

Школа \_\_\_\_\_ Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность) \_\_\_\_\_ 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) \_\_\_\_\_ Отделение материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии изготовления фланца</b>

УДК 621.825.24.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Л51	Ю Цзяньюй		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Скаковская Н. В.	к.ф.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л. А.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроени	Ефременков Е.А.	к.т.н		

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

Школа \_\_\_\_\_ Инженерная школа новых производственных технологий \_\_\_\_\_  
 Направление подготовки (специальность) \_\_\_\_\_ 15.03.01 Машиностроение \_\_\_\_\_  
 Отделение школы (НОЦ) \_\_\_\_\_ Отделение материаловедения \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Ефременков Е.А.  
 (Подпись)                      (Дата)                      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

**Бакалаврской работы**

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Л51	Ю Цзяньюй

Тема работы:

<b>Разработка технологии изготовления фланца</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	06.05.2019 , № 3480/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Обзор научно-технической литературы, определение типа производства, составление маршрута операций, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания и основного времени, конструирование специального приспособления, разработка вопросов финансового менеджмента и социальной ответственности.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Чертежи детали и заготовки, технологический процесс изготовления детали, размерный анализ, чертеж приспособления формата А1 или А2
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Технологический и конструкторский	Козлов В.Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Скаковская Н. В.
Социальная ответственность	Скачкова Л. А.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.02.2019
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н		10.02.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Л51	Ю Цзяньюй		10.02.2019

## Планируемые результаты обучения по программе

Вый про	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
Р1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-1; ОК-2; ОК-3, ОК-6, ОК-9, ОПК-1; ОПК-4, ОПК-5, ПК-2, ПК-6, ПК-8) <sup>1</sup> , <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
Р2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОПК-2; ОПК-3, ОПК-5, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
Р3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-2, ОК-6, ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
Р4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-5; ОК-6; ОК-7, ОПК-2, ПК-20), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообработывающего

<sup>1</sup> Указаны коды компетенций по ФГОС ВО (направление 15.03.01 – МАШИНОСТРОЕНИЕ), утвержденному Приказом Министерства образования и науки РФ от 03.09.2015 г. №957

	этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-4; ОК-9; ОПК-4, ПК-16), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-5; ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства, 28.001 Специалист по проектированию технологических комплексов механосборочных производств, 28.003 Специалист по автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства)
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ПК-8, ПК-17; ПК-22; ПК-24; ПК-25), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства)
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ПК-5; ПК-6; ПК-7, ПК-10, ПК-12, ПК-19, ПК-21 ПК-23, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)

	технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	
<b>Профиль 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)</b>		
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ОПК-4, ПК-14, ПК-17, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.4, 2.5, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов, 40.089 Специалист по компьютерному программированию станков с числовым программным управлением, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства).
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.	Требования ФГОС ВО (ПК-10; ПК-11, ПК-13; ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства).

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 109 страниц пояснительной записки, 33 таблицы, 6 рисунков, 20 источников, 5 листов графического материала формата А1 и 2 листа графического материала формата А2.

**Ключевые слова:** фланец, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, расчёт приспособления.

**Key words:** flange, master schedule of machining, dimensional analysis, cutting mode, calculation of attachment

Актуальность работы определяется необходимостью иметь технологический процесс изготовления конкретной детали «Фланец» на производстве с использованием спроектированного в работе приспособления.

Объектом исследования является деталь «Фланец».

Цели и задачи исследования: создание эффективного маршрута технологического процесса изготовления детали «Фланец».

В работе изложено обоснование выполнения ВКР, выполнен анализ чертежа детали и её технологичности, определен тип производства, описан принцип выбора заготовки в соответствии с её материалом и серийностью производства, разработан маршрут обработки детали с представлением операционных эскизов и описанием переходов по каждой операции, рассчитаны припуски на обработку и технологические размеры, выполнен размерный анализ техпроцесса с уточнением технологических размеров, рассчитаны режимы резания для каждого технологического перехода и требуемая мощность оборудования для каждой операции, назначена модель станка, рассчитано время выполнения каждой операции.

В конструкторской части работы выполнен расчёт усилия для закрепления заготовки и спроектировано механизированное приспособление с пневмоприводом.

В работе также выполнен экономический анализ оценки деловой привлекательности представленной разработки, рассмотрены вопросы организации рабочего места на механическом участке.

## СОДЕРЖАНИЕ

№ разд	Название	Стр
	Введение.....	9
<b>I</b>	<b>Технологический раздел .....</b>	<b>11</b>
1	Определение типа производства и расчёт партии деталей.....	12
2	Выбор конфигурации заготовки.....	17
3	Проектирование технологического маршрута изготовления детали.....	18
3.1	Анализ чертежа детали.....	18
3.2	Анализ технологичности детали.....	18
3.3	Операционные эскизы и содержание операций.....	19
4	Расчет минимальных припусков на обработку.....	25
5	Размерный анализ технологического процесса.....	35
5.1	Расчёт технологических размеров.....	39
5.2	Окончательный расчёт прпусков на обработку.....	55
6	Расчёт режимов резания.....	66
7	Выбор оборудования.....	95
8	Расчет основного времени.....	99
9	Расчет штучно-калькуляционного времени.....	104
<b>II</b>	<b>Конструкторский раздел.....</b>	<b>108</b>
1	Габаритные размеры разжимной оправки.....	108
2	Расчет моментов сил резания и трения.....	110
3	Расчет осевой силы на оправке.....	112
4	Расчет самоторможения клина.....	113
<b>III</b>	<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....</b>	<b>117</b>
1	Анализ конкурентных технических решений.....	116
2	SWOT-анализ проекта.....	119
3	Планирование проекта.....	120
4	Бюджет затрат на реализацию проекта.....	124
5	Формирование затрат на реализацию проекта .....	129
6	Ресурсоэффективность .....	129
<b>IV</b>	<b>Социальная ответственность.....</b>	<b>132</b>
1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	133
2	Производственная безопасность .....	134
3	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	142
4	Экологическая безопасность .....	145
5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	149
	<b>Библиография .....</b>	<b>152</b>

## Введение

Машиностроение является ключевой отраслью в индустриальном обществе, уровень её развития показывает экономическую мощь страны и военный потенциал. При переходе в информационное общество машиностроение не потеряло своей ключевой роли, так как именно разработка и создание средств производства обеспечивает экономическую независимость и безопасность государства.

В технологии машиностроения развитие происходит по следующим направлениям:

- повышение возможностей, качества и экономичности средств технологического оснащения (использование высокопроизводительных станков, точных и надёжных приспособлений, инструментов с повышенной производительностью и 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.

Актуальность темы дипломного проекта определяется необходимостью разработки технологии изготовления детали «Фланец» для последующего изготовления этой детали в серийном производстве. Фланец - это плоская

деталь с поверхностями вращения, имеющая равномерно расположенные отверстия для её закрепления в корпусе механизма или узла с помощью болтов или шпилек, имеющая сопрягаемые поверхности для её крепления в корпусе механизма и для установки в ней других деталей, например, подшипников.

Целью данной работы является разработка необходимых документов и выполнение расчётов для организации производства по изготовлению детали, выданной предприятием, на котором планируется её обработка.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задачи: выбор заготовки, рациональных способов обработки, оборудования и режущих инструментов, составление технологического процесса, выполнение размерного анализ техпроцесса, расчёт режимов резания и норм времени изготовления детали, проектирование приспособлений и технологической оснастки для выполнения каждой операции, разработка вопросов финансового менеджмента и обеспечение безопасности работы.

Для выполнения поставленных задач выпускная квалификационная работа должна содержать следующие разделы:

1. Технологический;
2. Конструкторский;
3. Финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
4. Социальной ответственности.

## I. Технологический раздел

В дипломной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. Подробный технологический процесс разрабатывается для условий среднесерийного, крупносерийного и массового производства. Для каждой операции выполняется выбор оборудования с учётом возможности выполнения необходимых видов обработки, требуемой мощности, цены и доступности для приобретения (для проектируемого цеха или участка). При использовании имеющегося оборудования оно должно удовлетворять выше указанным требованиям.

При проектировании техпроцесса необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ чертежа и технологичности детали.
2. Определение типа производства и выбор исходной заготовки.
3. Разработка маршрута технологии изготовления детали.
4. Расчет припусков и допусков, продольных и диаметральных технологических размеров.
5. Выбор средств технологического оснащения.
6. Выбор режущих и измерительных инструментов, расчёт режимов резания для каждого перехода, требуемой мощности станка.
7. Расчёт времени на обработку для каждой операции.

8. Разработка принципиальной расчетной схемы приспособления, расчет требуемого усилия закрепления заготовки, проектирование приспособления.

Основой для проектирования технологического процесса является чертёж или эскиз детали (рис. 1), её вес  $Q_d = 1,3$  кг и годовая программа выпуска – 8000 шт.

### **1. Определение типа производства и расчёт партии деталей**

Для определения типа производства на этапе проектирования технологического процесса необходимо рассчитать коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о} = \frac{t_B}{T_{шт-к\text{ ср}}},$$

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

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

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_B = \frac{F_2}{N_2},$$

где  $F_2$  – годовой фонд времени работы оборудования с учётом количества смен, веса и сложности используемого оборудования, мин.;

$N_2$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$t_B = \frac{F_Г \cdot 60}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{8000} = 30.11$$

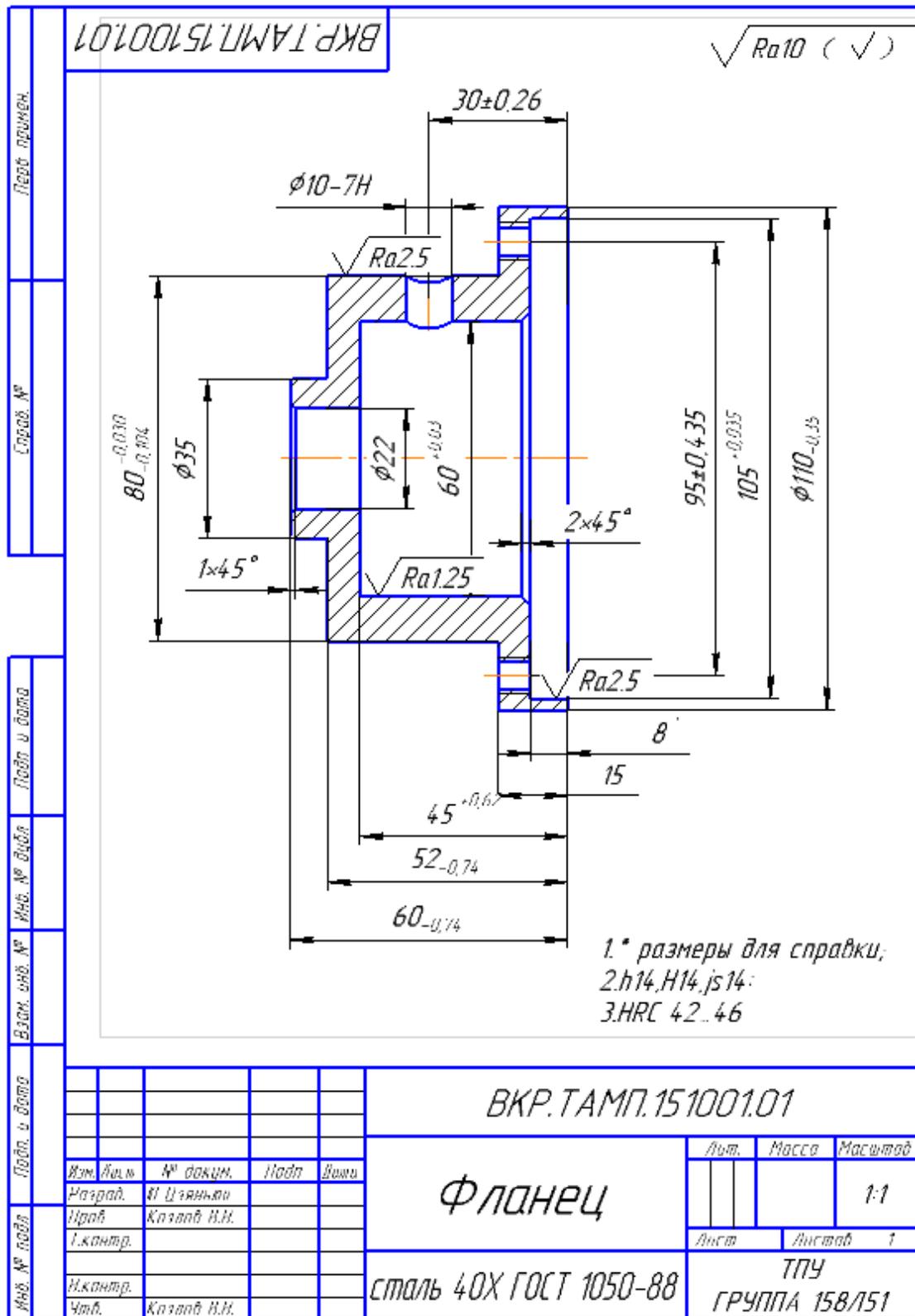


Рис. 1. Чертеж детали

Исходя из данных предприятий при обработке деталей типа “Фланца” удельная трудоемкость  $q_{\phi} = 13$  мин/кг . Рассчитываем трудоёмкость обработки нашего фланца весом 1,3 кг:

$$T_{\text{шт-к}} = q_{\phi} \cdot Q_{\text{д}} = 13 \times 1,3 = 16,9 \text{ мин.}$$

В технологическом процессе (ТП) фланца 6 операций, поэтому средняя продолжительность операций

$$t_{\text{шт-к ср}} = \frac{16,9}{6} = 2,82 \text{ мин}$$

Рассчитываем коэффициент закрепления операций при обработке нашего фланца

$$K_{3.0} = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{шт-к ср}}} = \frac{30,11}{2,82} = 10,67$$

Так как  $10 \leq K_{3.0} = 10,67 \leq 20$  , то тип производства среднесерийный. Это предполагает возможность использования штампованных или литых заготовок в качестве **исходной** заготовки при больших перепадах диаметров (более 10-20 мм).

Т.к. диаметр отверстия в детали большой ( $\text{Ø}60^{+0,03}$  мм), то предпочтительно выполнить отверстие в исходной заготовке, при этом его

диаметр должен быть немного меньшего конструкторского диаметра  $m_{cm}$  с учётом удаления припусков на обработку.

Зная коэффициент использования материала при обработке штампованной заготовки  $K_{исп} = 0,8$  по данным предприятия, можно приблизительно определить её вес:  $Q_з = Q_д / K_{исп} = 1,3 / 0,8 = 1,63$  кг.

Вес детали  $Q_д = 1,3$  кг, вес заготовки  $Q_з = 1,63$  кг.

При организации среднесерийного и мелкосерийного производства необходимо правильно определить (назначить или рассчитать) размер партии деталей (заготовок).

Партией деталей называется количество заготовок (деталей) одновременно запускаемых в производство. Одним из факторов ограничения размера партии является необходимость уменьшения незавершенного производства. Как правило, мехнообрабатывающий цех обрабатывает детали не на продажу, а для сборочного цеха, где собирается механизм или узел машины. Поэтому важно не только просто обработать годовую программу выпуска  $j$ -той детали в номенклатуре программы обработки ( $Nj$ , шт), но и обеспечить ритмичность производства.

Размер партии деталей рассчитывается по формуле

$$n = N \times f / F ,$$

где  $n$  – размер партии деталей, шт.;  $N$  – годовая программа изготовления **всех деталей всех групп**, шт.;  $F$  – число рабочих дней в году;  $f$  – число дней запаса хранения деталей перед сборкой.

Число дней запаса хранения деталей перед сборкой  $f = 2 \dots 15$ . Чем больше размеры детали (больше требуется места для хранения), чем дороже материал и изготовление (больше требуется денег, больше отдавать по кредитам), тем меньше устанавливается число дней запаса хранения деталей перед сборкой ( $f = 2 \dots 5$ ).

Принимаем для среднесерийного производства небольших деталей из недорогого материала  $f = 3$  дня. На цехе будет обрабатываться в год 5 разных деталей по 8 000 шт., т.е. всего 40 000 деталей. Рассчитываем партию выпуска:

$$n_{\text{вып}} = N \times f / F = 40000 \cdot 3 / 300 = 400 \text{ шт.}$$

При запуске партия должна быть больше партии выпуска с учётом возможного брака. По данным предприятия для деталей типа «Фланец» процент возможного брака на одной операции 2,1%, а по всему техпроцессу с 6 операциями – 12,6%. Рассчитываем партию запуска:

$$n_{\text{зап}} = n_{\text{вып}} + n_{\text{брак}} = 400 + 400 \cdot 0,126 \approx 450 \text{ шт.}$$

При средней трудоёмкости одной операции  $t_{\text{шт-к ср}} = 2,82$  мин в одну смену продолжительностью 7 часов будет обрабатываться  $m_{\text{см}}$  заготовок :

$$m_{\text{см}} = 7 \text{ ч} \times 60 \text{ мин} / t_{\text{шт-к ср}} = 420 / 2,82 = 149 \text{ шт.}$$

Для обработки партии в 450 шт потребуется количество смен:

$K_{\text{см}} = 450 / 149 = 3,02$ , т.е. при двухсменной работе на 1,5 суток работы при обработке **всей партии** заготовок **на одном станке**. Это приемлемо, поэтому принимаем рассчитанный размер партии заготовок 450 шт.

## 2. Выбор конфигурации заготовки

По расчётам тип производства среднесерийный, поэтому для получения исходной заготовки из стали 40X выбираем **штамовонную** заготовку, т.к. имеются большие перепады наружных диаметров: наибольший диаметр  $\varnothing 110$ , а наименьший  $\varnothing 35$  и  $\varnothing 80$ . Принимаем решение выполнять штаповку в открытых штампах. Это упрощает изготовление штампов и необходимость точно рассчитывать и соблюдать в процессе подготовки размеры (объём) мерного прутка для штаповки, но уменьшает точность заготовки и приводит к появлению облоя.

Сталь 40X плохо отливается по сравнению с чугунами и цветными металлами, т.к. возможно образование раковин. К тому же температура плавления должна быть очень большой. Диаметр отверстия в детали большой ( $\varnothing 60^{+0,03}$  мм), поэтому предпочтительно выполнить отверстие в исходной заготовке немного меньшего диаметра с учётом припусков на последующую обработку.

Штаповочные уклоны

принимаем  $2^\circ$  для наружных поверхностей и  $3^\circ$  - для внутренних (отверстий).

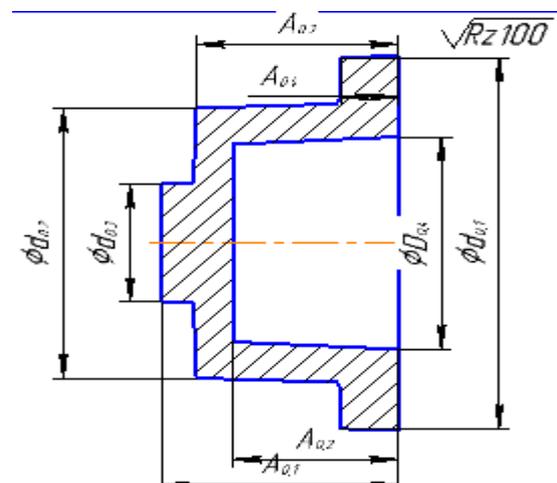


Рис. 1. Конфигурация штапованной заготовки

### 3. Проектирование технологического маршрута изготовления детали

#### 3.1. Анализ чертежа детали

На чертеже имеются все необходимые виды и разрезы, необходимые для понимания конструкции детали и простановке всех необходимых размеров. Отклонения на все размеры соответствуют стандартным значениям, шероховатость поверхностей соответствует требуемой точности обработки поверхностей. Наиболее точные поверхности  $\text{Ø}80\text{f}9^{(+0,03}_{-0,104)}$  и  $\text{Ø}60\text{H}7^{(+0,03)}$  имеют жёсткие допуски по их расположению относительно друг друга, и этот допуск соответствует стандарту. На чертеже имеются все необходимые технические требования, в том числе и по твёрдости.

#### 3.2. Анализ технологичности детали

Деталь изготавливается из стали 40Х (С  $\approx$  0,40%; S <0.035%; P <0.035%), поэтому для среднесерийного производства заготовка может быть получена штамповкой.

Предварительную обработку наружных и внутренних поверхностей предполагается делать на токарном станке, резьбовые отверстия М10-7Н и М6-7Н - на вертикально-сверлильном станке с использованием специального приспособления с кондукторной втулкой для сверления отверстия на цилиндрической поверхности и в отдельной операции для сверления 6 отверстий поочерёдно на плоской поверхности.

Окончательная обработка должна производиться на шлифовальных станках, так как размеры  $\text{Ø}60\text{H}7^{(+0,03)}$ ,  $\text{Ø}1050\text{H}7^{(+0,035)}$  и  $\text{Ø}80\text{f}9^{(-0,030}_{-0,104})}$  должны

быть выполнены с жесткими допусками и с малой шероховатостью поверхностей.

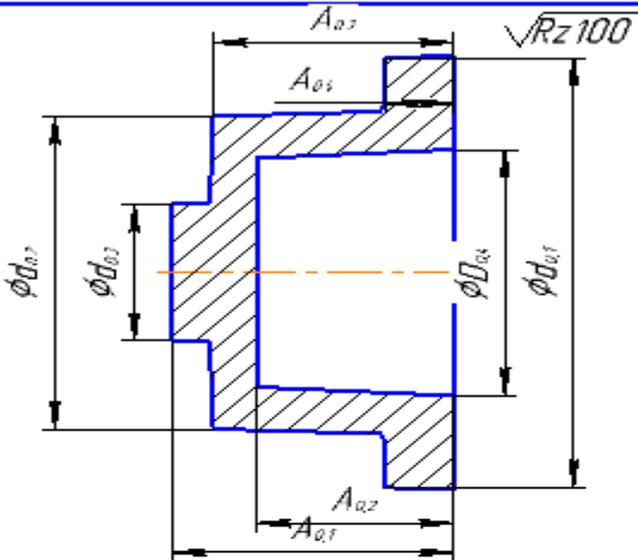
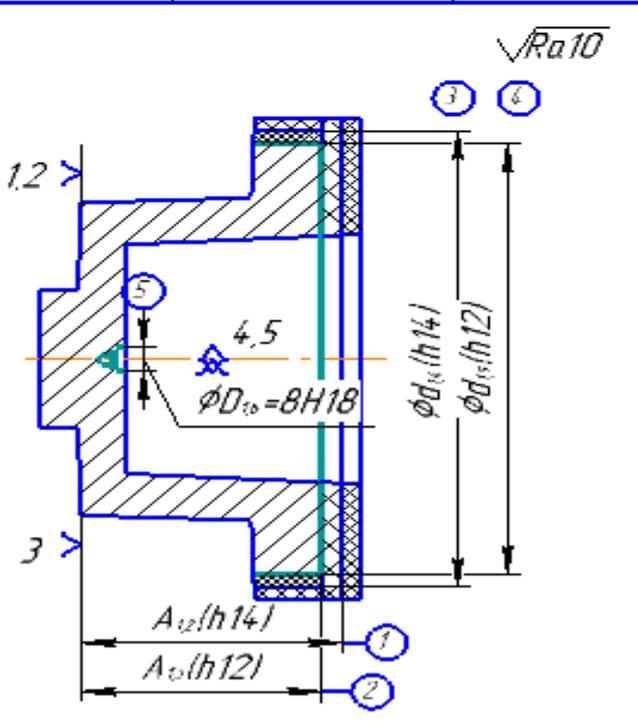
Деталь должна закаливаться ( $HRC_{\Sigma} 42...46$ ), что требует применения термической операции. Материал детали (сталь 40X) имеет легирование хромом, что позволяет проводить закалку на указанную твердость с уменьшенной скоростью охлаждения для уменьшения короблений заготовки.

Окончательная обработка поверхностей с точными размерами ( $\varnothing 60H7^{+0,03}$ ,  $\varnothing 1050H7^{+0,035}$  и  $\varnothing 80f9_{-0,104}^{-0,030}$ ) должна проводиться после термической операции для устранения коробления детали. При этом на окончательную обработку должен оставаться достаточный припуск с учетом возможного коробления детали.

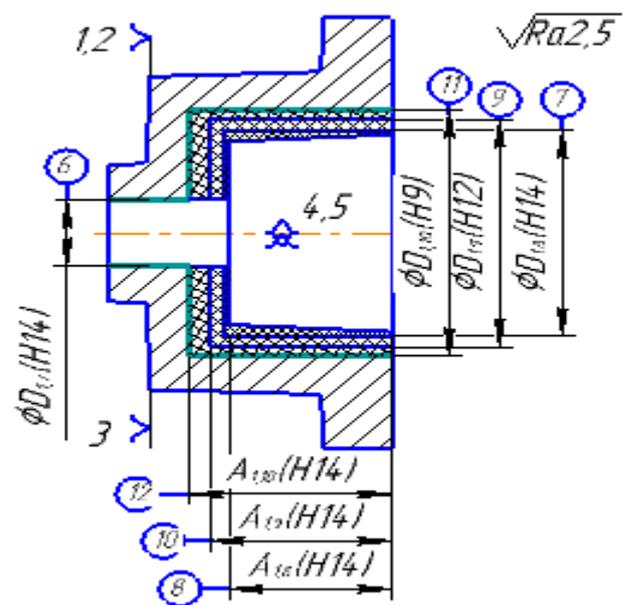
### **3.3. Операционные эскизы и содержание операций**

Для обработки заготовки на черновых и получистовых операциях выбираем использование станка с ЧПУ 16K20Ф3, который позволит обрабатывать заготовку с точностью до девятого качества, необходимой для обработки цилиндрической внутренней поверхности  $\varnothing 60$ , которая будет использоваться для закрепления на разжимной оправке во второй операции. Операционные эскизы и содержание операций представлены в табл. 3.1.

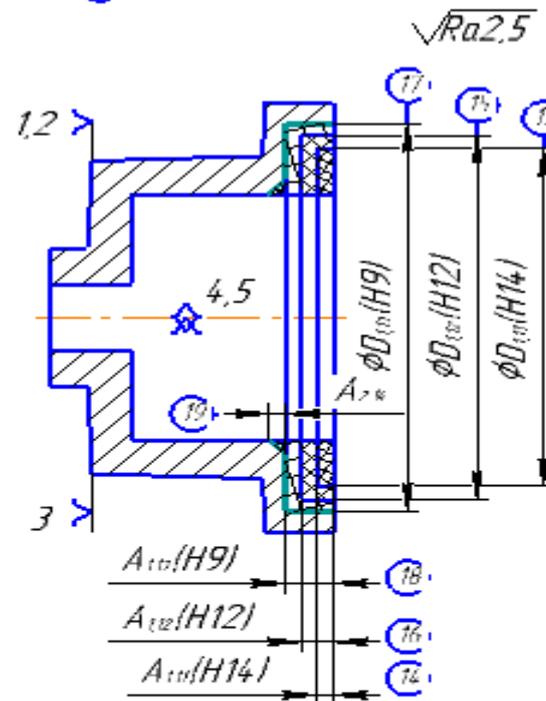
Таблица 3.1. Технологическая карта (предварительная)  
обработки детали «фланец»

Название операции и её содержание	Операционный эскиз										
<p><b>Операция 0 (заготовительная)</b></p> <p>1.Штамповать заготовку штамповочные уклоны: на наружные поверхности <math>2^{\circ} \pm 0,5^{\circ}</math>; на внутренние поверхности <math>3^{\circ} \pm 0,5^{\circ}</math>.</p>											
<p><b>Операция 1 токарная</b></p> <p>1.Установить и закрепить заготовку. 2.Обточить торец ①; 3.Обточить торец ②; 4.Обточить поверхность ③ на проход; 5.Обточить поверхность ④ на проход; 6.Сверлить центральное отверстие ⑤.</p>											
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						<p style="text-align: right;">Лист</p>
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

7,Сверлить отверстие (6) на проход,  
 8,Расточить отверстие (7) начерно  $\Phi D_{16}$  на длину  $A_{18}$  (8),  
 9,Расточить отверстие (9) предварительно  $\Phi D_{19}$  на длину  $A_{19}$  (10),  
 10,Расточить отверстие (11) окончательно на длину  $A_{110}$  (12)



11,Расточить отверстие (13) начерно  $\Phi D_{16}$  на длину  $A_{111}$  (14),  
 12,Расточить отверстие (15) предварительно  $\Phi D_{112}$  на длину  $A_{112}$  (16),  
 13,Расточить отверстие (17) окончательно на длину  $A_{113}$  (18),  
 14,Расточить фаску (19)  
 15,Снять заготовку.

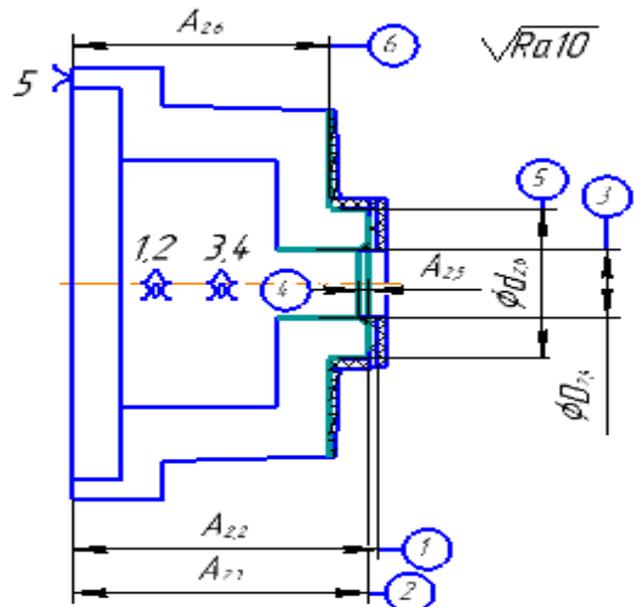


Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата

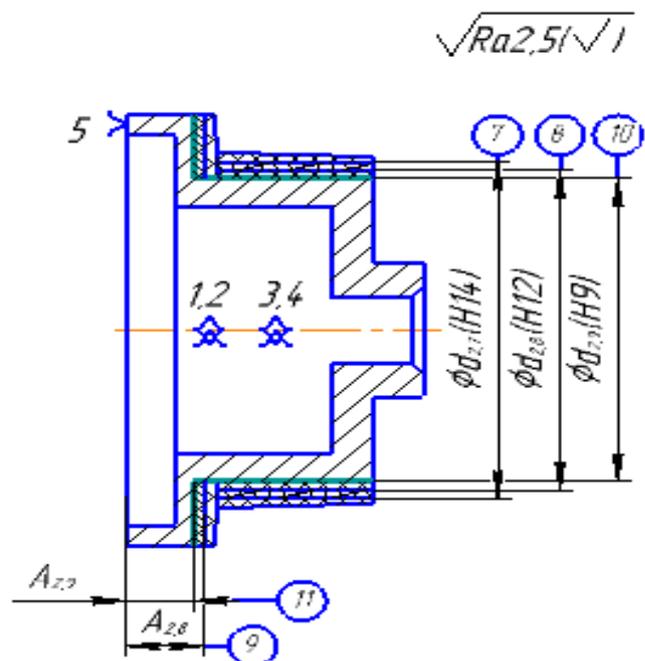
Лист

**Операция 2 (токарная)**

1. Установить и закрепить заготовку;
2. Обточить торец (1);
3. Обточить торец (2);
4. Расточить отверстие (3) на проход;
5. Расточить фаску (4);
6. Обточить поверхность (5) выдерживая размер  $A_{26}$  (6) предварительно



7. Обточить поверхность (7);
8. Обточить поверхность (8) выдерживая размер  $A_{28}$  (9);
9. Обточить поверхность (10) выдерживая размер  $A_{29}$  (11).
10. Снять заготовку.



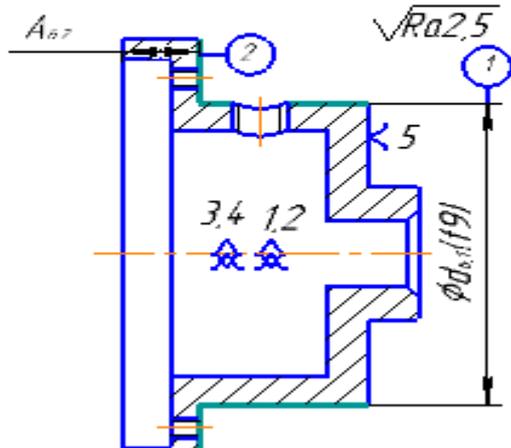
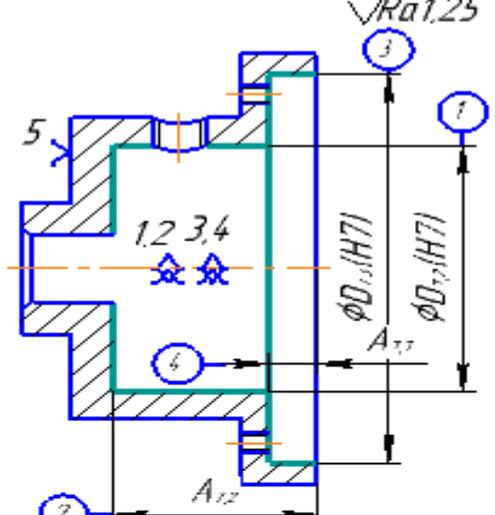
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Лист

<p><b>Операция 3 (Сверлильная)</b>  <b>Установ А</b>          1. Установить и закрепить заготовку;          2. Сверлить отверстие (1) <math>\Phi 8,5^{+0,2}</math> выдерживая размер (2).  <b>Установ Б</b>          3. Снять кондуктор;          4. Нарезать резьбу М10-7Н в отверстие (1);          5. Убрать деталь.</p>	
<p><b>Операция 4 (сверлильная)</b>          1. Установить и закрепить заготовку;          2. Сверлить 6-отверстий (1) поочередно выдерживая размер (2);</p> <p>3. нарезать резьбу М6-7Н в 6-отверстиях поочередно.          4. Снять заготовку.</p>	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Лист

<p><b>Операция 5 (термическая)</b> 1. Закалить и отпустить заготовку до HRC42...46.</p>													
<p><b>Операция 6 (круглошлифовальная)</b> 1. Установить и закрепить заготовку 2. Шлифовать поверхность (1) выдерживая размер <math>A_{6.2}</math> (2).</p>													
<p><b>Операция 7 (внутришлифовальная)</b> 1. Установить и закрепить заготовку. 2. Шлифовать отверстие (1) выдерживая размер <math>A_{7.2}</math> (2). 3. Шлифовать отверстие (3) выдерживая размер <math>A_{7.3}</math> (4).</p>													
<p><b>Операция 8 (контрольная)</b> 1. Контролировать деталь согласно чертежа.</p>													
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						<table border="1"> <tr> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>	Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Лист													

#### 4. Расчет минимальных припусков на обработку

Расчет минимальных припусков на обработку поверхности ведем путем заполнения *табл.4.1*, в которую последовательно записываем технологический маршрут обработки поверхности и все значения элементов припуска.

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей типа «тело вращения» чаще всего выполняется с учётом основной формулы (учитывая малую вероятность совпадения направления погрешность заготовки из-за коробления  $\rho_{i-1}$  и погрешности установки  $\varepsilon_i$ ):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot \left( R_{z,i-1} + T_{\partial,i-1} + \sqrt{(\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2)} \right), \quad (4.1)$$

где:  $2z_{\min.i}$  – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм;  $R_{z,i-1}$  – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;  $T_{\partial,i-1}$  – толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;  $\rho_{i-1}$  – погрешность формы и расположения обрабатываемой поверхности заготовки после предыдущей обработки, мкм;  $\varepsilon_i$  – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой относительно базовых поверхностей (во время рассматриваемой обработки).

Расчет минимальных значений припусков для тел вращения можно производить и *с учетом совпадения направлений*  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$ :

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot (R_{z,i-1} + T_{\partial,i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i), \quad (4.2)$$

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей не тел вращения производим с учетом совпадения направлений  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$ :

$$z_{\min i} = Rz_{i-1} + T_{\text{def } i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (4.3)$$

Суммарное значение  $R_z$  и  $T_d$ , характеризующее качество поверхности заготовок из проката определяем по табл. 27 [4, стр. 66]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяем по табл. 29 [4, стр. 67].

Суммарное отклонение погрешности по короблению и смещению  $\rho$  определяем по формуле:

$$\rho = \sqrt{(\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2)}, \quad (4.4)$$

где:  $\rho_{\text{см}}$  – погрешность заготовки по смещению относительно оси в радиальном направлении;  $\rho_{\text{кор}}$  – погрешность заготовки по короблению.

### **Расчет припусков наружной поверхности Ø110h12**

- под предварительное обтачивание (по 14квалитету):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 500) = 2600 \text{ мкм}$$

- под получистовое обтачивание (по 12квалитету):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot (100 + 80 + 230) = 820 \text{ мкм}$$

Расчёт охватываемых технологических размеров (т.е. охватываемых поверхностей, или «валов») начинаем с максимального конструкторского  $K_{\text{max}}$  или окончательного технологического размера  $A_{i \text{ max}}$  (обычно  $A_{i \text{ max}} = K_{\text{max}}$ )  
Для расчётов минимального припуска из табл. 4.1 берём величины элементов припуска ( $R_z$ ,  $T$ ,  $\rho$ ,  $\varepsilon$ ). После этого с учётом рассчитанного минимального

припуска  $2Z_{i \min}$  на рассматриваемый окончательный технологический размер  $A_i$  рассчитываем минимальный предыдущий технологический размер  $A_{i-1 \min}$ :

$$A_{i-1 \min} = A_{i \max} + 2Z_{i \min}.$$

К нему прибавляем допуск  $T_{i-1}$  на этот предыдущий технологический размер  $A_{i-1}$ : и получаем максимальный предыдущий технологический размер  $A_{i-1 \max}$ :  $A_{i-1 \max} = A_{i-1 \min} + T_{i-1}$ . Рассчитанный максимальный предыдущий технологический размер  $A_{i-1 \max}$  округляем до большей величины с точностью до десятых долей миллиметра и получаем принятый предыдущий технологический размер  $A_{i-1 \max} \rightarrow A_{i-1 \text{ пр.}}$ .

Аналогично выполняем остальные расчёты, поднимаясь снизу вверх, т.е. до размера исходной заготовки:

№ действий по порядку	Формула	Пример для $\text{Ø}110\text{h}12_{(-0,35)}$ (мм) $A_{i \max} = K_{\max} = 110$ мм.
1	$A_{i-1 \min} = A_{i \max} + 2Z_{i \min}$	$110 + 0,82 = 110,82$
2	$A_{i-1 \max} = A_{i-1 \min} + T_{i-1}$	$110,82 + 0,87 = 111,69$
3	$A_{i-1 \max} \rightarrow A_{i-1 \text{ пр.}}$	$111,69 \approx 111,7 \rightarrow \text{Ø}111,7\text{h}14$
4	$A_{i-2 \text{ пр.} \min} = A_{i-1 \max} + 2Z_{i-1 \min}$	$111,7 + 2,6 = 114,3$
5	$A_{i-2 \max} = A_{i-2 \text{ пр.} \min} + T_{i-2}$	$114,3 + 2,2 = 116,5$
6	$A_{i-2 \max} \rightarrow A_{i-2 \text{ пр.}}$	$116,5 \approx 116,5 \rightarrow \text{Ø}116,5\text{h}14$
7	Проставляем отклонения на штамповку с учётом ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. Группа В03) Вес детали 1,58 кг, вес заготовки 1,6 кг, исходный индекс 10 (по материалу М2, по сложности С2), диаметр поковки 100-160, открытые штампы	По ГОСТ 7505-89 при исходном индексе 10 и диаметре поковки от 100 до 160 мм допуск $T=2.0$ мм, а отклонения $\rightarrow +1,3_{-0,7}$ . Изменяем (преобразуем) исполнительный размер для штампованной заготовки. Рассчитываем новый номинальный диаметр заготовки с учётом её верхнего отклонения $+1,3$ мм: Максимальный диаметр – Верхнее отклонение = $= 116,5 - 1.3 = 115,2$ мм. $\text{Ø}116,5\text{h}14_{(-2,2)} \rightarrow \text{Ø}115,2^{+1,3}_{-0,7}$ .

Таблица 4.1. Расчет припусков и технологических размеров по технологическим переходам на обработку поверхностей

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2z_{\min}$ , мкм	Принятый размер $d_p$ , мм	Допуск $T$ , мм	Предельный размер, мм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$
<b>Поверхность <math>\varnothing 110h12(-0,35)</math></b>									
Заготовка штамповка $\varnothing d_{0.1}$ (h16)	100	300	400	----		$\varnothing 116.5h16$	2.2	114.3	116.5
Обтачивание черновое $\varnothing d_{1.4}$ (h14)	100	80	230	500	$2 \cdot 1300 = 2600$	$\varnothing 111.7h14$	0.87	110.82	111.69
Обтачивание окончательное $\varnothing d_{1.5}$ (h12) = констр.р-р	40	50	23	0	$2 \cdot 410 = 820$	$\varnothing 110h12$	0.35	109.65	110
<b>Поверхность <math>\varnothing 80f9 \begin{matrix} +0.030 \\ -0.104 \end{matrix}</math></b>									
Заготовка штамповка $\varnothing d_{0.2}$ (h16)	100	300	400	---		$\varnothing 88.6h16$	2.2	86.6	88.6
Обтачивание черновое $\varnothing d_{2.7}$ (h14)	100	200	230	500	$2 \cdot 1300 = 2600$	$\varnothing 84h14$	0.87	83.06	83.93
Обтачивание черновое $\varnothing d_{2.8}$ (h12)	40	60	230	100	$2 \cdot 630 = 1260$	$\varnothing 81.8h12$	0.35	81.36	81.71
Обтачивание получистовое $\varnothing d_{2.9}$ (h9)	10	20	23	100	$2 \cdot 430 = 860$	$\varnothing 80.5h9$	0.087	80.39	80.477
Термообработка HRCэ 42...46	20	40	100	----					
Наружное шлифование $\varnothing d_{6.2}$ (f9) = констр.р-р	10	20	12	50	$2 \cdot 210 = 420$	$\varnothing 80f9$	0.074	79,896	79,97
<b>Поверхность <math>\varnothing 105H7(+0.035)</math></b>									
Штамповка без отв.	100	300	400	----	----	----	----	----	----
Растачивание черновое $\varnothing D_{1.11}$ H14)	100	90	230	500	$2 \cdot 1300 = 2600$	$\varnothing 101.1H14$	0.87	101.19	102.06
Растачивание черновое $\varnothing D_{1.12}$ (H12)	40	60	230	100	$2 \cdot 520 = 1040$	$\varnothing 103.1H12$	0.35	103.19	103.54
Растачивание получистовое $\varnothing D_{1.13}$ (H9)	10	20	23	100	$2 \cdot 430 = 860$	$\varnothing 104.4H9$	0.087	104.49 3	104.58
Термообработка HRCэ 42...46	20	40	100	----					
Внутр. шлифование $\varnothing D_{7.3}$ (H7) = констр.р-р	15	25	13	50	$2 \cdot 210 = 420$	$\varnothing 105H7$	0.035	105	105.035

<b>Поверхность <math>\varnothing 60H7^{(+0.03)}</math></b>										
Технологические переходы обработки поверхности	$R_z$ , МКМ	$T_{деф}$ , МКМ	$\rho$ , МКМ	$\varepsilon$ , МКМ	$2z_{min}$ , МКМ	$d_{пр}$ , мм	T, мм	$d_{min}$ , мм	$d_{max}$ , мм	
Отверстие в штамповке $\varnothing D_{0.4}$ (H16)	100	300	400	----		$\varnothing 52H16$	1.9	52	53.9	
Растачивание черновое $\varnothing D_{1.8}$ (H14)	100	100	230	500	$2 \cdot 1300 = 2600$	$\varnothing 56.5H14$	0.74	56.5	57.24	
Растачивание черновое $\varnothing D_{1.9}$ (H12)	40	60	230	100	$2 \cdot 530 = 1060$	$\varnothing 58.3H12$	0.3	58.34	58.64	
Растачивание получистовое $\varnothing D_{1.10}$ (H9)	10	20	23	100	$2 \cdot 430 = 860$	$\varnothing 59.5H9$	0.074	59.506	59.58	
Термообработка HRCэ 42...46	20	40	100	----						
Внутр. шлифование $\varnothing D_{7.2}$ (H7) = констр.р-р	15	25	13	50	$2 \cdot 210 = 420$	$\varnothing 60H7$	0.03	60	60.003	
<b>Поверхность <math>\varnothing 22H14^{(+0.52)}</math></b>										
Сверление центровочного отверстия (H18)	40	40	70	----		Не треб. расчёта	$\varnothing 8H18$	2.2	8	10.2
Сверление $\varnothing D_{1.7}$ (H14)	60	60	500	100		Нет предв. обработ. тв	$\varnothing 20H14$	0.52	20.04	20.56
Растачивание $\varnothing D_{2.4}$ (H14) = констр.р-р	60	60	500	100	$2 \cdot 720 = 1440$	$\varnothing 22H14$	0.52	22	22.52	
<b>Поверхность <math>\varnothing 35h14_{(-0.62)}</math></b>										
Штамповка $d_{0.3}$ (h16)	100	300	400	----		$\varnothing 39.2h16$	1.6	37.6	39.2	
Обтачивание окончательное $d_{2.6}$ (h14) = констр.р-р	40	60	100	500	$2 \cdot 1300 = 2600$	$\varnothing 35h14$	0.62	34.38	35	
<b>Обработка торцев детали <math>60h14_{(-0.74)}</math></b>										
Штамповка $A_{0.1}$ (h16)	100	300	400	----		$67.2h16$	1.9	65.3	67.2	
Обтачивание <b>правого</b> торца и выдерж. $A_{1.2}$ (h14)	40	40	30	500	1300	$64h14$	0.74	63.21	63.95	
Обточка <b>правого</b> торца и выдерж. $A_{1.3}$ (h12)	35	35	20	100	210	$63h12$	0.3	62.7	63	
Сост. <b>левого</b> торца штамповки (h16)	100	300	400	----						
Обтачивание <b>левого</b> торца $A_{2.2}$ (h14)	40	40	30	500	1300	$61.4h14$	0.74	60.61	61.35	
Обтачивание <b>левого</b> торца $A_{2.3}$ (h14) = констр.р-р	40	40	30	500	610	$60h14$	0.74	59.26	60	

<b>Обработка торцев детали на длину 52h14(-0,74)</b>									
Технологические переходы обработки поверхности	$R_z$ , МКМ	$T_{def}$ , МКМ	$\rho$ , МКМ	$\varepsilon$ , МКМ	$2z_{min}$ , МКМ	$d_{пр}$ , мм	T, мм	$A_{min}$ , мм	$A_{max}$ , мм
Штамповка $A_{0.3}$ (h16), состояние <b>правого</b> торца	100	300	400	----		57.8h16	1.9	55.9	57.8
Обточка <b>правого</b> торца $A_{1.2}$ (h14)	40	40	30	500	1300	54.6h14	0.74	53.81	54.55
Обточка <b>правого</b> торца $A_{1.3}$ (h12) (h14)	35	35	20	100	210	53.6h12	0.3	53.3	53.6
Штамповка состояние <b>левого</b> торца (h16)	100	300	400	----					
Обточка <b>левого</b> торца $A_{2.6}$ (h14) = констр.р-р	40	40	30	500	1300	52h14	0.74	52	51.26
<b>Обработка торцев фланца на длину 15h14(-0,43)</b>									
Штамповка $A_{0.3}$ (h16), состояние <b>правого</b> торца	100	300	400	----		21.4h16	1.9	19.5	21.4
Обточка <b>правого</b> торца $A_{1.2}$ (h14)	40	40	30	500	1300	18.2h14	0.74	17.41	18.15
Обточка <b>правого</b> торца $A_{1.3}$ (h12) (h14)	35	35	20	100	210	17.2h12	0.3	16.9	17.2
Штамповка состояние <b>левого</b> торца (h16)	100	300	400	----					
Обточка <b>левого</b> торца $A_{2.9}$ (h14)	40	40	30	500	1300	15.6h14	0.74	15.21	15.95
Шлифование <b>левого</b> торца $A_{7.2}$ (h14) = констр.р-р	20	30	20	100	210	15h14	0.43	15	14.57
<b>Обработка торца отверстия (<math>\varnothing 105H7</math>) на глубину 8H14(+0.36)</b>									
Растачивание черновое <b>левого</b> торца $A_{1.11}$ (H14) отв. $\varnothing D_{1.11}H14$	80	100	230	---	напуск	5,9H14	0.36	5.93	6.29
Растачивание черновое <b>левого</b> торца $A_{1.12}$ (H14) отв. $\varnothing D_{1.12}H14$	60	80	100	0	410	6.7H14	0.36	6.7	7.06
Растачивание черновое <b>левого</b> торца на глубину $A_{1.13}$ (H14) отв. $\varnothing D_{1.13}H9$	40	60	30	0	240	7.3H14	0.36	7.33	7.69
Термообработка HRCэ 42...46	60	100	100	----					
Внутр. шлифование <b>левого</b> торца на глубину $A_{8.3}$ (H14) = констр.р-р	10	30	30	50	310	8H14	0.36	8	8.36

<b>Обработка торца отверстия (Ø60H7) на глубину 45H14(+0.62)</b>									
Технологические переходы обработки поверхности	$R_z$ , мкм	$T_{деф}$ , мкм	$\rho$ , мкм	$\varepsilon$ , мкм	$2z_{min}$ , мкм	$A_{пр}$ , мм	$T$ , мм	$A_{min}$ , мм	$A_{max}$ , мм
Отверстие в заготовке ØD <sub>0.4</sub> глубиной A <sub>0.2</sub> (H16)	100	300	400	----		46.8H16	1.6	46.72	48.32
Обтачивание <b>правого</b> торца A <sub>1.2</sub> (H14)	40	40	30	500	1300	44.8H14	0.62	45.76	45.38
Обтачивание <b>правого</b> торца A <sub>1.3</sub> (H12)	35	35	20	100	210	44.3H12	0.25	44.22	44.47
Состояние <b>левого</b> торца штамп. (H16)	100	300	400	----					
Обтачивание <b>левого</b> торца на глубину A <sub>1.8</sub> (H14)	40	40	30	500	1300	42.3H14	0.62	42.37	42.99
Обтачивание <b>левого</b> торца на глубину A <sub>1.9</sub> (H14)	40	40	30	100	210	43.2H14	0.62	43.27	43.89
Обтачивание <b>левого</b> торца на глубину A <sub>1.10</sub> (H14)	40	40	30	100	210	44.1H14	0.62	44.17	44.79
Термообработка HRCэ 42...46	20	40	100	----					
Шлифование <b>левого</b> торца на глубину A <sub>7.2</sub> (H14)	20	30	30	50	210	45H14	0.62	45.62	45

### **Расчет минимальных припусков наружной поверхности Ø80f9**

- под черновое обтачивание (по 14 качеству):

$$2Z_{\min.1} = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 500) = 2600 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание (по 12 качеству):

$$2Z_{\min.2} = 2 \cdot (100 + 200 + 230 + 100) = 1260 \text{ мкм};$$

- под получистовое обтачивание (по 9 качеству):

$$2Z_{\min.2} = 2 \cdot (40 + 60 + 230 + 100) = 860 \text{ мкм}.$$

- под шлифование (по 9 качеству):

$$2Z_{\min.2} = 2 \cdot (20 + 40 + 100 + 50) = 420 \text{ мкм}$$

### **Расчет минимальных припусков внутренней поверхности Ø105H7**

- под черновое обтачивание (по 14 качеству):

$$2Z_{\min.1} = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 500) = 2600 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание (по 12 качеству):

$$2Z_{\min.2} = 2 \cdot (100 + 90 + 230 + 100) = 1040 \text{ мкм};$$

- под получистовое обтачивание (по 9 качеству):

$$2Z_{\min.2} = 2 \cdot (40 + 60 + 230 + 100) = 860 \text{ мкм}.$$

- под шлифование (по 7 качеству):

$$2Z_{\min.2} = 2 \cdot (20 + 40 + 100 + 50) = 420 \text{ мкм}$$

### **Расчет минимальных припусков внутренней поверхности Ø60H7**

- под черновое обтачивание (по 14 качеству):

$$2Z_{\min.1} = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 500) = 2600 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание (по 12 качеству):

$$2z_{\min.2} = 2 \cdot (100 + 100 + 230 + 100) = 1060 \text{ мкм};$$

- под полуступенчатое обтачивание (по 9 качеству):

$$2z_{\min.2} = 2 \cdot (40 + 60 + 230 + 100) = 860 \text{ мкм}.$$

- под шлифование (по 7 качеству):

$$2z_{\min.2} = 2 \cdot (20 + 40 + 100 + 50) = 420 \text{ мкм}$$

### **Расчет минимальных припусков внутренней поверхности Ø22H14**

- под обтачивание окончательное (H14)

$$2z_{\min.1} = 2 \cdot (60 + 60 + 500 + 100) = 1440 \text{ мкм};$$

### **Расчет минимальных припусков наружной поверхности Ø35h14**

- под черновое обтачивание (по 14 качеству):

$$2z_{\min.1} = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 500) = 2600 \text{ мкм};$$

### **Расчет минимальных припусков при обработке по длине 45H14**

- под черновое обтачивание правого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 100 + 300 + 400 + 500 = 1300 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание правого торца (по 12 качеству):

$$z_{\min.1} = 40 + 40 + 30 + 100 = 210 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 100 + 300 + 400 + 500 = 1300 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 40 + 40 + 30 + 100 = 210 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 40 + 40 + 30 + 100 = 210 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 40+40+30+100=210\text{мкм};$$

### **Расчет минимальных припусков при обработке по длине 52h14**

- под черновое обтачивание правого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 100+300+400+500= 1300 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание правого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 40+40+30+100=210\text{мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 12 качеству):

$$z_{\min.1} = 100+300+400+500= 1300 \text{ мкм};$$

### **Расчет минимальных припусков при обработке по длине 60h14**

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 100+300+400+500= 1300 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 40+40+30+500= 610 \text{ мкм};$$

### **Расчет минимальных припусков при обработке по длине 15h14**

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 100+300+400+500= 1300 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 100+300+400+500= 1300 \text{ мкм};$$

- под шлифование(по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 40+40+30+100= 210 \text{ мкм};$$

### **Расчет минимальных припусков при обработке по длине 8H14**

- под черновое обтачивание левого торца (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 100+300+400+500= 1300 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 12 качеству):

$$z_{\min.1} = 100+200+230+100 = 630 \text{ мкм};$$

- под черновое обтачивание левого торца (по 9 качеству):

$$z_{\min.1} = 40+60+230+100 = 430 \text{ мкм};$$

- под шлифование (по 14 качеству):

$$z_{\min.1} = 20+40+100+50 = 210 \text{ мкм};$$

## 5. Размерный анализ технологического процесса

Вычерчиваем комплексную схему обработки детали в осевом направлении (рис. 5.1). Поскольку на изменение осевых размеров **фаски** будет влиять удаление припусков на диаметральные размеры, то на комплексной схеме обработки в осевом направлении указываем и диаметры отверстия.

Составляющими звеньями в технологических размерных цепях обычно является технологические размеры, которые указаны в технологической документации (размеры исходной заготовки; все размеры получаемые при механической обработке). Технологические размеры могут совпадать с размерами, указанными на чертеже, т.е. с конструкторскими размерами. В таком случае говорят, что конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, и рассчитывать ничего не надо, т.е. последний технологический размер принимается равным конструкторскому.

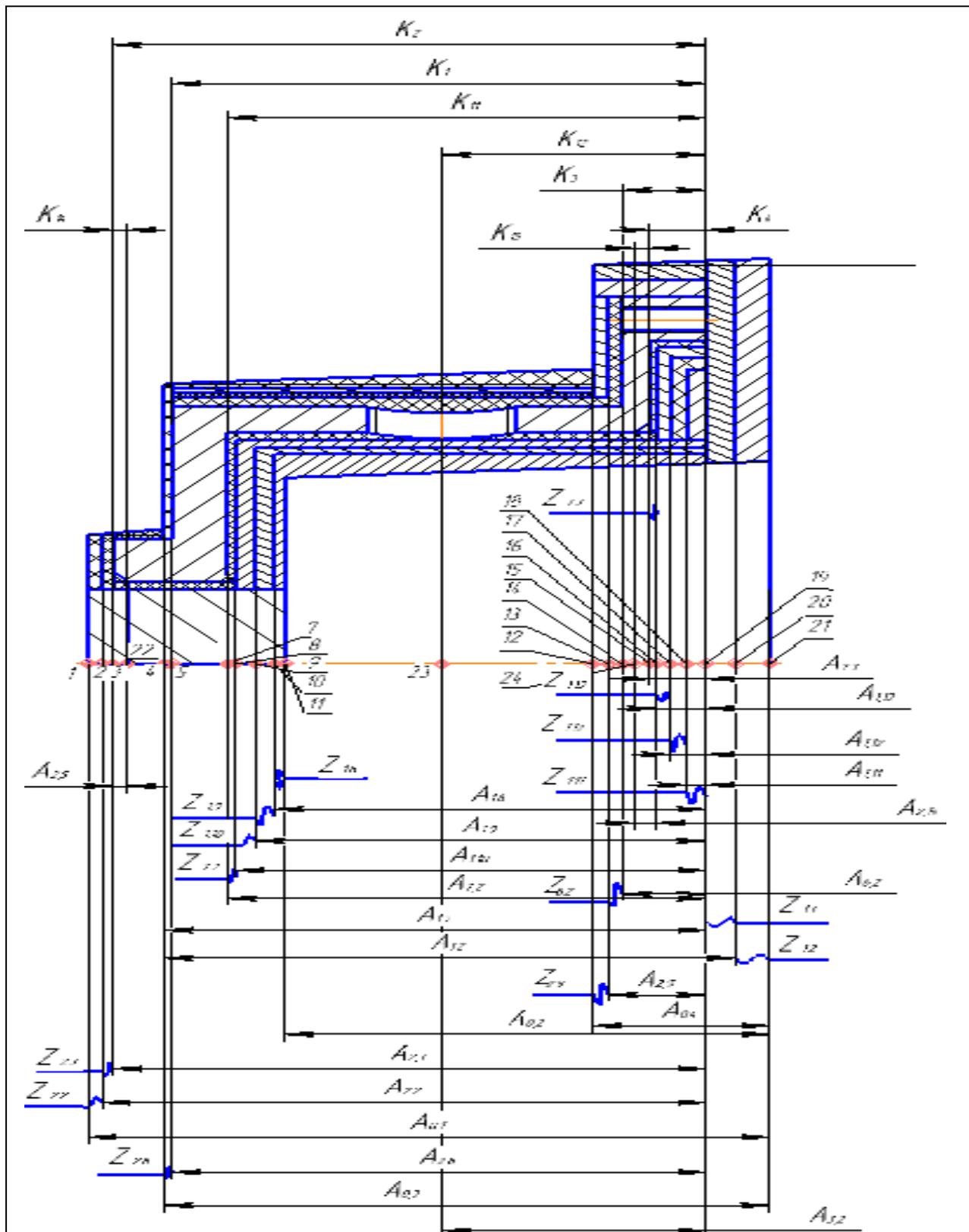


Рис. 5.1. Комплексная схема обработки детали в осевом направлении

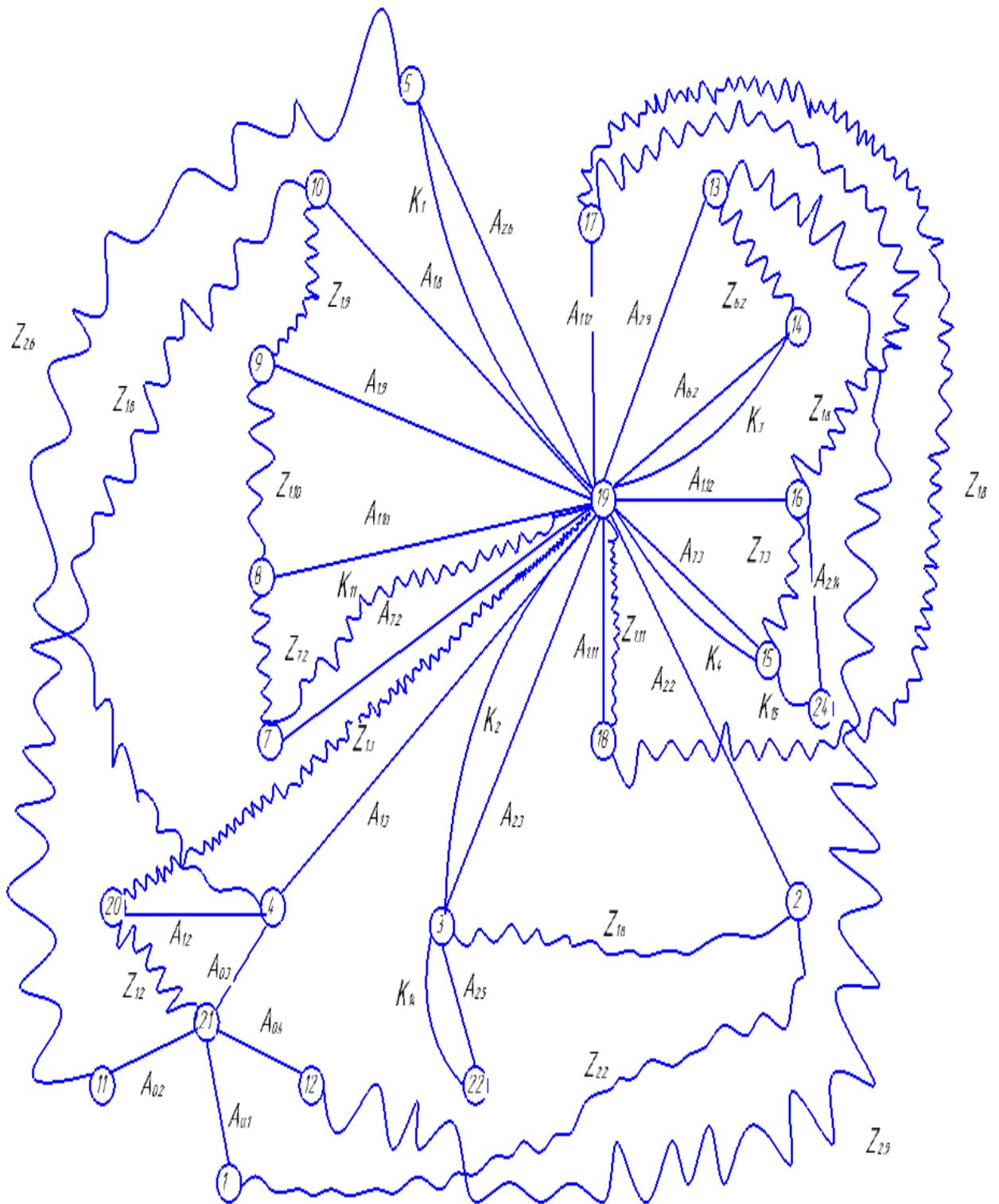


Рис. 5.2. Граф-дерево размерных цепей

Все предыдущие технологические размеры рассчитываются прибавляя (для охватываемых размеров, т.е. «валов») минимальный припуск на обработку на максимальный конструкторский размер, а затем прибавляя и допуск на этот размер.

Для охватывающих размеров, т.е. «отверстий», минимальный припуск и допуск на этот размер будут вычитаться от минимального конструкторского размера.

При несовпадении технологического размера с конструкторским необходимо выявить размерную цепь, в которую входит рассматриваемый конструкторский размер и технологические размеры, необходимые для его выполнения. В этом случае замыкающими звеньями в технологических размерных цепях являются конструкторские размеры, но могут быть и припуски на обработку. Так как для конструкторского размера заданы номинальный размер и отклонения, то такие замыкающие размеры называются исходными, т.е. исходя из них требуется рассчитать номинальные размеры и отклонения технологических размеров.

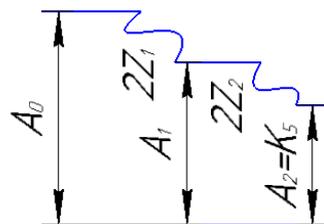
Мы последовательно рассматриваем размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером и рассчитываем номинальный размер и отклонения этого звена. Если неизвестных размеров несколько, то рассчитываем допуски на неизвестные размеры (обычно методом равной точности), а затем мы задаем номинальные размеры и отклонения на все неизвестные технологические размеры кроме одного, относительно которого и будет делаться решение.

Исходными данными для размерного анализа являются:

1. Чертеж детали;
2. Чертеж исходной заготовки;
3. Технологический процесс обработки заготовки.

## 5.1. Расчет технологических размеров

### 5.1.1. Расчет технологических размеров при обработке наибольшего диаметра $K_5 = \text{Ø}110\text{h}12$



1. Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$2Z_{2\min} = A_{1\min} - A_{2\max};$$

$$A_{1\min} = A_{2\max} + 2Z_{2\min} = 110 + 0.82 = 110.82 \text{ мм};$$

$$A_{1\max} = A_{1\min} + TA_1 = 110.82 + 0.87 = 111.69 \text{ мм}$$

Расчетный (предварительно определенный) технологический размер:

$$A_{1\text{ расч}} = 111.69_{-0.87} \text{ мм.}$$

**Округляем номинальный размер в большую сторону** (т.к. этот размер относится к **охватываемым**) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$A_1 = d_{1,4} = 111.7_{-0.87} \text{ мм} - \text{принятый технологический размер,}$$

получаемый *после полустого точения* (по 14квалитету).

2. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь :

$$2z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max};$$

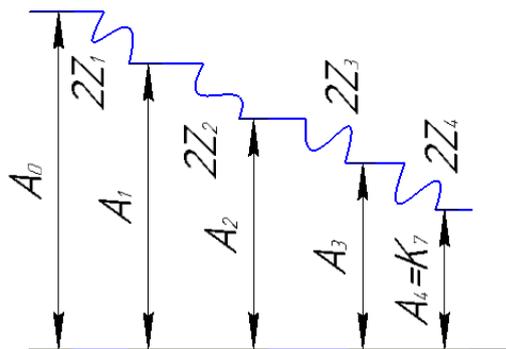
$$A_{0\min} = A_{1\max} + 2z_{1\min} = 111.7 + 2.6 = 114.3 \text{ мм};$$

$$A_{0\max} = A_{0\min} + TA_0 = 114.3 + 2.2 = 116.5 \text{ мм};$$

$$A_{0 \text{ расч}} = 116.5_{-2.2} \text{ мм} - \text{после чернового точения.}$$

**Принимаем диаметр заготовки:**  $A_0 = d_{0.1} = 116.5h16(-2.2) \text{ мм.}$

### 5.1.2. Расчет технологических размеров при обработке наружной поверхности $K_7 = \text{Ø}80f7$



1. Находим технологический размер  $A_3$ , используя размерную цепь №1:

$$2z_{4\min} = A_{3\min} - A_{4\max};$$

$$A_{3\min} = A_{4\max} + 2z_{4\min} = 79.97 + 0.42 = 80.39 \text{ мм};$$

$$A_{3\max} = A_{3\min} + TA_3 = 80.39 + 0.087 = 80.477 \text{ мм};$$

$$A_{3 \text{ расч}} = 80.477_{-0.087} \text{ мм} - \text{после растачивания чистового.}$$

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$A_3 = 80.5_{-0.087}$  мм – принятый технологический размер, получаемый послечистового растачивания.

2. Находим технологический размер  $A_2$ , используя размерную цепь:

$$2Z_{3\min} = A_{2\min} - A_{3\max};$$

$$A_{2\min} = A_{3\max} + 2Z_{3\min} = 80.5 + 0.86 = 81.36 \text{ мм};$$

$$A_{2\max} = A_{2\min} + TA_2 = 81.36 + 0.35 = 81.71 \text{ мм};$$

$$A_{2\text{расч}} = 81.71_{-0.3} \text{ мм} - \text{после растачивания черногого.}$$

**Округляем номинальный размер** в большую сторону, с точностью до десятых долей миллиметра:

$$A_2 = 81.8_{-0.3} \text{ мм} - \text{принятый технологический размер,}$$

получаемый после растачивания черногого.

3. Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$2Z_{2\min} = A_{1\min} - A_{2\max};$$

$$A_{1\min} = A_{2\max} + 2Z_{2\min} = 81.8 + 1.26 = 83.06 \text{ мм}$$

$$A_{1\max} = A_{1\min} + TA_1 = 83.06 + 0.87 = 83.93 \text{ мм};$$

$$A_{1\text{расч}} = 83.93_{-0.87} \text{ мм} - \text{после сверления.}$$

$A_1 = 84_{-0.87}$  мм – принятый технологический размер, получаемый после обтачивания черногого.

4. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь

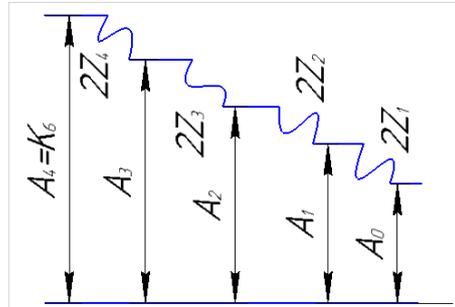
$$2Z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max};$$

$$A_{0\min} = A_{1\max} + 2Z_{1\min} = 84 + 2.6 = 86.6 \text{ мм};$$

$$A_{0\max} = A_{0\min} + TA_0 = 86.6 + 2.2 = 88.6 \text{ мм},$$

$$A_{0\text{расч}} = 88.6_{-2.2} \text{ мм}$$

### 5.1.3. Расчет технологических размеров при обработке внутренней поверхности $K_6 = \text{Ø}105\text{H}7$



1. Находим технологический размер  $A_3$ , используя размерную цепь №1:

$$2Z_{4\min} = A_{4\min} - A_{3\max};$$

$$A_{3\max} = A_{4\min} - 2Z_{4\min} = 105 - 0.42 = 104.58 \text{ мм};$$

$$A_{3\min} = A_{3\max} - TA_3 = 104.58 - 0.087 = 104.493 \text{ мм};$$

$$A_{3\text{ расч}} = 104.493^{+0.087} \text{ мм} - \text{после растачивания полустогового}.$$

Округляем номинальный размер в меньшую сторону (так как это охватывающий размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$A_3 = 104.4^{+0.087} \text{ мм} - \text{принятый технологический размер,}$$

получаемый послестогового растачивания.

2. Находим технологический размер  $A_2$ , используя размерную цепь:

$$2Z_{3\min} = A_{3\min} - A_{2\max};$$

$$A_{2\max} = A_{3\min} - 2Z_{3\min} = 104.4 - 0.86 = 103.54 \text{ мм};$$

$$A_{2\min} = A_{2\max} - TA_2 = 103.54 - 0.35 = 103.19 \text{ мм};$$

$$A_{2\text{ расч}} = 103.19^{+0.35} \text{ мм} - \text{после растачивания черногого}.$$

**Округляем номинальный размер** в меньшую сторону, с точностью до десятых долей миллиметра:

$$A_2 = 103.1^{+0.35} \text{ мм} - \text{принятый технологический размер,}$$

получаемый после растачивания чернового.

**3. Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:**

$$2z_{2\min} = A_{2\min} - A_{1\max};$$

$$A_{1\max} = A_{2\min} - 2z_{1\min} = 103.1 - 1.04 = 102.06 \text{ мм}$$

$$A_{1\min} = A_{1\max} - TA_1 = 102.06 - 0.74 = 101.32 \text{ мм};$$

$$A_{1\text{расч}} = 101.32^{+0.74} \text{ мм} - \text{после чернового.}$$

**Округляем номинальный размер** в меньшую сторону, с точностью до десятых долей миллиметра:

$$A_I = 101.3^{+0.74} \text{ мм} - \text{принятый технологический размер,}$$

получаемый после сверления.

**4. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь**

$$2z_{1\min} = A_{1\min} - A_{0\max};$$

$$A_{0\max} = A_{1\min} - 2z_{1\min} = 101.3 - 2.6 = 98.7 \text{ мм};$$

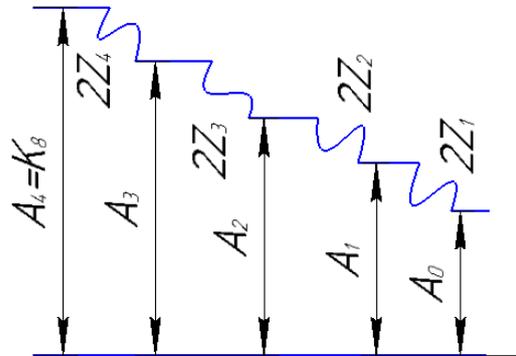
$$A_{0\min} = A_{0\max} - TA_0 = 98.7 - 1.9 = 96.8 \text{ мм},$$

$$A_{0\text{расч}} = 96.8^{+1.9} \text{ мм} - \text{после штамповки}$$

$$A_0 = 96.8^{+1.9} \text{ мм} - \text{принятый технологический размер, получаемый}$$

после штамповки.

### 5.1.4. Расчет технологических размеров при обработке внутренней поверхности $K_8 = \text{Ø}60\text{H}7$



1. Находим технологический размер  $A_3$ , используя размерную цепь №1:

$$2Z_{4\min} = A_{4\min} - A_{3\max};$$

$$A_{3\max} = A_{4\min} - 2Z_{4\min} = 60 - 0.42 = 59.58 \text{ мм};$$

$$A_{3\min} = A_{3\max} - TA_3 = 59.58 - 0.074 = 59.506 \text{ мм};$$

$$A_{3\text{ расч}} = 59.506^{+0.074} \text{ мм} \text{ – после растачивания полустогового.}$$

Округляем номинальный размер в меньшую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$A_3 = 59.5^{+0.74} \text{ мм} \text{ – принятый технологический размер,}$$

получаемый послестогового растачивания.

2. Находим технологический размер  $A_2$ , используя размерную цепь:

$$2Z_{3\min} = A_{3\min} - A_{2\max};$$

$$A_{2\max} = A_{3\min} - 2Z_{3\min} = 59.5 - 0.86 = 58.64 \text{ мм};$$

$$A_{2\min} = A_{2\max} - TA_2 = 58.64 - 0.3 = 58.34 \text{ мм};$$

$$A_{2\text{ расч}} = 58.34^{+0.3} \text{ мм} \text{ – после растачивания черногового.}$$

$$A_2 = 58.3^{+0.3} \text{ мм} \text{ – принятый технологический размер,}$$

получаемый после растачивания черногового.

3. Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$2Z_{2\min} = A_{2\min} - A_{1\max};$$

$$A_{1\max} = A_{2\min} - 2Z_{1\min} = 58.3 - 1.06 = 57.24 \text{ мм}$$

$$A_{1\min} = A_{1\max} - TA_1 = 57.24 - 0.74 = 56.5 \text{ мм};$$

$$A_{1\text{расч}} = 56.5^{+0.74} \text{ мм} \text{ — после чернового.}$$

$$A_I = 56.5^{+0.74} \text{ мм} \text{ — принятый технологический размер, получаемый}$$

после обтачивания чернового.

4. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь

$$2Z_{1\min} = A_{1\min} - A_{0\max};$$

$$A_{0\max} = A_{1\min} - 2Z_{1\min} = 56.5 - 2.6 = 53.9 \text{ мм};$$

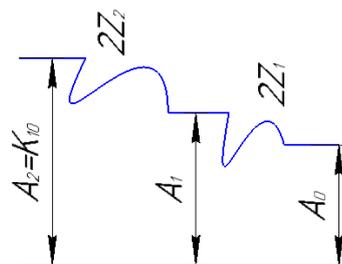
$$A_{0\min} = A_{0\max} - TA_0 = 53.9 - 1.9 = 52 \text{ мм},$$

$$A_0\text{расч} = 52^{+1.9} \text{ мм} \text{ — после штамповки}$$

$$A_0 = 52^{+1.9} \text{ мм} \text{ — принятый технологический размер, получаемый}$$

после штамповки.

### 5.1.5. Расчет технологических размеров при обработке внутренней поверхности $K_{10} = \text{Ø}22\text{H}14$



1. Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$2z_{2\min} = A_{2\min} - A_{1\max};$$

$$A_{1\max} = A_{2\min} - 2z_{1\min} = 22 - 1.44 = 20.56 \text{ мм}$$

$$A_{1\min} = A_{1\max} - TA_1 = 20.56 - 0.52 = 20.04 \text{ мм};$$

$$A_{1\text{расч}} = 20.04^{+0.52} \text{ мм} \text{ — после сверления.}$$

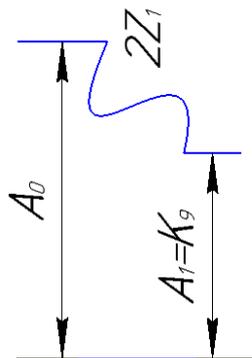
**Округляем номинальный размер** в меньшую сторону, с точностью до десятых долей миллиметра:

$A_1 = 20^{+0.52}$  мм – принятый технологический размер, получаемый после сверления.

2. Находим технологический размер  $A_0$ ,

$A_0 = 8^{+2.2}$  мм – принятый технологический размер, получаемый после штамповки.

### 5.1.6. Расчёт технологических размеров при обработке наружной поверхности $K_9 = \text{Ø}35\text{h}14$



1. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь №1:

$$2z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max};$$

$$A_{0\min} = A_{1\max} + 2z_{1\min} = 35 + 2.6 = 37.6 \text{ мм};$$

$$A_{0\max} = A_{0\min} + TA_1 = 37.6 + 1.6 = 39.2 \text{ мм};$$

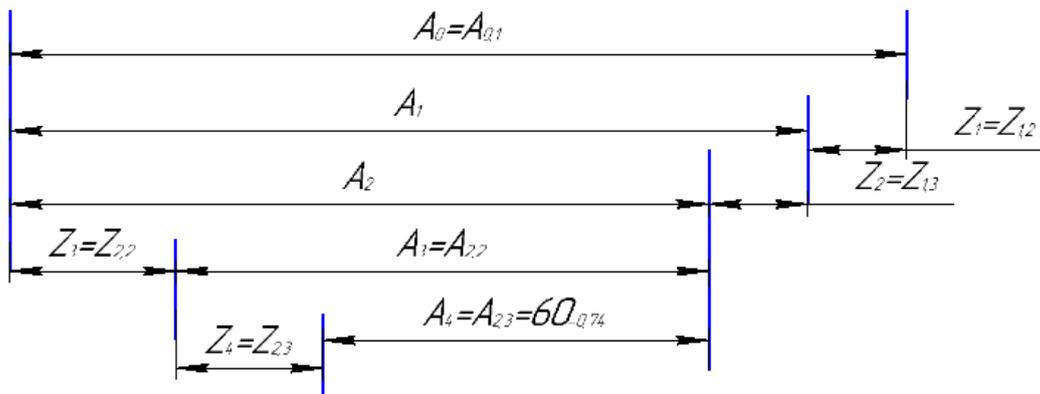
$$A_{0\text{ расч}} = 39.2_{-1.6} \text{ мм} - \text{после штамповки.}$$

$A_0 = 39.2_{-1.6}$  мм – принятый технологический размер, получаемый послечистового растачивания.

### 5.1.7. Расчет технологических размеров при обработке фланца по длине

$$K = A_{2,3} = 60h14$$

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке фланца по длине  $60h14((-0.74))$ .



1. Находим технологический размер  $A_4$ , используя размерную цепь:

$$z_{4\min} = A_{3\min} - A_{4\max};$$

$$A_{3\min} = A_{4\max} + z_{4\min} = 60 + 0.61 = 60.61 \text{ мм};$$

$$A_{3\max} = A_{3\min} + TA_3 = 60.61 + 0.74 = 61.35 \text{ мм},$$

$$A_{3\text{ расч}} = 61.35_{-0.74} \text{ мм} - \text{после обточки левого торца.}$$

Принимаем  $A_1 = A_{2.2} = 61.4_{-0.74}$  мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после точения левого торца.

2. Находим технологический размер  $A_3$ , используя размерную цепь:

$$Z_{3\min} = A_{2\min} - A_{3\max};$$

$$A_{2\min} = A_{3\max} + Z_{3\min} = 61.4 + 1.3 = 62.7 \text{ мм};$$

$$A_{2\max} = A_{2\min} + TA_2 = 62.7 + 0.3 = 63 \text{ мм},$$

$$A_{2 \text{ расч}} = \mathbf{63.0.3} \text{ мм}.$$

Принимаем  $A_2 = \mathbf{63.0.3}$  мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после точения правого торца.

**3.** Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$Z_{2\min} = A_{1\min} - A_{2\max};$$

$$A_{1\min} = A_{2\max} + Z_{2\min} = 63 + 0.21 = 63.21 \text{ мм};$$

$$A_{1\max} = A_{1\min} + TA_1 = 63.21 + 0.74 = 63.95 \text{ мм},$$

$$A_{1 \text{ расч}} = \mathbf{63.95.0.74} \text{ мм}.$$

Принимаем  $A_2 = \mathbf{64.0.47}$  мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после точения правого торца.

**4.** Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь:

$$Z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max};$$

$$A_{0\min} = A_{1\max} + Z_{1\min} = 64 + 1.3 = 65.3 \text{ мм};$$

$$A_{0\max} = A_{0\min} + TA_0 = 65.3 + 1.9 = 67.2 \text{ мм},$$

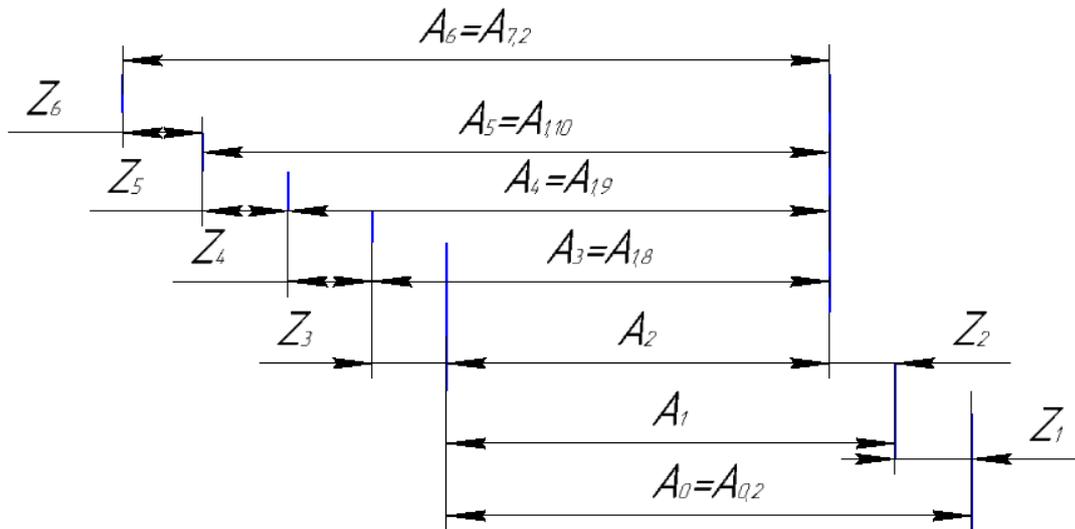
$$A_{2 \text{ расч}} = \mathbf{67.2.1.9} \text{ мм}.$$

Принимаем  $A_2 = \mathbf{67.2.1.9}$  мм

### 5.1.8. Расчет технологических размеров при обработке фланца по

длине  $K = A_{7,2} = 45H14$

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке фланца по длине  $45H14(+0.62)$



1. Находим технологический размер  $A_5$ , используя размерную цепь:

$$Z_{6\min} = A_{6\min} - A_{5\max};$$

$$A_{5\max} = A_{6\min} - Z_{6\min} = 45 - 0.21 = 44.79 \text{ мм};$$

$$A_{5\min} = A_{5\max} - TA_5 = 44.79 - 0.62 = 44.17 \text{ мм},$$

$$A_{3\text{ расч}} = 44.17^{+0.62} \text{ мм} - \text{после точения левого торца.}$$

Принимаем  $A_3 = 44.1^{+0.62}$  мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после точения левого торца.

2. Находим технологический размер  $A_4$ , используя размерную цепь:

$$Z_{5\min} = A_{5\min} - A_{4\max};$$

$$A_{4\max} = A_{5\min} - Z_{5\min} = 44.1 - 0.21 = 43.89 \text{ мм};$$

$$A_{4\min} = A_{4\max} - TA_4 = 43.89 - 0.62 = 43.27 \text{ мм},$$

$$A_{2\text{ расч}} = 43.2^{+0.62} \text{ мм.}$$

Принимаем  $A_2 = 43.2^{+0.62}$  мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после точения левого торца.

**3.** Находим технологический размер  $A_3$ , используя размерную цепь:

$$Z_{4\text{min}} = A_{4\text{min}} - A_{3\text{max}};$$

$$A_{3\text{max}} = A_{4\text{min}} - z_{4\text{min}} = 43.2 - 0.21 = 42.99 \text{ мм};$$

$$A_{3\text{min}} = A_{3\text{max}} - TA_3 = 42.99 - 0.62 = 42.37 \text{ мм},$$

$$A_{1\text{ расч}} = 42.37^{+0.62} \text{ мм.}$$

Принимаем  $A_1 = 42.3^{+0.62}$  мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после чернового точения левого торца.

**4.** Находим технологический размер  $A_2$ , используя размерную цепь:

$$Z_{3\text{min}} = A_{2\text{min}} - A_{3\text{max}};$$

$$A_{2\text{min}} = A_{3\text{max}} + Z_{3\text{min}} = 42.92 + 1.3 = 44.22 \text{ мм};$$

$$A_{2\text{max}} = A_{2\text{min}} + TA_2 = 44.22 + 0.25 = 44.47 \text{ мм},$$

$$A_{2\text{ расч}} = 44.22^{+0.25} \text{ мм.}$$

Принимаем  $A_2 = 44.3^{+0.25}$  мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после чернового точения правого торца.

**5.** Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$Z_{2\text{min}} = A_{1\text{min}} - A_{2\text{max}};$$

$$A_{1\text{min}} = A_{2\text{max}} + Z_{2\text{min}} = 44.55 + 0.21 = 44.76 \text{ мм};$$

$$A_{1\text{max}} = A_{1\text{min}} + TA_1 = 44.76 + 0.62 = 45.38 \text{ мм},$$

$$A_{1\text{ расч}} = 45.38^{+0.62} \text{ мм.}$$

Принимаем  $A_0=44.8^{+0.62}$ мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после чернового точения прового торца.

6. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь:

$$Z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max};$$

$$A_{0\min} = A_{1\max} + Z_{1\min} = 45.42 + 1.3 = 46.72 \text{ мм};$$

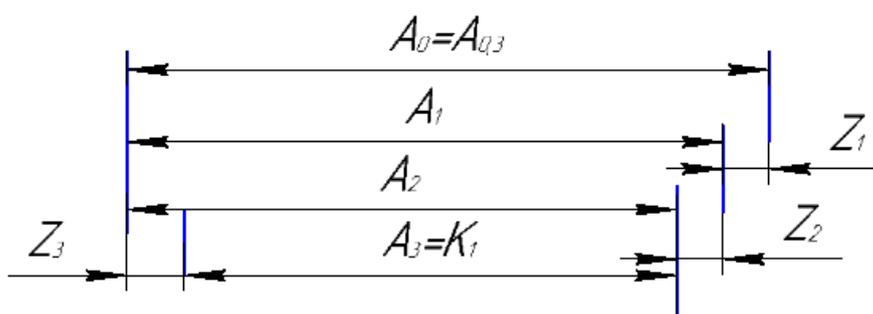
$$A_{0\max} = A_{0\min} + TA_0 = 46.72 + 1.6 = 48.32 \text{ мм},$$

$$A_{0\text{ расч}} = 48.32^{+1.6} \text{ мм}.$$

Принимаем  $A_0=46.8^{+1.6}$ мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после чернового точения прового торца.

### 5.1.9. Расчет технологических размеров при обработке фланца по длине

$$K_1 = 52h14$$



1. Находим технологический размер  $A_2$ , используя размерную цепь:

$$Z_{3\min} = A_{2\min} - A_{3\max};$$

$$A_{2\min} = A_{3\max} + Z_{3\min} = 52 + 1.3 = 53.3 \text{ мм};$$

$$A_{2\max} = A_{3\min} + TA_2 = 53.3 + 0.3 = 53.6 \text{ мм},$$

$$A_2 \text{ расч} = 53.6_{-0.3} \text{ мм.}$$

Принимаем  $A_2 = 53.6_{-0.3} \text{ мм.}$

2. Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$z_{2\min} = A_{1\min} - A_{2\max};$$

$$A_{1\min} = A_{2\max} + z_{2\min} = 53.6 + 0.21 = 53.81 \text{ мм};$$

$$A_{1\max} = A_{1\min} + TA_1 = 53.81 + 0.74 = 54.55 \text{ мм},$$

$$A_1 \text{ расч} = 54.55_{-0.74} \text{ мм.}$$

Принимаем  $A_1 = 54.6h14_{(-0.74)} \text{ мм}$  – предварительно принятый технологический размер, получаемый после чернового точения правого торца.

3. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь №3:

$$z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max};$$

$$A_{0\min} = A_{1\max} + z_{1\min} = 54.6 + 1.3 = 55.9 \text{ мм};$$

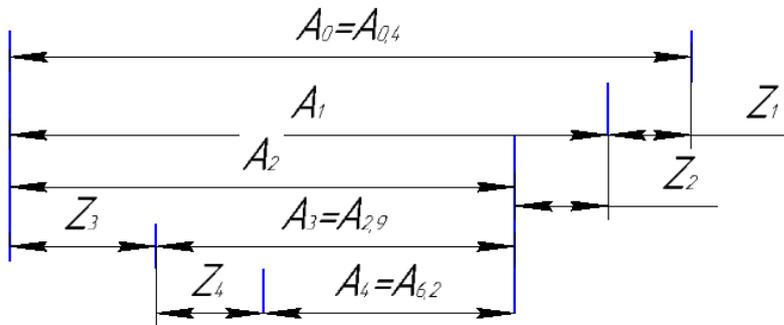
$$A_{0\max} = A_{0\min} + TA_0 = 55.9 + 1.9 = 57.8 \text{ мм};$$

$$A_0 \text{ расч} = 57.8_{-1.9} \text{ мм.}$$

Принимаем  $A_0 = 57.8h16_{(-1.9)} \text{ мм}$

### 5.1.10. Расчет технологических размеров при обработке фланца по длине

$$K = A_{6,2} = 15h14$$



1. Находим технологический размер  $A_3$ , используя размерную цепь:

$$z_{4\min} = A_{3\min} - A_{4\max};$$

$$A_{3\min} = A_{4\max} + z_{4\min} = 15 + 0.21 = 15.21 \text{ мм};$$

$$A_{3\max} = A_{3\min} + TA_3 = 15.21 + 0.74 = 15.95 \text{ мм},$$

$$A_{3 \text{ расч}} = 15.95_{-0.74} \text{ мм} - \text{после точения левого торца.}$$

Принимаем  $A_3 = 15.6_{-0.74} \text{ мм}$  – предварительно принятый

технологический размер, получаемый после точения левого торца.

2. Находим технологический размер  $A_2$ , используя размерную цепь:

$$z_{3\min} = A_{2\min} - A_{3\max};$$

$$A_{2\min} = A_{3\max} + z_{3\min} = 15.6 + 1.3 = 16.9 \text{ мм};$$

$$A_{2\max} = A_{2\min} + TA_2 = 16.9 + 0.3 = 17.2 \text{ мм},$$

$$A_{2 \text{ расч}} = 17.2_{-0.3} \text{ мм.}$$

Принимаем  $A_2 = 17.2_{-0.3} \text{ мм}$

3. Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$z_{2\min} = A_{1\min} - A_{2\max};$$

$$A_{1\min} = A_{2\max} + z_{2\min} = 17.2 + 0.21 = 17.41 \text{ мм};$$

$$A_{1\max} = A_{1\min} + TA_1 = 17.41 + 0.74 = 18.15 \text{ мм},$$

$$A_{1 \text{ расч}} = 18.15_{-0.74} \text{ мм}.$$

Принимаем  $A_1 = 18.2_{-0.74} \text{ мм}$

4. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь:

$$Z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max};$$

$$A_{0\min} = A_{1\max} + Z_{1\min} = 18.2 + 1.3 = 19.5 \text{ мм};$$

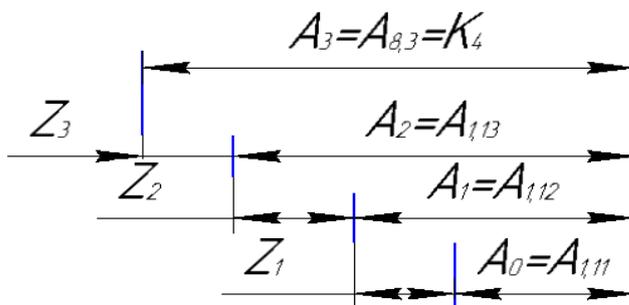
$$A_{0\max} = A_{0\min} + TA_0 = 19.5 + 1.9 = 21.4 \text{ мм},$$

$$A_{0 \text{ расч}} = 21.4_{-1.9} \text{ мм}.$$

Принимаем  $A_0 = 21.4_{-1.9} \text{ мм}$

### 5.1.11. Расчет технологических размеров при обработке фланца по длине

$$K_4 = 8H14$$



1. Находим технологический размер  $A_2$ , используя размерную цепь:

$$Z_{3\min} = A_{3\min} - A_{2\max};$$

$$A_{2\max} = A_{3\min} - Z_{3\min} = 8 - 0.21 = 7.79 \text{ мм};$$

$$A_{2\min} = A_{3\max} - TA_2 = 7.79 - 0.036 = 7.754 \text{ мм},$$

$$A_{2 \text{ расч}} = 7.754^{+0.036} \text{ мм} - \text{после точения левого торца}.$$

Принимаем  $A_2 = 7.7^{+0.036} \text{ мм}$  – предварительно принятый

технологический размер, получаемый после точения левого торца.

2. Находим технологический размер  $A_1$ , используя размерную цепь:

$$Z_{2\min} = A_{2\min} - A_{1\max};$$

$$A_{1\max} = A_{2\min} - Z_{2\min} = 7.7 - 0.43 = 7.27 \text{ мм};$$

$$A_{1\min} = A_{1\max} - TA_1 = 7.27 - 0.15 = 7.12 \text{ мм},$$

$$A_{1\text{ расч}} = 7.12^{+0.15} \text{ мм}.$$

Принимаем  $A_1 = 7.1^{+0.15} \text{ мм}$  – предварительно принятый технологический размер, получаемый после точения левого торца.

3. Находим технологический размер  $A_0$ , используя размерную цепь:

$$Z_{1\min} = A_{1\min} - A_{0\max};$$

$$A_{0\max} = A_{1\min} - Z_{1\min} = 7.1 - 0.63 = 6.47 \text{ мм};$$

$$A_{0\min} = A_{0\max} - TA_0 = 6.47 - 0.36 = 6.11 \text{ мм},$$

$$A_{0\text{ расч}} = 6.11^{+0.36} \text{ мм}.$$

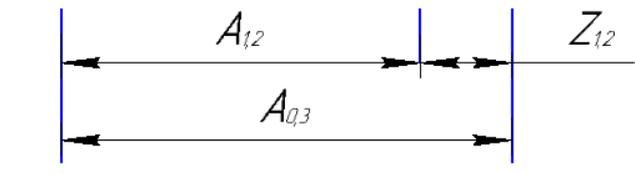
Принимаем  $A_0 = 6.1^{+0.36} \text{ мм}$  – предварительно принятый технологический размер, получаемый после чернового точения правого торца.

## 5.2. Окончательный расчет припусков на обработку

Окончательно расчёт припусков выполняем после размерного анализа и окончательного определения (уточнения) технологических размеров.

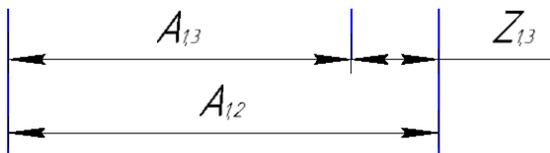
Последовательно рассматриваем размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером.

### 5.2.1. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $z_{1,2}$



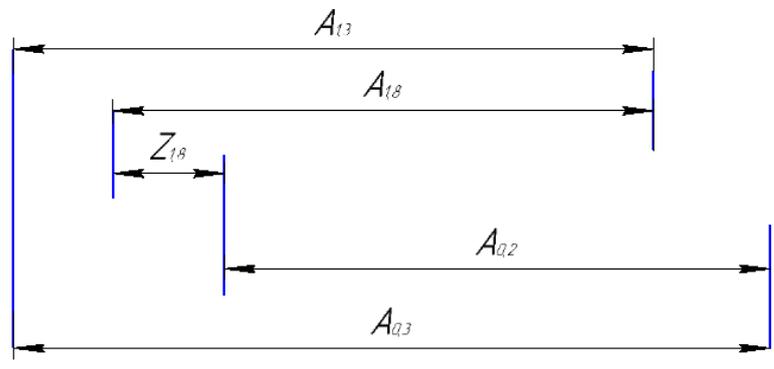
$$Z_{1,2} = A_{0,3} - A_{1,2} = 57.8_{-1,9} - 54.6_{-0,74} = 3.2_{-1,9}^{+0,74} \text{ мм}$$

### 5.2.2. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $z_{1,3}$



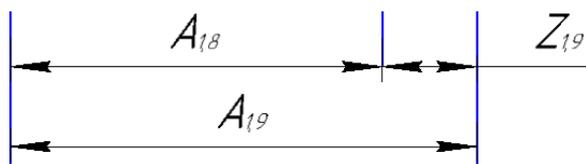
$$Z_{1,3} = A_{1,2} - A_{1,3} = 54.6_{-0,62} - 53.6_{-0,62} = 1_{-0,62}^{+0,62} \text{ мм}$$

5.2.3. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{1,8}$



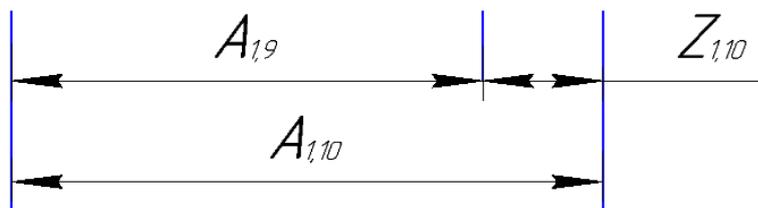
$$Z_{1,8} = A_{1,8} + A_{0,3} - A_{1,3} - A_{0,2} = 2.5^{+1.3}_{-3.12} \text{ мм}$$

5.2.4. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{1,9}$



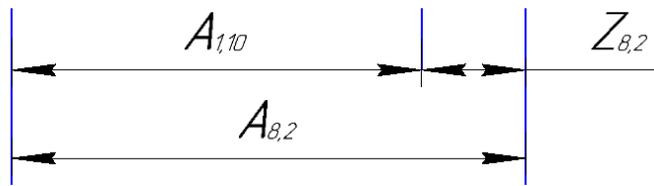
$$Z_{1,9} = A_{1,9} - A_{1,8} = 43.2^{+0.62} - 42.3^{+0.62} = 0.9^{+0.62}_{-0.62} \text{ мм}$$

5.2.5. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{1,10}$



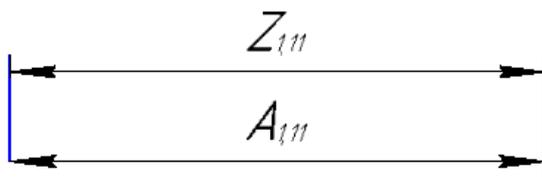
$$Z_{1,10} = A_{1,10} - A_{1,9} = 44.1^{+0.62} - 43.2^{+0.62} = 0.9^{+0.62}_{-0.62} \text{ мм}$$

5.2.6. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{8,2}$



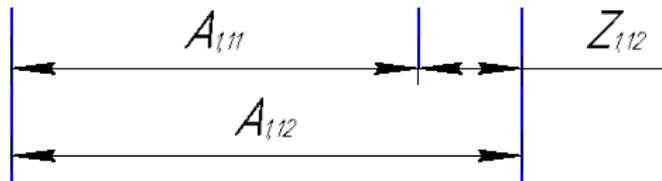
$$Z_{8,2} = A_{8,2} - A_{1,10} = 45^{+0,62} - 44,1^{+0,62} = 0,9^{+0,62}_{-0,62} \text{ мм}$$

5.2.7. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{1,11}$



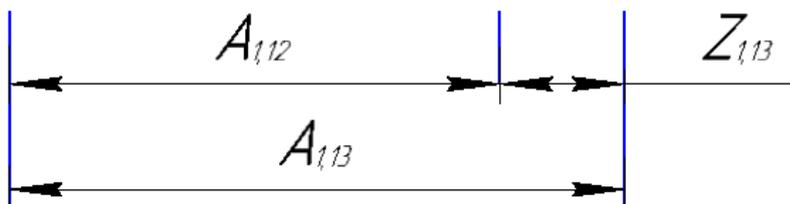
$$Z_{1,11} = A_{1,11} = 6,1^{+0,36}$$

5.2.8. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{1,12}$



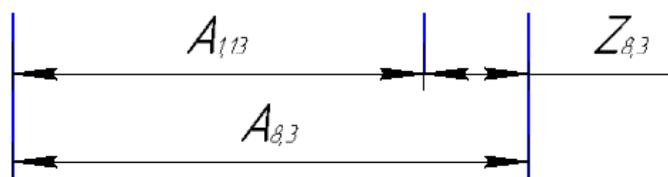
$$Z_{1,12} = A_{1,12} - A_{1,11} = 7,1^{+0,15} - 6,1^{+0,36} = 1^{+0,15}_{-0,36} \text{ мм}$$

5.2.9. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{1,13}$



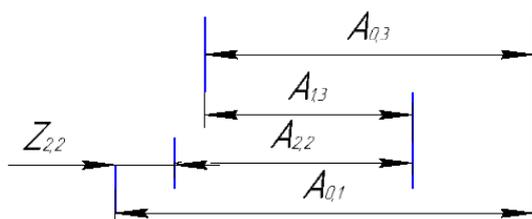
$$Z_{1,13} = A_{1,13} - A_{1,12} = 7,7^{+0,036} - 7,1^{+0,15} = 0,6^{+0,036}_{-0,15} \text{ мм}$$

5.2.10. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $Z_{8.3}$



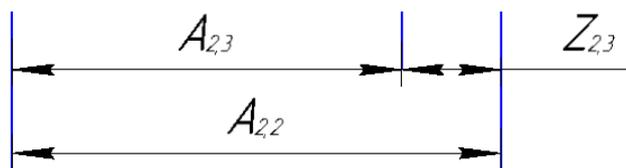
$$Z_{8.3} = A_{8.3} - A_{1.13} = 8^{+0.36} - 7.7^{+0.036} = 0.3^{+0.36}_{-0.036} \text{ мм}$$

5.2.11. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $Z_{2.2}$



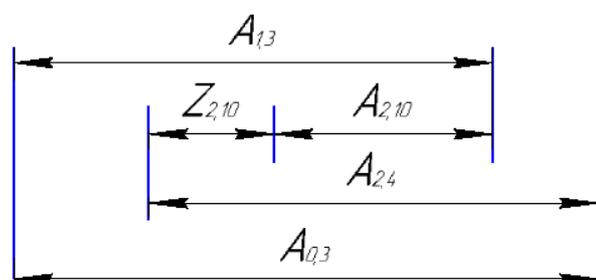
$$Z_{2.2} = A_{0.1} - A_{0.3} + A_{1.3} - A_{2.2} = 1.6^{+0.64}_{-0.2} \text{ мм}$$

5.2.12. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $Z_{2.3}$



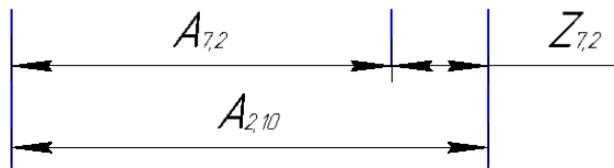
$$Z_{2.3} = A_{2.2} - A_{2.3} = 61.4_{-0.62} - 60_{-0.62} = 1.4^{+0.62}_{-0.62} \text{ мм}$$

5.2.13. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $Z_{2.10}$



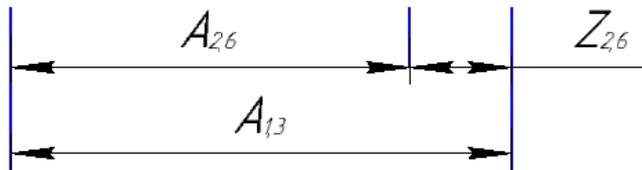
$$Z_{2.10} = A_{1.3} + A_{2.4} - A_{0.3} - A_{2.10} = 1.6^{+0.64}_{-0.2} \text{ мм}$$

**5.2.14.** Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{7,2}$



$$Z_{7,2} = A_{2,10} - A_{7,2} = 15.6_{-0.74} - 15_{-0.43} = 0.6_{-0.74}^{+0.43} \text{ мм}$$

**5.2.15.** Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $z_{2,6}$



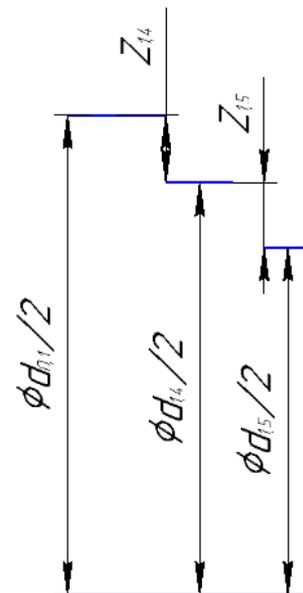
$$Z_{2,6} = A_{1,3} - A_{2,6} = 53.6_{-0.3} - 52_{-0.74} = 1.6_{-0.3}^{+0.74} \text{ мм}$$

**5.2.16.** Выявляем размерную цепь для

расчета размера припусков  $Z_{1,4}$ ,  $Z_{1,5}$

$$\begin{aligned} Z_{1,4} &= d_{0,1}/2 - d_{1,4}/2 = 116.5_{-2,2}/2 - 111.7_{-0,87}/2 = \\ &= 2.4_{-1,1}^{+0,435} \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{1,5} &= d_{1,4}/2 - d_{1,5}/2 = 111.7_{-0,87}/2 - 110_{-0,35}/2 = \\ &= 1.7_{-0,435}^{+0,175} \text{ мм} \end{aligned}$$



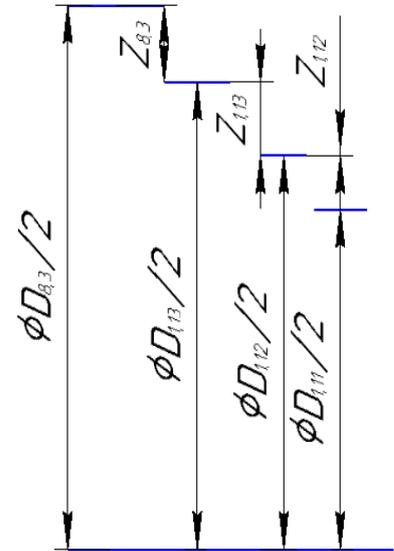
5.2.17. Выявляем размерную цепь для расчета размера припусков  $Z_{8.3}$ ,

$Z_{1.13}$ ,  $Z_{1.12}$

$$\begin{aligned} Z_{8.3} &= D_{8.3}/2 - D_{1.13}/2 = \\ &= 105^{+0.035}/2 - 104.4^{+0.087}/2 = 0.3^{+0.0175}_{-0.0435} \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{1.13} &= D_{1.13}/2 - D_{1.12}/2 = \\ &= 104.4^{+0.087}/2 - 103.1^{+0.35}/2 = 0.65^{+0.0435}_{-0.175} \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{1.12} &= D_{1.12}/2 - D_{1.11}/2 = 103.1^{+0.35}/2 - \\ &101.3^{+0.74}/2 = 0.9^{+0.175}_{-0.37} \text{ мм} \end{aligned}$$



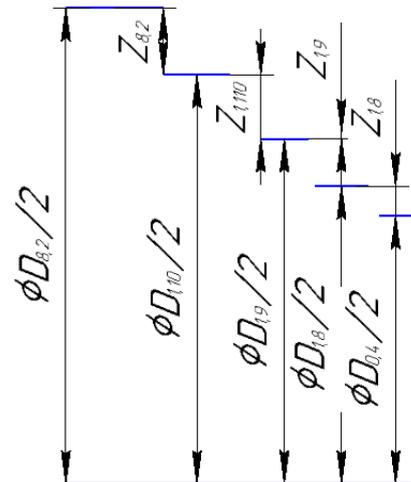
5.2.18. Выявляем размерную цепь для расчета размера припусков  $Z_{8.2}$ ,  $Z_{1.10}$ ,  $Z_{1.9}$ ,  $Z_{1.8}$

$$\begin{aligned} Z_{8.2} &= D_{8.2}/2 - D_{1.10}/2 = 60^{+0.03}/2 - 59.5^{+0.074}/2 = \\ &= 0.25^{+0.015}_{-0.37} \text{ мм} \end{aligned}$$

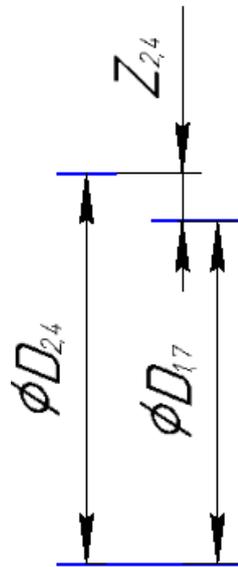
$$\begin{aligned} Z_{1.10} &= D_{1.10}/2 - D_{1.9}/2 = 59.5^{+0.074}/2 - 58.3^{+0.3}/2 = \\ &= 0.6^{+0.037}_{-0.15} \text{ мм} \end{aligned}$$

$$Z_{1.9} = D_{1.9}/2 - D_{1.8}/2 = 58.3^{+0.3}/2 - 56.5^{+0.74}/2 = 0.75^{+0.15}_{-0.375} \text{ мм}$$

$$Z_{1.8} = D_{1.8}/2 - D_{0.4}/2 = 56.5^{+0.74}/2 - 52^{+1.9}/2 = 2.25^{+0.375}_{-0.95} \text{ мм}$$

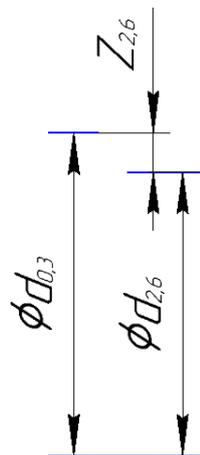


5.2.19. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $Z_{2,4}$



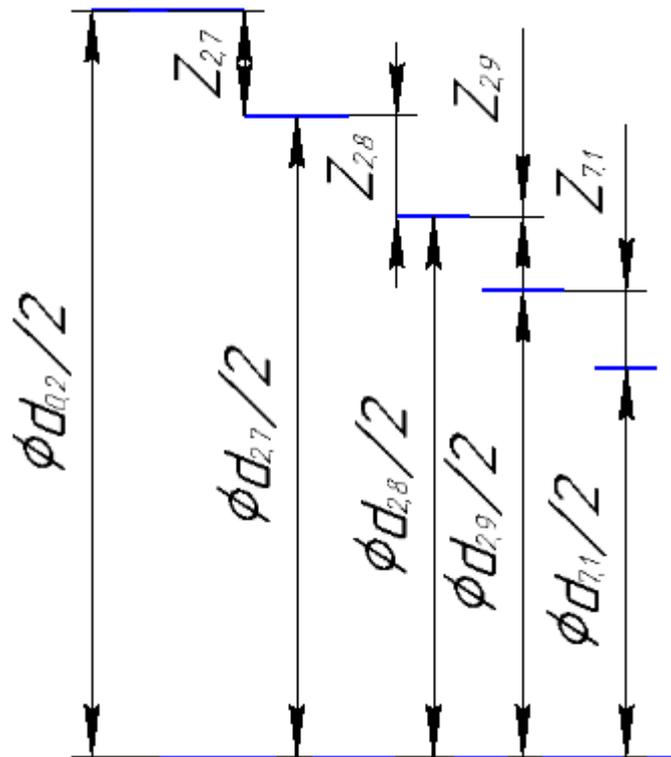
$$Z_{2,4} = D_{2,4}/2 - D_{1,7}/2 = 22^{+0,52}/2 - 20^{+0,52}/2 = 1_{-0,52}^{+0,52} \text{ мм}$$

5.2.20. Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска  $Z_{2,6}$



$$Z_{2,6} = d_{0,3}/2 - d_{2,6}/2 = 39,2_{-1,6}/2 - 35_{-0,62}/2 = 2,1_{-0,8}^{+0,31} \text{ мм}$$

5.2.21. Выявляем размерную цепь для расчета размера припусков  $Z_{2.7}$ ,  $Z_{2.8}$ ,  $Z_{2.9}$ ,  $Z_{7.1}$ .



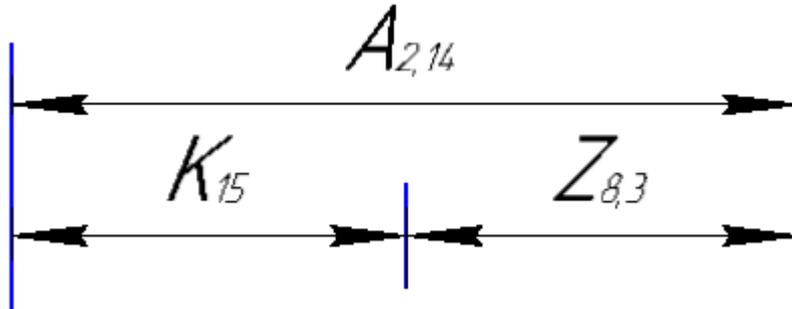
$$Z_{2.7} = d_{0.2}/2 - d_{2.7}/2 = 88.6_{-0.22}/2 - 84_{-0.87}/2 = 2.3_{-1.1}^{+0.435} \text{ мм}$$

$$Z_{2.8} = d_{2.7}/2 - d_{2.8}/2 = 84_{-0.87}/2 - 81.1_{-0.35}/2 = 1.45_{-0.435}^{+0.175} \text{ мм}$$

$$Z_{2.9} = d_{2.8}/2 - d_{2.9}/2 = 81.1_{-0.35}/2 - 80.5_{-0.087}/2 = 0.3_{-0.175}^{+0.0435} \text{ мм}$$

$$Z_{7.1} = d_{2.9}/2 - d_{7.1}/2 = 80.5_{-0.087}/2 - 80_{-0.074}/2 = 0.25_{-0.0435}^{+0.037} \text{ мм}$$

5.2.22. Для выдерживания размера фаски  $K_{15} = 2j_s14(\pm 0.125) \times 45^\circ$  на комплексной схеме выявляем размерную цепь, в которую входит этот конструкторский размер, поскольку непосредственно он не выдерживается.



$$K_{15} = A_{2,14} - Z_{8,3}; \quad Z_{8,3} = 0.3^{+0,0175}_{-0,435} \quad \leftarrow \text{уравнение?}$$

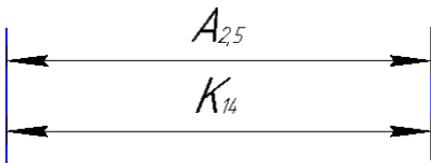
$$A_{2,14} = K_{15} + Z_{8,3} = 2 \pm 0.125 + 0.3^{+0,0175}_{-0,435} = 2.3^{+0,1425}_{-0,56} \text{ мм}, \quad T_{A_{2,14}} = 0,7025.$$

Проверка:

$$\sum T_{A_i} \leq T_{A\Delta} = T_{K_4};$$

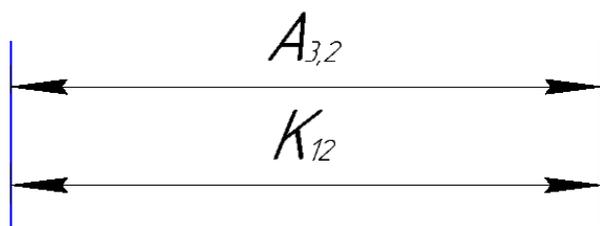
$$\sum T_{A_i} = 0,7025 + 0,4525 = 0,7025 \text{ мм} = T_{A_{2,14}} = 0,7025.$$

5.2.23. Для выдерживания размера фаски  $K_{14} = 0.5j_s14(\pm 0.125) \times 45^\circ$  на комплексной схеме выявляем размерную цепь, в которую входит этот конструкторский размер, поскольку непосредственно он не выдерживается.



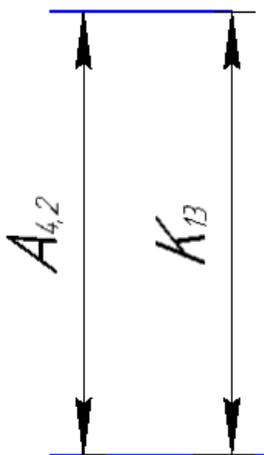
$$A_{2,5} = K_{14} = 0.5 \pm 0.125$$

5.2.24. Выявляем размерную цепь для расчета размера  $A_{3,2}$



$$A_{3,2} = K_{12} = 30 \pm 0.26$$

5.2.25. Выявляем размерную цепь для расчета размера  $A_{4,2}$



$$A_{4,2} = K_{13} = 95 \pm 0.435$$

## 6. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

### 6.1. Обработка наружной поверхности фланца Ø110h12

#### 6.1.1. Предварительное (черновое) точение Ø111,7h14

Глубина резания  $t=4.135$  мм. Необходимо обтачивать за 2 прохода,

$$t_1 = 2.5\text{мм}, t_2 = 1,6\text{мм}, t_{\text{max}} = 2.5\text{мм}$$

Выбираем резец по рекомендациям [2, стр.438]. Резец – проходной Т15К6 ГОСТ18868-73

Размер державки резца: 16×25 мм. По справочнику определяем подачу  $S=0,52\text{мм/об}$ .

##### 6.1.1.1. Расчет скорости резания Ø111.7h14

Воспользуемся расчетом по формуле. При наружном продольном и поперечном точении и растачивании скорость резания  $V, \text{м/мин}$ , рассчитывается по формуле:

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

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V = \frac{340}{(60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,52^{0,45})} \cdot 1 = 178\text{м/мин}.$$

##### 6.1.1.2. Расчет силы и мощности резания Ø111.7h14

$$P_z = 10 \times 300 \times 2,5^1 \times 0,52^{0,75} \times 178^{-0,15} \times 1,0 = 2049 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2,5^{0,9} \times 0,52^{0,6} \times 178^{-0,3} \times 1,0 = 772 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2,5^1 \times 0,52^{0,5} \times 178^{-0,4} \times 1,0 = 754 \text{ Н};$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}]$$

В нашем случае при черновой обточке Ø111.7h14:

$$N = \frac{2049 \cdot 178}{1020 \cdot 60} = 5,9 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\max}} = \frac{1000 \cdot 178}{\pi \cdot 111.7} = 479 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{np} = 315$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (6.6)$$

В нашем случае действительная скорость резания  $V_{\delta}$ :

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot 111.7 \cdot 315}{1000} = 110 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_{\delta}$ :

$$N_{\delta} = \frac{2094 \cdot 110}{1020 \cdot 60} = 3,7 \text{ кВт.}$$

### **6.1.2. Окончательное точение Ø110h12**

Глубина резания  $t=1.44$  мм.

Выбираем резец по рекомендациям [2, стр.438]. Резец – проходной Т15К6  
ГОСТ18868-73

Размер державки резца: 16×25 мм. По справочнику определяем подачу  
 $S=0,23$ мм/об.

### 6.1.2.1. Расчет скорости резания Ø110h12

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V = \frac{340}{(60^{0,2} \cdot 1 \cdot 44^{0,15} \cdot 0,23^{0,45})} \cdot 1 = 275 \text{ м/мин.}$$

### 6.1.1.2. Расчет силы и мощности резания Ø110h12

$$P_z = 10 \times 300 \times 2,05^1 \times 0,23^{0,75} \times 275^{-0,15} \times 1,0 = 879 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2,05^{0,9} \times 0,23^{0,6} \times 275^{-0,3} \times 1,0 = 356 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2,05^1 \times 0,23^{0,5} \times 275^{-0,4} \times 1,0 = 352 \text{ Н};$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}]$$

В нашем случае при черновой обточке Ø110h12:

$$N = \frac{879 \cdot 275}{1020 \cdot 60} = 3,9 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\max}} = \frac{1000 \cdot 275}{\pi \cdot 110} = 796 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{np} = 630$  об/мин. Рассчитываем действительную

(уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000}, \text{ м/мин.}$$

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot 110 \cdot 630}{1000} = 218 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_{\delta}$ :

$$N_{\delta} = \frac{879 \cdot 218}{1020 \cdot 60} = 3,1 \text{ кВт.}$$

## 6.2. Обработка наружной поверхности фланца Ø80f9

### 6.2.1. Обточивание черновое Ø84h14

Глубина резания  $t=3.9$  мм. Не обходимо обточивать за 2 прохода,  $t_1 = 2.5$ мм,  $t_2 = 1,4$ мм,  $t_{\max} = 2.5$ мм.

Выбираем резец по рекомендациям [2, стр.438]. Резец – проходной Т15К6 ГОСТ18868-73

Размер державки резца: 16×25 мм. По справочнику определяем подачу  $S=0,52$ мм/об.

#### 6.2.1.1. Расчет скорости резания Ø84h14

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V = \frac{340}{(60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,52^{0,45})} \cdot 1 = 175 \text{ м/мин.}$$

#### 6.2.1.2. Расчет силы и мощности резания Ø84h14

$$P_z = 10 \times 300 \times 2,5^1 \times 0,52^{0,75} \times 175^{-0,15} \times 1,0 = 2116 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2,5^{0,9} \times 0,52^{0,6} \times 175^{-0,3} \times 1,0 = 795 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2,5^1 \times 0,52^{0,5} \times 175^{-0,4} \times 1,0 = 714 \text{ Н;}$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}]$$

$$N = \frac{2116 \cdot 175}{1020 \cdot 60} = 6 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{\text{расч}}$ :

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\max}} = \frac{1000 \cdot 175}{\pi \cdot 84} = 663 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{\text{пр}} = 630$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (6.6)$$

В нашем случае действительная скорость резания  $V_\partial$ :

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot 84 \cdot 630}{1000} = 166 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_\partial$ :

$$N_\partial = \frac{2116 \cdot 166}{1020 \cdot 60} = 5.7 \text{ кВт}$$

## 6.2.2. Обтачивание черновое Ø81.8h12

Глубина резания  $t=1.33$  мм.

По справочнику [1, табл. 14] определяем подачу  $S=0,23$  мм/об.

### 6.2.2.1. Расчет скорости резания Ø81.8h12

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V = \frac{340}{(60^{0,2} \cdot 1.33^{0,15} \cdot 0,23^{0,45})} \cdot 1 = 278 \text{ м/мин.}$$

### 6.2.2.2. Расчет силы и мощности резания Ø81.8h12

$$P_z = 10 \times 300 \times 2.55^1 \times 0,23^{0,75} \times 278^{-0,15} \times 1,0 = 1092 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2.55^{0,9} \times 0,23^{0,6} \times 278^{-0,3} \times 1,0 = 432 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2.55^1 \times 0,23^{0,5} \times 278^{-0,4} \times 1,0 = 910 \text{ Н;}$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ [кВт]} \quad (6.5)$$

$$N = \frac{1092 \cdot 278}{1020 \cdot 60} = 4,9 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 278}{\pi \cdot 81.8} = 1082 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя:  $n_{np} = 1000$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000}, \text{ м/мин.}$$

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot 81,8 \cdot 1000}{1000} = 256 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_{\delta}$ :

$$N_{\delta} = \frac{1092 \cdot 256}{1020 \cdot 60} = 4,6 \text{ кВт.}$$

### 6.2.3. Обтачивание полуступовое Ø80.5h9

Глубина резания  $t=1,39$  мм.

По справочнику [1, табл. 14] при радиусе при вершине резца 2 мм и требуемой шероховатости определяем подачу  $S=0,11$  мм/об.

#### 6.2.3.1. Расчет скорости резания Ø80.5h9

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V = \frac{340}{(60^{0,2} \cdot 1,39^{0,15} \cdot 0,11^{0,45})} \cdot 1 = 385 \text{ м/мин.}$$

#### 6.2.3.2. Расчет силы и мощности резания Ø80.5h9

$$P_z = 10 \times 300 \times 1,39^1 \times 0,11^{0,75} \times 385^{-0,15} \times 1,0 = 326 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 1,39^{0,9} \times 0,11^{0,6} \times 385^{-0,3} \times 1,0 = 146 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 1,39^1 \times 0,11^{0,5} \times 385^{-0,4} \times 1,0 = 144 \text{ Н;}$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ [кВт]}$$

$$N = \frac{326 \cdot 385}{1020 \cdot 60} = 2 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\max}} = \frac{1000 \cdot 385}{\pi \cdot 80,5} = 1523 \text{ об/мин},$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя:  $n_{np} = 1250$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000}, \text{ м/мин.}$$

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot 80,5 \cdot 1250}{1000} = 316 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_{\partial}$ :

$$N_{\partial} = \frac{326 \cdot 316}{1020 \cdot 60} = 1,6 \text{ кВт.}$$

#### 6.2.4. Шлифование Ø80f9

Глубина шлифования  $t=0,05$  мм, припуск на диаметр

Выбираем шлифовальный круг чашечный: 300x150x50

$$25A 25 K5 CM2 7 \text{ ГОСТ } 2424-83, \quad V_K = 35 \text{ м/с}$$

Тогда:

$$n_K = \frac{1000 \cdot V_K}{\pi D_K} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 300} = 2229 \text{ об/мин.}$$

Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [4, с. 301]:  $V_{заг} = 20$  м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 80} = 80 \text{ об/мин.}$$

Продольную подачу:

$$s = 0,3 \cdot V_{р.ч.круга} = 0,3 \cdot 0,8 \cdot l_{раб.заг} = 0,3 \cdot 30 \cdot 0,8 = 7,2 \text{ мм/об.}$$

Глубину резания выбираем по таблице 55 [4, с. 301]:  $t = 0,03$  мм на один двойной ход. Общее количество ходов

$$\Sigma = \frac{2Z_{\max}}{2t} + 2 = \frac{0,5}{2 \cdot 0,03} + 2 = 10.$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q$$

где значение коэффициента  $C_N$  и показателей степени по таблице 56 [4, стр. 303].

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

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,03^{0,85} \cdot 7,2^{0,7} = 2,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N < \eta \cdot N_{\text{треб}}$$

$$\eta = 0,9 - \text{КПД привода.}$$

$$N_{\text{треб}} = 2,5 / 0,9 = 2,8$$

### **6.3. Обработка внутренней поверхности фланца Ø105Н7**

#### **6.3.1. Растачивание черновое Ø101.3Н14**

Глубина резания  $t=3,7$  мм. Не обходимо обточивать за 2 прохода,

$$t_1 = 2,5 \text{ мм}, t_2 = 1,2 \text{ мм}, t_{\max} = 2,5 \text{ мм}$$

Выбираем резец по рекомендациям [2, стр.438]. Резец – расточный упорный резец Т15К6 ГОСТ18868-73

Размер державки резца: 16×25 мм. По справочнику [1, табл. 14] определяем подачу  $S=0,52$  мм/об.

### 6.3.1.1. Расчет скорости резания Ø101.3Н14

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V = \frac{340}{(60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,52^{0,45})} \cdot 1 = 175 \text{ м/мин.}$$

### 6.3.1.2. Расчет силы и мощности резания Ø101.3Н14

$$P_z = 10 \times 300 \times 2,5^1 \times 0,52^{0,75} \times 17^{-0,15} \times 1,0 = 3610 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2,5^{0,9} \times 0,52 \times 17^{-0,3} \times 1,0 = 1284 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2,5^1 \times 0,52 \times 17^{-0,4} \times 1,0 = 1206 \text{ Н}$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}]$$

$$N = \frac{3610 \cdot 175}{1020 \cdot 60} = 7,7 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 175}{\pi \cdot 102,04} = 409 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{пр} = 400$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{пр}}{1000}, \text{ м/мин.}$$

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot 101,3 \cdot 400}{1000} = 127 \text{ /мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_{\partial}$ :

$$N_{\partial} = \frac{3610 \cdot 127}{1020 \cdot 60} = 7,5 \text{ кВт.}$$

### 6.3.2. Растачивание черновое Ø103.1Н12

Глубина резания  $t=2$  м.

По справочнику [1, табл. 14] определяем подачу  $S=0,34\text{мм/об}$ .

### 6.3.2.1. Расчет скорости резания $\text{Ø}103.1\text{H}12$

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V = \frac{340}{(60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,34^{0,45})} \cdot 1 = 220\text{м/мин.}$$

### 6.3.2.2. Расчет силы и мощности резания $\text{Ø}103.1\text{H}12$

$$P_z = 10 \times 300 \times 2^1 \times 0,34^{0,75} \times 220^{-0,15} \times 1,0 = 1190 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2^{0,9} \times 0,34^{0,6} \times 220^{-0,3} \times 1,0 = 807 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2^1 \times 0,34^{0,5} \times 220^{-0,4} \times 1,0 = 457 \text{ Н};$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}]$$

$$N = \frac{1190 \cdot 220}{1020 \cdot 60} = 4,3 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{\text{расч}}$ :

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\text{max}}} = \frac{1000 \cdot 220}{\pi \cdot 103,45} = 677 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпиндел:  $n_{\text{пр}} = 630 \text{ об/мин}$ . Рассчитываем действительную

(уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{пр}}}{1000} = \frac{\pi \cdot 103,1 \cdot 630}{1000} = 204 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_{\text{д}}$ :

$$N_{\text{д}} = \frac{1190 \cdot 204}{1020 \cdot 60} = 4\text{кВт.}$$

### 6.3.3. Растачивание полустовое $\text{Ø}104.4\text{H}9$

Глубина резания  $t=1,17\text{мм}$ .

По справочнику [1, табл. 14] определяем подачу  $S=0,11 \text{ мм/об}$ .

### 6.3.3.1. Расчет скорости резания Ø104.4Н9

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V = \frac{340}{(60^{0,2} \cdot 1 \cdot 17^{0,15} \cdot 0,11^{0,45})} \cdot 1 = 374 \text{ м/мин.}$$

### 6.3.3.2. Расчет силы и мощности резания Ø104.4Н9

$$P_z = 10 \times 300 \times 1.17^1 \times 0,11^{0,75} \times 374^{-0,15} \times 1,0 = 276 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 1.17^{0,9} \times 0,11^{0,6} \times 374^{-0,3} \times 1,0 = 126 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 1.17^1 \times 0,11^{0,5} \times 374^{-0,4} \times 1,0 = 123 \text{ Н;}$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}]$$

$$N = \frac{276 \cdot 374}{1020 \cdot 60} = 1,7 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 374}{\pi \cdot 104,487} = 1140 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{пр} = 1000$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{\pi \cdot 104,4 \cdot 1000}{1000} = 328 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_{\delta}$ :

$$N_{\delta} = \frac{276 \cdot 328}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт.}$$

### 6.3.4. Шлифование Ø105Н7

Глубина шлифования  $t=0,57$  мм.

Выбираем шлифовальный круг чашечный: 50x25x25

25А 25 К5 СМ2 7 ГОСТ 2424-83,

$$V_k = 35 \text{ м/с}$$

Тогда:

$$n_k = \frac{1000 \cdot v_k}{\pi D_k} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 50} = 2229 \text{ об/мин.}$$

Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [4, с. 301]:  $V_{заг} = 20 \text{ м/мин.}$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 105} = 60 \text{ об/мин.}$$

Продольную подачу:

$$s = 0,3 \cdot V_{p.ч.к.р.у.г.а} = 0,3 \cdot 0,8 \cdot l_{раб.заг} = 0,3 \cdot 8 \cdot 0,8 = 1,92 \text{ мм/об.}$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q$$

где значение коэффициента  $C_N$  и показателей степени по таблице 56 [4, стр. 303].

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

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,03^{0,85} \cdot 1,92^{0,7} = 1 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N < \eta \cdot N_{треб}$$

$$\eta = 0,9 - \text{КПД привода.}$$

$$N_{треб} = 1/0,9 = 1,1$$

## 6.4. Обработка внутренней поверхности фланца Ø60Н7

### 6.4.1. Растачивание черновое Ø56.5Н14

Глубина резания  $t=3.9$  мм. Не обходимо обточивать за 2 прохода,  $t_1 = 2.5$ мм,  $t_2 = 1,4$ мм,  $t_{\max} = 2.5$ мм

Выбираем резец по рекомендациям [2, стр.438]. Резец – проходной Т15К6 ГОСТ18868-73

Размер державки резца: 16×25 мм. По справочнику определяем подачу  $S=0,52$ мм/об.

#### 6.4.1.1. Расчет скорости резания Ø56.5Н14

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V = \frac{350}{(60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,52^{0,35})} \cdot 1 = 170 \text{ м/мин.}$$

#### 6.4.1.2. Расчет силы и мощности резания Ø56.5Н14

$$P_z = 10 \times 300 \times 2,5^1 \times 0,52^{0,75} \times 170^{-0,15} \times 1,0 = 2095 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2,5^{0,9} \times 0,52^{0,6} \times 170^{-0,3} \times 1,0 = 793 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2,5^1 \times 0,52^{0,5} \times 170^{-0,4} \times 1,0 = 776 \text{ Н;}$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2095 \cdot 170}{1020 \cdot 60} = 5,8 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{\text{расч}}$ :

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\max}} = \frac{1000 \cdot 170}{\pi \cdot 57,24} = 946 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{\text{пр}} = 800$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 57.24 \cdot 800}{1000} = 143 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_d$ :

$$N_d = \frac{2095 \cdot 143}{1020 \cdot 60} = 4,9 \text{ кВт.}$$

## 6.4.2. Растачивание черновое Ø58.3Н12

Глубина резания  $t = 1.58 \text{ мм.}$

По справочнику [1, табл. 14] определяем подачу  $S = 0.34 \text{ мм/об.}$

### 6.4.2.1. Расчет скорости резания Ø58.3Н12

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V = \frac{350}{(60^{0.2} \cdot 1.58^{0.15} \cdot 0.34^{0.35})} \cdot 1 = 210 \text{ м/мин.}$$

### 6.4.2.1. Расчет силы и мощности резания Ø58.3Н14

$$P_z = 10 \times 300 \times 2.1^1 \times 0.34^{0.75} \times 210^{-0.15} \times 1,0 = 1258 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2.1^{0.9} \times 0.34^{0.6} \times 210^{-0.3} \times 1,0 = 499 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2.1^1 \times 0.34^{0.5} \times 210^{-0.4} \times 1,0 = 541 \text{ Н;}$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1258 \cdot 210}{1020 \cdot 60} = 4,3 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 210}{\pi \cdot 58.6} = 1141 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{np} = 1000 \text{ об/мин.}$  Рассчитываем действительную

(уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 58.6 \cdot 1000}{1000} = 184 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_d$ :

$$N_d = \frac{1258 \cdot 184}{1020 \cdot 60} = 3,8 \text{ кВт.}$$

### 6.4.3. Растачивание полуступовое Ø59.5Н9

Глубина резания  $t=1.28 \text{ мм.}$

По справочнику [1, табл. 14] определяем подачу  $S=0.11 \text{ мм/об.}$

#### 6.4.3.1. Расчет скорости резания Ø59.8Н9

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V = \frac{350}{(60^{0,2} \cdot 1.28^{0,15} \cdot 0.11^{0,35})} \cdot 1 = 322 \text{ м/мин.}$$

#### 6.4.3.1. Расчет силы и мощности резания Ø59.5Н9

$$P_z = 10 \times 300 \times 1.28^1 \times 0.11^{0.75} \times 322^{-0.15} \times 1,0 = 308 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 1.28^{0.9} \times 0.11^{0.6} \times 322^{-0.3} \times 1,0 = 80 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 1.28^1 \times 0.11^{0.5} \times 322^{-0.4} \times 1,0 = 143 \text{ Н;}$$

Мощность резания рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{308 \cdot 322}{1020 \cdot 60} = 1,6 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 322}{\pi \cdot 59.574} = 1721 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя:  $n_{пр} = 1600 \text{ об/мин.}$  Рассчитываем действительную

(уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{\pi \cdot 59.574 \cdot 1600}{1000} = 300 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_d$ :

$$N_0 = \frac{308 \cdot 300}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт.}$$

#### 6.4.4. Шлифование Ø60H7

Глубина шлифования  $t=0.5$  мм.

Выбираем шлифовальный круг чашечный: 50x25x25

25A 25 K5 CM2 7 ГОСТ 2424-83,

$$V_k = 35 \text{ м/с}$$

Тогда:

$$n_k = \frac{1000 \cdot v_k}{\pi D_k} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 50} = 13375 \text{ об/мин.}$$

Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [4, с. 301]:  $V_{заг} = 20$  м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 60} = 106 \text{ об/мин.}$$

Продольную подачу:

$$s = 0,3 \cdot V_{р.ч.круга} = 0,3 \cdot 0,8 \cdot l_{раб.заг} = 0,3 \cdot 30 \cdot 0,8 = 7,2 \text{ мм/об.}$$

Глубину резания выбираем по таблице 55 [4, с. 301]:  $t = 0,03$  мм на один двойной ход. Общее количество ходов

$$\Sigma = \frac{2Z_{\max}}{2t} + 2 = \frac{0,5}{2 \cdot 0,03} + 2 = 10.$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q$$

где значение коэффициента  $C_N$  и показателей степени по таблице 56 [4, стр. 303].

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

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^X \cdot s^Y \cdot d^q = 1,3 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,03^{0,85} \cdot 7,2^{0,7} = 2,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N < \eta \cdot N_{\text{треб}}$$

$\eta = 0,9$  – КПД привода.

$$N_{\text{треб}} = 2,5 / 0,9 = 2,8$$

## 6.5. Обработка внутренней поверхности фланца Ø22H14

### 6.5.1. Сверление центровочного отверстия Ø8H18 мм

Инструмент: центровое сверло Ø5А Р6М5

Глубина резания  $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм}$

Подача по таблице 25 [4, с.277]:  $S = 0,22 \dots 0,25 \text{ мм/об}$ . Принимаем по паспорту

$S = 0,23 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания 
$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 30 [4, с.279]:

$T = 45 \text{ мин}$ .

Значения коэффициентов:  $C_V = 9,8$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,5$  – определены по

таблице 28 [4, с.278].

Коэффициент  $K_V$ :

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

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

$$K_{MV} = K_G \cdot \left( \frac{750}{750} \right)^{n_V} = 1,0 \left( \frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1.$$

Значение коэффициента  $K_T$  и показатель степени  $n_V$  для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:  $K_T = 1,0$ ,  $n_V = 0,9$ .

По таблице 6 [4, с.263]  $K_{IV} = 1,0$ .

По табл. 31 [4, с.280]:  $K_{IV} = 1$ .

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

Скорость резания, формула (16):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 8^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,23^{0,5}} \cdot 1 = 21,46 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 21,46}{3,14 \cdot 8} = 854 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 800 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 800}{1000} = 20,1 \text{ м/мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

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

Значения коэффициентов:  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  – определены по таблице 32 [4, с. 281].

Коэффициент  $K_p = K_{MP} = 1,0$

Крутящий момент, формула (18):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,23^{0,8} \cdot 1,0 = 7,5 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

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

Значения коэффициентов:  $C_p = 68$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$  – определены по таблице 32 [4, с.281].

Осевая сила по формуле :

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 8^{1,0} \cdot 0,24^{0,7} \cdot 1,0 = 2003 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{kp} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{7,5 \cdot 800}{9750} = 0,6 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 1.5 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### 6.5.2. Сверление отверстия Ø20H14 мм

Материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

Глубина резания  $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ мм}$ .

Подача по таблице 25 [4, с.277]:  $S = 0,33 \dots 0,38 \text{ мм/об}$ . Принимаем по паспорту  $S = 0,35 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 30 [4, с.279]:

$T = 45 \text{ мин}$ .

Значения коэффициентов:  $C_v = 9,8$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,5$  – определены по таблице 28 [4, с.278].

Коэффициент  $K_v$  :

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

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^{0,9} = 1.$$

Значение коэффициента  $K_{\Gamma}$  и показатель степени  $n_v$  для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:  $K_{\Gamma} = 1,0$ ,  $n_v = 0,9$ .

По таблице 6 [4, с.263]  $K_{IV} = 1,0$ .

По табл. 31 [4, с.280]:  $K_{IV} = 1$ .

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

Скорость резания, формула :

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 20^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,35^{0,5}} \cdot 1 = 25,6 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 25,6}{3,14 \cdot 20} = 408 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 400 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 400}{1000} = 25,1 \text{ м/мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

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

Значения коэффициентов:  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  – определены по таблице 32 [4, с. 281].

Коэффициент  $K_p = K_{MP} = 1,0$

Крутящий момент, формула (18):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1,0 = 59 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Определяем осевую силу по формуле:

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

Значения коэффициентов:  $C_p = 68$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$  – определены по таблице 32 [4, с.281].

Осевая сила по формуле :

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 20^{1,0} \cdot 0,35^{0,7} \cdot 1,0 = 6522 \text{ Н}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{59 \cdot 400}{9750} = 2,4 \text{ кВт}$$

### 6.5.3. Растачивание окончательное Ø22H14

Глубина резания  $t=1\text{мм}$ .

Выбираем резец по рекомендациям [2, стр.438]. Резец – проходной Т15К6 ГОСТ18868-73

Размер державки резца: 16×25 мм. По справочнику определяем подачу  $S=0,52\text{мм/об}$ .

#### 6.5.3.1. Расчет скорости резания Ø22H14

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V = \frac{350}{(60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,52^{0,35})} \cdot 1 = 178 \text{ м/мин}.$$

#### 6.5.3.2. Расчет силы и мощности резания Ø22H14

$$P_z = 10 \times 300 \times 2,52^1 \times 0,7^{0,75} \times 178^{-0,15} \times 1,0 = 3782 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2,52^{0,9} \times 0,7^{0,6} \times 178^{-0,3} \times 1,0 = 3437 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2,52^1 \times 0,7^{0,5} \times 178^{-0,4} \times 1,0 = 1510 \text{ Н};$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{3782 \cdot 178}{1020 \cdot 60} = 11 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 178}{\pi \cdot 22.52} = 2517 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{пр} = 2000$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{\pi \cdot 22 \cdot 2000}{1000} = 138 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_{\delta}$ :

$$N_{\delta} = \frac{3782 \cdot 138}{1020 \cdot 60} = 2.5 \text{ кВт.}$$

## **6.6. Обработка наружной поверхности фланца Ø35h14**

### **6.6.1. Обтачивание окончательное Ø35h14**

Глубина резания  $t=3\text{мм}$ . Необходимо обточивать за 2 прохода,

$$t_1 = 2.5\text{мм}, t_2 = 0.5\text{мм}, t_{max} = 2.5\text{мм}$$

Глубина резания  $t=(d_{0.3} - d_{2.6})/2 = (39,2 - 34,38)/2 = 2,41$  мм.

Можно обточить за 1 проход,  $t_{max} = 2,41$  мм.

Выбираем резец по рекомендациям [2, стр.438]. Резец – проходной Т15К6 ГОСТ18868-73

Размер державки резца: 16×25 мм. По справочнику определяем подачу

$S=0,4\text{мм/об}$ .

#### **6.6.1.1. Расчет скорости резания Ø35h14**

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V = \frac{350}{(60^{0,2} \cdot 2,41^{0,15} \cdot 0,4^{0,35})} \cdot 1 = 179 \text{ м/мин.}$$

### 6.6.1.2. Расчет силы и мощности резания Ø35h14

$$P_z = 10 \times 300 \times 2,41^1 \times 0,4^{0,75} \times 179^{-0,15} \times 1,0 = 1670 \text{ Н;}$$

**Мощность резания** рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1670 \cdot 179}{1020 \cdot 60} = 4,9 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя**  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 179}{\pi \cdot 35} = 1627 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя:  $n_{пр} = 1600$  об/мин. Рассчитываем действительную

(уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 1600}{1000} = 175 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_d \approx 4,9$  кВт.

## 6.7. Нарезание резьбы М10-7Н в отверстиях

Сверление отверстия под резьбу М10-7Н: Ø8,5 мм, материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

Подача по таблице 25 [4, с.277]:  $S=0,22 \dots 0,25$  мм/об. Принимаем по паспорту  $S=0,24$  мм/об.

Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 30 [4, с.279]:

$T=45$ мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 9.8$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,5$  – определены по таблице 28 [4, с.278].

Коэффициент  $K_V$ :

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

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

$$K_{MV} = K_G \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^{n_v} = 1,0 \left(\frac{750}{750}\right)^{0,9} = 1.$$

Значение коэффициента  $K_G$  и показатель степени  $n_v$  для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:  $K_G = 1,0$ ,  $n_v = 0,9$ .

По таблице 6 [4, с.263]  $K_{ИV} = 1,0$ .

По табл. 31 [4, с.280]:  $K_{IV} = 1$ .

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

Скорость резания, формула:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 8,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,24^{0,5}} \cdot 1 = 23,46 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 23,46}{3,14 \cdot 8} = 933 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 800 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 800}{1000} = 20,1 \text{ м/мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p. \quad (18)$$

Значения коэффициентов:  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  – определены по таблице 32 [4, с. 281].

Коэффициент  $K_p = K_{MP} = 1,0$

Крутящий момент, формула (18):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,24^{0,8} \cdot 1,0 = 11,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Определяем осевую силу по формуле:

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

Значения коэффициентов:  $C_p = 68$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$  – определены по таблице 32 [4, с.281].

Осевая сила по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 8^{1,0} \cdot 0,24^{0,7} \cdot 1,0 = 2004 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{11,7 \cdot 800}{9750} = 0,96 \text{ кВт}$$

### 6.8. Сверление отверстия под резьбу М6-7Н

Диаметр отверстия под резьбу М6 – Ø5 мм, материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

Подача по таблице 25 [4, с.277]:  $S=0,15 \dots 0,20$  мм/об. Принимаем по паспорту  $S=0,18$  мм/об.

Скорость резания определяется по формуле:  $V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V$ ,

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 30 [4, с.279]:

$T=45$ мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 9.8$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,5$  – определены по таблице 28 [4, с.278].

Коэффициент  $K_V$ :

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

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

$$K_{MV} = K_G \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^{0,9} = 1.$$

Значение коэффициента  $K_G$  и показатель степени  $n_V$  для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:  $K_G = 1,0$ ,  $n_V = 0,9$ .

По таблице 6 [4, с.263]  $K_{IIV} = 1,0$ .

По табл. 31 [4, с.280]:  $K_{IV} = 1$ .

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

Скорость резания, формула:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,18^{0,5}} \cdot 1 = 22 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 22}{3,14 \cdot 6} = 1167 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{ст} = 1100 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 1100}{1000} = 20,7 \text{ м / мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

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

Значения коэффициентов:  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  – определены по таблице 32 [4, с. 281].

Коэффициент  $K_p = K_{MP} = 1,0$

Крутящий момент, формула:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6^2 \cdot 0,18^{0,8} \cdot 1,0 = 3,15 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

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

Значения коэффициентов:  $C_p = 68$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$  – определены по таблице 32 [4, с.281].

Осевая сила по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6^{1,0} \cdot 0,18^{0,7} \cdot 1,0 = 1228 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{3,15 \cdot 1100}{9750} = 0,35 \text{ кВт}$$

## 6.9. Подрезка торца фланца на длину 60h14

### 6.9.1. Обтачивание левого торца с размера 63h14 мм до размера 61.4h14 мм

Глубина резания  $t=(63 - 60,36)/2 = 2,64/2 = 1.82$  мм.

Выбираем резец по рекомендациям [2, стр.438]. Резец – проходной Т15К6 ГОСТ18868-73

Размер державки резца: 16×25 мм. По справочнику определяем подачу  $S=0,52$ мм/об.

#### 6.9.1.1 Расчет скорости резания

$$V = \frac{C_v}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_v = \frac{350}{(60^{0,2} \cdot 1,82^{0,15} \cdot 0,52^{0,35})} \cdot 1,47 = \frac{350}{(60^{0,2} \cdot 2,64^{0,15} \cdot 0,52^{0,35})} \cdot 1,47 = 262 \text{ м/мин.}$$

#### 6.9.1.2. Расчет силы и мощности резания при подрезке торцев

$$P_z = 10 \times 300 \times 1,82^1 \times 0,52^{0,75} \times 262^{-0,15} \times 1,0 = 1838 \text{ Н;}$$

*Мощность резания* рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1838 \cdot 262}{1020 \cdot 60} = 7.9 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем *число оборотов шпинделя*  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 262}{\pi \cdot 39.2} = 2129 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее меньшее число оборотов шпинделя:  $n_{пр} = 2000$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{\pi \cdot 110 \cdot 2000}{1000} = 691 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_d$ :

$$N_d = \frac{1838 \cdot 691}{1020 \cdot 60} = 10 \text{ кВт}$$

### 6.9.2 Обтачивание левого торца с размера 61,4h14 до размера 60h14

Глубина резания  $t=1.4$ мм.

По справочнику [1, табл. 14] определяем подачу  $S=0.23$  мм/об.

#### 6.9.2.1. Расчет скорости резания

$$V = \frac{C_v}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_v = \frac{350}{(60^{0.2} \cdot 1.4^{0.15} \cdot 0.23^{0.35})} \cdot 1 = 245 \text{ м/мин.}$$

#### 6.10.2.2. Расчет силы и мощности резания

$$P_z = 10 \times 300 \times 2.14^1 \times 0.23^{0.75} \times 245^{-0.15} \times 1,0 = 934 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 2.14^{0.9} \times 0.23^{0.6} \times 245^{-0.3} \times 1,0 = 383 \text{ Н;}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2.14^1 \times 0.23^{0.5} \times 245^{-0.4} \times 1,0 = 385 \text{ Н;}$$

Мощность резания рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{934 \cdot 245}{1020 \cdot 60} = 3.7 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 245}{\pi \cdot 39.2} = 1990 \text{ об/мин,}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя:  $n_{np} = 1600$  об/мин. Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 39.2 \cdot 1600}{1000} = 197 \text{ м/мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания  $N_d$ :

$$N_d = \frac{934 \cdot 197}{1020 \cdot 60} = 3 \text{ кВт.}$$

## 7. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### Токарно- винторезный станок модели 16К20

Основные данные: Размеры в мм

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной	Величина 400
над суппортом	220
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	1000
Шаг нарезаемой метрической резьбы	До 20
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5 – 1600
Число скоростей шпинделя	22
Подача суппорта, мм/об:	
Продольная	0,05-2,8
Поперечная	0,025 – 1,4
Число ступеней подач	22
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин:	
Продольного	4800
Поперечного	2400
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	10
Габаритные размеры (без ЧПУ):	
Длина	2505
Ширина	1190
Высота	1500
Масса, кг	2835

## Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Основные данные: Размеры в мм

<b>Основные параметры станка:</b>	
Наибольший диаметр сверления в стали 45, мм	25
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	60...700
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до плиты, мм	690...1060
Расстояние от оси вертикального шпинделя до направляющих стойки (вылет), мм	250
<b>Рабочий стол</b>	
Размеры рабочей поверхности стола, мм	400x450
Число Т-образных пазов	3
Наибольшее вертикальное перемещение стола (ось Z), мм	270
<b>Шпиндель</b>	
Наибольшее перемещение (установочное) шпиндельной головки, мм	170
Наибольшее перемещение (ход) шпинделя, мм	200
Перемещение шпинделя на одно деление лимба, мм	1.0
Перемещение шпинделя на один оборот маховичка-рукоятки, мм	122.46
Частота вращения шпинделя, об/мин	45...2000
Количество скоростей шпинделя	12
Наибольший допустимый крутящий момент, Нм	250
Конус шпинделя	Морзе 3
<b>Механика станка</b>	
Число ступеней рабочих подач	9
Пределы вертикальных рабочих подач на один оборот шпинделя, мм	0,1...1,6
Управление циклами работы	Ручное
Наибольшая допустимая сила подачи, кН	9
Динамическое торможение шпинделя	Есть
<b>Привод</b>	
Электродвигатель привода главного движения, кВт	22
Электронасос охлаждающей жидкости Тип	X14-22М
<b>Габарит станка</b>	
Габариты станка, мм	2350x785x915
Масса станка, кг	880

## Круглошлифовальный станок 3У113М

Основные данные: Размеры в мм

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:	
Диаметр	280
Длина	700
Рекомендуемый диаметр шлифования:	
Наружного	60
Внутреннего	30–100
Наибольшая длина шлифования:	
Наружного	710
Внутреннего	125
Высота центров над столом	185
Наибольшее продольное перемещение стола	700
Угол поворота стола, °:	
по часовой стрелке	3
против часовой стрелки	10
Скорость автоматического перемещения стола, м/мин	0,05 – 5
Частота вращения шпинделя заготовки, об/мин	40-400
Конус Морзе шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки	5; 4
Наибольшие размеры шлифовального круга:	
Наружный диаметр	600
Высота	50
Перемещение шлифовальной бабки:	
Наибольшее	290
на одно деление лимба	0,005
за один оборот толчковой рукоятки	0,001
Частота вращения шпинделя шлифовального круга, об/мин	
при наружном шлифовании	1112
при внутреннем шлифовании	16900
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	5,5
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):	
длина	5500
Ширина	2585
Высота	1982
Масса (с приставным оборудованием), кг	5960

## Круглошлифовальный станок ЗУ142

Основные данные: Размеры в мм

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:	
Диаметр	400
Длина	1000
Рекомендуемый диаметр шлифования:	
Наружного	80
Внутреннего	30–200
Наибольшая длина шлифования:	
Наружного	1000
Внутреннего	125
Высота центров над столом	240
Наибольшее продольное перемещение стола	1000
Угол поворота стола, °:	
по часовой стрелке	3
против часовой стрелки	8
Скорость автоматического перемещения стола, м/мин	0,05 – 5
Частота вращения шпинделя заготовки, об/мин	30-300
Конус Морзе шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки	5
Наибольшие размеры шлифовального круга:	
наружный диаметр	600
Высота	63
Перемещение шлифовальной бабки:	
Наибольшее	290
на одно деление лимба	0,005
за один оборот толчковой рукоятки	0,001
Частота вращения шпинделя шлифовального круга, об/мин	
при наружном шлифовании	1112
при внутреннем шлифовании	16900
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):	
длина	6310
Ширина	2585
Высота	1982
Масса (с приставным оборудованием), кг	7600

## 8. Расчет основного времени

Основное время для токарных операций определяем по формуле [4, стр. 603]:

$$T_o = L \cdot i / (n \cdot S), \text{ мин}$$

где  $L$  – расчётная длина обработки, мм;

$i$  – число рабочих ходов;

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

$S$  – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_g + l_{cx} + l_{nd},$$

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

$l_g$  – величина врезания инструмента, мм;

$l_{cx}$  – величина схода инструмента, мм;

$l_{nd}$  – величина подвода инструмента, мм.

Принимаем:  $l_{cx} = l_{nd} = 1$  мм.

Величина врезания инструмента:

$$l_{ep} = t / \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $t$  – глубина резания, мм;  $\varphi$  – главный угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{nd}) \cdot i / (n \cdot S),$$

**Основное время для токарной операции (1) :**

переход 2: подрезка торца

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) =$$

$$= \left( (116.5 - 52) / 2 + 2.62 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \right) \cdot 2 / (630 \cdot 0.52) =$$

$$= 0.225 \text{ мин}$$

переход 3: подрезка торца

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) =$$

$$= \left( (116.5 - 52) / 2 + 0.78 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \right) / (800 \cdot 0.34) =$$

$$= 0.13 \text{ мин}$$

переход 4: черновое обточивание

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) =$$

$$= 2 \left( 18.2 + 4.635 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \right) / (400 \cdot 0.52) =$$

$$= 0.24 \text{ мин}$$

переход 5: черновое обточивание

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 18.2 + 1.44 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \right) / (630 \cdot 0.23) =$$

$$= 0.15 \text{ мин}$$

переход 6: сверление центрального отверстия

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 7.5 + 4 / \operatorname{tg} 59^\circ + 1 + 1 \right) / (800 \cdot 0.23) =$$

$$= 0.065 \text{ мин}$$

Переход 7 : сверление отверстия

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 63 - 44.3 + 2 / \operatorname{tg} 59^\circ + 1 + 1 \right) / (400 \cdot 0.35) =$$

$$= 0.156 \text{ мин}$$

Переход 8 : растачивание отверстия

$$T_o = (l + t/\operatorname{tg}\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (62.35 + 2.2/\operatorname{tg}45^\circ + 1 + 1) / (800 \cdot 0.51) =$$

$$= 0.32 \text{ мин}$$

Переход9 : растачивание отверстия

$$T_o = (l + t/\operatorname{tg}\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (62.35 + 1.58/\operatorname{tg}45^\circ + 1 + 1) / (1000 \cdot 0.34) =$$

$$= 0.19 \text{ мин}$$

Переход10 : растачивание отверстия

$$T_o = (l + t/\operatorname{tg}\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (62.05 + 1.28/\operatorname{tg}45^\circ + 1 + 1) / (1600 \cdot 0.11) =$$

$$= 0.37 \text{ мин}$$

Переход11 : растачивание отверстия

$$T_o = (l + t/\operatorname{tg}\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (20.9 + 2.5/\operatorname{tg}45^\circ + 1 + 1) / (400 \cdot 0.52) =$$

$$= 0.24 \text{ мин}$$

Переход12: растачивание отверстия

$$T_o = (l + t/\operatorname{tg}\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (33.2 + 2/\operatorname{tg}45^\circ + 1 + 1) / (630 \cdot 0.34) =$$

$$= 0.17 \text{ мин}$$

Переход13 : растачивание отверстия

$$T_o = (l + t/\operatorname{tg}\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (34.45 + 1.17/\operatorname{tg}45^\circ + 1 + 1) / (1000 \cdot 0.11) =$$

$$= 0.342 \text{ мин}$$

переход 14: тачение фаски

$$T_o = (l + t/\operatorname{tg}\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (2 + 2/\operatorname{tg}45^\circ + 1 + 1) / (1000 \cdot 0.11) =$$

$$=0.054\text{мин}$$

**Основное время для токарной операции ( №2 ) :**

переход 2: подрезка торца

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 39.2 - 20 \right) / 2 + 1.82 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \cdot 1 / (2000 \cdot 0.52) =$$
$$=0.013\text{мин}$$

переход 3: подрезка торца

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 39.2 - 20 \right) / 2 + 1.4 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \cdot 1 / (1600 \cdot 0.23) =$$
$$=0.036\text{мин}$$

переход 4: растачивание отверстия

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 15 + 2 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \right) / (2000 \cdot 0.52) =$$
$$=0.019\text{мин}$$

переход 5: тачение фаски

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 1 + 0.5 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \right) / (2000 \cdot 0.52) =$$
$$=0.003\text{мин}$$

Переход6 : обтачивание поверхности

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 30.5 + 3.09 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \right) / (1600 \cdot 0.4) =$$
$$=0.056\text{мин}$$

Переход7 : обтачивание поверхности

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = \left( 37 + 3.935 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1 \right) / (630 \cdot 0.52) =$$
$$=0.13\text{мин}$$

Переход8 : обтачивание поверхности

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (52 + 1.33 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1) / (1000 \cdot 0.23) =$$
$$= 0.24 \text{ мин}$$

Переход9 : обтачивание поверхности

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (52 + 1.387 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1 + 1) / (1250 \cdot 0.11) =$$
$$= 0.4 \text{ мин}$$

**Основное время для вертикально-сверлильной операции (№3):**

Переход2 : сверление отверстия Ø8,5 мм

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (10.5 + 4.25 / \operatorname{tg} 59^\circ + 1 + 1) / (800 \cdot 0.24) =$$
$$= 0.08 \text{ мин}$$

Переход4: нарезание резьбы М10-7Н (с крупным шагом, т.е. с основным шагом, равным 1,5 мм)

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (10.5 + 18 + 15) / (160 \cdot 1.5) =$$
$$= 0.011 \text{ мин}$$

**Основное время для вертикально-сверлильной операции (№4):**

Переход2 : сверление отверстие

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (15.6 - 7.7 + 2.5 / \operatorname{tg} 59^\circ + 1 + 1) / (1100 \cdot 0.18) =$$
$$= 0.28 \text{ мин}$$

Переход3: нарезание резьбы М6-7Н (с шагом 1 мм)

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i / (n \cdot S) = (15.6 - 7.7 + 15 + 10) / (250 \cdot 1) =$$

=0.13 мин.

**Основное время для круглошлифовальной операции (№6):**

$$T_o = (l + t/tg\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot 10 / (n_{зад} \cdot S_{прод}) = (37 + 1 + 1) \times 10 / (106 \cdot 7,2) =$$

=0.5мин

**Основное время для круглошлифовальной операции (№7):**

Переход2:

$$T_o = (l + t/tg\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot 10 / (n \cdot S) = (37 + 1 + 1) \times 10 / (106 \cdot 7.2) =$$

=0.5мин

Переход3:

$$T_o = (l + t/tg\varphi + l_{cx} + l_{нд}) \cdot 10 / (n \cdot S) = (8 + 1 + 1) / (106 \cdot 0.03) =$$

=0.15мин

## 9. Расчёт штучно-калькуляционного времени

В серийном производстве определяется норма

штучно-калькуляционного времени  $T_{шт.к}$  [8, с. 101]

$$T_{шт.-к} = T_{шт} + T_{п.з} n;$$

Штучное время определяем по формуле [8, с.101]:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{отд},$$

Вспомогательное время определяем по формуле [8, с.101]:

$$T_{всп.} \approx 0.2 \text{ мин на каждый переход}$$

Оперативное время:  $T_{опер.} = T_o + T_v$ .

$$\text{Время на обслуживание: } T_{об} = 5\% \times t_{опер.}$$

Время на отдых:  $T_{отд} = 6\% \times t_{опер}$

$T_{п.з}$ -Подготовительно-заключительное время.

$n$ - количество деталей в настроечной партии,  $n = 450$  шт.

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к} = (T_{п.з} / 12000) + T_о + T_в + T_{о.т} .$$

### **Операция 1:**

$$T_о = 2.646 \text{ мин.}$$

$$T_{всп.} = 0.2 \times 15 = 3 \text{ мин}$$

$$T_{опер.} = 2.646 + 3 = 5.646 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 6\% \times 5.3479 = 0.34 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = 5\% \times 5.3479 = 0.28 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 2.646 + 3 + 0.32 + 0.27 = 6.236 \text{ мин.}$$

$$T_{п.з} = 30 \text{ мин.}$$

$$T_{шт.к} = 30 / 450 + 6.236 = 6.3 \text{ мин.}$$

### **Операция 2:**

$$T_о = 0.9 \text{ мин.}$$

$$T_{всп.} = 0.2 \times 10 = 2 \text{ мин.}$$

$$T_{опер.} = 0.9 + 2 = 2.9 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 6\% \times 2.9 = 0.17 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = 5\% \times 2.9 = 0.15 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0.9 + 2 + 0.17 + 0.15 = 3.2 \text{ мин.}$$

$$T_{п.з} = 30 \text{ мин.}$$

$$T_{шт.к} = 30 / 450 + 3.2 = 3.3 \text{ мин.}$$

### **Операция 3:**

$$T_o = 0.15 \text{ мин.}$$

$$T_{всп.} = 0.2 \times 5 = 1 \text{ мин.}$$

$$T_{опер.} = 0.15 + 1 = 1.15 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 6\% \times 1.15 = 0.07 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = 5\% \times 1.15 = 0.06 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0.15 + 1 + 0.07 + 0.06 = 1.28 \text{ мин.}$$

$$T_{п.з} = 30 \text{ мин.}$$

$$T_{шт.к} = 30 / 450 + 1.28 = 1.35 \text{ мин.}$$

### **Операция 4:**

$$T_o = 0.68 \text{ мин.}$$

$$T_{всп.} = 0.2 \times 4 = 0.8 \text{ мин.}$$

$$T_{опер.} = 0.68 + 0.8 = 1.48 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 6\% \times 1.48 = 0.09 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = 5\% \times 1.48 = 0.07 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0.68 + 0.8 + 0.09 + 0.07 = 1.64 \text{ мин.}$$

$$T_{п.з} = 30 \text{ мин.}$$

$$T_{шт.к} = 30 / 450 + 1.64 = 1.7 \text{ мин.}$$

### **Операция 6:**

$$T_o = 1.5 \text{ мин.}$$

$$T_{всп.} = 0.2 \times 2 = 0.4 \text{ мин.}$$

$$T_{опер.} = 1.5 + 0.4 = 1.9 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 6\% \times 1.9 = 0.1 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = 5\% \times 1.9 = 0.1 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 1.5 + 0.4 + 0.1 + 0.1 = 2.1 \text{ мин.}$$

$$T_{п.з} = 30 \text{ мин.}$$

$$T_{шт.к} = 30 / 450 + 2.1 = 2.2 \text{ мин.}$$

### **Операция 7:**

$$T_o = 1.05 \text{ мин.}$$

$$T_{всп.} = 0.2 \times 3 = 0.6 \text{ мин.}$$

$$T_{опер.} = 1.05 + 0.6 = 1.65 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 6\% \times 1.65 = 0.1 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = 5\% \times 1.65 = 0.08 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 1.05 + 0.6 + 0.1 + 0.08 = 1.83 \text{ мин.}$$

$$T_{п.з} = 30 \text{ мин.}$$

$$T_{шт.к} = 30 / 450 + 1.83 = 1.9 \text{ мин.}$$

## II. Конструкторский раздел

### 1. Габаритные размеры разжимной оправки

$D=59.5 \text{ mm}$ .

Следующие условия должны быть выполнены:

$S_{\max} \leq 0.2 \text{ mm}$ ,

где  $S_{\max}$  - наибольший зазор между поверхностью отверстия заготовки и поверхностью оправки.  $S_{\max} = 0,2 \text{ мм}$ .

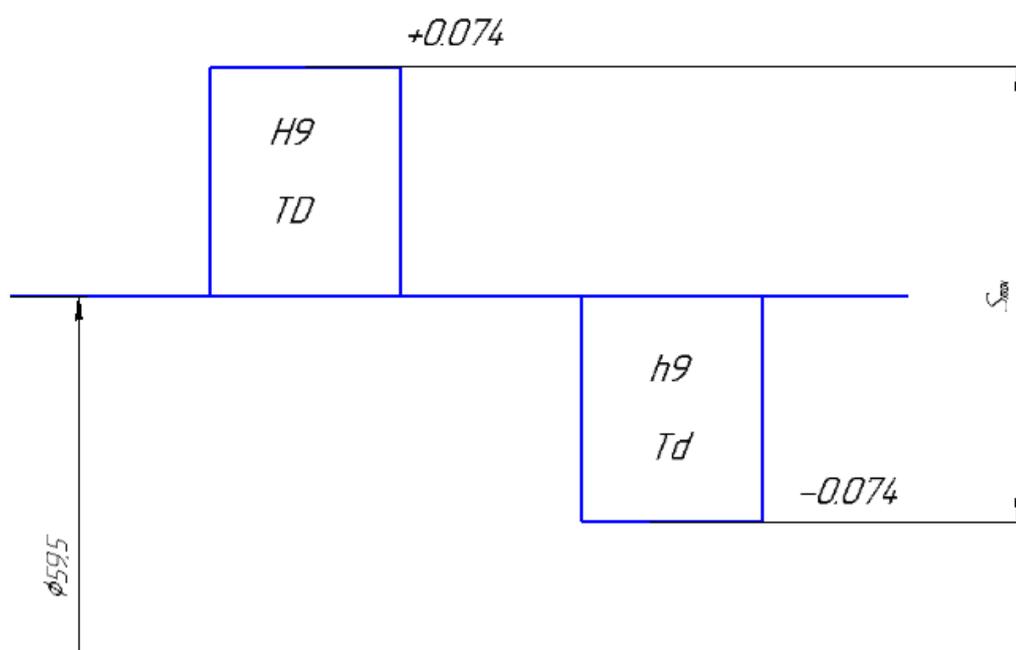


Рис. 1.1. Зоны допусков оправки (Td) и заготовки (TD)

Для разжимной оправки максимальный зазор должен быть менее 0,2 мм.

$$S_{\max} = T_D + t_d = 0.074 + 0.074 = 0.158 \text{ mm}.$$

$0.158 \leq 0.2$ . Условие выполнено. Присвоение габаритных размеров фланцевой разжимной самоцентрирующей оправки кулачкового типа по ГОСТ 17531-72.

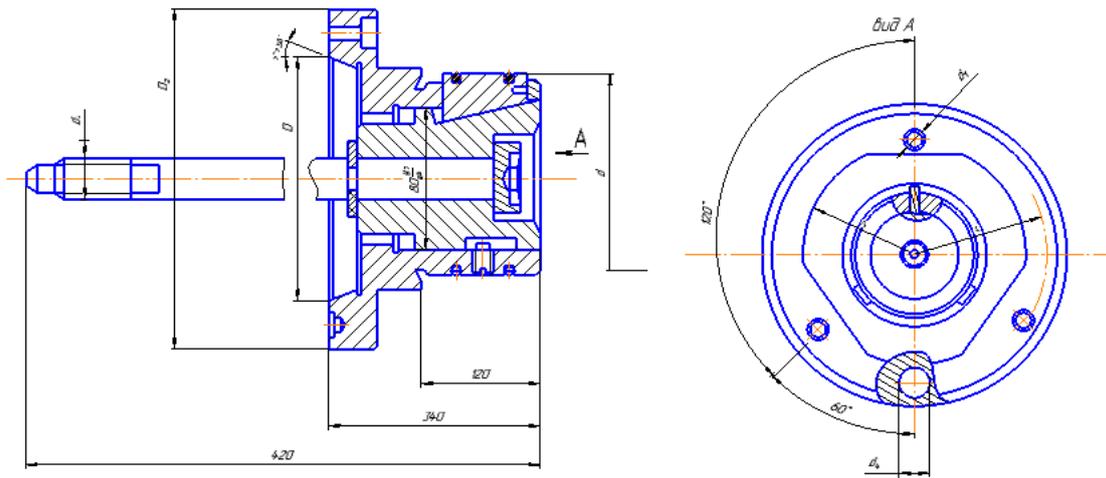


Рис.1. 2. Параметры оправки

Таблица 1.1. Размер оправки фланца

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>
	номинальное	Предельное отклонение									
59.5	82,5 63	+0,004 -0,006	350	100	130	100	104,8 ±0,2	11	M16	16,3 +0,1	155

## 2. Расчет моментов сил резания и трения

Усилие закрепления заготовки на оправке необходимо рассчитывать для случая, когда крутящий момент от резания будет наибольший. Поскольку проектируемая разжимная оправка будет использоваться не только при шлифовании наружной поверхности  $\varnothing 80f9$ , но и в второй, черновой, операции, то для этой операции крутящий момент будет больше.

Во второй операции глубина резания при черновой обточке  $\varnothing 84h14$  и  $\varnothing 111,7h14$  с одной и той же подачей будет примерно одинакова, поэтому сила  $P_z$  будет примерно одинакова. Однако наибольший диаметр, а значит и крутящий момент, будет больше при черновой обточке  $\varnothing 111,7h14$ , поэтому для этого перехода выполняем расчёт усилия закрепления заготовки на разжимной оправке.

В разделе «Расчёт режимов резания» находим, что наибольшая тангенциальная сила на рассматриваемом переходе  $P_{z \max} = 2970 \text{ Н}$ .

При обработке детали момент трения от закрепления на оправке должен быть больше момента от резания:  $M_{\text{трения}} > M_{\text{рез}}$

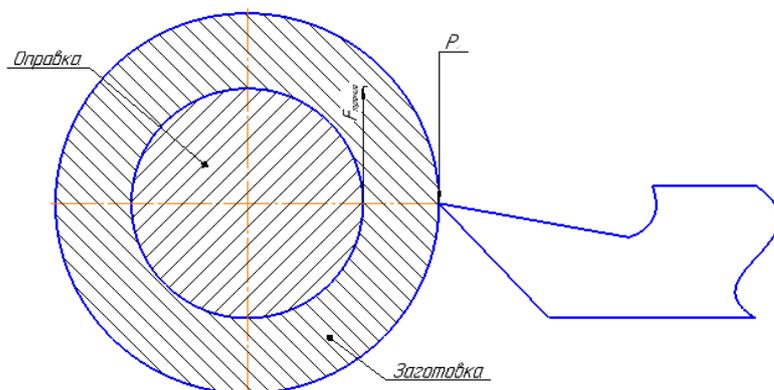


Рис. 2.1. Схема сил, действующих на заготовку, закреплённую на оправке

Момент силы резания можно рассчитать по следующей формуле:

$$M_{\text{рез,мах}} = P_{z,\text{мах}} \cdot \frac{D_{\text{заг,мах}}}{2}$$

$$M_{\text{рез,мах}} = 2970 \cdot \frac{0.1165}{2} = 173 \text{ [Н} \cdot \text{м]}.$$

Момент трения рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{трение}} = F_{\text{трения}} \cdot \frac{d_{\text{оправка}}}{2},$$
$$F_{\text{трения}} \cdot \frac{d_{\text{оправка}}}{2} > P_{z,\text{мах}} \cdot \frac{D_{\text{заг,мах}}}{2}.$$

Сила трения:  $F_{\text{трения}} = N \cdot f$ . Тогда:

$$N \cdot f \cdot \frac{d_{\text{оправка}}}{2} > P_{z,\text{мах}} \cdot \frac{D_{\text{заг,мах}}}{2}$$

Требуемая нормальная сила при закреплении, предохраняющая от проворота

заготовки на оправке:  $N > P_{z,\text{мах}} \cdot \frac{D_{\text{заг,мах}}}{d_{\text{оправки}} \cdot f}$ ,

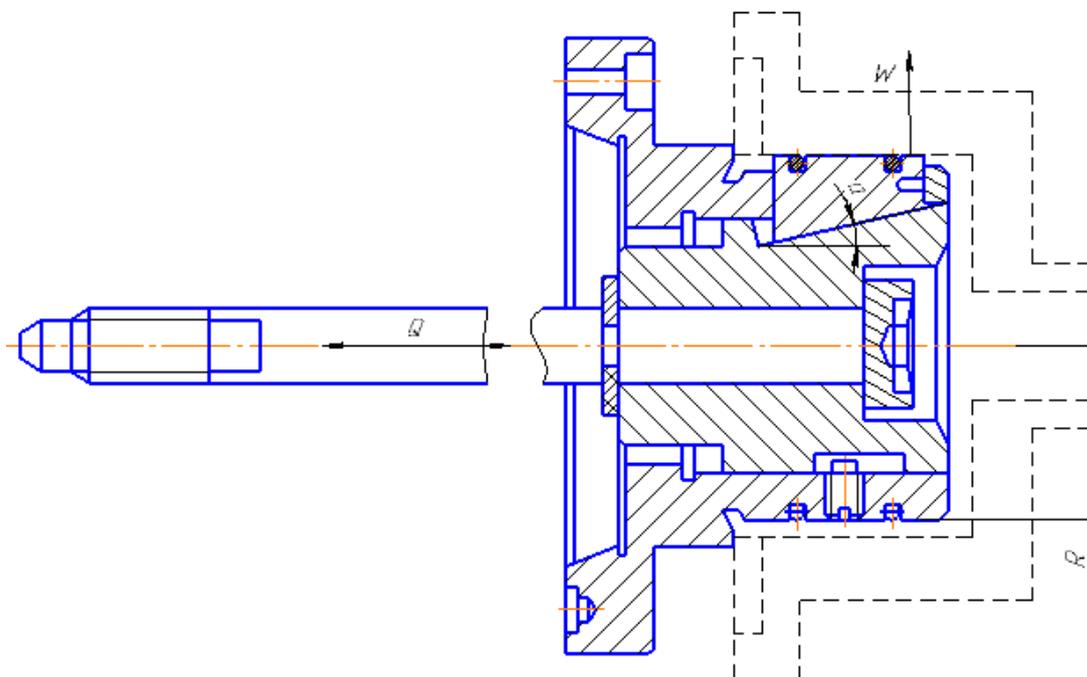
где  $f$  - коэффициент трения. При контакте сталь по стали  $f=0.15$ ;

номинальный диаметр оправки должен быть равен номинальному диаметру

отверстия после полустойковой расточки в первой операции  $d_{\text{оправки}}=59,5$  мм.

$$N > 2970 \cdot \frac{0.1165}{0.0595 \cdot 0.15} = 57667 \text{ [Н]}$$

### 3. Расчет осевой силы на оправке



$$W_{\text{сумма}} \cdot f \cdot R = K \cdot M_{\text{рез}}; W_{\text{заж}} = \frac{M_{\text{рез}} \cdot K}{f \cdot R}; W = \frac{W_{\text{сумма}}}{Z},$$

где  $W_{\text{сумма}}$  – нормальная сила зажима для всех кулачков;  $W$  – сила зажима для одного кулачка;  $Z$  – количество кулачков;  $R$  – радиус отверстия:

$$R = \frac{D_{\text{отверстия}}}{2} = \frac{59,5}{2} = 29,75 \approx 30 \text{ mm}$$

$f$  – коэффициент трения  $f = 0.15$

$K$  – коэффициент запаса от проворота:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Где:  $K_0 = 1,5$  – минимальный (гарантированный) коэффициент запаса;

$K_1 = 1,2$  – учитывает увеличение сил резания из-за погрешности формы поверхности заготовки. При черновой обработке после штамповки это очень вероятно;

$K_2 = 1$  – увеличение силы резания из-за изношенного инструмента;

$K_3 = 1$  – увеличение сил резания при прерывистом резании;

$K_4 = 1,3$  – коэффициент, характеризующий силу, развиваемую зажимным механизмом у механизированных приводов;

$K_5 = 1$  – коэффициент, который характеризует эргономику немеханизированного зажима;

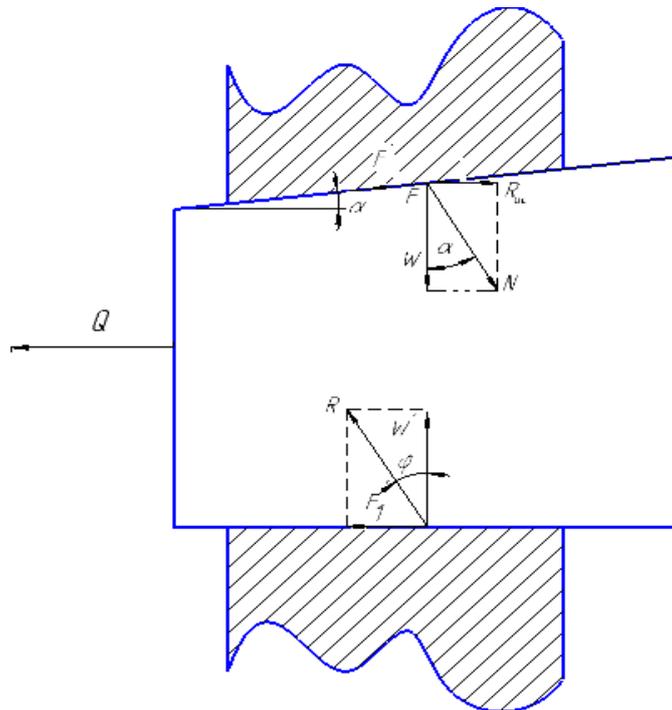
Следовательно,  $K = 2,34$ . Выбираем приемлемое значение для коэффициента запаса усилия закрепления:  $K_{\text{принят}}=2,5$ .

Общая сила зажима для всех кулачков может быть рассчитана по следующей формуле

$$W_{\text{сумма}} = \frac{M_{\text{рез}} \cdot K}{f \cdot R} = \frac{173 \cdot 2,5}{0,15 \cdot 0,03} = 96 [\text{кН}]$$

Затем мы находим усилие зажима для каждого кулачка:  $W = \frac{96}{3} = 32 [\text{кН}]$

#### 4. Расчет самоторможения клина



$$F' + F_1 \geq R_{\text{о.д.}}$$

Сила трения клина:  $F = N \cdot f = W \frac{\text{tg} \varphi}{\cos \alpha}$ .

Горизонтальную составляющую силы трения находим по формуле:  $F' = W \cdot f$ .

Величина нормальной реакции на основе клина:  $W' = W \cdot (1 + tg\alpha \cdot tg\varphi)$

Сила трения на основе клина:  $F_1 = W' \cdot tg\alpha$

Сила обратного действия (для раскрепления заготовки):  $R_{o.д.} = W \cdot tg\alpha$ .

Для самоторможения клина:  $\alpha < 2\varphi$

Коэффициент запаса для самотормозящегося клина:  $K = \frac{2tg\varphi}{tg\alpha}$

Затем находим угол наклона клина:  $tg\alpha = \frac{2tg\varphi}{K} = \frac{2 \cdot 0.15}{2.5} = 0.12$ .

$\alpha = arctg 0.12 = 6.8 = 6^\circ 48'$ .

Рассчитываем силу трения по формуле:

$$F = W \cdot \frac{tg\varphi}{\cos\alpha} = 15.44 \cdot \frac{0.15}{\cos 6^\circ 48'} = 2.33 \text{ [кН]}$$

Рассчитываем нормальную силу закрепления при клиновом механизме:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{2.33}{0.15} = 15.53 \text{ [кН]}$$

Силу для обратного перемещения (для раскрепления заготовки) можно рассчитать по следующей формуле:

$$R_{af} = W \cdot tg\alpha = 15.44 \cdot 0.12 = 1.85 \text{ [кН]}$$

Горизонтальная составляющая силы трения клина:

$$F' = W \cdot f = 15.44 \cdot 0.15 = 2.31 \text{ [кН]}$$

Значение нормальной реакции на основе клина:

$$W' = W \cdot (1 + tg\alpha \cdot tg\varphi) = 15.44 \cdot (1 + 0.12 \cdot 0.15) = 15.71 \text{ [кН]}$$

Сила трения на основе клина:

$$F_1 = W' \cdot tg\varphi = 15.71 \cdot 0.15 = 2.35 \text{ [кН]}$$

Проверяем условие равновесия клина по формуле:

$$F' + F_1 \geq R_{af}$$

$$2.31 + 2.35 \geq 1.85$$

4.66  $\geq$  1.85 - условие выполнено.

Проверка самоторможения клина по формуле:  $\alpha < 2 \cdot \varphi$

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

6° 48' < 17° - условие выполнено.

Требуемая **осевая сила** пневмопривода для закрепления заготовки рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{треб}} = W_{\text{сумма}}(\text{tg}\alpha + 2\text{tg}\varphi).$$

$$Q_{\text{треб}} = 46.33(0.12 + 2 \cdot 0.15) = 19.458 \text{ кН}.$$

Осевая сила на штоке выбранного пневмопривода (мембранного типа):

$$Q_{\text{поршня}} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot P = \frac{3.14 \cdot (0.25)^2}{4} \cdot 0.4 = 19635 \text{ Н} = 19.63 \text{ кН}$$

где D - диаметр поршня (мы приняли D = 250 мм из справочника).

P - давление воздуха в сети  $P = 0.4 \text{ МПа} = 0.4 \text{ Н/мм}^2 = 0.4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ .

Следовательно

$$Q_{\text{поршня}} = 19,633 \text{ кН} > Q_{\text{треб}} = 19,458 \text{ кН}$$

### Расчет резьбы на тяге плунжера оправки

Материал винта - Сталь 35; При  $[\sigma_{\text{в}}] = 100 \text{ МПа}$

$$\sigma = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \cdot K_{\text{запаса}} < [\sigma_{\text{в}}] = 100 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{запаса}} = 1.5$$

$$D = 12.88 \text{ мм}$$

т.е. на штоке пневмомембраны и на тяге можно использовать резьбу М14-8g.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158Л51	Ю Цзяньюй

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материально-технические ресурсы: компьютер (35000р); энергетические ресурсы: электрическая энергия (2,39р/КВт).</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>30% премии; 20% надбавки; 13,5% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30%</i>

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

1. <i>Анализ конкурентных технических решений</i>	<i>Составление таблицы оценочной конкурентоспособности, составление многоугольника конкурентоспособности, SWOT-анализ</i>
2. <i>Планирование проекта</i>	<i>Продолжительность каждого этапа проекта, составление графика Ганта</i>
3. <i>Формирование бюджета на затраты проекта</i>	<i>Расчет затрат на материальные расходы, основную и дополнительную зарплату, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы</i>
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности</i>

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

1. <i>Многоугольник конкурентоспособности</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Дерево целей</i>
4. <i>График Ганта</i>

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

--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ШБИП.	Скаковская Наталья Вячеславовна	к.ф.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
158Л51	Ю Цзяньюй		

### **III. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

#### **1. Анализ конкурентных технических решений**

Анализ конкурентных технических решений помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Для этого составлена оценочная карта (таблица 1.1).

Объектом анализа являются параметры виброисточников различных фирм.

*Методика оценки конкурентоспособности:*

- ✓ Определить критерии конкурентоспособности, по которым будет производиться оценка
- ✓ Составить оценочную таблицу «Оценка конкурентоспособности экспертом» (таблица 8.1.1)
- ✓ Определить оценочную шкалу факторов конкурентоспособности (1-10-бальная шкала)
- ✓ Прописать по какому признаку будет присваиваться тот или иной балл
- ✓ Определить оценочную шкалу важности фактора (1-5-бальная шкала)
- ✓ Прописать по какому признаку будет присваиваться тот или иной балл
- ✓ Расставить баллы по всем факторам и по важности факторов
- ✓ Рассчитать весовой коэффициент по каждому фактору
- ✓ Умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую оценку эксперта

✓ По результатам расчетов сделать выводы и построить многоугольник конкурентоспособности (рисунок 8.1.1)

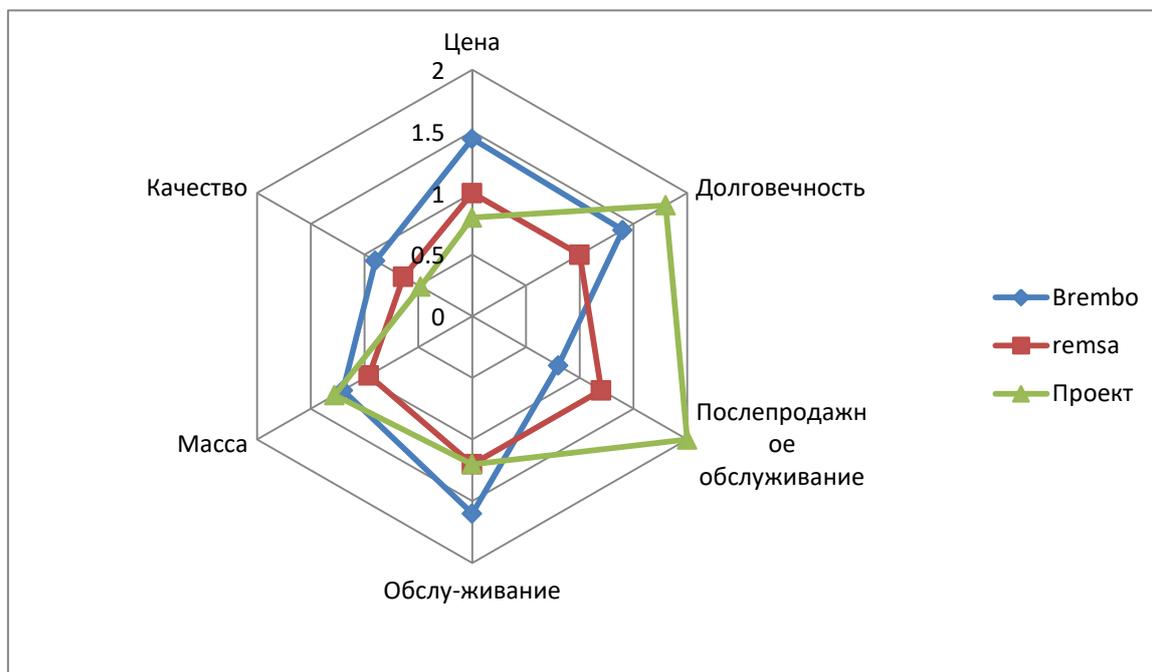


Рисунок 1.1 – Многоугольник конкурентоспособности

Таблица 1.1 – Оценка конкурентоспособности

№ п/п	Товары конкуренты	Факторы конкурентоспособности товаров						Итоговая оценка
		Цена	Долговечность	Послепродажное обслуживание	Обслуживание	Масса	Качество	
1	«Brembo»	9/1,44	6/1,4	4/0,8	8/1,6	10/1,2	7/0,9	7
2	«remsa»	6/1	5/1	6/1,2	6/1,2	6/0,96	8/0,64	6,16
3	Проект	5/0,8	9/1,8	10/2	6/1,2	8/1,28	6/0,48	7,33
	$b_j$	4	5	5	5	4	2	25
	$w_j$	0,16	0,2	0,2	0,2	0,16	0,08	-

В ходе оценки конкурентоспособности проекта было выявлено, что проект уступает продукции некоторых конкурентов по техническим характеристикам (цена, качество, масса, обслуживание), но при этом имеет свои преимущества перед ними (долговечность, послепродажное

обслуживание). В целом проект имеет достаточно высокие показатели для успешной конкуренции с другими производителями виброустройств.

## 2. SWOT-анализ проекта

В качестве оценки сильных и слабых сторон проекта как во внутренней, так и во внешней среде прибегают к составлению SWOT-матрицы (таблица 2.1).

Задача SWOT-анализа — дать структурированное описание ситуации, относительно которой нужно принять какое-либо решение. Выводы, сделанные на его основе, носят описательный характер без рекомендаций и расстановки приоритетов.

Таблица 2.1 – SWOT-анализ проекта

	Внутренние факторы	
	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
Внешние факторы	<p>1. Наличие современного программного продукта</p> <p>2. Наличие опытного руководителя</p> <p>3. Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p>1. Высокая стоимость оборудования</p> <p>2. Отсутствие квалифицированного персонала.</p> <p>3. Низкая безопасность</p>
	<p><b>Возможности:</b></p> <p>1. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>2. Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области;</p>	<p>При наличии вышеперечисленных достоинств мы имеем большой потенциал для получения деталей с высокими эксплуатационными свойствами.</p> <p>Повышение цен на металлообрабатывающее оборудование;</p> <p>Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.</p>
	<p><b>Угрозы:</b></p> <p>1. Появление новых технологий</p> <p>2. Малый спрос</p>	<p>Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.</p> <p>Расширение области применения за счет развития новых технологий</p>

Поле СИВ (пересечение сильных сторон и возможностей) показывает, необходимо использовать сильные стороны 1,2 (наличие современного

программного продукта и наличие опытного руководителя ), чтобы получить отдачу от возможностей во внешней среде.

Поле СЛВ (пересечение слабых сторон и возможностей) показывает, за счет возможности 2 (Сотрудничеств о с зарубежными профессорами в этой области )сможет преодолеть имеющиеся слабости.

Поле СИУ (пересечение сильных сторон и угроз) показывает, необходимо использовать сильную сторону 3(Наличие бюджетного финансирования) для устранения угроз.

Поле СЛУ (пересечение слабых сторон и угроз) показывает, необходимо избавиться от слабых сторон 1,2 (высокая стоимость оборудования и отсутствие квалифицированного персонала), чтобы попытаться предотвратить нависшую угрозу.

Данные рекомендации по применению SWOT-анализа позволяют не только выявить основные минусы проекта, но и выявляет сильные стороны, способные повлиять на их возможное устранение, повышая конкурентоспособность проекта.

### **3. Планирование проекта**

Планирование работ позволяет распределить обязанности между исполнителями проекта, рассчитать заработную плату сотрудников, а также гарантирует реализацию проекта в срок.

Составим дерево целей проекта, учитывая все этапы работ, входящие в его реализацию (рисунок 8.3.1).

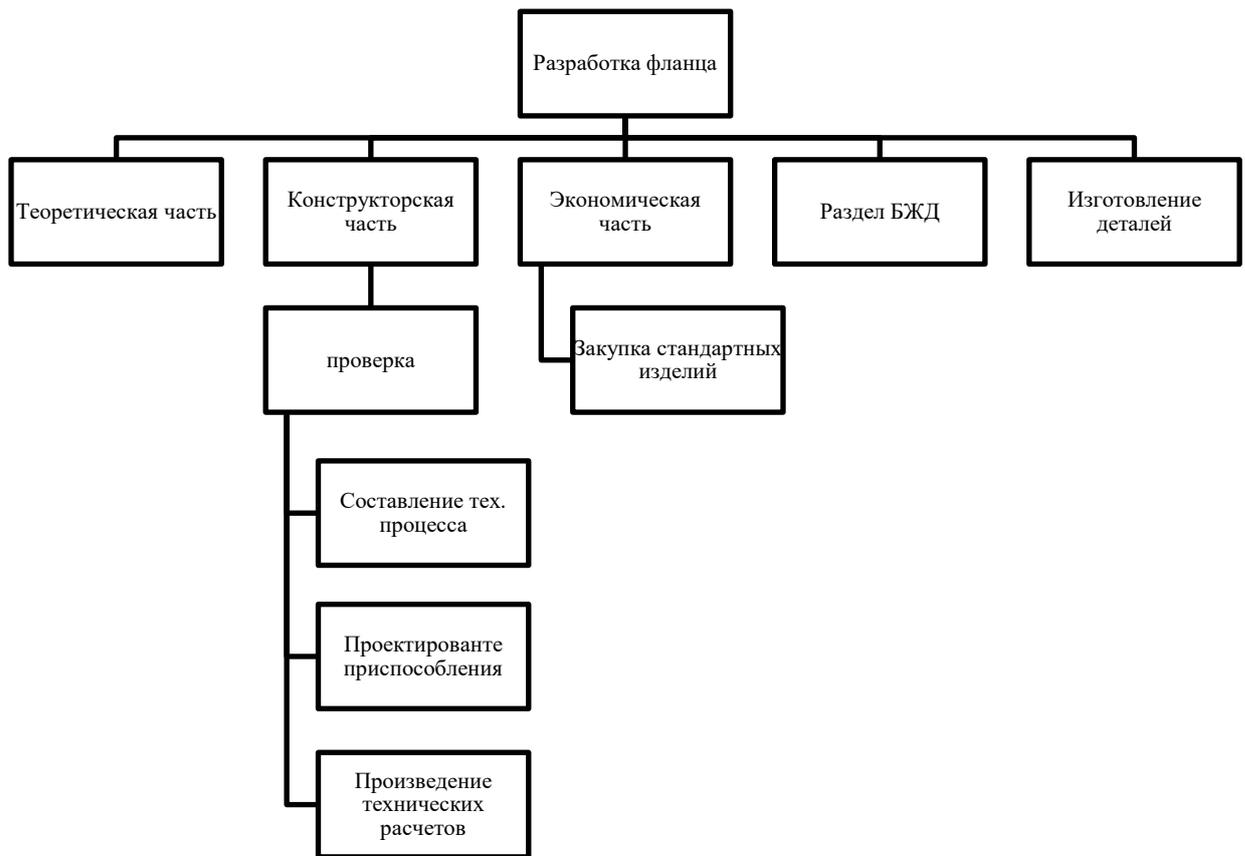


Рисунок 3.1 – Дерево целей

На основании дерева целей проекта составим табличную модель, определим основные параметры каждой работы проекта: ее номер, наименование, продолжительность, требуемые ресурсы для ее выполнения (таблица 3.1).

В данной работе проектная организация состоит из четырех типов сотрудников: менеджер, студент, преподаватель и рабочие.

Таблица 3.1 – Работы при реализации проекта

Номер	Наименование	Продолжительность, дней	Ресурсы
1	Разработка эскиза	4	Студент
2	Произведение технических расчетов	5	Студент
3	Проектирование приспособления	4	Студент
4	Составление тех.процесса	3	Студент
5	Проверка	2	Преподаватель
6	Экономическая часть	2	Преподаватель
7	БЖД	2	Преподаватель
8	Закупка стандартных изделий	3	Менеджер
9	Изготовление деталей	4	Рабочие

На основании составленной табличной модели построим график Ганта (таблица 3.2).

График Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по разрабатываемому проекту представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работы.



#### 4. Бюджет затрат на реализацию проекта

При планировании бюджета необходимо учесть все виды расходов, которые связаны с его выполнением. Для формирования бюджета проекта используется следующая группа затрат:

- материальные затраты проекта;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

##### 4.1. Расчет материальных затрат проекта

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, покупные материалы, канцелярские принадлежности, картриджи и т.п.

Таблица 4.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы <i>Z<sub>м</sub>, руб</i>
Краска для принтера	шт.	1	550	550
Бумага для принтера А4 (500 листов)	Пачка	2	190	380
Ручка шариковая	шт.	5	25	125
Карандаш чертежный	шт.	4	20	80
Разжимная оправка	шт.	1	2000	2000
Токарно-винторезный станок16К20	шт.	1	1365000	624000
Вертикально-сверлельный станок2Н125	шт.	1	568000	568000
Круглошлифовальный станок 3А110В	шт.	1	130000	130000
Штангенциркуль	шт.	1	1010	1010
Нутрометр	шт.	1	6350	6350
<b>Итого, руб</b>				<b>1332495</b>

В сумме материальные затраты составили 1 332 495 рублей. Цены взяты средние по городу Томску.

#### 4.2. Заработная плата исполнителей проекта

Статья включает в себя основную заработную плату  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительную заработную плату  $Z_{\text{доп}}$ :

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}.$$

Дополнительная заработная плата составляет 12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ .

Основная заработная плата работника:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, раб. дн. (таблица 3.1);

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

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 28 раб. дней  $M=11$  месяцев, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб. дней  $M=10$  месяцев, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

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

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,135).

Расчет заработной платы конструктора (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 18000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 35100 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{35100 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1755 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1755 \cdot 13 = 22815 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 22815 = 3080 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы технолога (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 19000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 37050 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{37050 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1852,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1852,5 \cdot 17 = 31495,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 31495,5 = 4251,5 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы менеджера (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 20000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 39000 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{39000 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1950 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1950 \cdot 10 = 19500 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 19500 = 2632,5 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы рабочего (шестидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{29250 \cdot 10}{365 - 117 - 56} = 1523,44 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1523,44 \cdot 10 = 15234,4 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 15234,4 = 2056,6 \text{ руб.}$$

Таблица 4.2.1 – Расчет заработной платы работников

Исполнитель проекта	$Z_{\text{тс}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$k_{\text{д}}$	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	Итого, руб.
Конструктор	18000	0,3	0,2	1,3	35100	1755	13	22815	0,135	3080	25895
Технолог	19000				37050	1852,5	17	31495,5		4251,5	35747
Менеджер	20000				39000	1950	10	19500		2632,5	22132,5
Рабочий	15000				29250	1523,44	10	15234,4		2056,6	17291

### 4.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя установленные законодательством РФ нормы органов государственного социального страхования (ФСС), пенсионный фонд (ПФ) и медицинское страхование (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

В таблице 14 представлены результаты по расчету отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей проекта.

Таблица 4.3.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель проекта	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Студент	22815	3080
Преподаватель	31495,5	4251,5
Менеджер	19500	2632,5
Рабочий	15234,4	2056,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Конструктор	7768,5	
Технолог	10724,1	
Менеджер	6639,8	
Рабочий	5187,3	

#### 4.4. Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Накладные расходы

$$Z_{\text{нак}} = (\text{сумма статей 1} \div 3) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем в размере 16%.

$$Z_{\text{нак}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{з}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16$$

$$Z_{\text{нак}} = (1332495 + 101065,5 + 30319,7) \cdot 0,16 = 234220 \text{руб.}$$

## 5. Формирование затрат на реализацию проекта

Определение бюджета на проект приведено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Бюджет затрат на проектирование закалочной установки

Наименование	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты проекта	1332495	88,29
2. Затраты по основной зарплате	89044,9	5,89
3. Затраты по дополнительной зарплате	12020,6	0,8
4. Отчисления во внебюджетные фонды	30319,7	2,01
5. Накладные расходы	45401,63	3,01
Бюджет затрат на проектирование	1509281,83	100

Бюджет всех затрат проекта равен 1509281,83 рублей. Наибольший процент бюджета составляют материальные затраты проекта (88,29 %).

## 6. Ресурсоэффективность

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$b_i$  – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 6.1 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Удобство эксплуатации	0,3	5
2. Легкость обслуживания	0,2	4
3. Долговечность	0,2	4
4. Энергоэкономичность	0,15	4
5. Материалоемкость	0,15	5
Итого	1	4,45

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,45.$$

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта; по итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 25 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 1509281,83 рублей.

Показатель ресурсоэффективности по пятибальной шкале  $I_p = 4,45$ , что говорит об эффективной реализации проекта.

На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
158Л51	Ю Цзяньюй

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

<b>«Разработка технологии изготовления детали “ Фланец”</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является фланец; Использование токарного и шлифовального станка для обработки фланца. Объект для всех видов крупногабаритного оборудования.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	– документы : ТК РФ, N 197 –ФЗ
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не комфортных метеоусловий;</li> <li>- вредных веществ;</li> <li>-производственного шума;</li> <li>- недостаточной освещенности;</li> <li>- электромагнитного излучения.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Загрязнение атмосферы</li> <li>– Засорение, загрязнение и истощениеповерхностных вод,загрязнение водных источников</li> <li>– Удобрения, пестициды, тяжелые металлы и другие вещества промышленного происхождения выпускаемы в почву,почва загрязнена</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможные ЧС: взрывопожарная и пожарная опасности</li> <li>– Наиболее типичную ЧС: пожарная авария</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Л51	Ю Цзяньюй		

## **IV. Социальная ответственность**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Задачей данного раздела является выполнение и анализ вредных и опасных факторов труда инженера-технолога, и разработка мер защиты от них, оценка условий труда микроклимата рабочей среды. В разделе также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

Безопасность жизнедеятельности человека определяется характером труда, его организацией, взаимоотношениями, существующими в трудовых коллективах, организацией рабочих мест, наличием опасных и вредных факторов в среде обитания, таких как свет, звук, излучения, природные явления.

При определенной величине факторы могут причинить ущерб здоровью, т.е. быть причиной заболеваний и травм различной тяжести.

Длительная работа на компьютере может отрицательно воздействовать на здоровье человека. Монитор персонального компьютера, является источником электростатического поля; слабых электромагнитных излучений в низкочастотном и высокочастотном диапазонах (2Гц...400кГц); рентгеновского излучения; ультрафиолетового излучения; инфракрасного излучения; излучения видимого диапазона.

## **1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным

актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

## 2. Производственная безопасность

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

Таблица 2.1.

Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы. Например, требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[59].
2. Превышение уровня шума		+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

## 2.1 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.

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

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

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	≤ 0.1
Теплый	Средняя	20 – 28	15 - 75	≤ 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

## 2.2. 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.). 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 грибов.

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного 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.

В целях обеспечения безопасности работников на рабочих местах применяют СИЗ: защитные перчатки, очки, спец. одежда, респиратор.

### **2.3. 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;

#### СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

## **2.4. Освещенность**

Согласно СНиП 23-05-95 в офисе должно быть не менее 300 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.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 9$  м, ширина  $B = 6$  м, высота = 4 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_r = 1$  м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где  $A$  – длина, м;  $B$  – ширина, м.

$$S = 9 \times 6 = 54 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор  $\rho_c = 40\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{II} = 70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_3 = 1,2$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен

$$\Phi_{\text{ЛД}} = 3000 \text{ Лм.}$$

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР –2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина 260 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda=1,2$ , 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 ОДОР:  $h_n = 3,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 1 - 0,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2,5 = 3 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{3} = 2$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{9}{3} = 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 2 = 6$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{3}{3} = 1 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{9 \cdot 6}{2,5 \cdot (9 + 6)} = 1,44$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 70\%$ ,  $\rho_{\text{С}} = 40\%$  и индексе помещения  $i = 1,44$  равен  $\eta = 0,65$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 9 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,65} = 2741 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{3000 - 2741}{3000} \cdot 100\% = 8,6\%.$$

Таким образом:  $-10\% \leq 8,6\% \leq 20\%$ , необходимый световой поток

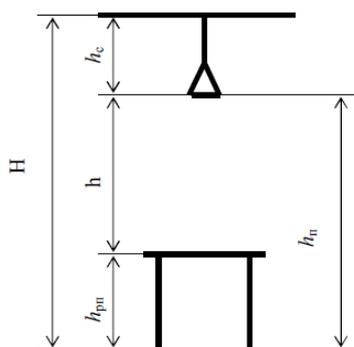


Рис 1. основные расчетные параметры

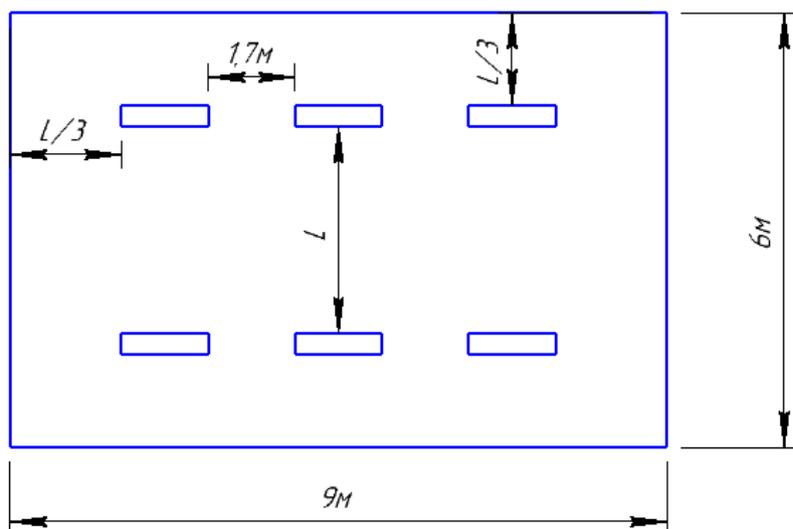


Рис 2. схема размещения светильников в помещении

### 3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

#### 3.1. 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 приравниваются к особо опасным помещениям.

Бюро относится к помещению без повышенной опасности 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.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

### **Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках.**

Дополнительными электрозащитными средствами являются диэлектрические галоши (боты), сапоги, диэлектрические резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки.

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.

## **3.2. 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.

Для перехода к безотходным производствам в бюро необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров соответственно бумаги.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика.

Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

Также необходимо утилизировать средства освещения. Все известные сегодня способы утилизации (демеркуризации) люминесцентных ламп очень трудоемки, опасны, энергозатратны и экономически нецелесообразны: стоимость подобной операции практически сравнима со стоимостью новой лампы. Технология новосибирских водников дешева и экологически безопасна. Специальный химический раствор позволяет полностью удалить все опасные компоненты люминофорного слоя со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно, как впрочем, и само стекло, и цоколи.

#### **4. Экологическая безопасность:**

##### **4.1 Защита атмосферы**

Для защиты от загрязнения атмосферного воздуха на экологическое время применение следующих мер защиты:

- экологизацию технологических процессов;
- очистки газа от вредных примесей;
- рассеивание газовых выбросов в атмосфере;

- соблюдение нормативов допустимых выбросов вредных веществ;
- Приборы санитарно-план строительства защита зоны и т. д.

Экологизация технологических процессов-создание замкнутого технологического цикла, без отходов и малу линии технологии, для предотвращения попадания в атмосферу вредных веществ грязная.

Очистка газов от вредных примесей. Нынешний технический уровень не позволил добиться всеобъемлющего предупреждению преступности вредных примесей в атмосфере и выбросов газа.

Объем выбросов от аэрозолей, использование различных типов оборудования, в зависимости от степени запыленности воздуха, размеров твердых частиц и требуемого уровня очистки: сухие пылеуловители (циклоны, пылеосадительные камеры), влажная уборка: пылеуловители (скрубберы и др.), фильтры, электрофильтры (каталитические, поглощения, адсорбционные) и другие технологии очистки природного газа от токсичных газов и паров загрязняющих веществ.

Рассеивание газовых примесей в атмосфере является снижение его концентрации риска, – это снижение их опасных концентраций до уровня соответствующего ПДК путем рассеивания пылегазовых выбросов с помощью высоких дымовых труб.

Устройства санитарно-защитных зон и деятельность по планированию строительства.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это полоса, отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства.

Архитектурно-планировочные мероприятия включают правильное взаимное размещение источников выброса и населенных мест с учетом направления ветров, выбор под застройку промышленного предприятия ровного возвышенного места, хорошо продуваемого ветрами и т. д.

## **4.2 Защита гидросферы**

Защита поверхностных вод от засорения, загрязнения и истощения.

Для предотвращения от засорения принимать меры по устранению в водах и реки строительного мусора, твердых отходов, где разработка грунта и других объектов, могут негативно влиять на качество воды, условия обитания рыб и др.

Важный и очень сложный вопрос о защите водных источников от загрязнения. Для достижения этой цели, включая следующие мероприятия:

· развитие безотходных и безводных технологий, использования систем оборотного водоснабжения, утилизации отходов;

· очистка промышленных, городских и очистки сточных вод, и др.;

· передача сточных вод на другие предприятия, которые накладывают менее жесткие требования по качеству воды и если, в ней содержатся примеси, следовательно, не оказывают вредного воздействия на технические процедуры этих предприятий, а, скорее, улучшают качества продукции (например, инфекционные очистки сточных вод химических производств, предприятий строительной индустрии производство);

- обезвреживания сточных вод и санитарная очистка в городах;
- очистка поверхностного стока с урбанизированных, промышленных территорий;
- создание водоохраных зон.

### **4.3 Защита литосферы**

Общая характеристика.

Различают природные и антропогенные загрязнения почвы. Природный загрязнение почв в результате естественных процессов в биосфере, произошел без вмешательства человека и приводящих к поступлению в почву химических веществ, которые происходят гидросферы, атмосферы, гидросферы или литосферы, например, из-за выветривания горных пород или осадков в виде дождя или снега, зачистки грязная материалов в атмосферу.

Наиболее опасные природные экосистемы и человека антропогенного загрязнения почвы, особенно техногенного человеческого происхождения. Наиболее распространенными загрязнителями называется удобрения, пестициды, тяжелые металлы и других веществ из промышленных источников. Источники загрязняющих веществ в почве. Можно выделить следующие основные типы источников загрязнения почвы:

- 1) атмосферные осадки в виде дождя, снега и др.;
- 2) сброс твердых и жидких отходов от промышленных источников;
- 3) использование пестицидов и удобрений в сельскохозяйственном производстве.

Мы рассматриваем только на вопросы твердых и жидких отходов промышленного происхождения;

Основные виды промышленных отходов-это отходы шлаки тепловых электростанций и металлургических фабрик, отвалы пород горнодобывающих и горно-обогатительных предприятий, строительный мусор, осадки гальванических производств и т.д.

## 5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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  $A_n$ ,  $B_n$ ,  $B_n$ ,  $G_n$  и  $D_n$ .

Согласно НПБ 105-03 бюро 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.

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.

Здание должно иметь табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунок 3 ).

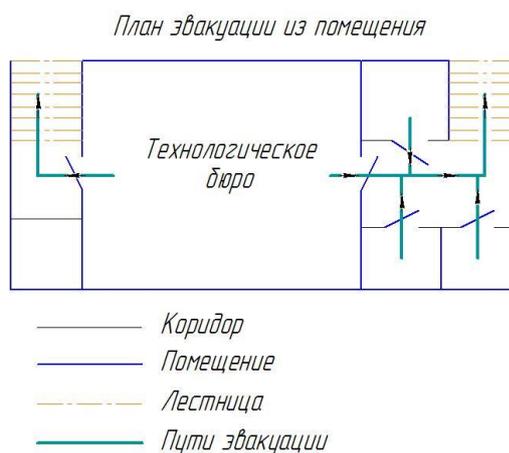


Рис 3. План эвакуации.

**Вывод:** В разделе рассмотрены вредные и опасные факторы на стадиях разработки, изготовления и эксплуатации, существует следующий вредные факторы: освещенность, микроклимат в помещении, уровень шума и вибрации, нагрузка на органы зрения, опасность поражения электрическим током, СИЗ, уровень запыленности, пожарная безопасность.

Также рассмотрены вопросы экологической безопасности : защита атмосферы, защита гидросферы, защита литосферы.

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.

## Библиография

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
7. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А.Ординарцева.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение .1987.-846 с.
8. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Горбацевич А. Ф. Шкред В. А. ISBN 978-5-91872-082-0