в разжимной оправке.

Из схемы, приведенной на рис.2.2 находим:

$$W_{CVM} \cdot f \cdot R = K \cdot M_{PE3} \quad (5)$$

Отсюда:

$$W_{CVM} = \frac{K \cdot M_{PE3}}{f \cdot R};$$

$$W = \frac{W_{CVM}}{Z}; \quad (6.1-6.2)$$

Где  $M_{PE3} = 103,68H \cdot м$  - найденная ранее момент силы резания;

$W_{CVM}$  - суммарная сила зажима всеми кулачками;

$W$  - сила зажима одним кулачком;

$Z=3$  – число кулачков;

$R = \frac{D_{1.4}}{2} = \frac{61,71}{2} = 30,85_{мм}$  радиус отверстия заготовки;

$f=0,15$  - коэффициент трения;

$K$  – коэффициент запаса.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 \quad (7)$$

Указанные коэффициенты принимаем из [6, стр 117]:

где  $K_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки: при черновой обработке  $K_1 = 1,2$ ;

$K_2$  - коэффициент учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента (выбираем по таблице в зависимости от метода обработки и материала заготовки:  $K_2 = 1$ ;

$K_3$  - коэффициент учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании: для непрерывного резания  $K_3 = 1$ ;

$K_4$  - коэффициент характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом: для механизированных приводов  $K_4 = 1,3$ ;

$K_5$  -коэффициент характеризующий эргономику немеханизированного зажимного механизма (удобство расположения органов зажима):  $K_5=1$

Таким образом  $K = 2,34$

Принимаем  $K=2,5$

Рассчитываем суммарную силу зажима всеми кулачками по формуле (6.1):

$$W_{CVM} = \frac{2,5 \cdot 103,68}{0,15 \cdot 0,03085} = 56,01_{кН};$$

Далее находим силу зажима на 1 кулачок:

$$W = \frac{56,01}{3} = 18,67 \text{ кН};$$

Найденное значение  $W_{\text{свм}}$  проверяется на отсутствие осевого сдвига заготовки:

$$W_{\text{свм}} \cdot f \geq K \cdot P_x \quad (5)$$

Где  $P_x = 693,16 \text{ Н}$  - осевая сила резания;

$$56,01 \cdot 0,15 = 2,5 \cdot 0,6931$$

$$8,4 \geq 1,73$$

Условие отсутствия осевого сдвига выполняется.

#### 2.4 Расчёт условия самоторможения клина.

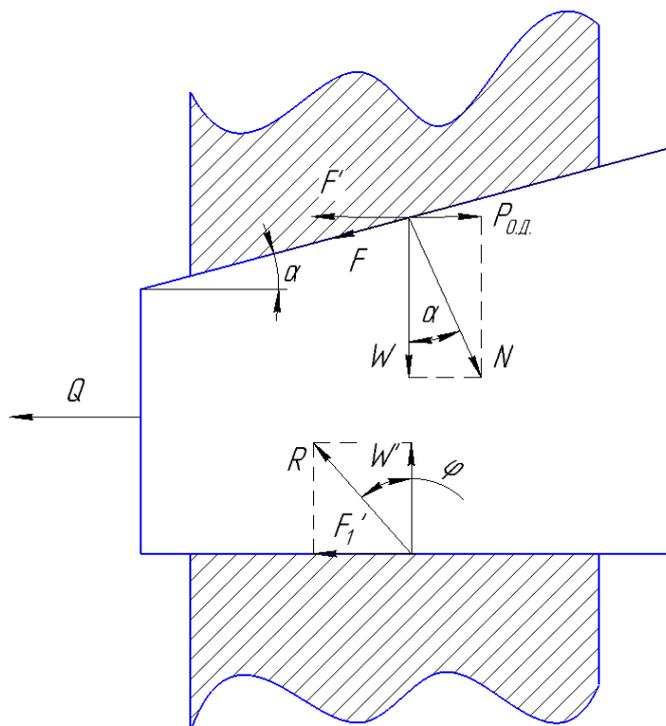


Рис. 2.6 Схема для выяснения условия самоторможения и запаса самоторможения клина.

На рис. 2.6 показана схема сил, действующих на зажатый односкосый клин с трением на двух поверхностях. При любом угле скоса  $\alpha$  зажатый клин стремится вытолкнуть сила обратного действия  $P_{\text{од}}$ ,

представляющая собой горизонтальную направляющую нормальной реакции  $N$ ;  $W$  – ее вертикальная составляющая.

Тогда, условие равновесия клина:

$$F' + F_1 \geq P_{\text{од}}. \quad (6)$$

Из схемы, сила трения клина:

$$F = N \cdot f = W \frac{tg\varphi}{\cos\alpha} \quad (7)$$

Находим горизонтальную составляющую силы трения по формуле:

$$F' = W \cdot f \quad (8)$$

Величина нормальной реакции на основании клина:

$$W' = W \cdot (1 + tg\alpha \cdot tg\varphi) \quad (9)$$

Сила трения на основании клина:

$$F_1 = W' \cdot tg\varphi \quad (10)$$

Сила обратного действия:

$$P_{o.д.} = W \cdot tg\alpha \quad (11)$$

Тогда условие самоторможения клина:

$$\alpha < 2\varphi \quad (12)$$

Коэффициент запаса самоторможения клина:

$$K = \frac{2tg\varphi}{tg\alpha} \quad (13)$$

Поскольку коэффициент запаса  $K=2,5$ , а  $tg\varphi = f = 0,15$ , то найдем угол скоса клина:

$$tg\alpha = \frac{2tg\varphi}{K} = \frac{2 \cdot 0,15}{2,5} = 0,12;$$

$$\alpha = arctg12 = 6,8 = 6^\circ 48'$$

Зная усилие зажима одного кулачка и угол скоса клина, определим силу трения клина по формуле (7)

$$F = W \frac{tg\varphi}{\cos\alpha} = 18,67 \cdot \frac{0,15}{\cos 6^\circ 48'} = 2,82 кН;$$

Отсюда находим силу реакции опоры:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{2,82}{0,15} = 18,8 кН;$$

Сила обратного действия по формуле (11):

$$P_{o.д.} = W \cdot tg\alpha = 18,67 \cdot 0,12 = 2,24 кН;$$

По формуле (8) находим горизонтальную составляющую силы трения клина:

$$F' = W \cdot f = 18,67 \cdot 0,15 = 2,8 \text{ кН};$$

Величина нормальной реакции на основании клина:

$$W' = W \cdot (1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi) = 18,67 \cdot (1 + 0,12 \cdot 0,15) = 19 \text{ кН};$$

Далее, находим силу трения на основании клина:

$$F_1 = W' \cdot \operatorname{tg} \varphi = 19 \cdot 0,15 = 2,85 \text{ кН};$$

Проверяем условие равновесия клина по формуле (6):

$$F' + F_1 \geq P_{o.d.}$$

$$2,8 + 2,85 \geq 2,24$$

$$5,65 \geq 2,24$$

Условие выполняется.

Проверяем условие самоторможения клина по формуле (12):

$$\alpha < 2\varphi$$

$$6^\circ 48' < 2 \cdot 8^\circ 30'$$

$$6^\circ 48' < 17^\circ$$

Условие выполняется.

Усилие на штоке мембранного привода рассчитываем по формуле:

$$Q = W_{\text{СММ}} (\operatorname{tg} \alpha + 2 \operatorname{tg} \varphi) \quad (14)$$

$$Q = 56,01(0,12 + 2 \cdot 0,15) = 23,52 \text{ кН};$$

Зная усилие на штоке, рассчитаем диаметр диафрагмы мембранного привода:

$$Q = \frac{\pi}{16} \cdot (D + d)^2 \cdot \rho - P_k \quad (15)$$

Где  $D$  – рабочий диаметр резиноканевой мембраны, мм;

$d = 0,7D$  – наружный диаметр опорной шайбы, мм;

$\rho = 0,4 \text{ МПа}$  - давление сжатого воздуха, Мпа;

$P_k = 100 \text{ Н}$  - сила возвратной пружины;

Рассчитаем рабочий диаметр мембраны:

$$23520 = 0,196 \cdot (1,7D)^2 \cdot 0,6 - 100;$$

$$D = \sqrt{\frac{23520 + 100}{0,34}} = 263,57 \text{ мм};$$

В качестве силового зажима будем использовать разжимную кулачковую фланцевую оправку ГОСТ 1731-72 , с мембранным приводом с рабочим диаметром мембраны  $D=320\text{мм}$ .

$$Q_{\phi} = 0,196 \cdot (320 + 0,7 \cdot 320) \cdot 0,4 - 100 = 34746 \text{ Н}$$

$$Q_{\text{расч}} \leq Q_{\phi}$$

$$23,52 \text{ кН} \leq 34,746 \text{ кН}$$

### **3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Л31	Попов Антон Андреевич

<b>Институт</b>	<b>ИК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТМСПР</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	машиностроение

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<p>1. <i>Стоимость ресурсов для изготовления детали «Фланец»</i></p>	<p>1. <i>Стоимость основных материалов определить на основе данных прайс-листов организаций-продавцов материалов</i></p> <p>2. <i>Часовые тарифные ставки по разрядам работ:</i>                      1 разряд - 40 руб./час.                      2 разряд – 51 руб./час.                      3 разряд – 65 руб./час.                      4 разряд – 82.96 руб./час.                      5 разряд – 105,81 руб./час.                      6 разряд – 135 руб./час.  <i>Разряды работ определить исходя из ЕТКС, раздел «Механическая обработка металлов и других материалов»</i></p> <p>3. <i>Тариф на электроэнергию – 5.8 руб/кВт.ч.</i></p>
<p>3. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p>	<p><i>Для расчетов принять следующие пределы нормативов расходования ресурсов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-коэффициент транспортно-заготовительных расходов - 0.06</li> <li>-затраты на содержание рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования, непосредственно не занятых изготовлением продукции - 40 % от полной зарплаты и отчислений от нее основных рабочих</li> <li>-затраты на материалы, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается - 20% от величины амортизации</li> <li>-затраты на ремонт оборудования -100–120% от основной зарплаты основных рабочих.</li> <li>-общецеховые расходы - 50 – 80 %, от основной зарплаты основных рабочих</li> <li>-общехозяйственные расходы -50% от основной зарплаты основных рабочих.</li> <li>-расходы на реализацию - 1% от производственной себестоимости</li> </ul>
<p>4. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p><i>Ставка отчислений на социальные нужды – 30% от ФОТ</i></p> <p><i>Ставка отчислений в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве – 0.7% от ФОТ</i></p> <p><i>Налог на добавленную стоимость – 18% от цены изделия.</i></p>

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Расчет себестоимости изготовления детали «Фланец»	<p>1. Провести расчет затрат на основные и вспомогательные материалы (за вычетом возвратных отходов)</p> <p>2. Провести расчет затрат на основную и дополнительную заработную плату основных производственных рабочих, отчислений на социальные нужды.</p> <p>3. Провести расчет величины расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.</p> <p>4. Провести расчет величины общецеховых, общехозяйственных, внепроизводственных расходов.</p> <p>5. Провести расчет себестоимости.</p>
2. Расчет цены детали «Фланец» с НДС	Расчет произвести с использованием нормативного метода ценообразования. Норму рентабельности принять в пределах 5-20%
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Калькуляция себестоимости детали «Фланец»	

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гаврикова Н.А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛЗ1	Попов. А.А.		

Цель раздела– расчет себестоимости и цены изделия, изготавливаемого согласно разработанному технологическому процессу в типовых производственных условиях.

### **3.1 Общие положения**

Себестоимость продукции представляет собой интегральную стоимостную оценку используемых при ее изготовлении сырья, материалов, топлива, энергии, трудовых и природных ресурсов, основных средств (оборудование, производственные площади, сооружения), нематериальных активов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

При расчете себестоимости используется группировка затрат по статьям калькуляции. Помимо решения комплекса задач технико-экономического анализа и планирования работы предприятия, калькуляция себестоимости единицы продукции необходима для расчета цены и рентабельности продукции. Объектом калькулирования при выполнении ВРК является деталь, изготавливаемая среднесерийно.

Для промышленных предприятий рекомендуется следующая группировка калькуляционных статей:

1. Сырье и материалы;
2. Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера;
3. Возвратные отходы (вычитаются);
4. Топливо и энергия на технологические цели;
5. Основная заработная плата производственных рабочих;
6. Дополнительная заработная плата производственных рабочих;
7. Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды;
8. Расходы на подготовку и освоение производства;
9. Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения;
10. Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования;
11. Общецеховые расходы;
12. Технологические потери;
13. Общехозяйственные расходы;
14. Потери от брака;
15. Прочие производственные расходы;
16. Расходы на реализацию.

В зависимости от полноты охвата данных статей на предприятии рассчитываются следующие виды себестоимости:

- цеховая, включающая статьи с 1-й по 12-ю;
- производственная, включающая статьи с 1-й по 15-ю, т.е. исчисляемая как цеховая с добавлением ряда статей, учитывающих затраты, носящие общезаводской характер;
- полная, включающая все 16 статей.

При выполнении ВКР следует опустить статьи:

- расходы на подготовку и освоение производства, т.к. задание на ВКР не предполагает подготовку нового вида продукции;
- технологические потери, т.к. они не характерны для разрабатываемых процессов;
- потери от брака, т.к. они не учитываются в плановых и нормативных калькуляциях;
- прочие производственные расходы, т.к. они связаны со спецификой производства на конкретных предприятиях.

### 3.2 Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Статья включает стоимость основных материалов, входящих непосредственно в состав изготавливаемого изделия (детали), а также вспомогательных материалов, используемых на технологические цели. Стоимость материалов определяется по нормам их расхода и ценам приобретения с учетом наценок и надбавок на единицу материала в натуральном выражении. Транспортно-заготовительные расходы прибавляются к стоимости сырья, материалов, а также покупных изделий, полуфабрикатов и топлива.

Затраты на основные материалы для каждого ( $i$ -го) вида в отдельности рассчитываются по формуле [9]

$$C_{MOi} = w_i \cdot C_{Mi} \cdot (1 + K_{ТЗ})$$

где  $w_i$  – норма расхода материала  $i$ -го вида на изделие (деталь), кг/ед;  
 $C_{Mi}$  – цена материала  $i$ -го вида, ден. ед./кг.,  $i = 1$ ;

$K_{ТЗ}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ( $K_{ТЗ} = 0.06$ ).

Цена материалов  $C_{Mi}$  принимается на основе прейскурантной (оптовой) цены, см. прил. 1 [9].

Нормы расходного материала

$$w = 3,54 \text{ кг};$$

Примем цену материала (штампованной заготовки)  $C_M = 52 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$ , с учетом НДС;

Тогда затраты на основной материал будут равны:

$$C_{MO} = 3,54 \cdot 52(1 + 0,06) = 195,12 \text{ руб.}$$

Вспомогательные материалы на тех. цели: примем 15% от стоимости материала:

$$C_{MB} = C_{MO} \cdot 0,15 = 195,12 \cdot 0,15 = 29,26 \text{ руб.}$$

Транспортно-заготовительные расходы: примем 15% от стоимости материала

$$C_{TPЗ} = 195,12 \cdot 0,15 = 29,26 \text{ руб.}$$

Полные затраты, включаемые в данную статью, равны сумме

$$C_M = C_{MO} + C_{MB} + C_{TPЗ} = 195,12 + 29,26 + 29,26 = 253,64 \text{ руб.}$$

### **3.3 Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие и полуфабрикаты»**

Данная статья не применяется для калькулирования. Разработанный технологический процесс не предусматривает приобретение полуфабрикатов.

### **3.4 Расчет затрат по статье «Возвратные изделия и полуфабрикаты»**

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции. Расчет выполняется по формуле

$$C_{от} = M_{от} \cdot C_{от} = (V_{чр} - V_{чст}) \cdot (1 - \beta) \cdot C_{от},$$

где  $M_{от}$  – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции;

$C_{от}$  – цена отходов, руб/т. (7933);

$V_{чр}$  – масса заготовки, кг (3,54);

$V_{чст}$  – чистая масса детали, кг (2,46);

$\beta$  – доля безвозвратных потерь (принять 0,02).

$$C_{от} = (3,54 - 2,46) \cdot (1 - 0,02) \cdot 7,9 = 8,36 \text{ руб / шт.}$$

### **3.5 Расчет затрат по статье «Топливо и энергия на технологические цели»**

Затраты данного вида отсутствуют.

### 3.6 Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»

В данную статью включаются затраты на оплату труда рабочих, непосредственно связанных с изготовлением продукции.

Расчет следует произвести по формуле

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $t_i^{\text{шт.к}}$  – штучное время выполнения  $i$ -й операции, мин;

$K_0$  – количество операций в процессе;

$\text{чтс}_i$  – часовая тарифная ставка на  $i$ -й операции из таблицы [9], для 3го и 4го разряда,

$k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1,4.

Разряды рабочих принять:

1-я операция: рабочий 6-го разряда,

2-я операция: рабочий 6-го разряда,

3-я операция: рабочий 3-го разряда,

4-я операция: рабочий 1-ого разряда,

5-я операция: рабочий 3-го разряда,

6-я операция: рабочий 3-го разряда.

$$C_{\text{озп1}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{2,81}{60} \cdot 135 \cdot 1,4 = 8,85 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп2}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{2,1}{60} \cdot 135 \cdot 1,4 = 6,61 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп3}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{3,26}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 8,27 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп4}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{1,82}{60} \cdot 40 \cdot 1,4 = 1,69 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп5}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{2,04}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 4,76 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп6}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{3,1}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 9,71 \text{ руб} / \text{шт.}$$

Итого, основная заработная плата:

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = 39,89 \text{ руб} / \text{шт.}$$

### 3.7 Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

В данной статье учитываются предусмотренные законодательством о труде выплаты за непроработанное на производстве время: оплата очередных, дополнительных и учебных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров и выполнением государственных обязанностей и т.п. Расчет дополнительной зарплаты выполняется по формуле

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}},$$

где  $C_{\text{озп}}$  – основная зарплата, руб.;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату.

При проектировании следует принять его равным 0,1.

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}} = 39,89 \cdot 0,1 = 3,989 \text{ руб.}$$

### 3.8 Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»

Сюда включаются отчисления по установленным законодательством нормам в пенсионный фонд, в фонд социальной защиты населения, на обязательное медицинское страхование, на другие социальные нужды. Затраты по данной статье выполняются по формуле,

$$C_H = (C_{OЗП} + C_{ДЗП}) \cdot \frac{(C_{С.Н.} + C_{СТР})}{100}$$

где  $C_{OЗП}$  – основная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{ДЗП}$  – дополнительная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{С.Н.}$  – ставка социального налога (принять 30 %);

$C_{СТР}$  – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_H = \frac{(39,89 + 3,989) \cdot (30 + 0,7)}{100} = 13,4 \text{ руб.}$$

### **3.9 Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»**

В данной статье отражается переносимая на изделие в процессе его изготовления стоимость специальных инструментов и приспособлений, а также моделей, кокилей, опок, штампов и пресс-форм, предназначенных для производства строго определенных изделий. Расчет выполняется по специальной упрощенной методике. При выполнении ВКР эта статья рассчитывается только в том случае, если разрабатываемый технологический процесс предусматривает изготовление специальной оснастки. Затраты на оснастку общего назначения принято относить на следующую статью калькуляции.

### **3.10 Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»**

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- a.** амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение  $C_a$ ;
- b.** эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- c.** ремонт оборудования;
- d.** внутризаводское перемещение грузов;
- e.** погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- f.** прочие расходы.

**Элемент «a»** Амортизация оборудования определяется на основе норм амортизации и балансовой стоимости соответствующего оборудования, для расчета ее годовой величины используется следующая формула

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot H_{ai} + \sum_j^m \Phi_j \cdot H_{aj}$$

Где

$\Phi_i$  – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования  $i$ -го типа,  $i = 1, \dots, T$ ;

$T$  – количество типов используемого оборудования;

$\Phi_j$  – то же для  $j$ -го типа оснастки  $j=1, \dots, m$ ;

$m$  – количество типов используемой оснастки;

$H_{об\ i}$  и  $H_{осн\ j}$  – соответствующие нормы амортизации.

$\Phi_{\text{токарный станок с ЧПУ}} = 3180816$  руб. (2 единицы)

$\Phi_{\text{сверлильный}} = 267093$  руб.

$\Phi_{\text{печь}} = 252000$  руб.

$\Phi_{\text{Кругл.шлиф.}} = 2135000$  руб.

$\Phi_{\text{внутр.шл.}} = 3266800$  руб.

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}}$$

1) Токарный станок с ЧПУ:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{7} = 0,14$ ;

2) Вертикально-сверлильный станок:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{10} = 0,1$ ;

3) Камерная печь:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{10} = 0,1$ ;

4) Круглошлифовальный станок:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{8} = 0,125$  ;

5) Внутришлифовальный станок:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{8} = 0,125$  ;

где  $T_{\text{ти}}$  – срок полезного использования, лет, принимаемый из прил. 4[9]

$$A_{\text{ток.}} = (3180816 \cdot 2) \cdot 0,14 = 890628,48 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{свер}} = 267093 \cdot 0,1 = 26709,3 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{печь}} = 252000 \cdot 0,1 = 25200 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{кр.шлиф.}} = 2135000 \cdot 0,125 = 266875 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{вн.шлиф.}} = 3266800 \cdot 0,125 = 408350 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{год.общ}} = 890628,48 + 26709,3 + 25200 + 266875 + 408350 = 1689762,78 \text{ руб.}$$

Ожидаемая средняя загрузка используемого оборудования определяется с помощью величины

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_B \cdot \sum_{i=1}^P t_i^{\text{шт.к}}}{\sum_{i=1}^P F_i}$$

где  $N_B$  – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.;

$P$  – количество операций в технологическом процессе;

$t_i^{\text{шт.к}}$  – штучно-калькуляционное время на  $i$ -й операции процесса,  $i = 1, \dots, P$ ;  $F_i$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на  $i$ -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

Для металлорежущих станков 1–30 категорий ремонтной сложности при двухсменном режиме работы  $F_i = 4029$  часов, при более высокой сложности – 3904 часа.

$$l_{\text{кр}} = \frac{2000 \cdot 23,236}{60} / 6 \cdot 4029 = 0,032$$

Так как, получившиеся  $l_{\text{кр}} < 0,6$ , то

$$C_a = \left( \frac{A_{\text{год}}}{N_B} \right) \cdot \left( \frac{l_{\text{кр}}}{\eta_{\text{з.н.}}} \right) = \left( \frac{1689762,78}{2000} \right) \cdot \left( \frac{0,032}{0,8} \right) = 33,79 \text{ руб.}$$

где  $\eta_{\text{з.н.}}$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования. В зависимости от типа производства для него следует принять значения: массовое и крупносерийное – 0,7; среднесерийное – 0,8; мелкосерийное – 0,85.

**Элемент «б»** (эксплуатация оборудования) включает в себя:

- полные затраты на содержание (основная зарплата + дополнительная зарплата + все виды отчислений) рабочих занятых обслуживанием машин и

оборудования (слесарей, наладчиков, электромонтеров и др. категорий), непосредственно не занятых изготовлением продукции;  
Принимается в размере 40 % от полной зарплаты и отчислений от нее основных рабочих, занятых изготовлением данной продукции, т.е.

$$C_{\text{ЭКС}} = (C_{\text{ОЗП}} + C_{\text{ДЗП}} + C_{\text{Н}}) \cdot 0,4 = (39,89 + 3,989 + 13,4) \cdot 0,4 = 22,9 \text{ руб.}$$

- стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, т.е.

$$C_{\text{МЭКС}} = C_a \cdot 0,2 = 33,79 \cdot 0,2 = 6,75 \text{ руб.}$$

- В ВКР учитываются только затраты на электроэнергию по формуле

$$C_{\text{эл.п}} = \Pi_э \cdot K_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^P W_i \cdot K_{\text{Mi}} \cdot t_i^{\text{маш}}$$

где  $\Pi_э$  – тариф на электроэнергию ден. ед. / кВт.ч.;  $K_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети (1,05);  $W_i$  – мощность электропривода оборудования, используемого на  $i$ -й операции;  $K_{\text{Mi}}$  – коэффициент загрузки оборудования по мощности (при невозможности определения с помощью расчета принимается равным 0,6–0,7);

$K_{\text{vi}}$  – коэффициент загрузки электропривода оборудования по времени, применяется при невозможности непосредственно определить  $t_i^{\text{маш}}$  и принимается равным 0,6 – 0,7 от  $t_i^{\text{шт.к}}$ .

Мощность станков:

$$W_{\text{ток.ЧПУ}} = 14,9 \text{ кВт};$$

$$W_{\text{ток.ЧПУ}} = 14,9 \text{ кВт};$$

$$W_{\text{верт-сверл}} = 1,5 \text{ кВт};$$

$$W_{\text{печь}} = 21 \text{ кВт}$$

$$W_{\text{Кругл.шлиф}} = 7,5 \text{ кВт};$$

$$W_{\text{внутр.шлиф.}} = 3,75 \text{ кВт}$$

Основное время операций:

$$t_o^1 = 1,39 \text{ мин};$$

$$t_o^2 = 0,85 \text{ мин};$$

$$t_o^3 = 1,4 \text{ мин};$$

$$t_o^4 = 1,36 \text{ мин}$$

$$t_o^5 = 0,5 \text{ мин};$$

$$t_o^6 = 0,83 \text{ мин}$$

$$C_{\text{эл.п}} = 5,8 \cdot 1,05 \cdot (0,3 + 0,2 + 0,03 + 0,5 + 0,06 + 0,05) \cdot 0,6 = 4,1 \text{ руб/ шт}$$

Расход энергии равен сумме затрачиваемой мощности всех переходов умноженной на штучное время. Данные для расчета потребляемой мощности взяты из раздела – «Расчеты режимов резания» и «Расчет основного времени».

Тариф на электроэнергию примем  $C_{ТЭ} = 5,8$  руб/кВтч.

**Элемент «с»** (ремонт оборудования) включает затраты на заработную плату и отчисления от нее в бюджет и внебюджетные фонды для рабочих, занятых ремонтом оборудования; затраты на материалы, потребляемые в процессе выполнения ремонтных работ; услуги ремонтных цехов предприятия и сторонних организаций. Они определяются укрупнено на основе норматива затрат – 100% от основной зарплаты основных производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{рем}} = C_{\text{озп}} \cdot 1,0 = 39,89 \cdot 1,0 = 39,89 \text{ руб.}$$

**Элемент «d»** (перемещение грузов) включает расходы на содержание и эксплуатацию транспортных средств: стоимость горючего, запчастей, смазочных и прочих материалов, оплату труда занятых на транспортных операциях рабочих, стоимость транспортных услуг других подразделений предприятия и сторонних организаций. При выполнении ВКР эти затраты допускается не учитывать, т.к. это потребовало бы дополнительных данных о производственном процессе, а их доля в себестоимости как правило невелика (менее 1%).

**Элемент «е»** (погашение стоимости инструментов) в эту группу включаются все виды технологического оснащения универсального характера со сроком службы менее одного года. Расчет производится по формуле

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{ТЗ}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{\text{и}i} \cdot t_{\text{рез.}i} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}i} \cdot n_i}$$

где  $C_{\text{и}i}$  – цена инструмента, используемого на  $i$ -й операции,  $i = 1, \dots, P$ ;

$t_{\text{рез.}i}$  – время работы инструмента, применяемого на  $i$ -й операции, мин.;

$m_i$  – количество одновременно используемых инструментов, ( $m_i=1$ );

$T_{\text{ст.и.}i}$  – период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин., (см. прил. 5);

$n_i$  – возможное количество переточек (правок) инструмента, для отогнутых резцов 4;

$k_{ТЗ}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ( $k_{ТЗ}=0,06$ ).

Таблица 1.

Наименование инструмента	Время работы, мин	Стойкость, мин.	Цена, руб.	$\frac{\sum_{i=1}^P C_{Иi} \cdot t_{рез.i} \cdot m_i}{T_{ст.и.i} \cdot n_i}$	Переточка (границ пластин)
проходной резец (СМП Т15К6)	1	30	4984	41,53	4
расточной резец (СМП Т15К6)	0,85	30	3500	24,7	4
Отрезной резец (Т15К6)	0,39	20	85	1,65	1
Сверло спиральное на 10 мм(Р6М5)	2,52	25	600	30,24	2
Зенковка на 13мм (Р6М5)	0,9	30	300	2,25	4

$$C_{ИОН} = (1 + 0,06) \cdot (41,53 + 24,7 + 1,65 + 30,24 + 2,25) = 106,39 \frac{\text{руб}}{\text{шт}}$$

Для технологического оснащения со сроком эксплуатации более одного года:

Наименование	Цена, руб.	Срок эксплуатации, лет	Затраты в год, руб.
Разжимная оправка	8600	5	1720

Исходя из срока эксплуатации вычислим затраты на одно изделие:

$$C_{осн} = \frac{C}{N} = \frac{1720}{2000} = 0,86 \text{ руб} / \text{шт.}$$

Где: С – цена оснащения, N – количество деталей в год.

элемент «f» (прочие расходы) включает такие затраты, которые не вошли в состав вышерассмотренных элементов. При выполнении ВКР они *не рассчитываются*.

### 3.11 Расчет затрат по статье «Общеховые расходы»

Данная статья учитывает затраты на содержание руководителей и специалистов аппарата управления цехом; амортизацию и затраты на содержание и ремонт зданий, сооружений и инвентаря общехового назначения; затраты на мероприятия по обеспечению нормальных условий труда и техники безопасности и другие расходы цеха, связанные с

управлением и обслуживанием производства. Общецеховые расходы распределяются между выпускаемыми изделиями пропорционально основной зарплате производственных рабочих с помощью нормативного коэффициента  $k_{\text{оц}}$ , рассчитываемого отдельно по каждому цеху. При отсутствии конкретных заводских данных его следует принять равным 50 – 80 %, от основной зарплаты производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{оп}} = 39,89 \cdot 0,5 = 19,94 \text{руб}; \quad k_{\text{оп}} = (0,5 - 0,8)$$

### **3.12 Расчет затрат по статье «Технологические потери»**

К данной статье относится стоимость полуфабрикатов, деталей, сборочных единиц изделий, не соответствующих нормативной документации при условии, что это несоответствие возникает вследствие неполного знания физических и химических процессов, несовершенства технологического оборудования и измерительной аппаратуры. Такие потери предусматриваются технологическим процессом. Они допускаются в электронном, оптико-механическом, литейном, кузнечном, термическом, гальваническом и некоторых других производствах. При выполнении ВКР статья *не рассчитывается*.

### **3.13 Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»**

На данную статью относятся затраты по общему управлению предприятием, не связанные непосредственно с процессом производства и включающие в себя затраты на содержание административно-управленческого персонала; амортизационные отчисления и расходы на содержание и ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения (офисного оборудования, зданий и сооружений); расходы на отопление, освещение и оплату предприятия; плату за воду и землю и т.д. Расчет производится с помощью коэффициента  $k_{\text{ох}}$ , устанавливающего нормативное соотношение между величиной данных затрат и основной зарплатой производственных рабочих. Рекомендуемое значение  $k_{\text{ох}} = 0,5$ , т.е.

$$C_{\text{ох}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{ох}} = 39,89 \cdot 0,5 = 19,94 \text{руб.}$$

### **3.14 Расчет затрат по статье «Потери брака»**

Статья учитывает стоимость окончательно забракованной продукции, а также затраты по исправлению брака, она учитывается только в отчетных калькуляциях. В ВКР эти затраты *не рассчитываются*.

### 3.15 Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы»

На данную статью относятся непредвиденные расходы, расходы на гарантийное обслуживание продукции и др. В ВКР эти затраты также *не рассчитываются*.

### 3.16 Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»

Статья включает затраты, связанные с реализацией изготовленной продукции: на хранение и упаковку на складах готовой продукции; на доставку продукции на станции и в порты отправления; на рекламу и сбытовую сеть; на комиссионные сборы посреднических организаций и пр. Данные расходы рекомендуется принять равными 1% от производственной себестоимости, т.е. от суммы затрат по всем предыдущим статьям.

$$C_{вн} = (C_m - C_{от} + C_{озп} + C_{дзп} + C_n + C_a + C_{экс} + C_{мэкс} + C_{эл.п.} + C_{рем} + C_{ион} + C_{осн} + C_{оп} + C_{ох}) \cdot 0,01 = 5,56 \text{ руб.}$$

### 3.17 Расчет прибыли

Прибыль от реализации изделия в зависимости от конкретной ситуации может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере  $5 \div 20$  % от полной себестоимости проекта.

$$C_{пр} = (C_{см} + C_{онз} + C_{дзп} + C_n + C_a + C_{экс} + C_{мэкс} + C_{эл.п.} + C_{рем} + C_{ион} + C_{осн} + C_{оп} + C_{ох} + C_{вн}) \cdot 0,15 = 84,35 \text{ руб.}$$

### 1.18 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы полной себестоимости изделия и прибыли.

$$C_{НДС} = (562,37 + 84,35) \cdot 0,18 = 116,41 \text{ руб.}$$

### 3.19 Цена изделия

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.

$$\text{Цена детали} = 562,37 + 84,35 + 116,41 = 763,13 \text{ руб.}$$

## **4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ЛЗ1	Попов Антон Андреевич

<b>Институт</b>	<b>Неразрушающего контроля</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Физических методов и приборов контроля качества</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Машиностроение

**Тема дипломной работы: Разработка технологического процесса изготовления детали типа «Фланец».**

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

1. Целью данной работы является создание модели производственного цеха и находящееся в нем оборудование (станки)
2. Описание рабочего места на предмет возникновения:
  - 1) вредных проявлений факторов производственной среды (для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, исключить контакт с вредными, токсичными веществам., которые могут образовываться в процессе работы оборудования, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от станков, вентиляции, обеспечить безопасные значения электромагнитных полей);
  - 2) опасных проявлений факторов производственной среды (в связи с присутствием электричества для питания станков и освещенности цеха, наличии горючих (СО) материалов необходимо предусмотреть, если есть, то перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности);
  - 3) необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых энергетических проявлений и образующихся отходов: электромагнитные поля от оборудования, парниковые и токсичные газы, стружка, испорченная СОЖ и др.
  - 4) необходимо обеспечить устойчивую работу производственного цеха при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).

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

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
  - а) приводится перечень всех используемых в работе вредных веществ, их агрегатное состояние, класс опасности (токсичности), механизм воздействия их на организм человека, единицы измерения количества (концентрации); приводится перечень средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, а также защиты окружающей среды;
  - б) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет потребного воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);
  - в) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;
  - г) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ;

приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);  
предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности
  - а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;

<p><i>б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности помещения, перечисляются средства пожарообнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка; пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).</i></p>
<p><b>3. Охрана окружающей среды:</b>  <i>организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации оборудования, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).</i></p>
<p><b>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</b>  <i>а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия. Разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС;  разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;  разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</i></p>
<p><b>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>  <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</i></p>
<p><b>Перечень графического материала:</b>  1) Пути эвакуации  2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения</p>

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8л31	Попов А.А.		

## Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрен производственный цех и находящееся оборудование.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях, функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании цеха необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как производственный цех находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз, что характерно для Сибири. Так же одной из возможных ЧС может быть отключение электропитания.

### **1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.**

В производственном цехе, где находятся различные электроустановки, могут быть следующие вредные факторы: наличие - а) некомфортных метеоусловий; б) вредных веществ; в) производственного шума; г) недостаточной освещенности; д) электромагнитного излучения;

#### **1.1. Метеоусловия**

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

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

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно

определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

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

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица 1 - Требования к микроклимату

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

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

## 1.2 Вредные вещества.

Среди химических веществ, выделяющихся при работе на станках, наибольший вред приносят: пылевыведение, сопровождающиеся процессы абразивной обработки металлов (зачистка, полирование, шлифование и др.), а также при работе с СОЖ.

В составе современных жидкостей содержатся различные ингибиторы коррозии, противозадирные присадки, гликоль, анионоактивные и неионогенные эмульгаторы, индустриальные и минеральные масла,

масляный асидол, едкий натр, бактерицидные препараты (каустическая сода, хлорпарафины и т. д.). Безусловно, такое разнообразие химических веществ, входящих в состав СОЖ, определяет необходимость постоянного контроля их содержания и условий применения. Нельзя сказать, что за последние два десятилетия на предприятиях машиностроения ничего не сделано в области снижения вредного воздействия охлаждающих эмульсий на организм человека и окружающую среду. Большинство предприятий отказались от использования охлаждающих растворов на основе нитрата натрия, других ядовитых химических веществ. Так же со временем в любой СОЖ бурно развиваются микроорганизмы (бактерии), которые формируют особую дисперсную фазу с размером частиц 0,2—10 мкм. Эти бактерии прогрессируют в водных растворах в форме палочек и кокков. Поскольку прогрессирующее развитие бактерий в среде «масло—вода» приводит к изменению структурно-механических характеристик СОЖ, бактерии, уничтожая органические компоненты, высвобождают из эмульсий масло (диэлектрик). Все это влияет на электропроводность жидкостей, увеличивая ее. Не углубляясь во все тонкости микробиологии, в целом совокупность веществ, входящих в состав водных эмульсий, можно характеризовать и как питательную среду для развития бактерий и грибков.

Согласно гигиеническим нормативам "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03", утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г, силикатная пыль (при содержании абразивных частиц <10%) относится к 3-му классу опасности (3 класс - опасные), величина ПДК = 2 мг/м<sup>3</sup>, а преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – смесь паров и аэрозоля. Также вредное вещество, как углеводороды относится к 4-му классу опасности (4 класс – умеренно опасные), величина ПДК = 300 мг/м<sup>3</sup>, а преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – смесь паров или газы.

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание

помещений в холодный период года допускается не более однократно в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

### **1.3 Производственный шум.**

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

#### **СКЗ**

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;
- использование специальных материалов, например, мягкие материалы для изоляции. Их основу составляет вата, стекловата, войлок либо джут. Коэффициент поглощения – 70 %.

#### **СИЗ**

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

## 1.5 Освещенность.

Согласно СНиП 23-05-95 на производственном цехе должно быть не менее 600 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки не должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 15,5$  м, ширина  $B = 16,2$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,0$  м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 500 Лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где  $A$  – длина, м;

$B$  – ширина, м.

$$S = 15,5 \times 16,2 = 251 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $\rho_c = 50\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{II} = 70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_z = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу дневного света ЛХБ-80, световой поток которой равен  $\Phi_{лд} = 5000$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД – 2-80.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 80 Вт каждая, длина светильника равна 1531 мм, ширина – 266 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda=1,3$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОД:  $h_n = 3,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 2 = 2,6 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{15,5}{2,6} = 7$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{16,2}{2,6} = 6$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 7 \cdot 6 = 42$$

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

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,6}{3} = 0,8 \text{ м}$$

Размещаем светильники в 7 рядов. На рисунке 1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

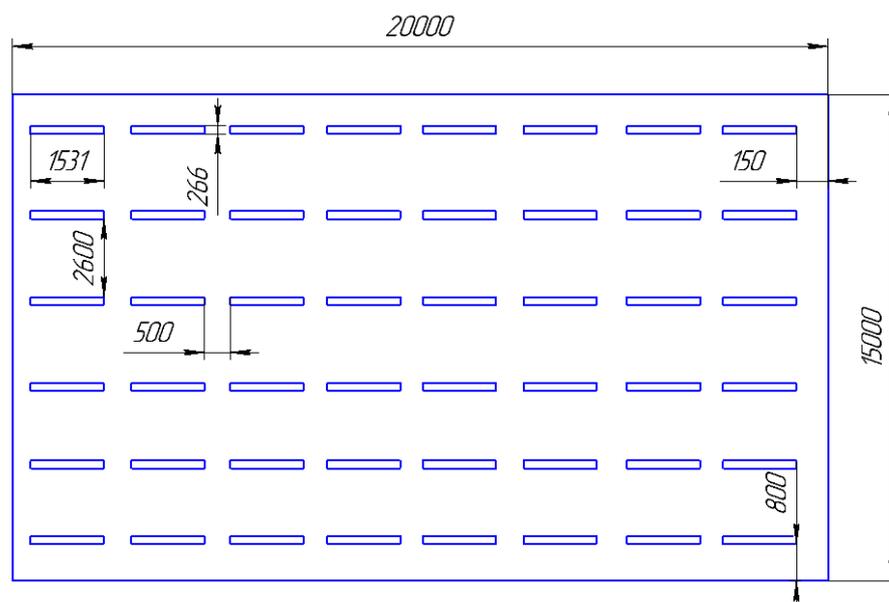


Рис.1 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{15,5 \cdot 16,2}{2,0 \cdot (16 + 17)} = 3,9$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 70\%$ ,  $\rho_{\text{С}} = 50\%$  и индексе помещения  $i = 4,3$  равен  $\eta = 0,68$ .

Потребный световой поток люминесцентной лампы светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{600 \cdot 15,5 \cdot 16,2 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{84 \cdot 0,68} = 4352 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{5000 - 4714}{5000} \cdot 100\% = 12,9\%.$$

Таким образом:  $-10\% \leq 12,9\% \leq 20\%$ , необходимый световой поток.

## 1.6 Электромагнитные поля.

В производственном цехе используются электроприборы, которые создают электромагнитные поля.

Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека.

Основным источником неблагоприятных воздействий на организм является видеодисплейный терминал (ВДТ), который также называют дисплеем или монитором.

Для предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ необходимо руководствоваться Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы", разработанными в соответствии с Федеральным законом "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" и "Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании".

Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ (на электронно-лучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч).

Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана ВДТ. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики.

Конструкция ВДТ должна предусматривать регулирование яркости и контрастности.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ:

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника в виде гибких полотен из лент аморфных и нанокристаллических магнитомягких сплавов, прошедших специальную

- термомагнитную обработку;
- защита рабочего места от излучения;

СИЗ:

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя

- Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.
- Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO<sub>2</sub>).
- Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

## **2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды**

### **2.1 Факторы электрической природы**

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

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

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим

аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравняются к особо опасным помещениям.

Производственный цех относится к помещению с повышенной опасностью поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением до 1000 В являются диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения.

*Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках.*

- Дополнительными электрозащитными средствами являются диэлектрические галоши (боты), сапоги, диэлектрические резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки.
- Диэлектрические боты, галоши и сапоги применяют для изоляции человека от основания, на котором он стоит. Боты применяют в электроустановках любого напряжения, а галоши и сапоги — только при напряжении до 1000 В.
- Диэлектрические коврики и дорожки — это изолирующие основания. Их применяют в закрытых электроустановках любого напряжения.
- Изолирующие подставки также изолируют человека от грунта или пола. В электроустановках напряжением до 1000 В изолирующие подставки выполняют без фарфоровых изоляторов, а выше 1000 В — обязательно на фарфоровых изоляторах.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- 1) изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;

- 2) установки защитного заземления;
- 3) наличие общего рубильника;
- 4) своевременный осмотр технического оборудования, изоляции;
- 5) Использование разделительных трансформаторов.

Безопасные номиналы:  $U = 12-36\text{В}$ ,  $I = 0,1\text{ А}$ ,  $R_{\text{заз}} = 4\text{ Ом}$ .

## 1.2 Факторы пожарной и взрывной природы.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории  $A_n$ ,  $B_n$ ,  $B_{1n}$ ,  $G_n$  и  $D_n$ .

Согласно НПБ 105-03 производственный цех относится к категории В - Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;

д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;

е) курение в строго отведенном месте;

ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунок 2 ).

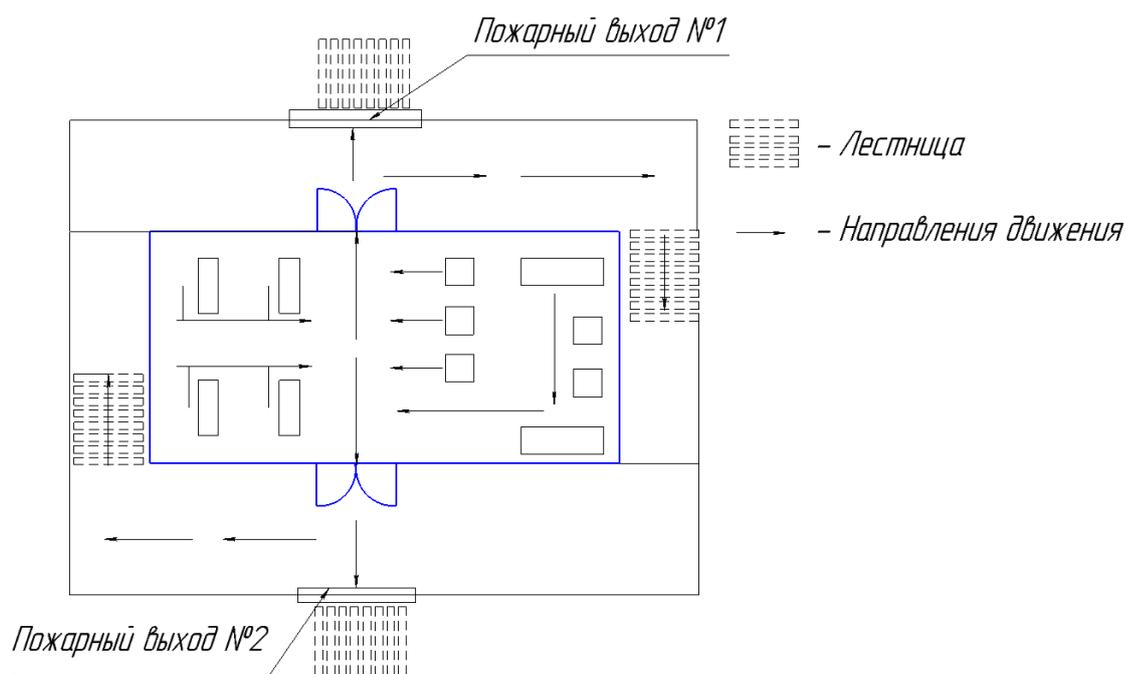


Рис 2. Пути эвакуации.

### 2.3 Охрана окружающей среды.

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

В производственном цехе необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для стружки, стекла, металлических частей, пластика. Фильтрация смазочно-охлаждающей жидкости будет производиться путем установки самоочищающегося барабанного фильтра (для очистки СОЖ, чистого масла и водных эмульсий, от магнитных и немагнитных частиц). Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

### 2.4 Защита в ЧС.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случае обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случае ЧС на них.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

## **2.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

1. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
8. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
9. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

10. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.  
ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
12. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры
15. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

### **Графические материалы**

- 1) Освещенность на рабочем месте
- 2) Пути эвакуации

## Список литературы

1. ГОСТ 15.101-98. Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ [Текст]. - Введ. 2000–07–01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
2. Аверьянов И.Н., Болотеин А.Н Проектирование и расчет станочных и контрольно- измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учебное пособие. – Рыбинск: РГАТА, 2010.- 220 с.
3. Ансеров М.А. Зажимные приспособления для токарных и круглошлифовальных станков. – Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, Москва, 1948. – 92с.
4. Белов Н.А. Безопасность жизнедеятельности – М.: Знание, 2000-364с.
5. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 256 с.
6. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К Справочник технолога-машиностроителя Том 2. - Москва «Машиностроение», 2003. – 943 с.
7. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие. 2-е издание. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. -90 с.
8. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя Том 2. – Москва, 1961. – 892 с.
9. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя Том 3. – Москва, 1961. – 566 с.