

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение машиностроения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления втулки подшипниковой
УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A81	Тань Янь		26.05.22

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		26.05.22

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон.наук		27.02.22

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД ОБД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., профессор		28.02.22

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	Осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ДОПК(У)-1	Способен разрабатывать и оформлять конструкторскую документацию в соответствии со стандартами и с учетом технических и эксплуатационных характеристик деталей и узлов изделий
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование

ПК(У)-4	Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-10	Умеет учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
ПК(У)-11	Умеет использовать стандартные средства автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
ПК(У)-12	Способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

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 машиностроения

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
154A81	Тань Янь

Тема работы:

Разработка технологии изготовления втулки подшипниковой	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №34-77/с от «03» 02. 2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Чертёж детали «Втулка подшипниковая», годовая программа выпуска 2000 шт.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ чертежа и технологичности детали, определение типа производства и выбор заготовки, разработка маршрута обработки, составление операционных эскизов и содержание всех технологических переходов, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания для каждого перехода и штучно-калькуляционного времени на каждую операцию, конструирование специального механизированного приспособления для одной операции. Разработка вопросов финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения, социальной ответственности.

Перечень материала	графического	Чертежи детали и заготовки формата А3, карты технологического процесса изготовления детали формата А1, плакат размерного анализа формата А1 или А2, чертёж приспособления формата А1
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы		
Раздел		Консультант
Технологический и конструкторский		Козлов Виктор Николаевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		Гасанов Магеррам Али оглы
Социальная ответственность		Сечин Александр Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Реферат		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.12.2021
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		16.12.2021г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A81	Тань Янь		16.12.2021г

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 154 с., 32 рис., 41 табл., 11 источников, 23 с. прил.

Ключевые слова: втулка подшипниковая, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, самоцентрирующая оправка.

Объектом исследования является технология изготовления детали «Втулка подшипниковая».

Цель работы – создание эффективного маршрута технологического процесса изготовления детали «Втулка подшипниковая».

В процессе исследования 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, выполнен чертёж заготовки, 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.

THE ABSTRACT

The final qualifying work (Diploma Thesis) contains 154 pages of explanatory notes , 32 figures, 41 tables, 11 references, 23 pages of appendix.

Key words: bearing bushing, technological processing, dimensional analysis, cutting conditions, self-centering mandrel.

The object of research is the manufacturing technology of the part "Bearing bushing".

The purpose of the work is to create an effective route for the technological process of manufacturing the part “Bearing Bushing”.

The paper presents the rationale for the implementation of Diploma Thesis, the analysis of the drawing of the part and its technology, the type of production, the principle of selection of procurement in accordance with its material and serial production, carried out a drawing of the initial workpiece, the route processing of detail with operational sketches and descriptions of transitions for each operation, calculated allowances for processing and technological dimensions, is made dimensional analysis of the process with the specification of the technological dimensions, the cutting modes for each technological transition and the required power of the equipment for each operation are calculated, the machine model is assigned, and the execution time for each operation is calculated.

In the design part of the work, the force calculation for fixing the workpiece was performed and a mechanized device “The self centering mandrel” with a pneumatic drive was designed.

The paper also provides an economic analysis of the assessment of the business attractiveness of the presented development, and considers the issues of workplace organization at the mechanical site.

Оглавление

Введение.....	11
1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
1.1 Анализ чертежа детали и её технологичности.....	14
1.2 Расчёт серийности и выбор заготовки.....	16
1.3 Разработка содержания операций.....	17
1.4 Расчет припусков на обработку.....	21
1.5 Расчет технологических размеров.....	26
1.6 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.....	34
1.6.1 Допуски конструкторских размеров.....	34
1.6.2 Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно.....	35
1.7 Выбор средств технологического оснащения.....	47
1.8 Расчет режимов и мощности резания.....	50
1.9 Нормирование технологических операций.....	77
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	90
2.1 Выбор принципа работы разжимной оправки.....	91
2.2 Расчёт крутящего момента от силы резания и крутящего момента от силы трения для закрепления заготовки.....	101
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	112
Задание.....	112
Введение.....	113
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	114
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	114
3.1.2 SWOT - анализ.....	115
3.2 Планирование научно - исследовательских работ.....	118

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	118
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	119
3.2.3 Бюджет научно - технического исследования.....	122
3.2.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	127
Выводы по разделу.....	131
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	132
Задание	132
Введение.....	134
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	135
4.2 Производственная безопасность.....	136
4.3 Экологическая безопасность	148
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	150
Выводы по разделу.....	151
Заключение.....	152
Список литературы.....	153
Приложение А (обязательное).....	155
Чертёж детали	
Приложение Б (обязательное).....	157
Чертёж заготовки	
Приложение В (обязательное).....	159
Граф технологических размеров	
Приложение Г(обязательное).....	161
Карта технологического процесса	
Приложение Д (обязательное).....	165
Комплексная схема обработки	

Приложение Е (обязательное).....	167
Сборочный эскиз установки оправки и мембраной пневмокамеры на токарном станке	
Приложение Ж(обязательное).....	169
Чертёж разжимной оправки	
Приложение З (обязательное).....	171
Спецификация разжимной оправки	
Приложение И (справочное).....	175
Эскиз шпинделя токарного станка	

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является основной отраслью промышленного общества, уровень его развития отражает экономическую мощь и военную мощь страны. в процессе перехода к информационному обществу, поскольку он представляет собой разработку и создание средств производства, обеспечивающих экономическую независимость и безопасность страны, машиностроение не утрачивает своей ключевой роли.

Развитие машиностроения происходит в следующих областях:

- повышение потенциала, качества и рентабельности технического оборудования (использование высокопроизводительных машин, точных и надежных приспособлений, средств повышения производительности и долговечности ит.д.);
- создание наиболее эффективных технологических процессов;
- использование эффективных систем управления и планирования производства;
- комплексная автоматизация производства, включая разработку проекта продукции, технологическое проектирование, планирование и т.д.

Актуальность темы дипломного проекта зависит от необходимости разработки технологии изготовления деталей «Втулка подшипниковая» для последующего производства этих деталей в серийном производстве. Втулка подшипниковая представляет собой плоский элемент с вращающейся поверхностью, выполняет защитные функции, обеспечивает надежность важных частей тела, имеющая равномерно расположенные отверстия для крепления в корпусах механизмов или узлах с помощью болтов или шпилек,

имеющая сопрягаемые поверхности, используемую для установки в корпусе учреждения и для установки в нем других деталей, таких, как подшипники.

Чтобы выполнить задачи, ВКР состоит из следующих четырех частей:

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

1. Технологическая часть

Исходные данные

Эскиз детали (рис. 1.1), годовая программа выпуска N = 2000 шт.

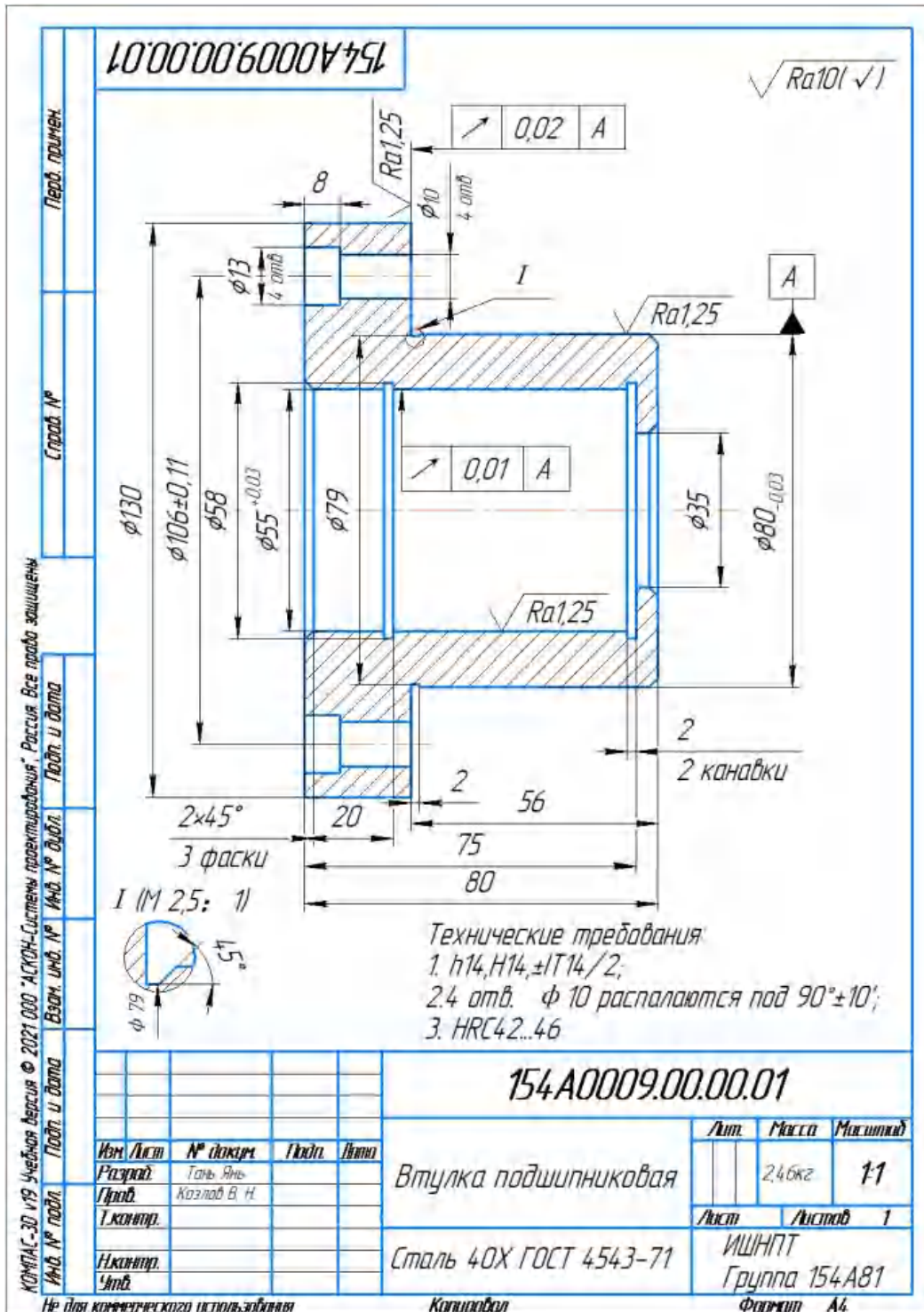


Рис. 1.1. Эскиз детали «Втулка подшипниковая»

1.1. Анализ чертежа детали и её технологичности

Деталь – втулка подшипниковая, изготовлена из стали 40Х.

Конструкционная легированная сталь 40Х используется для производства высокопрочных деталей, которые могут быть закалены до различной твердости в соответствии с требованиями к деталям, с хорошей прокаливаемостью, высоким пределом прочности и устойчивостью к короблению, концентрация элемента хрома 0,8-1,1% увеличивает коррозионную стойкость структура.

Эскиз детали (рисунок 1.1) содержит все необходимые размеры и сечения для понимания строения детали, эскиз содержит точность и необходимую шероховатость, которая соответствует заданной точности каждой поверхности. Указанные отклонения от точных размеров соответствуют стандартам ISO. Конкретный анализ заключается в следующем.

В детали имеется точная наружная поверхность $\varnothing 80h7_{(-0,03)}$ и точное отверстие $\varnothing 55H7^{(+0,03)}$, соответствующий параметр шероховатости поверхности $Ra \leq 1,25$ мкм, что требует применения чистовых операций для обеспечения высокой точности размеров. Рекомендуемый вид обработки круглое и внутреннее шлифование соответственно после закалки и последующего отпуска. Черновая и получистовая обработка заготовки может выполняться на токарном станке без ЧПУ, так как деталь не имеет фасонных и конических поверхностей.

Радиальное биение поверхности $\varnothing 55H7$ относительно базовой поверхности $\varnothing 80h7$ не должно превышать 0,01 мм, поэтому при обработке поверхности $\varnothing 80h7$ необходимо использовать разжимную оправку для фиксации по

отверстию (окончательно $\text{Ø}55\text{H}7$), полученному при получистой расточке перед термической операцией. При обработке поверхности $\text{Ø}55\text{H}7$ необходимо использовать цанговый патрон для закрепления по наружной поверхности (окончательно $\text{Ø}80\text{h}7$), полученной при получистой обточке перед термической операцией.

Остальные поверхности менее точны и поэтому могут быть изготовлены по 14 качеству с шероховатостью $R_a \leq 10$ мкм для обеспечения товарного вида.

В техпроцессе необходимо назначить термическую операцию, после которой необходимо окончательно обработать поверхности $\text{Ø}55\text{H}7$ и $\text{Ø}80\text{h}7$. До закалки необходимо просверлить четыре отверстия $\text{Ø}10\text{H}14$ и зенковать в них отверстия $\text{Ø}13\text{H}14$.

В общем, с учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

1.2. Расчёт серийности и выбор заготовки

Программа выпуска деталей составляет 2000 штук. ($N = 2000$ шт.)

Исходя из данных предприятий при обработке деталей типа “Корпус подшипника” удельная трудоемкость $q_k = 8 \frac{\text{мин}}{\text{кг}}$. Рассчитываем трудоёмкость обработки детали весом $Q_d = 2,98$ кг:

$$T_{\text{шт-к}} = q_k \cdot Q_d = 8 \times 2,98 = 23,84 \text{ мин.}$$

Исходя из опыта предприятия предварительно определяем, что технологический процессе (ТП) детали типа “Втулка подшипниковая” содержит 6 механообрабатывающих операций, поэтому средняя продолжительность операций

$$t_{\text{шт-к ср}} = \frac{23,84}{6} = 3,97 \text{ мин}$$

Такт выпуска деталей определяется по формуле $t_B = \frac{60 \Phi_d}{N}$,

где Φ_d – фонд времени в планируемый период, ч;

N – годовой объем выпуска деталей.

При двухсменном режиме работы при использовании станков весом от 1 до 10 т $\Phi_d = 4015$ ч., годовая программа 2000 шт. Тогда

$$t_B = \frac{60 \cdot 4015}{2000} = 120,45 \text{ мин}$$

Рассчитываем коэффициент закрепления операции при обработке втулок подшипников

$$K_{3.0} = \frac{t_B}{t_{\text{шт-к ср}}} = \frac{120,45}{3,97} = 30,3$$

Так как $20 \leq K_{3.0} = 30,3 \leq 40$, то тип производства мелкосерийный, но близкий к среднесерийному. Это позволяет использовать штампованные или литые исходные заготовки при больших перепадах диаметров (более 10-20 мм).

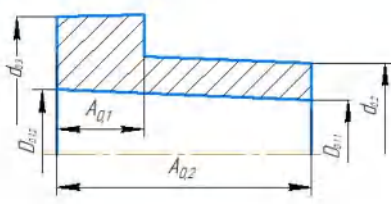
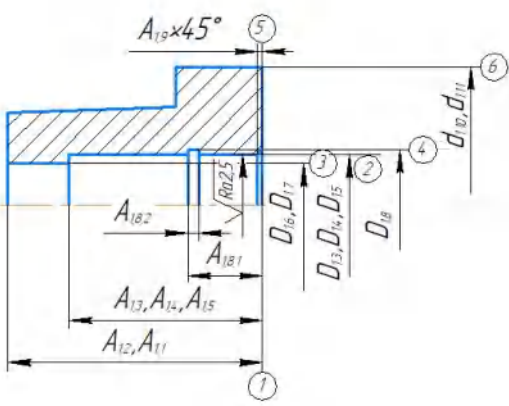
На чертеже обозначен материал детали – сталь 40Х. При среднесерийном производстве предпочтительный способ получения исходной стальной заготовки – штамповка с получением контура исходной заготовки близкого к

контуру детали, т.к. имеется большой перепад диаметров наружных поверхностей ($\varnothing 130$ и $\varnothing 80$). Наличие двух соосных центральных отверстий достаточно большого диаметра ($\varnothing 58$ и $\varnothing 35$) вынуждает при штамповке выполнять прошивку этих отверстий для экономии материала и уменьшения времени на обработку этих отверстий.

1.3. Разработка содержания операций

Маршрут технологии изготовления детали типа «Втулка подшипниковая» представлен в таблице 1.3.1 Предварительный маршрут включает в себя операционные эскизы, схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, описание переходов.

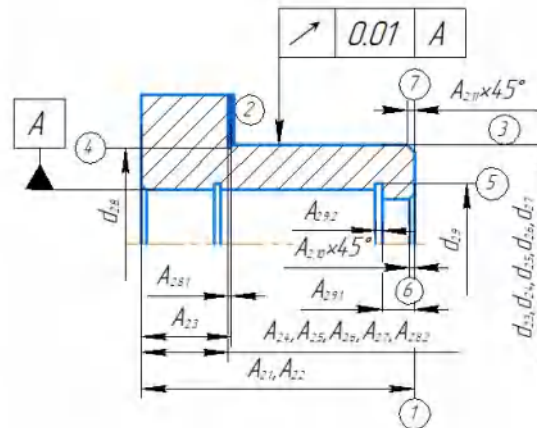
Таблица 1.3.1 – Маршрут обработки

Название операции и ее содержание	операционный эскиз
<p>Операция 0 (заготовительная) Штамповка</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz100}$</p>
<p>Операция 1 (Токарная с ЧПУ)</p> <p>0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку.</p> <p>1. Обточить торец (1) Выдерживая размер A_{11}</p> <p>2. Обточить торец (1) Выдерживая размер A_{12} окончательно.</p> <p>3. Расточить отверстие (2) до диаметра D_{13} (H15) Выдерживая размер A_{13}.</p> <p>4. Расточить отверстие (2) до диаметра D_{14} (H12) Выдерживая размер A_{14}.</p> <p>5. Расточить отверстие (2) до диаметра D_{15} (H9) Выдерживая размер A_{15}.</p> <p>6. Расточить отверстие (3) до диаметра D_{16} на проход.</p> <p>7. Расточить отверстие (3) до диаметра D_{17} на проход.</p> <p>8. Расточить канавку (4) диаметром D_{18} Выдерживая размер A_{181} и A_{182}.</p> <p>9. Расточить фаску (5) Выдерживая размер A_{19}.</p> <p>10. Обточить наружный диаметр (6) до d_{16} на проход.</p> <p>11. Обточить наружный диаметр (6) до d_{17} на проход.</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra10}$</p>

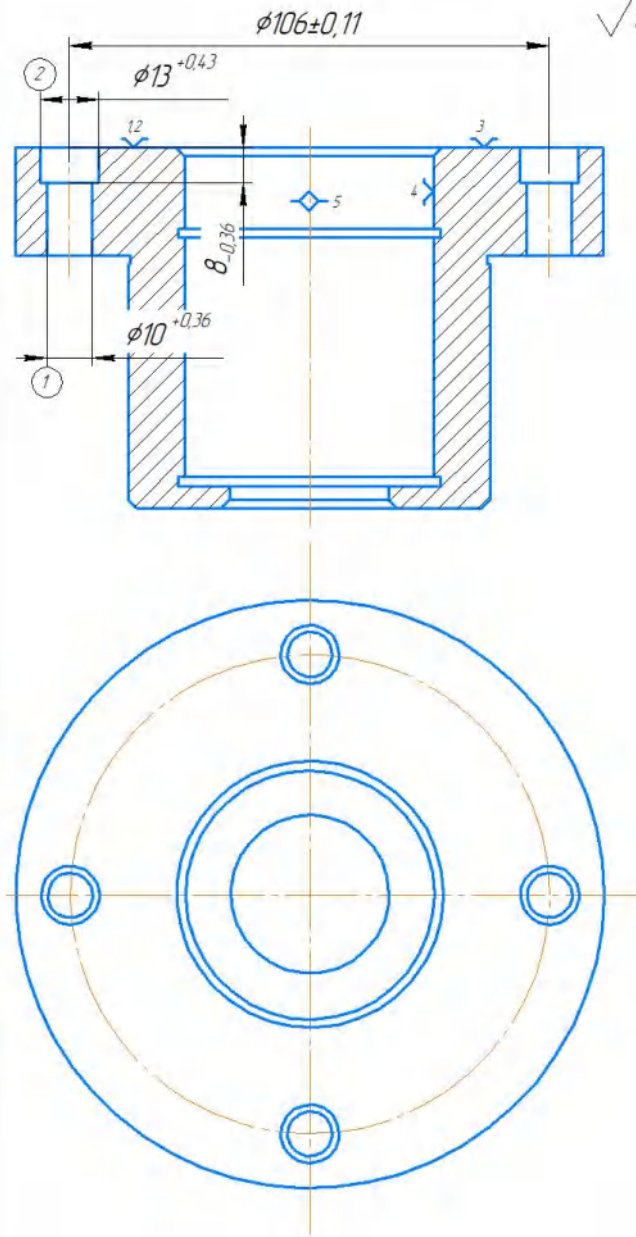
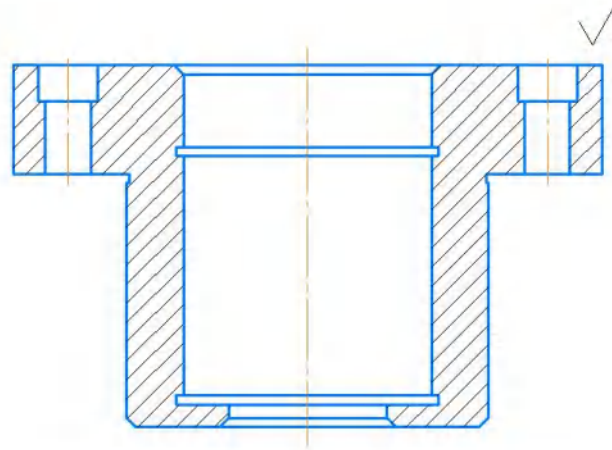
Продолжение таблицы 1.3.1

- Операция 2**
(Токарная с ЧПУ)
0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку.
 1. Обточить торец (1)
Выдерживая размер A_{21} .
 2. Обточить торец (1)
Выдерживая размер A_{22} .
 3. Подрезать торец (2)
до диаметра d_{23} , выдерживая размер A_{23} .
 4. Подрезать торец (2)
до диаметра d_{24} , выдерживая размер A_{24} .
 5. Обточить поверхности (3)
до диаметра d_{25} ($h15$), выдерживая размер A_{25} .
 6. Обточить поверхности (3)
до диаметра d_{26} ($h12$), выдерживая размер A_{26} .
 7. Обточить поверхности (3)
до диаметра d_{27} ($h9$), выдерживая размер A_{27} .
 8. Обточить канавку (4) до диаметр d_{28} ($h15$), выдерживая размер A_{281} и A_{282} .
 9. Расточить канавку (5) до диаметр d_{29} , выдерживая размер A_{291} и A_{292} .
 10. Расточить фаску (6)
Выдерживая размер A_{210} .
 11. Обточить фаску (7)
Выдерживая размер A_{211} .

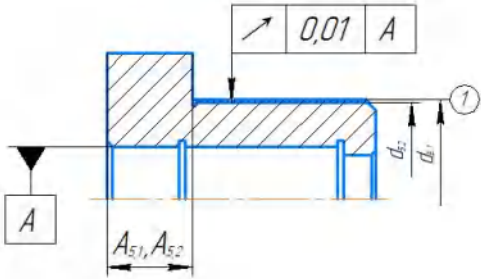
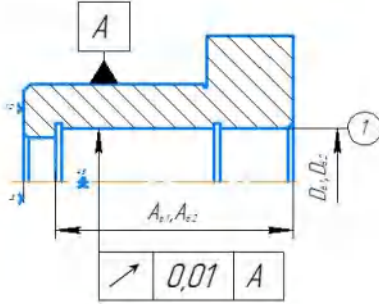
$\sqrt{Ra2,5}$



Продолжение таблицы 1.3.1

<p>Операция 3 (Вертикально-сверлильная)</p> <p>0. Установить и снять деталь. Установить кондукторную плиту.</p> <p>1. Сверлить 4 отв. (1) $\phi 10H14(^{+0,36})$ на проход поочередно, выдерживая размер $\phi 106 \pm 0,11$.</p> <p>2. Зенковать 4 отв. (2) $\phi 13H14(^{+0,43})$ поочередно, выдерживая размер $\delta_{\text{з.к.}}$.</p>	
<p>Операция 4 (Термическая)</p> <p>Закалить и отпустить до HRC42..46</p>	

Продолжение таблицы 1.3.1

<p>Операция 5 (Круглошлифовальная)</p> <p>0. Установить и снять деталь на разжимную оправку.</p> <p>1. Шлифовать поверхность (1) предварительно диаметр d_{s1}, выдерживая размер A_{s1}.</p> <p>2. Шлифовать поверхность (1) окончательно диаметр d_{s2}, выдерживая размер A_{s2}.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra1,25}$</p> 
<p>Операция 6 (Внутришлифовальная)</p> <p>0. Установить и снять деталь.</p> <p>1. Шлифовать отверстие (1) до предварительно диаметр D_{b1}, выдерживая размер A_{b1}.</p> <p>2. Шлифовать отверстие (1) до диаметр D_{b2}, выдерживая размер A_{b2}.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra1,25}$</p> 

1.4. Расчет припусков на обработку

При расчете минимального допуска для поверхностей типа «тело вращения» следует использовать следующую формулу (учитывая малую вероятность совпадения направления погрешность заготовки из-за коробления ρ_{i-1} и погрешности установки ε_i):

$$2Z_{\min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где $2Z_{\min.i}$ – минимальный припуск на диаметр для обработанной обработки, мкм;

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

$T_{\text{деф}.i-1}$ – толщина слоя дефекта после предыдущей обработки, мкм;

ρ_{i-1} – суммарная погрешность формы и расположения обрабатываемой

поверхности относительно базовой, используемой для закрепления заготовки, после предыдущей обработки, мкм;

ε_i – погрешность закрепления и установки перед рассматриваемой обработкой;

Расчет минимальных значений припусков для тел вращения можно производить и с учетом совпадения направлений ρ_{i-1} и ε_i :

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z,i-1} + T_{деф,i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$$

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей не тел вращения производим с учетом совпадения направлений ρ_{i-1} и ε_i :

$$Z_{min.i} = R_{z,i-1} + T_{деф,i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i,$$

Суммарные значения R_z и $T_{деф}$, характеризующее качество поверхности штамповочной заготовки, нужно найти в справочнике [3].

Рассчитанные минимальные припуски и его составляющие записываем в табл. 1.4.1. После этого рассчитываем технологические размеры на обработку каждой поверхности, начиная от её конструкторского размера, результаты записываем в табл. 1.4.1. Округление величины технологического размера до десятых долей миллиметра выполняем в большую сторону для охватываемых размеров (валов), в меньшую – для охватывающих (отверстий).

Таблица 1.4.1 – Расчет минимальных припусков и технологических размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Допуск T , мкм	$d_{пр}$, мм	Предельный размер, мм	
	R_z , мкм	$T_{деф}$, мкм	ρ , мкм	ε , мкм				d_{min} , мм	d_{max} , мм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Обточка Ø130h14(-1)									
Штамповка (h16) $d_{0.3}$	100	300	400	0		2500	136,7h16 135 ^{+1,7} _{-0,8}	134,2	136,7
Обдирка (h15) $d_{1.10}$	80	100	100	200	2·1000=2000	1600	132,2h15	130,56	132,16
Обточка окончательная (Ø130h14) $d_{1.11}$	40	60	60	0	2·280=560	1000	130 h14	129	130

Обточка Ø80h7(-0,03)									
Штамповка (h16) d _{0.2}	100	300	400	0		2200	87,7h16	85,5	87,7
							86,2 ^{+1,3} _{-0,7}		
Обдирка (h15) d _{2.5}	80	100	100	100	2·900=1800	1400	83,7h15	82,26	83,66
Обточка черновая (h12) d _{2.6}	40	60	60	0	2·280= =560	350	81,7h12	81,28	81,63
Получистовая обточка (h9) d _{2.7}	10	30	30	30	2·190=380 (2Zz _{2.3} min)	87	80,9h9	80,74	80,827
Термическая закалка до HRC 42...46	20	100	100		-----	-----	-----	-----	-----
Черновое шлифование (h8) d _{5.1}	10	30	30	50	2·270=540 (2Z 5.1 min)	54	80,2h8	80,14	80,194
Чистовое шлифов. 80h7 d _{5.2}	5	10	10	0	2·70=140 (2Z _{5.2} min)	30	80h7	79,97	80
Обработка отверстия Ø 55H7(+0,03)									
Штампованное отверстие (H16) D _{0.1.2}	100	300	400	0		1600	48,3H16	48,3	49,9
							48,9 ^{+1,0} _{-0,6}		
Обдирка (H15) D _{1.3}	80	100	100	100	2·900=1800	1200	51,7H15	51,74	52,94
Черновая расточка (H12) D _{1.4}	40	60	60	0	2·280=560	300	53,5H12	53,52	53,82
Чистовая расточка (H9) D _{1.5}	10	30	30	30	2·190=380	74	54.2H9	54.186	54.26
Термическая (закалка) HRC 42...46	20	100	100		2·70=140	-----	-----	-----	-----
Черновое шлифование после закалки (H8) D _{6.1}	10	30	30	50	2·270=540	46	54,8H8	54,814	54,86
Чистовое шлифование Ø 55H7 D _{6.2}	5	10	10	0	2·70=140	30	Ø 55H7	55	55,03
Обработка отверстия Ø35H14(+0,62)									
Штампованное отверстие (H16) D _{0.1.1}	100	300	500	0		160	32,14H16	32,14	32,3
							32,2 ^{+0,10} _{-0,06}		
Обдирка (H15) D _{1.6}	80	100	100	100	2·1000=2000	100	34,3H15	34,34	34,44
Черновая расточка (окончательная) D _{1.7} (H14)	40	60	60	0	2·280=560	620	35H14	35	35,62
Обточка торцов для выдерживания длины детали 80h14(-0,74)									
Сторона А Штамповка (торец А) (h16) A _{0.2}	100	300	400	0		2200	88,8h16	86,6	88,8
							87,5 ^{+1,3} _{-0,7}		

Обдирка торца А (h15)A _{1.1}	80	100	100	200	1000	1400	85,6h15	84,18	85,58
Обточка торца А окончательная (h14)A _{1.2}	40	60	60	0	280	870	83,9h14	83	83,87
Сторона Б Штамповка (торец Б) (h16)	100	300	400	0	-----	----	-----	-----	-----
Обдирка торца Б (h15)A _{2.1}	80	100	100	200	1000	1400	82h15	80,28	81,68
Обточка окончательная A _{2.2} = 80h14	40	60	60	0	280	740	80h14	79,26	80

Расчет припусков при обработке наружной цилиндрической поверхности Ø130h14(-1)

Расчет минимальных припусков на обработку наружной поверхности Ø130h14(-1) ведем путем составления табл. 1.4.1, в которую последовательно записываем этапы обработки поверхности по каждому переходу и все значения элементов припуска. Расчёты выполняем по уравнению, результат расчёта записываем в столбец б.

- Минимальный припуск на диаметр при обдирке по 15 квалитету в десятом переходе 1-й операции:

$$2Z_{1.10 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(100+300+400+200) = 2000 \text{ мкм};$$

Расчет минимального припуска на обработку наружной поверхности Ø130h14(-1) при окончательной обточке по 14 квалитету в одиннадцатом переходе 1-й операции:

$$2Z_{1.11 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(80+100+100) = 560 \text{ мкм}$$

Расчёт минимальных припусков на обработку Ø80h7(-0,03)

- Под обдирку (по 15 квалитету):

$$\begin{aligned} 2Z_{2.5 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = \\ &= 2 \cdot (100+300+400+100) = 1800 \text{ мкм}; \end{aligned}$$

- Под обточку черновую (по 12 квалитету):

$$2Z_{2.6 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80+100+100) = 560 \text{ мкм};$$

- Под получистовую обточку (по 9 качеству):

$$2Z_{2.7 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40 + 60 + 60 + 30) = 380 \text{ мкм};$$

- Под черновое шлифование (по 8 качеству):

$$2Z_{5.1 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (20 + 100 + 100 + 50) = 540 \text{ мкм};$$

- Под чистовое шлифование (по 7 качеству):

$$2Z_{5.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (10 + 30 + 30) = 140 \text{ мкм}.$$

Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия $\varnothing 55H7^{(+0,03)}$

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$\begin{aligned} 2Z_{1.3 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = \\ &= 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 100) = 1800 \text{ мкм}; \end{aligned}$$

- Под черновую расточку (по 12 качеству):

$$2Z_{1.4 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

- Под чистовую расточку (по 9 качеству):

$$2Z_{1.5 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40 + 60 + 60 + 30) = 380 \text{ мкм};$$

- Под черновое шлифование после закалки (по 8 качеству):

$$\begin{aligned} 2Z_{6.1 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (20 + 100 + 100 + 50) = \\ &= 540 \text{ мкм}; \end{aligned}$$

- Под чистовое шлифование (по 7 качеству):

$$2Z_{6.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (10 + 30 + 30) = 140 \text{ мкм}.$$

Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия $\varnothing 35H14^{(+0,62)}$

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$2Z_{1.6 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (100 + 300 + 500 + 100) = 2000 \text{ мкм};$$

- Под черновую расточку (по 14 качеству):

$$2Z_{1.7 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

Расчет минимальных припусков при обработке детали по длине 80h14

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$2Z_{1.1 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 200) = 2000 \text{ мкм};$$

Под обточку окончательную (по 14 квалитету):

$$2Z_{1.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

● Под обдирку (по 15 квалитету):

$$2Z_{2.1 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (100 + 300 + 400 + 200) = 2000 \text{ мкм};$$

Под обточку окончательную (по 14 квалитету):

$$2Z_{2.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

1.5. Расчет технологических размеров

Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}130\text{h}14(-1)$

Расчет технологических размеров основан на размерном анализе процесса обработки, для этого составляем размерные цепи.

Составляем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\text{Ø}130\text{h}14(-1)$ (рис. 1.5.1) и записываем в таблицу. 1.4.1 .

Технологический размер A_2 должен быть равен конструкторскому K , т.е.: $d_{1.9} = A_2 = K = 130\text{h}14(-1)$ мм.

● Находим технологический размер A_1 , используя размерную цепь №1:

$$d_{1.10 \min} = A_{1 \min} = A_{2 \max} + 2Z_{2 \min} = d_{1.11 \max} + 2Z_{1.10 \min} = 130 + 0,56 = 130,56 \text{ мм};$$

$$d_{1.10 \max} = A_{1 \max} = A_{1 \min} + Td_1 = d_{1.10 \min} + Td_{1.10} = 130,56 + 1,6 = 132,16 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{1.10 \text{ пр}} = 132,2\text{h}15(-1.6)$ мм.

● Находим технологический размер $d_{0.3} = A_0$, используя размерную цепь:

$$d_{0.3 \min} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2Z_{1 \min} = d_{1.10 \max} + 2Z_{1.8 \min} = 132,2 + 2 = 134,2 \text{ мм};$$

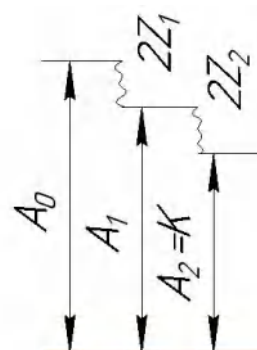


Рис. 1.5.1. Размерные цепи при обработке наружной поверхности $\text{Ø}130\text{h}14$

$$d_{0,3 \max} = A_{0\max} = A_{0\min} + Td_0 = d_{0,3 \min} + Td_{0,3} = 134,2 + 2,5 = 136,7 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $d_{0,3 \text{ пр}} = 136,7 \text{ h}16_{(-2,5)} \text{ мм.}$

Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}80\text{h}7_{(-0,03)}$.

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\text{Ø}80\text{h}7_{(-0,03)}$ (рис. 1.5.2) и записываем в таблицу 1.4.1.

Технологический размер A_5 должен быть равен конструкторскому K , т.е.:

$$d_{5,2} = A_5 = K = 80\text{h}7_{(-0,03)} \text{ мм}$$

● Находим технологический размер $d_{5,1} = A_4$, используя размерную цепь №1:

$$\begin{aligned} d_{5,1 \min} &= A_{4\min} = A_{5\max} + 2z_{5\min} = \\ &= d_{5,2 \max} + 2z_{5,2 \min} = 80 + 0,14 = 80,14 \text{ мм;} \\ d_{5,1 \max} &= A_{4\max} = A_{4\min} + Td_4 = \\ &= d_{5,1 \min} + Td_{5,1} = 80,14 + 0,054 = 80,194 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Принятый технологический размер

$$d_{5,1 \text{ пр}} = 80,2 \text{ h}8_{(-0,054)} \text{ мм.}$$

● Находим технологический размер $d_{2,7} = A_3$, используя размерную цепь:

$$\begin{aligned} d_{2,7 \min} &= A_{3\min} = A_{4\max} + 2z_{4\min} = d_{5,1 \max} + 2z_{5,1 \min} = 80,2 + 0,54 = 80,74 \text{ мм;} \\ d_{2,7 \max} &= A_{3\max} = A_{3\min} + Td_3 = d_{2,7 \min} + Td_{2,7} = 80,74 + 0,087 = 80,827 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Принятый технологический размер $d_{2,7 \text{ пр}} = 80,9 \text{ h}9_{(-0,087)} \text{ мм.}$

● Находим технологический размер $d_{2,6} = A_2$, используя размерную цепь:

$$\begin{aligned} d_{2,6 \min} &= A_{2\min} = A_{3\max} + 2z_{3\min} = d_{2,7 \max} + 2z_{2,7 \min} = 80,9 + 0,38 = 81,28 \text{ мм;} \\ d_{2,6 \max} &= A_{2\max} = A_{2\min} + Td_2 = d_{2,6 \min} + Td_{2,6} = 81,28 + 0,35 = 81,63 \text{ мм} \end{aligned}$$

Принятый технологический размер $d_{2,6 \text{ пр}} = 81,7 \text{ h}12_{(-0,35)} \text{ мм.}$

● Находим технологический размер $d_{2,5} = A_1$, используя размерную цепь:

$$\begin{aligned} d_{2,5 \min} &= A_{1\min} = A_{2\max} + 2z_{2\min} = d_{2,6 \max} + 2z_{2,6 \min} = 81,7 + 0,56 = 82,26 \text{ мм;} \\ d_{2,5 \max} &= A_{1\max} = A_{1\min} + Td_1 = d_{2,5 \min} + Td_{2,5} = 82,26 + 1,4 = 83,66 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Принятый технологический размер $d_{2,5 \text{ пр}} = 83,7 \text{ h}15_{(-1,4)} \text{ мм.}$

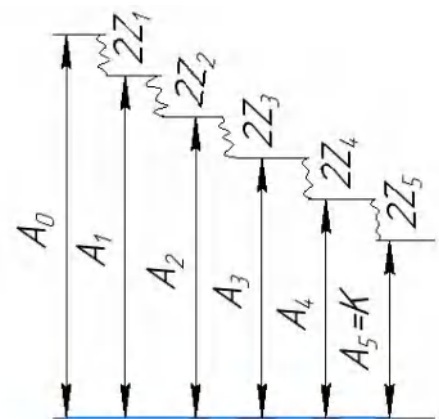


Рис. 1.5.2. Размерные цепи при обработке наружной поверхности $\text{Ø}80\text{h}7$

- Находим технологический размер $d_{0.2}=A_0$, используя размерную цепь:
 $d_{0.2 \min} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2z_{1 \min} = d_{2.5 \max} + 2z_{2.5 \min} = 83,7 + 1,8 = 85,5 \text{ мм};$
 $d_{0.2 \max} = A_{0 \max} = A_{0 \min} + Td_0 = d_{0.2 \min} + Td_{0.2} = 85,5 + 2,2 = 87,7 \text{ мм}.$
 Принятый технологический размер $d_{0.2 \text{ пр}} = 87,7 \text{ h}16_{(-2,2)} \text{ мм}.$

Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\text{Ø}55\text{H}7^{(+0,03)}.$

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке отверстия $\text{Ø}55\text{H}7^{(+0,03)}$ (рис.1.5.3) и записываем в таблицу 1.4.1

Технологический размер A_5 должен быть равен конструкторскому K , т.е.:

$$D_{6.2} = A_5 = K = \text{Ø}55\text{H}7^{(+0,03)} \text{ мм}.$$

- Находим технологический размер $D_{6.1}=A_4$, используя размерную цепь №1:

$$D_{6.1 \max} = A_{4 \max} = A_{5 \min} - 2z_{5 \min} = D_{6.2 \min} - 2z_{6.2 \min} = 55 - 0,14 = 54,86 \text{ мм};$$

$$D_{6.1 \min} = A_{4 \min} = A_{4 \max} - TD_4 = D_{6.1 \max} - TD_{6.1} = 54,86 - 0,046 = 54,814 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $D_{6.1 \text{ пр}} = 54,8 \text{ H}8^{(+0,046)} \text{ мм}.$

- Находим технологический размер $D_{1.5}=A_3$, используя размерную цепь:

$$D_{1.5 \max} = A_{3 \max} = A_{4 \min} - 2z_{4 \min} = D_{6.1 \min} - 2z_{6.1 \min} = 54,8 - 0,54 = 54,26 \text{ мм};$$

$$D_{1.5 \min} = A_{3 \min} = A_{3 \max} - TD_3 = D_{1.5 \max} - TD_{1.5} = 54,26 - 0,074 = 54,186 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $D_{1.5 \text{ пр}} = 54,2 \text{ H}9^{(+0,074)} \text{ мм}.$

- Находим технологический размер $D_{1.4}=A_2$, используя размерную цепь:

$$D_{1.4 \max} = A_{2 \max} = A_{3 \min} - 2z_{3 \min} = D_{1.5 \min} - 2z_{1.5 \min} = 54,2 - 0,38 = 53,82 \text{ мм};$$

$$D_{1.4 \min} = A_{2 \min} = A_{2 \max} - TD_2 = D_{1.4 \max} - TD_{1.4} = 53,82 - 0,3 = 53,52 \text{ мм}.$$

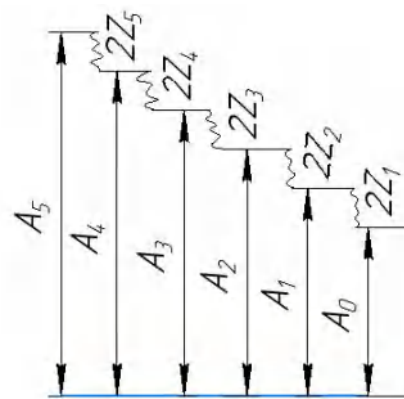


Рис. 1.5.3. Размерные цепи при обработке отверстия $\text{Ø}55\text{H}7$

Принятый технологический размер $D_{1.4 \text{ пр}} = 53,5\text{H}12^{(+0,3)}$ мм.

● Находим технологический размер $D_{1.3} = A_1$, используя размерную цепь:

$$D_{1.3 \text{ max}} = A_{1 \text{ max}} = A_{2 \text{ min}} - 2z_{2 \text{ min}} = D_{1.4 \text{ min}} - 2z_{1.4 \text{ min}} = 53,5 - 0,56 = 52,94 \text{ мм};$$

$$D_{1.3 \text{ min}} = A_{1 \text{ min}} = A_{1 \text{ max}} - TD_1 = D_{1.3 \text{ max}} - TD_{1.3} = 52,94 - 1,2 = 51,74 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $D_{1.3 \text{ пр}} = 51,7\text{H}15^{(+1,2)}$ мм.

● Находим технологический размер $D_{0.1.2} = A_0$, используя размерную цепь:

$$D_{0.1.2 \text{ max}} = A_{0 \text{ max}} = A_{1 \text{ min}} - 2z_{1 \text{ min}} = D_{1.3 \text{ min}} - 2z_{1.3 \text{ min}} = 58,6 - 1,8 = 49,9 \text{ мм};$$

$$D_{0.1.2 \text{ min}} = A_{0 \text{ min}} = A_{0 \text{ max}} - TD_0 = D_{0.1.2 \text{ max}} - TD_{0.1.2} = 49,9 - 1,6 = 48,3 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $D_{0.1.2 \text{ пр}} = 48,3\text{H}16^{(+1,6)}$ мм.

Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}35\text{H}14^{(+0,62)}$

При обработке наружной поверхности $\text{Ø}35\text{H}14^{(+0,62)}$ (рис.1.5.4) вычерчиваем размерные цепи записываем в таблицу. 1.4.1.

Технологический размер A_2 и конструкторской размер K должны совпадать, т.е.: $D_{1.7} = A_2 = K = \text{Ø}35\text{H}14^{(+0,62)}$ мм.

● Рассчитаем технологический размер A_1 через размерную цепь №1:

$$D_{1.6 \text{ max}} = A_{1 \text{ max}} = A_{2 \text{ min}} - 2z_{2 \text{ min}} = D_{1.7 \text{ min}} - 2z_{1.7 \text{ min}} = 35,00 - 0,56 = 34,44 \text{ мм};$$

$$D_{1.6 \text{ min}} = A_{1 \text{ min}} = A_{1 \text{ max}} + TD_1 = D_{1.6 \text{ max}} - TD_{1.6} = 34,44 - 0,1 = 34,34 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер

$$D_{1.6 \text{ пр}} = 34,3\text{H}15^{(+1)} \text{ мм}.$$

● рассчитаем технологический размер

$D_{0.1.1} = A_0$ через размерную цепь:

$$\begin{aligned} D_{0.1.1 \text{ max}} &= A_{0 \text{ max}} = A_{1 \text{ min}} - 2z_{1 \text{ min}} = \\ &= D_{1.6 \text{ min}} - 2z_{1.6 \text{ min}} = 34,3 - 2 = 32,3 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{0.1.1 \text{ min}} &= A_{0 \text{ min}} = A_{0 \text{ max}} + TD_0 = \\ &= D_{0.1.1 \text{ max}} - TD_{0.1.1} = 32,3 - 1,6 = 32,14 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Принятый технологический размер $D_{0.1.1 \text{ пр}} = 32,1\text{H}16^{(+1,6)}$ мм.

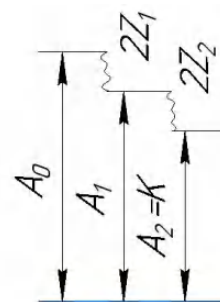


Рис. 1.5.4. Размерные цепи при обработке отверстия $\text{Ø}35\text{H}14$.

Расчет технологических размеров при обработке фланца по длине $80\text{h}14$

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке фланца по длине 80h14(-0,74) (рис. 1.5.5).

- Находим технологический размер $A_{2,1}$, используя размерную цепь:

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

При этом учитываем, что $A_{2,2} = 80h14(-0,74)$ мм – обточка окончательная.

$$A_{2,1min} = A_{2,2max} + Z_{2,2min} = 80 + 0,28 = 80,28 \text{ мм};$$

$$A_{2,1max} = A_{2,1min} + TA_{2,1} = 80,28 + 1,4 = 81,68 \text{ мм}.$$

где $TA_{2,1} = 1,4$ мм (допуск 15

квалитета).

Принимаем $A_{2,1пр} = 82h15$ мм.

- Находим технологический размер $A_{1,2}$, используя размерную цепь:

$$A_{1,2min} = A_{2,1max} + Z_{2,1min} = 82 + 1 =$$

83 мм;

$$A_{1,2max} = A_{1,2min} + TA_{1,2} = 83 + 0,87 = 83,87 \text{ мм}.$$

где $TA_{1,2} = 0,87$ мм (допуск 14 квалитета).

Принимаем $A_{1,2пр} = 83,9h14$ мм

- Находим технологический размер $A_{1,1}$, используя размерную цепь:

$$A_{1,1min} = A_{1,2max} + Z_{1,2min} = 83,9 + 0,28 = 84,18 \text{ мм};$$

$$A_{1,1max} = A_{1,1min} + TA_{1,1} = 84,18 + 1,4 = 85,58 \text{ мм}.$$

где $TA_{1,1} = 1,4$ мм (допуск 15 квалитета)

Принимаем $A_{1,1пр} = 85,6h15$ мм

- Находим технологический размер $A_{0,2}$, используя размерную цепь №4:

$$A_{0,2min} = A_{1,1max} + Z_{1,1min} = 85,6 + 1 = 86,6 \text{ мм};$$

$$A_{0,2max} = A_{0,2min} + TA_{0,2} = 86,6 + 2,2 = 88,8 \text{ мм}.$$

где $TA_{0,2} = 2,2$ мм (допуск 16 квалитета)

Принимаем $A_{0,2пр} = 88,8h16$ мм.

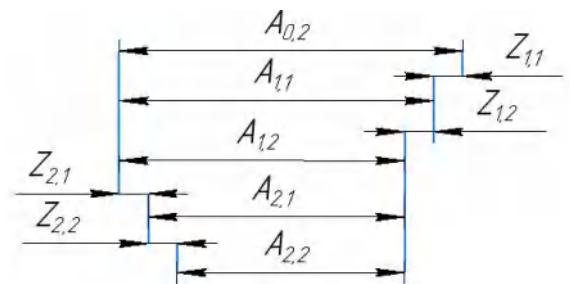


Рис. 1.5.5. Размерные цепи при обработке фланца по длине.

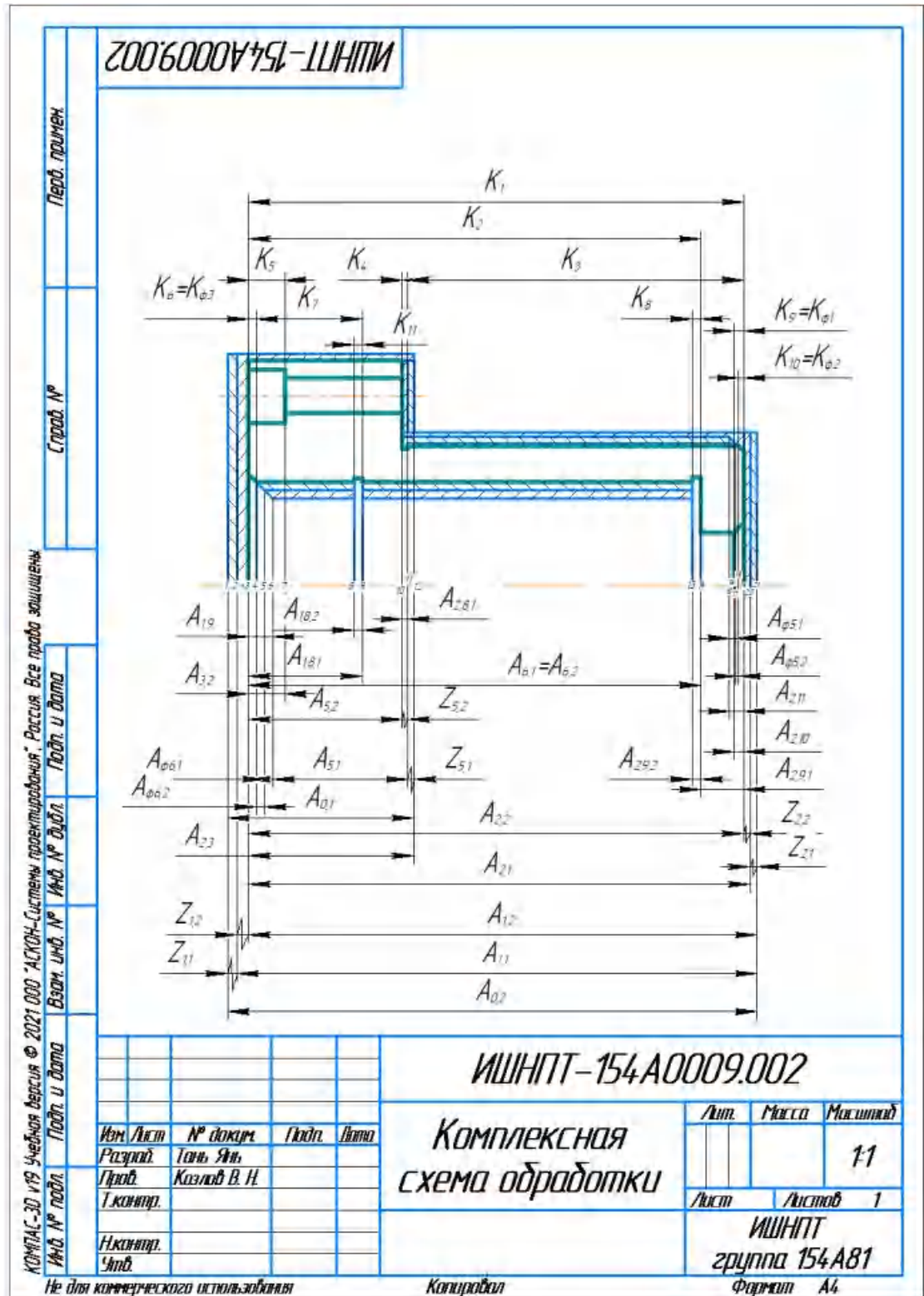


Рис. 1.5 а. Комплексная схема обработки детали в осевом направлении

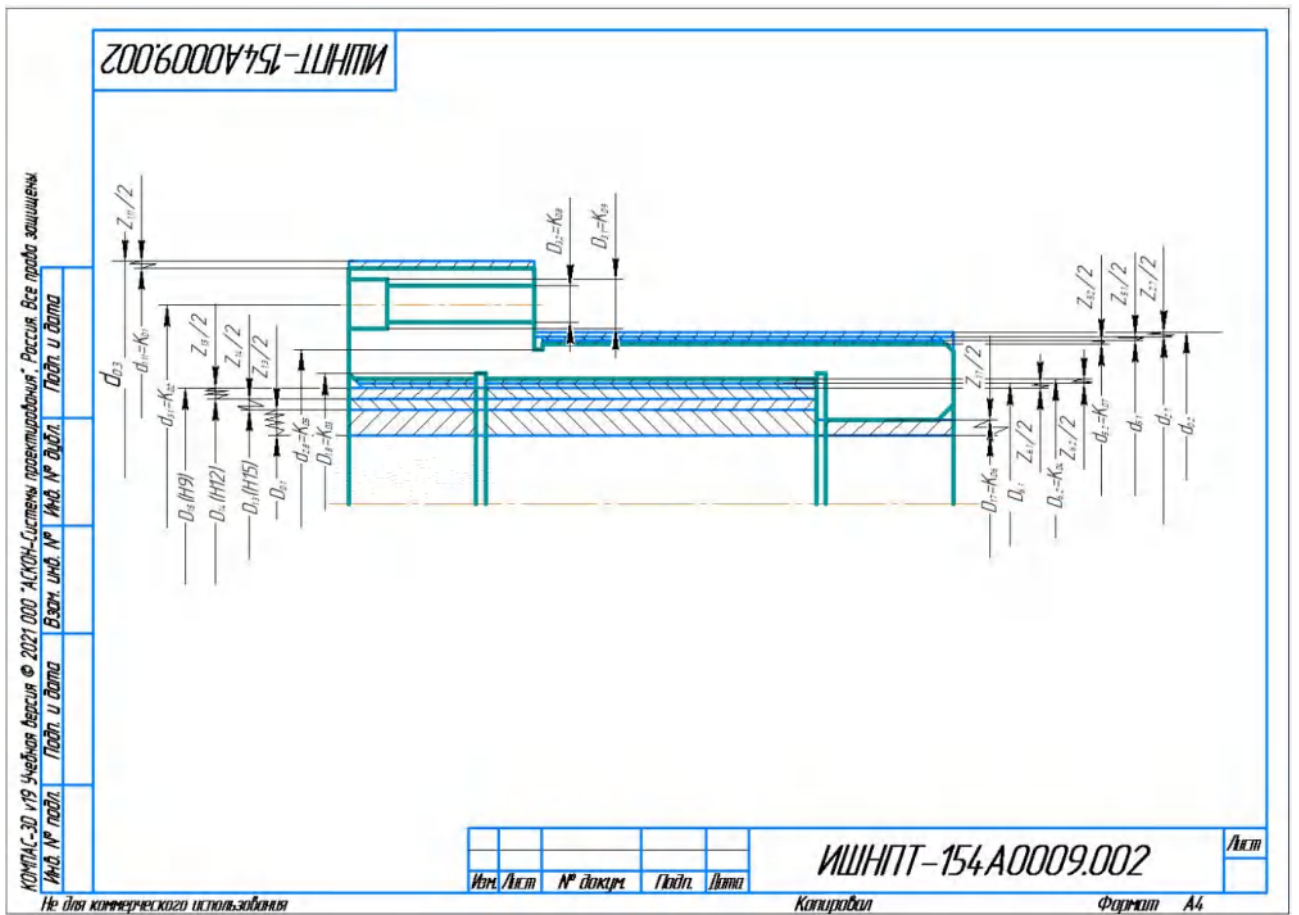


Рис. 1.5 б. Комплексная схема обработки детали в диаметральном направлении

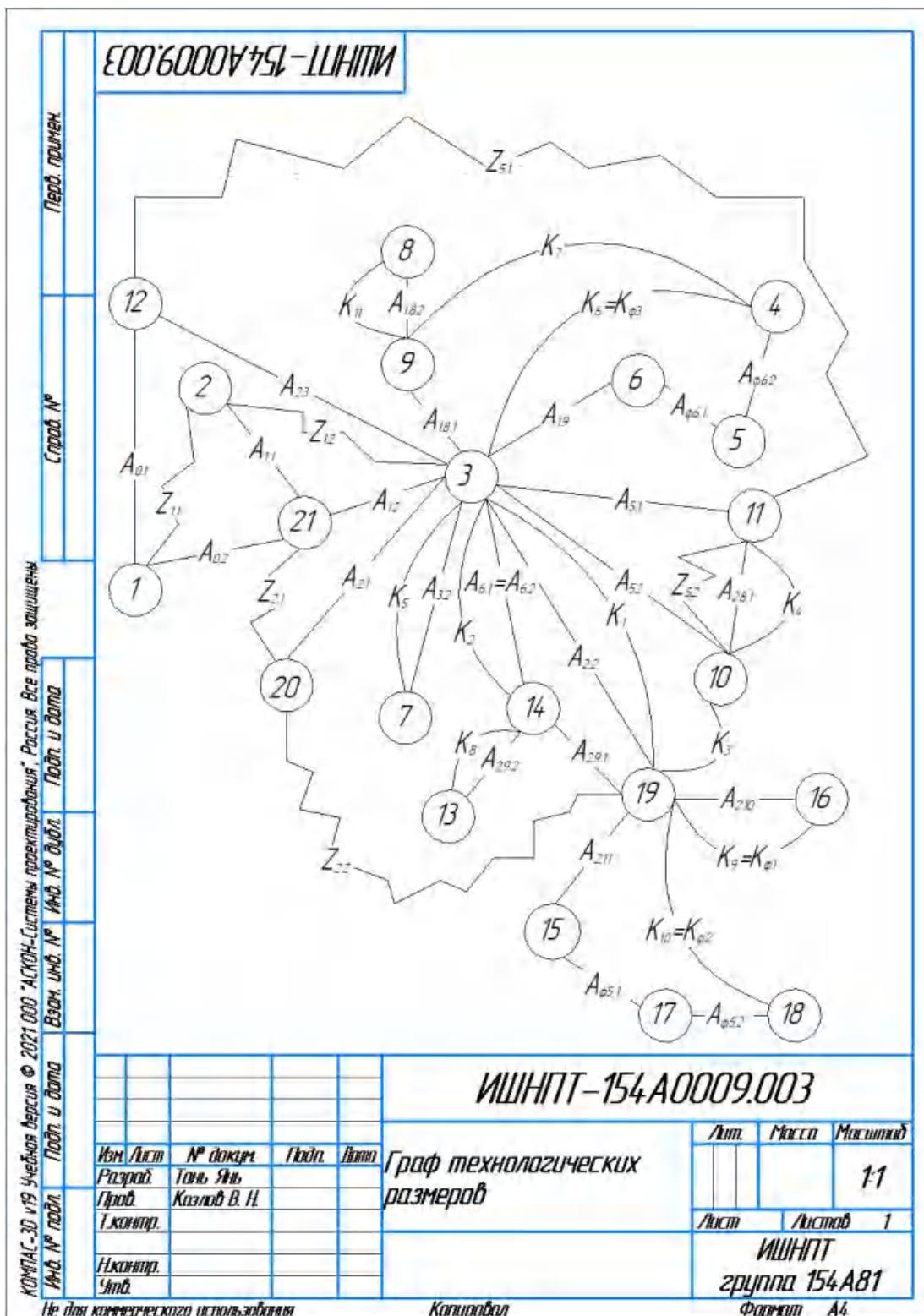


Рис.1.5 в. Граф технологических размеров

1.6. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали

1.6.1. Допуски конструкторских размеров

Из чертежа детали узнаем допуски на конструкторские размеры:

Конструкторские осевые размеры и их допуски:

$$K_1 = 80h14 \text{ мм}; TK_1 = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_2 = 75h14 \text{ мм}; TK_2 = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_3 = 54h14 \text{ мм}; TK_3 = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_4 = 2h14 \text{ мм}; TK_4 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_5 = 8h14 \text{ мм}; TK_5 = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_6 = K_{\phi 3} = 2 js14 \text{ мм}; TK_6 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_7 = 20h14 \text{ мм}; TK_7 = 0,52 \text{ мм};$$

$$K_8 = 2h14 \text{ мм}; TK_8 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_9 = K_{\phi 1} = 2 js14 \text{ мм}; TK_9 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{10} = K_{\phi 2} = 2 js14 \text{ мм}; TK_{10} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{11} = 2h14 \text{ мм}; TK_{11} = 0,25 \text{ мм};$$

Конструкторские диаметральные размеры и их допуски:

$$K_{D1} = \phi 130h14; TK_{D1} = 1 \text{ мм};$$

$$K_{D2} = \phi 106 \pm 0,11; TK_{D2} = 0,22 \text{ мм};$$

$$K_{D3} = \phi 58H14; TK_{D3} = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_{D4} = \phi 55H7; TK_{D4} = 0,03 \text{ мм};$$

$$K_{D5} = \phi 79h14; TK_{D5} = 0,74 \text{ мм};$$

$$K_{D6} = \phi 35H14; TK_{D6} = 0,62 \text{ мм};$$

$$K_{D7} = \phi 80h7; TK_{D7} = 0,03 \text{ мм};$$

$$K_{D8} = \phi 10H14; TK_{D8} = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_{D9} = \phi 13H14; TK_{D9} = 0,43 \text{ мм};$$

1.6.2. Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно:

1) Для выдерживания размера фаски $K_{ф3} = 2 j_s 14(\pm 0,125) \times 45^\circ$ выявляем размерную цепь из комплексной схемы обработки (рис. 1.5 б) и вычерчиваем её отдельно (рис. 1.6.1):

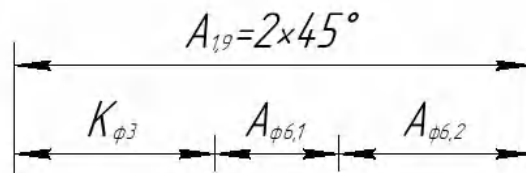


Рис. 1.6.1. Размерная цепь относительно размера фаски $K_{ф3}$

Основное уравнение размерной цепи для определения технологических размеров относительно конструкторского размера $K_{ф3}$ (размера фаски):

$$K_{ф3} = A_{1,9} - A_{ф6,1} - A_{ф6,2}$$

где $K_{ф3}$ – конструкторский размер фаски, $K_{ф3} = 2 j_s 14(\pm 0,125) \times 45^\circ$;

$A_{ф6,1}$ – изменение фаски после внутреннего круглого шлифования на операции б в переходе 1 при получении $\varnothing D_{6,1} = \varnothing 54,8H8(+0,046)_0$;

$A_{ф6,2}$ – изменение фаски после внутреннего круглого шлифования на операции б в переходе 2 при получении $\varnothing D_{6,2} = \varnothing 55H7(+0,03)_0$;

Т.к. угол фаски 45° , то изменение диаметра приведёт к такому же изменению фаски, т.е. изменение фаски на рассматриваемом переходе равно удаляемому припуску на рассматриваемом переходе. Поэтому в качестве технологических размеров будем рассматривать удаляемый припуск $z_{i,j}$, где i – операция, а j – переход, на котором удаляется припуск $z_{i,j}$ ($2z_{i,j}$ – это припуск на диаметр). Отсюда:

$$\begin{aligned} A_{ф6,1} &= 2z_{i,j}/2 = 2z_{6,2}/2 = (D_{6,1} - D_{1,5})/2 = (54,8H8 - 54,2H9)/2 = \\ &= (54,8^{+0,046} - 54,2^{+0,074})/2 = 0,3^{+0,023}_{-0,037} \text{ мм;} \end{aligned}$$

Допуск $T_{A_{ф6,1}}$, а правильнее, половина максимального изменения припуска $2z_{i,j} = 2z_{6,2}$ (т.к. рассматриваем только в радиальном направлении):

$$T_{A_{ф6,1}} = V_{A_{ф6,1}} - N_{A_{ф6,1}} = [+0,023 - (-0,037)] = 0,06 \text{ мм;}$$

Аналогично рассчитываем размер $A_{ф6,2}$:

$$A_{\phi 6.2} = 2z_{6.2}/2 = (D_{6.2} - D_{6.1})/2 = (55H7 - 54.8H8)/2 = \\ = (55^{+0.03} - 54,8^{+0.046})/2 = 0,1_{-0,023}^{+0,015} \text{ мм};$$

Допуск $T_{A\phi 6.2}$:

$$T_{A\phi 6.2} = V_{A\phi 6.2} - N_{A\phi 6.2} = [+0,015 - (-0,023)] = 0,038 \text{ мм};$$

Определяем возможность решения размерной цепи исходя из допусков составляющих звеньев этой цепи:

$$T_{K\phi 3} = 0,25 \geq \sum T_{A_{i,j}} = T_{A_{1,9}} + T_{A\phi 6.1} + T_{A\phi 6.2} = T_{A_{1,9}} + 0,06 + 0,038 \text{ мм}.$$

Рассчитываем допуск, с которым (не более которого) должны обрабатывать фаску размером $A_{1,9}$:

$$0,25 = T_{A_{1,9}} + 0,06 + 0,038; \quad T_{A_{1,9}} = 0,25 - 0,06 - 0,038 = 0,152 \text{ мм};$$

Определяем качество, по которому надо обрабатывать фаску размером $A_{1,9}$: при номинальном размере фаски более 2 мм, но менее 3 мм максимальный допуск 0,153 мм соответствует приблизительно 13 качеству (IT13 = 0,14 мм, IT14 = 0,25 мм), т.е. обточить фаску по 13 качеству можно без особых проблем.

Рассчитываем номинальный размер и отклонения размера $A_{1,9}$:

Из рис. 1.12 при известных составляющих звеньях размерной цепи

$$A_{\phi 6.1} = 0,3_{-0,037}^{+0,023} \text{ мм}, \quad A_{\phi 6.2} = 0,1_{-0,023}^{+0,015} \text{ мм} \text{ и исходном звене}$$

$K_{\phi 3} = 2 \pm 0,125$ мм рассчитываем номинальный размер фаски $A_{1,9}$:

$$K_{\phi 3} = A_{1,9} - (A_{\phi 6.1} + A_{\phi 6.2});$$

$$2 = A_{1,9} - (0,3 + 0,1);$$

Номинальный размер фаски $A_{1,9}$:

$$A_{1,9} = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ мм}.$$

Рассчитываем верхнее отклонение фаски $A_{1,9}$:

$$V_{K\phi 3} = V_{A_{1,9}} - (N_{A\phi 6.1} + N_{A\phi 6.2});$$

$$+0,125 = V_{A_{1,9}} - [(-0,037) + (-0,023)];$$

$$V_{A_{1,9}} = +0,125 - 0,06 = +0,065 \text{ мм}.$$

Рассчитываем нижнее отклонение фаски $A_{1,9}$:

$$N_{K\phi 3} = N_{A_{1,9}} - (V_{A\phi 6.1} + V_{A\phi 6.2});$$

$$-0,125 = H_{A_{1.9}} - [(+0,023) + (+0,015)];$$

$$H_{A_{1.9}} = -0,125 + 0,038 = -0,087 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск фаски $A_{1.9}$:

$$T_{A_{1.9}} = B_{A_{1.7}} - H_{A_{1.7}} = +0,065 - (-0,087) = 0,152 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_{\phi 3}} = 0,25 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A_{1.9}} + T_{A_{\phi 6.1}} + T_{A_{\phi 6.2}} = 0,152 + 0,06 + 0,038 = 0,25 \text{ мм.}$$

$T_{K_{\phi 3}} = \Sigma T_{A_{i,j}}$, т.е. расчёты были выполнены правильно.

Рассчитанный размер фаски $A_{1.9} = 2,4_{-0,087}^{+0,065}$ мм. Выдерживать тысячные доли миллиметра при обточке фаски сложно, поэтому округляем верхнее отклонение до ближайшего меньшего числа ($B_{A_{1.9} \text{ прин}} = +0,065 \approx +0,06$ мм), а нижнее – до ближайшего большего числа по абсолютной величине ($H_{A_{1.9} \text{ прин}} = -0,087 \approx -0,08$ мм), т.е. исполнительный размер фаски $A_{1.9}$:

$$A_{1.9 \text{ прин}} = 2,4_{-0,08}^{+0,06} \text{ мм} = 2,4_{-0,08}^{+0,06} \text{ мм.}$$

У принятого размера фаски $A_{1.9 \text{ прин}}$ допуск $T_{A_{1.9}} = +0,06 - (-0,08) = 0,14$ мм, что соответствует приблизительно 13 качеству (IT12 = 0,100 мм, IT13 = 0,140 мм), т.е. обточить фаску $A_{1.9 \text{ прин}} = 2,4_{-0,08}^{+0,06}$ мм можно без особых проблем.

2) Для выдерживания размера фаски $K_{\phi 2} = 2 j_s 14(\pm 0,125) \times 45^\circ$ выявляем размерную цепь из комплексной схемы обработки (рис. 1.5 б) и вычерчиваем её отдельно (см. рис. 1.6.2):

Основное уравнение размерной цепи для определения технологических размеров относительно конструкторского размера $K_{\phi 1}$ (размера фаски):

$$K_{\phi 2} = A_{2.11} - (A_{\phi 5.1} + A_{\phi 5.2}),$$

где $K_{\phi 2}$ – конструкторский размер фаски, $K_{\phi 2} = 2 j_s 14(\pm 0,125) \times 45^\circ$;

$A_{\phi 5.1}$ – изменение фаски после наружного круглого шлифования на операции 5 в переходе 1 при получении $\phi d_{5.1} = 80,2 h_8 (-0,054)$;

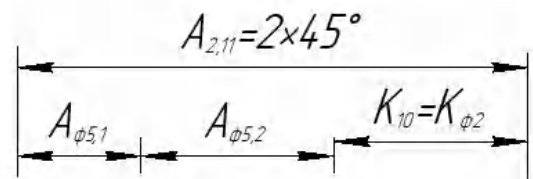


Рис. 1.6.2. Размерная цепь относительно размера фаски $K_{\phi 2}$

$A_{\phi 5.2}$ – изменение фаски после наружного круглого шлифования на операции 5 в переходе 2 при получении $\phi d_{5.2} = 80 \text{ h7 } (-0,03)$;

Т.к. угол фаски 45° , то изменение диаметра приведёт к такому же изменению длины фаски, т.е. изменение длины фаски на рассматриваемом переходе равно удаляемому припуску на рассматриваемом переходе. Поэтому в качестве технологических размеров будем рассматривать удаляемый припуск $z_{i,j}$, где i – операция, а j – переход, на котором удаляется припуск $z_{i,j}$ ($2z_{i,j}$ – это припуск на диаметр). Отсюда:

$$\begin{aligned} A_{\phi 5.1} &= 2z_{i,j}/2 = 2z_{5.1}/2 = (d_{2.7} - d_{5.1})/2 = (80,9\text{h9} - 80,2\text{h8})/2 = \\ &= (80,9_{-0,087} - 80,2_{-0,054})/2 = 0,35_{-0,0435}^{+0,027} \text{ мм}; \end{aligned}$$

Допуск $T_{A_{\phi 5.1}}$, а правильнее, половина максимального изменения припуска $2z_{i,j} = 2z_{2.5}$ (т.к. рассматриваем только в радиальном направлении):

$$T_{A_{\phi 5.1}} = V_{A_{\phi 5.1}} - N_{A_{\phi 5.1}} = [+0,027 - (-0,0435)] = 0,0705 \text{ мм};$$

Аналогично рассчитываем размер $A_{\phi 5.2}$:

$$\begin{aligned} A_{\phi 5.2} &= 2z_{5.2}/2 = (d_{5.1} - d_{5.2})/2 = (80,2\text{h8} - 80\text{h7})/2 = \\ &= (80,2_{-0,054} - 80_{-0,03})/2 = 0,1_{-0,027}^{+0,015} \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\text{Допуск } T_{A_{\phi 5.2}}: T_{A_{\phi 5.2}} = V_{A_{\phi 5.2}} - N_{A_{\phi 5.2}} = [+0,015 - (-0,027)] = 0,042 \text{ мм};$$

Определяем возможность решения размерной цепи исходя из допусков составляющих звеньев этой цепи:

$$\begin{aligned} T_{K_{\phi 1}} &= 0,25 \geq \sum T_{A_{i,j}} = T_{A_{2.11}} + T_{A_{\phi 5.1}} + T_{A_{\phi 5.2}} = T_{A_{2.14}} + 0,0705 + 0,042 = \\ &= T_{A_{2.11}} + 0,1125 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Рассчитываем допуск, с которым (не более которого) должна обтачиваться фаска размером $A_{2.11}$:

$$0,25 = T_{A_{2.11}} + 0,1125; \rightarrow T_{A_{2.14}} = 0,25 - 0,1125 = 0,1375 \text{ мм};$$

Определяем качество, по которому надо обтачивать фаску размером $A_{2.11}$: при номинальном размере фаски более 2 мм, но менее 3 мм максимальный допуск 0,1375 мм соответствует приблизительно 13 качеству ($IT_{12} = 0,100 \text{ мм}$, $IT_{13} = 0,140 \text{ мм}$), т.е. обточить фаску по 13 качеству можно без особых проблем.

Если бы рассчитанной величине допуска соответствовал 10 квалитет или даже меньший, то для решения задачи размерной цепи на рисунке необходимо надо было либо уменьшать допуски на остальные составляющие звенья (в нашем случае это $T_{A_{\phi 5.1}}$ и $T_{A_{\phi 5.2}}$), либо согласовывать с конструктором увеличение конструкторского размера фаски $K_{\phi 2}$. Уменьшить допуск $T_{A_{\phi 5.2}}$ было бы практически невозможно (обработка по 7 квалитету после 8-го), уменьшить допуск $T_{A_{\phi 5.1}}$ было бы тоже практически невозможно (обработка по 8 квалитету после 9-го).

Рассчитываем номинальный размер фаски $A_{2.11}$ из основного уравнения размерной цепи, представленной на рис. 1.10 при известных составляющих звеньях размерной цепи $A_{\phi 5.1} = 0,35^{+0,027}_{-0,0435}$ мм, $A_{\phi 5.2} = 0,1^{+0,015}_{-0,027}$ мм и исходном звене $K_{\phi 1} = 2 \pm 0,125$ мм:

$$K_{\phi 2} = A_{2.11} - (A_{\phi 5.1} + A_{\phi 5.2});$$

$$2 = A_{2.11} - (0,35 + 0,1);$$

Номинальный размер фаски $A_{2.14}$:

$$A_{2.11} = 2 + 0,45 = 2,45 \text{ мм.}$$

Рассчитываем верхнее отклонение фаски $A_{2.11}$:

$$V_{K_{\phi 2}} = V_{A_{2.11}} - (H_{A_{\phi 5.1}} + H_{A_{\phi 5.2}});$$

$$+0,125 = V_{A_{2.11}} - [(-0,0435) + (-0,027)];$$

$$V_{A_{2.11}} = +0,125 - 0,0705 = +0,0545 \text{ мм.}$$

Рассчитываем нижнее отклонение фаски $A_{2.11}$:

$$H_{K_{\phi 2}} = H_{A_{2.11}} - (V_{A_{\phi 5.1}} + V_{A_{\phi 5.2}});$$

$$-0,125 = H_{A_{2.11}} - [(+0,027) + (+0,015)];$$

$$H_{A_{2.11}} = -0,125 + 0,042 = -0,083 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск фаски $A_{2.11}$:

$$T_{A_{2.11}} = V_{A_{2.11}} - H_{A_{2.11}} = +0,0545 - (-0,083) = 0,1375 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_{\phi 2}} = 0,25 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A_{2.11}} + T_{A_{\phi 5.1}} + T_{A_{\phi 5.2}} = 0,1375 + 0,0705 + 0,042 = 0,25 \text{ мм.}$$

$T_{K_{\phi 2}} = \Sigma T_{A_{i,j}}$, т.е. расчёты были выполнены правильно.

Рассчитанный размер фаски $A_{2.11} : 2,45^{+0,0545}_{-0,083}$ мм. Выдерживать тысячные доли миллиметра при обточке фаски сложно, поэтому округляем верхнее отклонение до ближайшего меньшего числа ($B_{A_{2.11} \text{ прин}} = +0,0545 \approx +0,05$ мм), а нижнее – до ближайшего большего числа по абсолютной величине ($H_{A_{2.14} \text{ прин}} = -0,083 \approx -0,08$ мм), т.е. исполнительный размер фаски $A_{2.14}$:

$$A_{2.11 \text{ прин}} = 2,45^{+0,05}_{-0,08} \text{ мм} = 2,45^{+0,05}_{-0,08} \text{ мм}.$$

У принятого размера фаски $A_{2.11 \text{ прин}}$ допуск $T_{A_{2.11}} = +0,05 - (-0,08) = 0,13$ мм, что соответствует приблизительно 13 качеству ($IT12 = 0,100$ мм, $IT13 = 0,140$ мм), т.е. обточить фаску $A_{2.11 \text{ прин}} = 2,45^{+0,05}_{-0,08}$ мм можно без особых проблем.

3) Для конструкторского размера $K_2 = 75h14_{(-0,74)}$, который непосредственно не выдерживается, на комплексной схеме обработки детали (рис. 1.5 б) выявляем размерную цепь, его содержащую, и рисуем её отдельно (рис. 1.6.3).

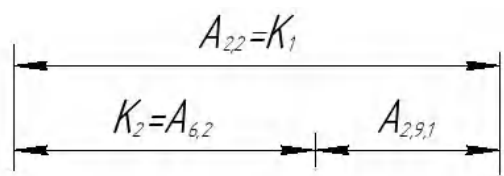


Рис. 1.6.3. Размерная цепь относительно размера длины уступа K_2

В этой цепи размер K_2 является исходным звеном, т.е. это замыкающее звено, на которое заданы и номинал, и отклонения. Определяем характер остальных звеньев цепи: $A_{2,2}$ - увеличивающее звено, $T_{A_{2,9,1}}$ - уменьшающее звено. Основное уравнение этой размерной цепи:

$$K_2 = A_{2,2} - A_{2,9,1};$$

$$K_2 = 75h14_{(-0,74)}, A_{2,2} = K_1 = 80h14_{(-0,74)}.$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$TK_2 \geq TA_{2,2} + TA_{2,9,1}; \rightarrow 0,74 \geq 0,74 + TA_{2,9,1};$$

Т.к. сумма допусков технологических размеров ($0,74 + TA_{2,9,1}$) больше допуска исходного звена (конструкторского размера K_2) $TK_2 = 0,74$ мм, то, для того, чтобы выдерживался размер K_2 , необходимо уменьшить допуск на технологический размер $A_{2,2}$ ($TA_{2,2} = 0,74$ мм). Т.к. номинальные размеры звеньев

$A_{2,2} = 80$ мм и $K_2 = 75$ мм входят в один и тот же диапазон размеров от 50 до 80 мм системы допусков, то у них могут быть равные допуски, т.е. $TA_{2,2} = TK_2$. Поэтому можно рассчитать допуск размера $TA_{2,2}$ способом равных допусков:

$$TA_{i,j} = TA_{\Delta}/n,$$

где TA_{Δ} – допуск замыкающего звена (в нашем случае это исходное звено K_2), n – количество составляющих звеньев размерной цепи ($A_{2,2}$ и $A_{2,9,1}$).

В нашем случае: $TA_{2,2} = TA_{\Delta}/n = TK_2^*/2 = 0,74/2 = 0,37$ мм.

Этот допуск соответствует приблизительно 12 качеству (IT12=0,3 мм, IT13=0,46 мм), поэтому и размер $A_{2,2} = 80$ мм, и размер $TA_{2,9,1}$ могут быть выполнены без особых проблем.

Т.к. необходимо уменьшить допуск технологического размера $A_{2,2}$, то в техпроцессе необходимо записать изменённый размер $A^*_{2,2} = 80h12(-0,3)$, т.е. $A^*_{2,2} \neq K_1 = 80h14(-0,74)$, но поле допуска нового технологического размера входит в поле допуска конструкторского размера K_1 , т.е. конструкторский размер будет выдерживаться, и даже с некоторым запасом. Если в дальнейшем будут рассматриваться размерные цепи, в которые входит размер $A_{2,2}$, то необходимо будет оперировать новым исполнительным размером $A^*_{2,2} = 80h12(-0,3)$.

Записываем основное уравнение размерной цепи с новым принятым значением размера $A^*_{2,2}$:

$$K_2 = A^*_{2,2} - A_{2,9,1};$$

Рассчитываем номинальный размер звена $A_{2,9,1}$ при известном составляющем звене размерной цепи $A^*_{2,2} = 80h12(-0,3)$, и исходном звене $K_2 = 75h14(-0,74)$ мм:

$$K_2 = A^*_{2,2} - A_{2,9,1};$$

$$75 = 80 - A_{2,9,1}; \rightarrow A_{2,9,1} = 80 - 75 = 5 \text{ мм.}$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{2,9,1}$:

$$B_{K_2} = B_{A^*_{2,2}} - N_{A_{2,9,1}};$$

$$0 = 0 - N_{A_{2,9,1}}; \rightarrow N_{A_{2,9,1}} = 0 - 0 = 0 \text{ мм.}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера $A_{2,9,1}$:

$$H_{K_2} = H_A *_{2,2} - B_{A_{2,9,1}};$$

$$-0,74 = -0,3 - B_{A_{2,9,1}}; \rightarrow B_{A_{2,9,1}} = -0,3 + 0,74 = +0,44 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск размера $A_{2,9,1}$:

$$T_{A_{2,9,1}} = B_{A_{2,9,1}} - H_{A_{2,9,1}} = 0,44 - 0 = 0,44 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_2} = 0,74 \geq \Sigma T_{A_{i,j}} = T_{A *_{2,2}} + T_{A_{2,4}} = 0,3 + 0,44 = 0,74 \text{ мм.}$$

$T_{K_2} = \Sigma T_{A_{i,j}}$, т.е. расчёты были выполнены правильно.

Записываем исполнительный размер звена $A_{2,9,1}$:

$$A_{2,9,1} = 5^{+0,44}_0 \text{ мм} = 5^{+0,44}_0 \text{ мм.}$$

4) Рассчитываем длину уступа $A_{5,1}$ при шлифовании диаметра $d_{5,2}$ на 5-й операции. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.4):

$$A_{5,1} = A_{5,2} + Z_{5,2};$$

$$A_{5,2} = 24h14 = 24^{0}_{-0,54} \text{ мм, } T_{A_{5,2}} = 0,54 \text{ мм.}$$

Рассчитываем минимальный припуск при шлифовании уступа во время шлифования $\phi d_{5,2}$ по 7 качеству после термообработки:

$$Z_{5,2 \text{ min.i}} = R_{z,i-1} + T_{\text{деф.i-1}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 10 + 30 + 30 + 0 = 70 \text{ мкм} = 0,07 \text{ мм.}$$

$$A_{5,1 \text{ min}} = A_{5,2 \text{ max}} + Z_{5,2 \text{ min}} = 24 + 0,07 = 24,07 \text{ мм.}$$

$$A_{5,1 \text{ max}} = A_{5,1 \text{ min}} + T_{A_{5,1}} = A_{5,1 \text{ min}} + IT14 = 24,07 + 0,52 = 24,59 \text{ мм.}$$

Принимаем $A_{5,1} = 24,59h14(-0,52)$ мм.

5) Рассчитываем длину уступа $A_{2,3}$ при обточке диаметра $d_{2,3}$ на 2-й операции.

Выделяем размерную цепь для этого

звена (рис. 1.6.5). Основное уравнение размерной цепи:

$$A_{5,1} = A_{2,3} - Z_{5,1}.$$

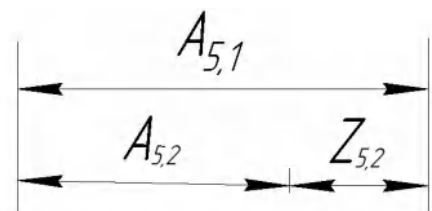


Рис. 1.6.4 Размерная цепь для расчёта технологического размера $A_{5,1}$

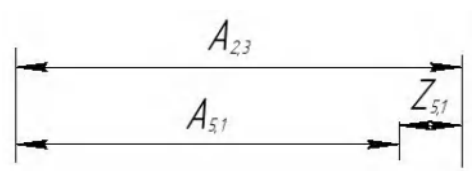


Рис. 1.6.5. Размерная цепь для расчёта технологического размера $A_{2,3}$

Звено $A_{5.1}$ исходное, от него будет зависеть, на какой размер $A_{2.3}$ надо обработать уступ во 2-й (токарной) операции.

$$\text{Средний размер звена } A_{5.1} : A_{5.1cp} = A_{2.3cp} - Z_{5.1cp}.$$

Рассчитываем минимальный припуск при шлифовании уступа во время шлифования $\phi d_{5.1}$ по 8 качеству после термообработки:

$$Z_{5.1\ min.i} = R_{z,i-1} + T_{def,i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 20 + 100 + 100 + 100 = 320 \text{ мкм};$$

$$A_{5.1} = 24,59h14_{(-0,52)} \text{ мм}, T_{A_{5.1}} = 0,52 \text{ мм}; A_{5.1\ cp} = (24,59 + 24,07)/2 = 24,33 \text{ мм},$$

$$K_3 = 56_{-0,74} \text{ мм};$$

Припуск $z_{5.1}$ непосредственно мы не можем выдержать, изменение этого припуска будет зависеть от изменения размера $A_{5.1}$ и изменения размера $A_{2.3}$, поэтому $T_{z_{5.1}} = T_{A_{5.1}} + T_{A_{2.3}} = 0,52 + 0,52 = 1,04 \text{ мм}$.

Размер $A_{2.3}$ будем выдерживать по 14 качеству. Рассчитываем приблизительную величину номинального размера $A_{2.3}$:

$$A_{2.3} \approx A_{2.1} - K_3 = 80 - 56 = 24 \text{ мм}.$$

При номинальной величине размера $A_{2.3}$ приблизительно 24 мм допуск по 14 качеству IT14 = 0,52 мм.

Сумма допусков всех составляющих звеньев размерной цепи (см. рис.1.6.5):

$$\Sigma T_{Ai} = T_{A_{2.3}} + T_{z_{5.1}} = 0,52 + 1,04 = 1,56 \text{ мм}.$$

Рассчитываем среднюю величину припуска $z_{5.2}$:

$$z_{5.1}^{cp} = \frac{z_{5.1}^{cp} + z_{5.1}^{cp}}{2} = \frac{z_{5.1}^{min} + (z_{5.1}^{min} + \Sigma T_{Ai})}{2} =$$

$$= [0,32 + (0,32 + 1,56)]/2 = 0,956 \text{ мм}.$$

$$A_{2.3}^{cp} = A_{5.1}^{cp} + z_{5.1}^{cp};$$

$$A_{2.3}^{cp} = 24,33 + 0,956 = 25,286 \text{ мм};$$

$$A_{2.3} = 25,286 \pm 0,26 \text{ мм}.$$

6) Рассчитываем размер $A_{2,1}$.

$A_{2,2}$ - размер совпадает с конструкторским размером K_1 , но который был заменён на технологический размер $A_{2,2}^*$ на стр. 30, чтобы выдерживался другой конструкторский размер:

$$A_{2,2}^* \neq K_1 = 80h14_{(-0,74)} \quad (\text{см. стр.30}) \rightarrow A_{2,2}^* = 80h12_{(-0,3)},$$

$$A_{2,2}^{cp} = \frac{80+79,7}{2} = 79,85 \text{ мм};$$

$$Z_{2,2} = A_{2,1} - A_{2,2};$$

$$z_{2,2}^{cp} = z_{2,2min}^{cp} + \frac{\sum T_{Ai}}{2} = 0,28 + \frac{1,4+0,74}{2} = 1,35 \text{ мм};$$

$$z_{2,2}^{cp} = A_{2,1}^{cp} - A_{2,2}^{cp}$$

$$A_{2,1}^{cp} = A_{2,2}^{cp} + z_{2,2}^{cp} = 79,85 + 1,35 = 81,2 \text{ мм};$$

Примем $A_{2,1} = 81,2h15_{(-1,4)} \text{ мм}$.

7) Рассчитываем размер $A_{1,2}$:

$$Z_{2,1} = A_{1,2} - A_{2,1};$$

$$z_{2,1}^{cp} = z_{2,1min}^{cp} + \frac{\sum T_{Ai}}{2} = 1 + \frac{T_{A_{1,2}} + T_{A_{2,1}}}{2}$$

$$= 1 + \frac{0,87+1,4}{2} = 2,105 \text{ мм};$$

$$z_{2,1}^{cp} = A_{1,2CP} - A_{2,1CP}$$

$$A_{1,2}^{cp} = A_{2,1}^{cp} + z_{2,1}^{cp} = 80,98 + 2,105 = 83,085 \text{ мм};$$

Примем $A_{1,2} = 83,1h14_{(-0,87)} \text{ мм}$

8) Рассчитываем размер $A_{1,1}$:

$$Z_{1,2} = A_{1,1} - A_{1,2};$$

$$z_{1,2}^{cp} = z_{1,2min}^{cp} + \frac{\sum T_{Ai}}{2} = 0,28 + \frac{T_{A_{1,2}} + T_{A_{1,1}}}{2}$$

$$= 0,28 + \frac{0,87+1,4}{2} = 1,415 \text{ мм};$$

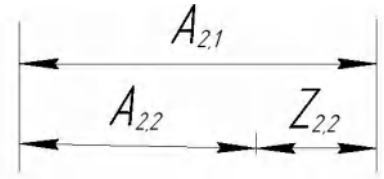


Рис. 1.6.6. Размерная цепь для расчета технологического размера $A_{2,1}$

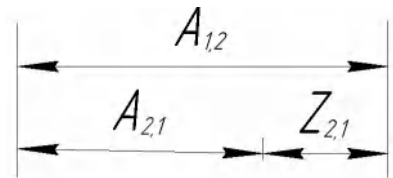


Рис. 1.6.7. Размерная цепь для расчета технологического размера $A_{1,2}$.

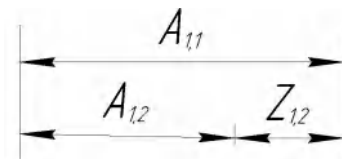


Рис. 1.6.8. Размерная цепь для расчета технологического размера $A_{1,1}$.

$$z_{1,2}^{cp} = A_{1,1}^{cp} - A_{1,2}^{cp};$$

$$A_{1,1}^{cp} = A_{1,2}^{cp} + z_{1,2}^{cp} = 83,085 + 1,415 = 84,5 \text{ мм};$$

Примем $A_{1,1} = 84,5h15(-1,4) \text{ мм}$

9) Рассчитываем размер $A_{0,2}$:

$$Z_{1,1} = A_{0,2} - A_{1,1};$$

$$z_{1,1}^{cp} = z_{1,1min}^{cp} + \frac{\sum T_{Ai}}{2} = 1 + \frac{TA_{0,2} + TA_{1,1}}{2}$$

$$= 1 + \frac{2,2 + 1,4}{2} = 2,8 \text{ мм};$$

$$z_{1,1}^{cp} = A_{0,2}^{cp} - A_{1,1}^{cp};$$

$$A_{0,2}^{cp} = A_{1,1}^{cp} + z_{1,1}^{cp} = 84,5 + 2,8 = 87,3 \text{ мм};$$

Примем $A_{0,2} = 87,3h16 \text{ мм}$.

Записываем все рассчитанные технологические размеры.

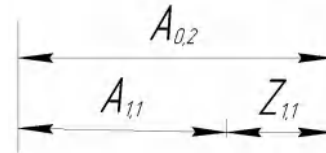


Рис. 1.6.9. Размерная цепь для расчета технологического размера $A_{0,2}$.

Технологические размеры

- | | |
|--|---|
| 1) $A_{0,1} = 29,501_{-2,46}^{+1,13} \text{ мм}$ | 13) $A_{2,10} = K_9 = 2 \pm 0,125 \text{ мм}$ |
| 2) $A_{0,2} = 83,9_{-0,22} \text{ мм}$ | 14) $A_{2,11} = 2,45_{-0,08}^{+0,05} \text{ мм}$ |
| 3) $A_{1,1} = 84,5_{-1,4} \text{ мм}$ | 15) $A_{3,2} = K_5 = 8_{-0,36} \text{ мм}$ |
| 4) $A_{1,2} = 83,085_{-0,87} \text{ мм}$ | 16) $A_{5,1} = 24,59_{-0,52} \text{ мм}$ |
| 5) $A_{1,8.1} = K_7 + K_6 = 22_{-0,375}^{+0,125} \text{ мм}$ | 17) $A_{5,2} = 24_{-0,54} \text{ мм}$ |
| 6) $A_{1,8.2} = K_{11} = 2_{-0,25} \text{ мм}$ | 18) $A_{\phi 5.1} = 0,35_{-0,0435}^{+0,027} \text{ мм}$ |
| 7) $A_{1,9} = 2,4_{-0,08}^{+0,06} \text{ мм}$ | 19) $A_{\phi 5.2} = 0,1_{-0,027}^{+0,015} \text{ мм}$ |
| 8) $A_{2,1} = 80,98_{-0,14} \text{ мм}$ | 20) $A_{6.1} = A_{6.2} = 75_{-0,74} \text{ мм}$ |
| 9) $A_{2,3} = 25,286 \pm 0,26 \text{ мм}$ | 21) $A_{\phi 6.1} = 0,3_{-0,037}^{+0,063} \text{ мм}$ |
| 10) $A_{2,8.1} = K_4 = 2_{-0,25} \text{ мм}$ | 22) $A_{\phi 6.2} = 0,1_{-0,023}^{+0,015} \text{ мм}$ |
| 11) $A_{2,9.1} = 5_{-0,7}^{+0,44} \text{ мм}$ | 23) $d_{0,2} = 86,2_{-0,7}^{+1,3} \text{ мм}$ |
| 12) $A_{2,9.2} = K_8 = 2_{-0,25} \text{ мм}$ | 24) $d_{0,3} = 135_{-0,8}^{+1,7} \text{ мм}$ |

- 25) $d_{1.11} = K_{D1} = 130_{-1} \text{ MM}$
- 26) $d_{2.7} = 80,9_{-0,087} \text{ MM}$
- 27) $d_{2.8} = K_{D5} = 79_{-0,74} \text{ MM}$
- 28) $d_{3.1} = K_{D2} = 106 \pm 0,11 \text{ MM}$
- 29) $d_{5.1} = 80,2_{-0,054} \text{ MM}$
- 30) $d_{5.2} = K_{D7} = 80_{-0,03} \text{ MM}$
- 31) $D_{0.1} = 32,2^{+0,1}_{-0,06} \text{ MM}$
- 32) $D_{1.3} = 51,7^{+1,2} \text{ MM}$
- 33) $D_{1.4} = 53,5^{+0,3} \text{ MM}$
- 34) $D_{1.5} = 54,2^{+0,014} \text{ MM}$
- 35) $D_{1.6} = 34,3^{+1} \text{ MM}$
- 36) $D_{1.7} = K_{D6} = 35^{+0,62} \text{ MM}$
- 37) $D_{1.8} = K_{D3} = 58^{+0,74} \text{ MM}$
- 38) $D_{3.1} = K_{D9} = 13^{+0,43} \text{ MM}$
- 39) $D_{3.2} = K_{D8} = 10^{+0,36} \text{ MM}$
- 40) $D_{6.1} = 54,8^{+0,046} \text{ MM}$
- 41) $D_{6.2} = K_{D4} = 55^{+0,03} \text{ M}$

1.7. Выбор средств технологического оснащения

При выборе технологического оборудования следует учитывать выпуска и тип производства. При обработке деталей технологическое оборудование следует выбирать для каждой операции обработки детали.

Выбор типа станки заключается в следующем.

Операция 1 и 2 : Токарная операция

Токарный станок С6163В

Параметры	Ед. изм.	Значение
Мах диаметр обрабатываемой детали над станиной	мм	Ø660
Мах диаметр обработки над салазками	мм	Ø400
Мах длина рабочей заготовки	мм	1500/3000
Ширина направляющих	мм	560
Диаметр отверстия в шпинделе	мм	Ø105
Конусное отверстие шпинделя		1:20 метрический конус
Тип переднего конца шпинделя		JIS A1-11
Скорости шпинделя	Об/мин	14 ступеней 12,5-1120
Мощность двигателя шпинделя	кВт	11
Мощность двигателя насоса охлаждения	кВт	0,12
Макс. перемещение верхнего резцедержателя	мм	200
Макс. перемещение нижнего резцедержателя	мм	480
Сечение резца	мм	32x32
Диапазон подачи по оси X	мм/об	56 видов 0,031-3,5
Диапазон подачи по оси Z	мм/об	56 видов 0,062-7,0
Метрическая резьба	мм	31 вид 0,5-28
Дюймовая резьба	витков/дюйм	38 видов 56-1
Модульная резьба	мм	21 вид 0,25-7
Диаметрально-питчевая резьба	витков/шаг	27 видов 56-4
Диаметр пиноли	мм	100
Макс. перемещение пиноли	мм	250
Конусное отверстие пиноли		MT № 5

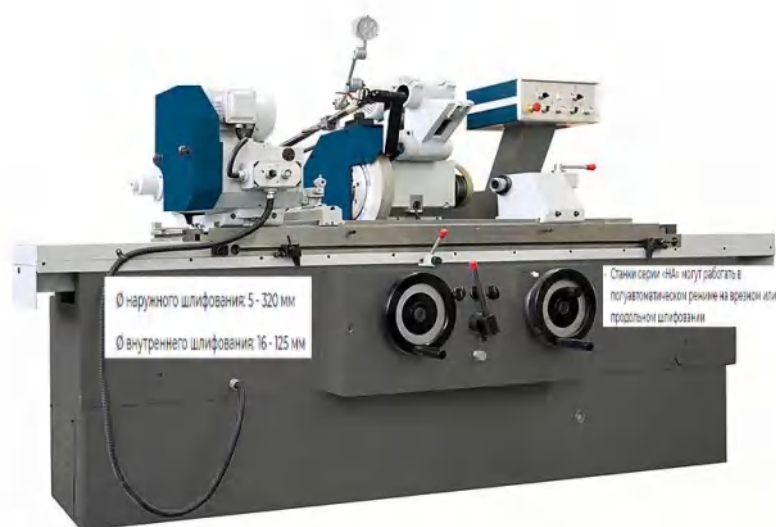
Операция 3 : Сверлильная

Станок вертикальный сверлильный 2А125

Наибольший диаметр сверления в мм	25
Рабочие размеры стола (длина X ширина) в мм	375X500
Наибольший ход шпинделя в мм	175
Ход салазок шпинделя в мм	200
Вылет шпинделя	250
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола в мм	700
Конус шпинделя	Морзе № 3
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	97—1360
Число скоростей и подач шпинделя	9
Пределы подач шпинделя в мм/об	0,1—0,81
Наибольшее усилие подачи в кг	900
Мощность главного электродвигателя в кВт	2,8
Габариты станка (длина X ширина X высота) в мм	825X980X2300
Вес станка в кг	870
Оптовая цена станка в руб.	530*

Операция 5 и 6: круглошлифовальная и внутришлифовальная

Универсальный шлифовальный станок 3К228П



Универсальный круглошлифовальный станок 3К228П
(стоимость 3 430 200 руб. с НДС на 23.03.2022 г.)

Таблица 1.7.2 - Универсальный круглошлифовальный станок 3К228П

Основные параметры	
Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	200
Наибольшая длина обрабатываемого изделия (РМЦ), мм	500
Наибольший диаметр шлифования, мм	200
Наименьший диаметр шлифования, мм	8
Рекомендуемый диаметр шлифования, мм	20-60
Наибольшая длина шлифования, мм	450
Диаметр шлифуемого отверстия, мм	25-50
Расстояние от оси шпинделя передней бабки до зеркала стола - высота центров, мм	120
Скорость перемещения стола от гидросистемы, м/мин	0,1-5
Наибольший угол поворота верхнего стола по часовой стрелке, град	6
Наибольший угол поворота верхнего стола против часовой стрелки, град	7
Цена деления шкалы поворота верхнего стола, град	
Цена деления шкалы поворота верхнего стола (конусность), мм/м	
Шлифовальная бабка	
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки от маховика, мм	110
Перемещение шлифовальной бабки относительно верхних салазок, мм	180
Перемещение шлифовальной бабки во время быстрого подвода, мм	40
Поворот шлифовальной бабки, град	90
Шлифовальный круг по ГОСТ 2424-67	
Диаметр шлифовального круга - наибольший/ наименьший, м/с	300/ 200
Диаметр шлифовального круга - посадочный, м/с	127
Наибольшая высота устанавливаемого круга, мм	40
Частота вращения шпинделя наружного шлифования, об/мин	2250
Толчковая подача - периодическая подача с реверсированием стола, мм	1,2
Цена деления лимба поперечной подачи, мм	
Цена деления лимба тонкой поперечной подачи, мм	
Величина поперечного перемещения шлифовальной бабки за один оборот маховика, мм	0,5
Скорость быстрого установочного перемещения шлифовальной бабки, мм/мин	1,2
Конец шлифовального шпинделя по ГОСТ 2323-67 (конусность 1:5, номинальный диаметр), мм	50

Диаметр внутришлифовальной головки, мм	17 x 20 x 6 30 x 25 x 10 40 x 32 x 16
Число оборотов внутришлифовального шпинделя	16750
Передняя бабка	
Частота вращения изделия (бесступенчатое регулирование), об/мин	78, 780
Угол поворота в сторону шлифовального круга, град	90
Угол поворота в сторону от шлифовального круга, град	30
Конус шпинделя передней бабки по ГОСТ 2847-67	Морзе 3
Задняя бабка	
Величина отвода пиноли задней бабки от руки, мм	25
Конус шпинделя пиноли задней бабки по ГОСТ 2847-67	Морзе 3
Привод и электрооборудование станка	
Количество электродвигателей на станке	7
Электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки 2М, кВт	3,0
Электродвигатель внутришлифовального шпинделя 7М, кВт	1,1

1.8. Расчет режимов и мощности резания

При задании режимов резания следует учитывать многие условия, такие как тип обработки детали, материал заготовки, тип и размер режущего инструмента, материал режущей части инструмента, тип и состояние станок.

Токарная обработка детали будет производиться твердосплавными СМП из Т15К6. Для 1-2 операции выбираем токарный станок С6163В.

Подрезка торцов

1) Подрезка торца с размера 87,5 мм, переход №1

Резец – проходной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73.

Поправочные коэффициенты: это коэффициент, учитывающий состояние поверхности материал заготовки (сталь 40Х).

K_V - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания.

$$K_V = K_{Mv} \times K_{Iv} \times K_{Пv} \times K_{фv} \times K_{ф1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov},$$

где $K_{Mv} = K_\Gamma \cdot (750/\sigma_B)^{n_v}$ - это коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на скорость резания.

Для стали 40Х: предел прочности на растяжение $\sigma_B = 610$ МПа, $K_\Gamma = 1$, $n_v = 1$, может получить $K_{Mv} = K_\Gamma \cdot (750/\sigma_B)^{n_v} = 1 \cdot (750/610)^1 = 1,2$;

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий материал режущей части.

Для режущей пластинки из твердого сплава Т15К6 $K_{Iv} = 1,15$;

$K_{Пv} = 0,8$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки

на скорость резания (после штамповки);

$K_{\varphi v} = 1$ - коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (главный угол в плане $\varphi=45^\circ$).

$K_{\varphi 1v} = 0,94$ - коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (вспомогательный угол в плане $\varphi_1=20^\circ$);

$K_{Rv} = 1$ - коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (радиус при вершине резца R);

$K_{Qv} = 1,12$ – коэффициент, учитывающий поперечное сечение державки;

$K_{Ov} = 1$ - коэффициент, учитывающий вид обработки.

Тогда по формуле можем получить

$$K_V = K_{Mv} \times K_{Iv} \times K_{Пv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} = \\ = 1,2 \cdot 1,15 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1 = 1,2 .$$

При условии $R_z = 80$ мкм: $s = 0,52$ мм/об;

Подрезка торца с длины $A_{0.2} = 87,5_{-0,7}^{+1,3}$, на длину $A_{1.1} = 85,6h15_{(-1,4)}$, 1-ая операция, переход № 1. Наибольший припуск $z_{1.1\max} = A_{0.2\max} - A_{1.1\min} = 88,8 - 80,1 = 4,6$ мм. При таком большом припуске в первом переходе 1-й операции будем его удалять за 2 прохода: проход №1 глубина резания $t = 3,2$ мм; затем проход №2 $t = 4,6 - 3,2 = 1,4$ мм.

Стойкость: $T = TK_{ТН} = 60 \times 1 = 60$ мин;

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_v;$$

где $C_V = 350$;

$m=0,20$;

$x=0,15$;

$y=0,35$

Тогда по формуле можем получить

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{60^{0,2} \times 3,2^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 1,2 = 196 \text{ м/мин}$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 196}{3,14 \times 135} = 462 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	Y	n	K_{MP}	$K_{\varphi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	2264
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

K_P - Коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих влияние геометрии резца на силу резания условий резания.

$$K_P = K_{MP} \times K_{\varphi P} \times K_{\gamma P} \times K_{\lambda P} \times K_{rP}; K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85,$$

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

$$P_Z = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 3,2^1 \times 0,52^{0,75} \times 196^{-0,15} \times 0,85 = \\ = 2264 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N_{рез} = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{2264 \times 196}{1020 \times 60} = 7,3 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 7,3 < 11.$$

где $N_{рез}$ - мощность резания на токарном станке; $N_{ст}$ - мощность двигателя главного движения станка;

2) Подрезка торца с размера $A_{1.1} = 85,6h15_{(-1,4)}$ до размера $A_{1.2} = 83,9h14_{(-0,87)}$ мм.

Для расчета глубины резания необходимо определить наибольший припуск, $z_{1.2\max} = A_{1.1\max} - A_{1.2\min} = 85,6 - 83,03 = 2,57\text{мм}$ – припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход, переход №2, $Rz \leq 40 \text{ мкм} \approx Ra \leq 10 \text{ мкм}$, можем получить $t = z_{1.2\max} = 2,57\text{мм}$;

При $Rz = 40 \text{ мкм}$, радиус при вершине $r = 2 \text{ мм}$ → подача: $S = 0,34 \text{ мм/об}$;

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$;

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_v;$$

$$C_V = 420; m=0,20; x=0,15; y=0,20$$

Тогда по формуле можем получить

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{420}{60^{0,2} \times 2,57^{0,15} \times 0,34^{0,20}} \times 1,2 = 239 \text{ м/мин}$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 239}{3,14 \times 135} = 564 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компонента	C_P	x	y	n	K_{MP}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	970
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$K_P = K_{MP} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{r p}; K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85,$$

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

$$P_Z = 10C_P t^x S^y v^n K_P$$

$$= 10 \times 300 \times 2,57^1 \times 0,34^{0,75} \times 239^{-0,15} \times 0,85 = 1283 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{1283 \times 239}{1020 \times 60} = 5 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 5 < 11.$$

где $N_{рез}$ - мощность резания на токарном станке; $N_{ст}$ - мощность двигателя главного движения станка.

3) Подрезка торца с размера 83,9 h16 мм до размера 82h15 мм.

Резец – проходной упорный с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 90°

Поправочные коэффициенты:

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

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

$$K_V = 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1,12 \times 1 = 1,2$$

Подача: $s = 0,52 \text{ мм} \setminus \text{об}$

Глубина резания:

$$z_{2.1\max} = A_{1.2\max} - A_{2.1\min} = 83,87 - 80,28 = 3,59 \text{ мм}$$

$t = 3,59 \text{ мм}$, используем $t = 3,2 \text{ мм}$ при $Ra \leq 80 \text{ мкм}$;

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \times 3,2^{0.15} \times 0,52^{0.35}} \times 1,2 = 196 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 196}{3,14 \times 86,2} = 724 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	2264
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	805

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 3,2^1 \times 0,52^{0,75} \times 196^{-0,15} \times 0,85 = 2264 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{2264 \times 196}{1020 \times 60} = 7,3 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 7,3 < 11$.

4) Подрезка торца с размера 82h15 мм до 80h14.

Подача: $s = 0,24 \text{ мм} \setminus \text{об}$;

глубина резания:

$$z_{2.2\max} = A_{2.2\max} - A_{2.2\min} = 81,68 - 79,26 = 2,42 \text{ мм}$$

$$t = 2,42 \text{ мм [см. табл. 1.4.1].}$$

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0,2} \times 2,42^{0,15} \times 0,24^{0,20}} \times 1,2 = 259 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,20; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 259}{3,14 \times 86,2} = 957 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Сила	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	919
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,42^1 \times 0,24^{0,75} \times 259^{-0,15} \times 0,85 = 919 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{919 \times 259}{1020 \times 60} = 3,9 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}$; $3.9 < 11$.

Обработка отверстия Ø51H7

1) Обдирка отверстия Ø51,7H15

Резец – упорный с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 90° .

При достаточно большом диаметре отверстия в штамповке $\phi D_{0.1.2} = \phi 48,3H16$ и последующем $\phi D_{1.3} = \phi 51,7H15$ расточной резец можно взять с большим поперечным сечением, поэтому выбираем подачу

$$s = 0,34 \text{ мм/об.}$$

Глубина резания:

Наибольший припуск на сторону $Z_{\max 1.3} = (D_{1.3\max} - D_{0.1.2\min})/2 = (52,94 - 48,3)/2 = 2,32$ мм, можем получить $t = Z_{\max 1.3} = 2,32$ мм;

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60$ мин;

Поправочные коэффициенты: $K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2$;

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\phi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} = 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84.$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^{m_t} t^{x_s} s^y} K_V = \frac{350}{60^{0.2} \times 2,32^{0.15} \times 0,34^{0.35}} \times 0,84 = 166,7 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 166,7}{3,14 \times 48,9} = 1086 \text{ об/мин}$

Сила резания:

Комп- нента	C_P	x	y	n	K_{M_P}	K_{ϕ_P}	K_{γ_P}	K_{λ_P}	K_{r_P}	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
----------------	-------	-----	-----	-----	-----------	--------------	----------------	-----------------	-----------	-------	------------------

P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	1088
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{MP} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}; \quad K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{Pz} = 0,85 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7565.$$

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,32^1 \times 0,34^{0,75} \times 166,7^{-0,15} \times 0,7565 = 1088 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{1088 \times 166,7}{1020 \times 60} = 2,9 \text{ кВт.}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; \quad 2,9 < 11;$$

2) Черновая расточка отверстия Ø53,5H12

$$\text{Подача: } s = 0,34 \text{ мм} \setminus \text{об};$$

Глубина резания t будет равна наибольшему припуску на сторону:

$$Z_{\max 1.4} = (D_{1.4\max} - D_{1.3\min})/2 = (53,82 - 51,74)/2 = 1,04 \text{ мм, можем получить}$$

$$t = Z_{\max 1.4} = 1,04 \text{ мм};$$

$$\text{Стойкость: } T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин};$$

$$\text{Поправочные коэффициенты: } K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2;$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} =$$

$$= 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84.$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{60^{0,2} \times 1,04^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 0,84 = 187,9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

$$C_V = 350; \quad x=0,15; \quad y=0,35; \quad m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 187,9}{3,14 \times 51,7} = 1157 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{MP}	$K_{\varphi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	479
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{MP} \times K_{\varphi P} \times K_{\gamma P} \times K_{\lambda P} \times K_{rP}; K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_{Pz} = 0,85 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7565;$$

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,04^1 \times 0,34^{0,75} \times 187,9^{-0,15} \times 0,7565 = 479 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{479 \times 187,9}{1020 \times 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 1,5 < 11;$$

3) Полуцистовая расточка отверстия Ø54,2H9.

Подача: $s = 0,11 \text{ мм/об}$;

Глубина резания t будет равна наибольшему припуску на сторону:

$$Z_{\max 1.5} = (D_{1.5\max} - D_{1.4\min})/2 = (54,26 - 53,52)/2 = 0,37 \text{ мм, можем получить}$$

$$t = Z_{\max 1.4} = 0,37 \text{ мм};$$

$$\text{Стойкость: } T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин.}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0,2} \times 0,37^{0,15} \times 0,11^{0,2}} \times 0,84 = 281 \frac{\text{м}}{\text{мин.}}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения шпинделя: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 281}{3,14 \times 53,5} = 1673 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{MP}	$K_{\varphi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	69
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	

P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1,0	1,0	1,0	0,9945	
-------	-----	---	-----	------	------	------	-----	-----	-----	--------	--

$$K_{Pz} = K_{MP} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}; \quad K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{Pz} = 0,85 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7565.$$

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,37^1 \times 0,11^{0,75} \times 281^{-0,15} \times 0,7565 = 69 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{69 \times 281}{1020 \times 60} = 0,32 \text{ кВт.}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{cr}; \quad 0,32 < 11.$$

Обработка отверстия Ø35H14

1) Обдирка отверстия с $D_{0.1.1} = \text{Ø}32,2_{-0,06}^{+0,10}$ на $D_{1.6} = \text{Ø}34,3\text{H}15^{(+1)}$.

Резец расточной упорный 90° с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6.

Подача: $s = 0,4 \text{ мм} \setminus \text{об}$; (по таблице 12)

Глубина резания:

$$Z_{\max 1.6} = (D_{1.6\max} - D_{0.1.1\min})/2 = (34,4 - 32,14)/2 = 1,13 \text{ мм, можем получить}$$

$$t = Z_{\max 1.6} = 1,13 \text{ мм};$$

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мин};$$

$$\text{Скорость резания: } v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v$$

Где $C_V = 350$; $x=0,15$; $y=0,35$; $m=0,20$;

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

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} = 1,2 \times 0,6 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,50.$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \times 1,13^{0,15} \times 0,4^{0,35}} \times 0,5 = 104 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 34,3} = 965,63 \text{ об/МИН.}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{MP}	$K_{\varphi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	0,15	0,85	0,89	1	1	1	0,7565	642,69
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1	1	1	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1	1	1	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7565$$

Где поправочные коэффициенты:

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

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,13^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 104^{-0,15} \cdot 0,7565 =$$

$$= 642,69 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{642,69 \cdot 104}{1020 \cdot 60} = 1,09 \text{ кВт.}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 1,09 < 11;$$

2) Черновая окончательная расточка отверстия с $D_{1,6} = \text{Ø}34,3\text{H}15^{(+1)}$ мм до $D_{1,7} = \text{Ø}35\text{H}14^{(+0,62)}$.

$$\text{Подача: } s = 0,6 \times 0,75 = 0,45 \text{ мм/об;}$$

Рассчитываем глубину резания t :

$$Z_{\max 1.7} = (D_{1.7\max} - D_{1.6\min})/2 = (35,62 - 34,34)/2 = 0,64 \text{ мм, можем получить}$$

$$t = Z_{\max 1.6} = 0,64 \text{ мм;}$$

$$\text{Стойкость СМП } T = 20 \text{ МИН;}$$

$$\text{Скорость резания: } v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v,$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20; K_V = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV} \times K_{\varphi V} \times K_{RV} \times$$

$$K_{QV} \times K_{OV} = 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84;$$

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{20^{0.2} \times 0,64^{0.15} \times 0,45^{0.35}} \times 0,84 = 228 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 228}{3,14 \cdot 35} = 2074,61 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_P	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1	1	1	0,7565	353,45
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1	1	1	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1	1	1	0,9945	

$$K_{Pz} = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7565.$$

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,64^1 \cdot 0,45^{0,75} \cdot 228^{-0,15} \cdot 0,7565 =$$

$$= 353,45 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{353,45 \cdot 228}{1020 \cdot 60} = 1,32 \text{ кВт.}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 1,32 < 11;$$

Обработка наружной поверхности Ø130h14

1) Обдирка поверхности с $d_{0.3} = 135_{-0,8}^{+1,7}$ на $d_{1.10} = \text{Ø}132,2h15$.

Резец проходной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6.

$$\text{Подача: } s = 0,52 \text{ мм \setminus об;}$$

Глубина резания t :

$$Z_{\max 1.10} = (d_{0.3\max} - d_{1.10\min}) / 2 = (136,7 - 130,56) / 2 = 3,07 \text{ мм, можем получить}$$

$$t = Z_{\max 1.10} = 3,07 \text{ мм;}$$

$$\text{Стойкость: } T = T K_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин;}$$

$$\text{Скорость резания: } v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v.$$

Где $C_V = 350$; $x=0,15$; $y=0,35$; $m=0,20$;

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

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\phi v} \times K_{\phi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} =$$

$$= 1,2 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,02.$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \times 3,07^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 1,02 = 167,2 \text{ м/мин}$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 167,2}{3,14 \cdot 135} = 394,43 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

Комп- нента	C_p	x	y	n	K_{M_p}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_p	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	2224
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$K_p = K_{M_p} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{r p}; \quad K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85,$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85.$$

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 3,07^1 \times 0,52^{0,75} \times 167,2^{-0,15} \times 0,85 =$$

2224 Н.

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2224 \cdot 167,2}{1020 \cdot 60} = 6,08 \text{ кВт.}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; \quad 6,08 < 11;$$

2). Обработка наружной поверхности с $\emptyset 132,2 \text{ h}15$ до $\emptyset 130 \text{ h}14$.

Подача: $s = 0,24 \text{ мм} \setminus \text{об}$;

глубина резания:

$$z_{\max 1.11} = \frac{(d_{1.10 \max} - d_{1.11 \min})}{2} = \frac{(132,16 - 129)}{2} = 1,58 \text{ мм,}$$

можем получить $t = z_{\max 1.11} = 1,58 \text{ мм}$;

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 1,58^{0.15} \times 0,24^{0.20}} \times 1,02 = 235 \text{ м/мин.}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,20; m=0,20;$$

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

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

$$= 1,2 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,02$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 235}{3,14 \times 132,2} = 566 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Сила резания:

Компо- - нента	C_p	x	y	n	K_{M_p}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	609
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$K_P = K_{M_p} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{r p}; K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85,$$

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

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,58^1 \times 0,24^{0,75} \times 235^{-0,15} \times 0,85 = 609 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{609 \times 235}{1020 \times 60} = 2,3 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; \quad 2,3 < 11;$$

Подрезка торца буртика по длине с размера 25,4 мм до размера

24,7h14мм

Резец – упорный отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73.

Поправочные коэффициенты:

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

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

$$= 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1,12 \times 1 = 1,2$$

Подача: $s = 0,24$ мм \ об; глубина резания: $t = 1,36$ мм

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 1,36^{0.15} \times 0,24^{0.20}} \times 1,2 = 282,3 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,20; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 278,9}{3,14 \times 130} = 683 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Сила	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{\rho p}$	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	510
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 1,36^1 \times 0,24^{0,75} \times 282,3^{-0,15} \times 0,85 = 510 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{510 \times 278,9}{1020 \times 60} = 2,4 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 2,4 < 11$.

Подрезка торца буртика с размера 24,7h14 до $24_{-0,37}^{+0,07}$ мм

Глубина резания: $t = 1,03$ мм; Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60$ мин.

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0.2} \times 1,03^{0.15} \times 0,24^{0.20}} \times 1,2 = 294 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,20; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 294}{3,14 \times 130} = 720 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компонаента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	384
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,03^1 \times 0,24^{0,75} \times 294^{-0,15} \times 0,85 = 384 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{384 \times 294}{1020 \times 60} = 1,8 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 1,8 < 11$.

Обработка наружной поверхности Ø80h7

1). Обработка наружной поверхности с $\text{Ø}86,2^{+1,3}_{-0,7}$ до $\text{Ø}83,7\text{h}15$.

Резец упорный с отогнутой головкой 90 град из твердого сплава Т15К6.

Подача: $s = 0,34 \text{ мм/об}$;

глубина резания:

$$Z_{\max 2.5} = (d_{0,2\max} - d_{2.5\min}) / 2 = (87,7 - 82,3) / 2 = 2,7 \text{ мм, можем получить}$$

$$t = Z_{\max 2.5} = 2,7 \text{ мм [см. табл. 1.4.1].}$$

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин.}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \times 2,7^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 1,02 = 197,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20;$

поправочные коэффициенты: $K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

$$= 1,2 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,02$$

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 197,8}{3,14 \times 86,2} = 730,8 \text{ об/мин}$

Сила резания:

Компо- нента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	1387
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	484
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,7^1 \times 0,34^{0,75} \times 197,8^{-0,15} \times 0,85 =$$

$$= 1387 \text{ Н.}$$

$$P_x = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,7^1 \times 0,34^{0,5} \times 197,8^{-0,4} \times 0,85 = 484 \text{ Н.}$$

Мощность резания: $N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{1387 \times 197,8}{1020 \times 60} = 4,5 \text{ кВт.}$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 4,5 < 11;$

2) Обточка черновая (h12) с $\varnothing 83,7h15$ до $\varnothing 81,7h12$.

Подача: $s = 0,34 \text{ мм} \setminus \text{об};$

глубина резания:

$$Z_{\max 2.6} = (d_{2.5\max} - d_{2.6\min}) / 2 = (83,7 - 81,35) / 2 = 1,175 \text{ мм, можем получить}$$

$$t = Z_{\max 2.6} = 1,175 \text{ мм [см. табл. 1.4.1].}$$

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин.}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \times 1,175^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 1,02 = 224 \text{ м/мин.}$$

$$C_V = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,20;$$

поправочные коэффициенты: $K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2$.

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} =$$

$$= 1,2 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,02.$$

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 224}{3,14 \times 83,7} = 852 \text{ об/мин.}$

Сила резания:

Компо- нента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	592
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,175^1 \times 0,34^{0,75} \times 225^{-0,15} \times 0,85 =$$

$$= 592 \text{ Н.}$$

Мощность резания: $N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{592 \times 224}{1020 \times 60} = 2,2 \text{ кВт.}$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 2,2 < 11;$

3) Полуцистовая обточка наружной поверхности с $\varnothing 81,7h12$ до $\varnothing 80,9h9$.

Подача: $s = 0,11 \text{ мм/об};$

глубина резания:

$Z_{\max 2.7} = (d_{2.6\max} - d_{2.7\min}) / 2 = (81,7 - 80,813) / 2 = 0,4435 \text{ мм, можем получить}$

$t = Z_{\max 2.7} = 0,4435 \text{ мм [см. табл. 1.4.1].}$

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{420}{60^{0,2} \times 0,4435^{0,15} \times 0,11^{0,2}} \times 1,02 = 332 \text{ м/мин.}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20;$$

поправочные коэффициенты: $K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi V} \times K_{\varphi 1V} \times K_{rV} \times K_{QV} \times K_{OV} =$$

$$= 1,2 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,02.$$

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 332}{3,14 \times 81,7} = 1294 \text{ об/мин.}$

Сила резания:

Компо- нента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	90
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,4085^1 \times 0,11^{0,75} \times 336^{-0,15} \times 0,85 =$$

$$= 90 \text{ Н.}$$

Мощность резания: $N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{90 \times 332}{1020 \times 60} = 0,5 \text{ кВт.}$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 0,5 < 11;$

Обточка канавки до диаметра Ø79h14

Резец канавочный с режущей пластиной из твердого сплава Т5К10 с углом в плане 90°.

Поправочные коэффициенты:

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi V} \times K_{rV} \times K_{QV} \times K_{OV}$$

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

$$K_V = 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7728$$

Подача: $s = 0,07 \text{ мм/об}$; глубина резания: $t = 2,82 \text{ мм}$

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m S^y} K_v = \frac{47}{60^{0.2} \times 0,07^{0.8}} \times 0,7728 = 134,4 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 134,4}{3,14 \times 80,9} = 529 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_P	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	408	0,72	0,8	0	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	701
P_y	173	0,73	0,67	0	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	

$$P_Z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 408 \times 2,45^{0,72} \times 0,07^{0,8} \times 134,4^0 \times 0,7565 = 701 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{701 \times 134,4}{1020 \times 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; \quad 1,5 < 11;$$

Обточка канавки до диаметра Ø58h14

Резец расточной канавочный с режущей пластиной из твердого сплава Т5К10.

Поправочные коэффициенты:

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

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

$$K_V = 1,2 \times 0,8 \times 1,15 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,7728$$

Подача: $s = 0,07 \text{ мм} \setminus \text{об}$; глубина резания: $t = 1,77 \text{ мм}$

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m S^y} K_v = \frac{47}{60^{0.2} \times 0,07^{0.8}} \times 0,7728 = 134,4 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 47; y=0.8; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 134.4}{3,14 \times 54.2} = 790 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компонаента	C_P	x	y	n	K_{MP}	$K_{\phi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x},$ Н
P_z	408	0,72	0,8	0	0,85	0,89	1,0	1,0	1,0	0,7565	468.6
P_y	173	0,73	0,67	0	0,85	0,50	1,0	1,0	1,0	0,425	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 408 \times 1,4^{0,72} \times 0,07^{0,8} \times 134.4^0 \times 0,7565 = 468,6 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{468.6 \times 134.4}{1020 \times 64} = 0.96 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 0.96 < 11;$$

Расточка внутренней фаски

Резец расточной проходной с 45 градусов срежущей пластиной из твердого сплава Т15К6.

Поправочные коэффициенты:

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

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\phi v} \times K_{\phi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} = 1,2 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,9$$

$$\text{Подача: } s = 0,07 \text{ мм \setminus об; глубина резания: } t = 2,45 \text{ мм}$$

$$\text{Стойкость: } T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{420}{60^{0,2} \times 2,45^{0,15} \times 0,07^{0,2}} \times 0,9 = 248 \text{ м \setminus мин}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 248}{3,14 \times 35} = 2256 \text{ об} \setminus \text{МИН}$$

Сила резания:

Компо- нента	C_p	x	y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	371,8
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$K_{Pz} = K_{Mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} = 0,85 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,85$$

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,45^1 \times 0,07^{0,75} \times 248^{-0,15} \times 0,85 = 371,8 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{371,8 \times 248}{1020 \times 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 1,5 < 11;$

Обточка наружной фаски на поверхности Ø80,9h9

Резец расточной проходной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6.

Поправочные коэффициенты:

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

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,9 \end{aligned}$$

Подача: $s = 0,07 \text{ мм} \setminus \text{об}$; глубина резания: $t = 2,95 \text{ мм}$

Стойкость: $T = TK_{TH} = 60 \times 1 = 60 \text{ МИН}$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{420}{60^{0,2} \times 2,95^{0,15} \times 0,07^{0,2}} \times 0,9 = 241,2 \text{ м} \setminus \text{МИН}$$

$$C_V = 420; x=0,15; y=0,2; m=0,20$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 241,2}{3,14 \times 80,9} = 949,5 \text{ об} \setminus \text{МИН}$$

Сила резания:

Компонента	C_P	x	y	n	K_{MP}	$K_{\varphi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	450
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	

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

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,95^1 \times 0,07^{0,75} \times 241,2^{-0,15} \times 0,85 = 450 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{450 \times 241,2}{1020 \times 60} = 1,8 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; 1,8 < 11;$

Сверлильная операция

1) Сверление 4-х отверстий поочередно диаметром 10 мм на проход.

Для 3 операции мы выбираем сверлильный станок модели 2A135.

Сверление деталей спиральным сверлом из быстрорежущей стали Р6М5.

Диаметр сверла: $D=10$ мм; длина отверстия: 24 мм;

Подача: $s=0,15$ мм/об (по таблице 25).

Глубина резания: $t = 0,5D = 5$ мм;

Стойкость инструмента: $T=25$ мин, есть охлаждение (по таблице 30)

Поправочные коэффициенты:

$$K_v = K_{Mv} \times K_{uv} \times K_{lv},$$

где K_{Mv} – коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала

$$\text{(см. табл.1-4)}; K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^{-0,9} = 0,85.$$

$K_{uv} = 1$ – коэффициент, учитывающий марку инструментального материала

(см. табл. 6);

$K_{iv} = 1$ – коэффициент, учитывающий глубину сверления (табл. 31).

$$K_v = 0,85 \times 1 \times 1 = 0,85.$$

Скорость резания, м/мин, при сверлении:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_s} s^y} K_v ; \quad \text{где } C_v = 7,0 ; q = 0,40 ; y = 0,70 ; m = 0,20$$

$$v = \frac{7 \times 10^{0,4}}{25^{0,2} \times 0,15^{0,7}} \times 0,85 = 28,99 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 28,99}{3,14 \cdot 10} = 923,25 \text{ об/мин.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 \times 0,0345 \times 10^2 \times 0,15^{0,8} \times 0,85 = 6,43 \text{ Н} \times \text{м.}$$

$$\text{где } C_M = 0,0345 ; q = 2,0 ; y = 0,8 ; \quad K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85 ;$$

$$K_p = K_{MP} = 0,85.$$

Сила резания:

$$P_0 = 10 C_P D^q s^y K_p = 10 \times 68 \times 10^1 \times 0,15^{0,8} \times 0,85 = 126,7 \text{ Н.}$$

$$\text{где } C_P = 68 ; q = 1,0 ; y = 0,7.$$

Мощность:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{6,43 \times 923,25}{9750} = 0,61 \text{ кВт.}$$

$$\text{Проверка мощности: } Z_{рез} \leq Z_{ст}; \quad 0,61 < 2,8;$$

2) Зенкование 4-х отверстий $\varnothing 13H12$ поочередно на глубину 8 мм.

Диаметр зенковки: $D = 13 \text{ мм}$;

диаметр отверстия предварительно обработанного: $D = 10 \text{ мм}$;

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

Подача: $s = 0,5 \text{ мм/об}$ (по таблице 26).

Стойкость инструмента: $T = 30 \text{ мин}$ с охлаждением.

Поправочные коэффициенты:

$$K_v = K_{Mv} \times K_{uv} \times K_{lv}$$

где K_{Mv} – коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала (см. табл. 1-4); $K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610}\right)^{-0,9} = 0,85$.

$K_{uv} = 1$ – коэффициент, учитывающий марку инструментального материала (см. табл. 6);

$K_{lv} = 1$ – коэффициент, учитывающий глубину сверления (табл. 31)

$$K_v = 0,85 \times 1 \times 1 = 0,85.$$

Скорость резания, м/мин, при зенковании:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{16,3 \times 13^{0,3}}{30^{0,3} \times 1,5^{0,2} \times 0,5^{0,5}} \times 0,85 = 14,0 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 14,0}{3,14 \times 13} = 343,97 \text{ об/мин.}$$

Крутящий момент:

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 10 C_M D^q t^x s^y K_p = 10 \times 0,09 \times 13^1 \times 1,5^{0,9} \times 0,5^{0,8} \times 0,85 = \\ &= 8,23 \text{ Н} \times \text{м.} \end{aligned}$$

где $C_M = 0,09$; $q = 1$; глубина резания: $t = 0,5$ ($D_{з\text{енк}} - D_{св}$) = $0,5$ ($13 - 10$) = $1,5$ мм.

$x = 0,9$; $y = 0,8$; $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,75} = 0,85$, $K_p = K_{MP} = 0,85$.

Сила резания:

$$P_O = 10 C_P D^q t^x s^y K_p = 10 \times 67 \times 13^0 \times 1,5^{1,2} \times 0,5^{0,65} \times 0,85 = 590,38 \text{ Н.}$$

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

$$\text{Мощность: } N = \frac{M_{\text{кр}} n}{9750} = \frac{8,23 \times 343,97}{9750} = 0,29 \text{ кВт.}$$

$$\text{Проверка мощности: } Z_{\text{рез}} \leq Z_{\text{ст}}; 0,29 < 2,8;$$

Шлифовальные операции

1) Шлифовать наружную поверхность с $\varnothing 80,2h8$ до диаметра $\varnothing 80h7$.

Для данной операции выбираем круглошлифовальный станок. Выбор шлифовального круга: Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ2, структура 7, керамическая связка К5.

$$\text{Скорость вращения круга: } v_k = 35 \text{ м/с,}$$

$$\text{Скорость вращения заготовки: } v_z = 25 \text{ м/мин,}$$

Глубина шлифования основных проходов:

$$t = 0,05 \text{ мм [см. табл. 1.4.1].}$$

Ширина круга $B=15$ мм; диаметр круга $D=600$ мм; отверстие $d=50$ мм;

$$\text{Продольная подача: } s_B = 0,3B = 4,5 \text{ мм/об,}$$

$$\text{Поперечная подача: } s_t = 0,05 \text{ мм/дв. ход,}$$

$$\text{Частота вращения детали: } n = \frac{1000 \cdot v_z}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 50} = 159 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Частота вращения круга: } n = \frac{1000 \cdot v_k \cdot 60}{\pi D_k} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1114 \text{ об/мин.}$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \times V_3^r \times t^x \times s^y \times d^q \times B^z = 2,2 \times 25^{0,5} \times 0,05^{0,5} \times 4,5^{0,55} = 5,6 \text{ кВт,}$$

$$C_N = 2,2; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; q = -; z = -.$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 5,6 < 7,5 \text{ кВт.}$$

2) Внутреннее шлифование отверстия до диаметра $\varnothing 55H7$.

Для данной операции выбираем внутришлифовальный станок 3К228А. Выбор шлифовального круга (в маркировке круга 25А 50 СМ1-С1 7К5): Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ1-С1, структура 7, керамическая связка из К5.

Вид шлифования: круглое внутреннее

Скорость вращения круга: $v_k=35$ м/с.

Скорость вращения заготовки: $v_3=30$ м/мин.

Глубина шлифования: $t=0,02$ мм.

Ширина круга $b=30$ мм; диаметр круга $d=32$ мм; отверстие $D=10$ мм;

Продольная подача: $s=0,4b=12$ мм.

Поперечная подача: $s_p=0,05$ мм/дв.ход.

Частота вращения детали: $n = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 55} = 173,7$ об/мин.

Частота вращения круга:

$$n = \frac{v_k \times 60 \times 1000}{\pi \times D_k} = \frac{35 \times 60 \times 1000}{3,14 \times 32} = 20\,899 \text{ об/мин},$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \times V_3^r \times t^X \times s^Y \times d^q = 0,36 \times 30^{0,35} \times 0,02^{0,4} \times 12^{0,4} \times 32^{0,3} = 1,9 \text{ кВт}.$$

Где $C_N=0,36$; $r=0,35$; $x=0,4$; $y=0,4$; $q=0,3$; $z=-$.

Проверка мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}$; $1,9 < 7,5$ кВт.

1.9. Нормирование технологических операций

Расчет основного времени

Основное время – это часть штучного времени, затрачиваемая на изменение и последующее определение состояние предмета труда, т.е. время непосредственного воздействия инструмента на заготовку.

Оно зависит от длины обрабатываемой поверхности заготовки l (её длины в направлении подачи), от длины установки режущего лезвия до обрабатываемой поверхности l_{cx} перед включением рабочей подачи и длины перехода $l_{пд}$ после обработки для предотвращения образования заусенца на обработанной поверхности.

Основное технологическое время для токарных операций (1-2) определяем по формуле:

$$T_o = L \times i / (n \times S), \text{ мин}$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{cx} + l_{пд}$$

где l – длина обрабатываемой поверхности детали, мм;

$l_B = t / \text{tg}\phi$, – величина врезания инструмента, мм,

где t – глубина резания, мм;

ϕ – главный угол в плане;

$l_{cx} = 1$ – величина схода инструмента, мм, при обработке резцом с главным углом в плане $\phi = 90^\circ$ (при обработке в упор) $l_{cx} = 0$ мм;

$l_{пд} = 1$ – величина подвода инструмента, мм.

Тогда формула для определения основного времени:

$$T_o = (l + t/\operatorname{tg}\phi + l_{cx} + l_{пд}) \times i / (n \times S),$$

Основное время для первой токарной операции:

Переход 1: подрезка торца, подрезка торца за 2 прохода,

$$l = (d_{0,3} - D_{0,1,2})/2 = (136,7 - 48,3)/2 = 44,2 \text{ мм};$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(44,2 + \frac{3,2}{\operatorname{tg}45^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(462 \times 0,52)} \\ = 0,41 \text{ мин},$$

Переход 2: подрезка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(44,2 + \frac{2,57}{\operatorname{tg}45^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(564 \times 0,34)} \\ = 0,25 \text{ мин},$$

Переход 3: обдирка отверстия, $l = A_{1,3\max} = 74$ мм

$$A_{1.3} = A_{1.5.1} - A_{1.5.2} + 1 \text{ мм} = (75^{+0,74}) - (2^{+0,25}) + 1 = 74^{+0,49} \approx 74 \text{ мм (для нормирования)}.$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(74 + 0 + 1) \times 2}{(1086 \times 0,34)} = 0,41 \text{ мин},$$

Переход 4: растачивание отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(74 + 0 + 1) \times 1}{(1157 \times 0,34)} = 0,19 \text{ мин},$$

Переход 5: растачивание отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(74 + 0 + 1) \times 1}{(1673 \times 0,11)} = 0,41 \text{ мин},$$

Переход 6: растачивание отверстия ($l = A_{2,2} - A_{1,5} = 5$ мм)

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(5 + 0 + 1) \times 1}{(965,63 \times 0,4)} = 0,01 \text{ мин},$$

Переход 7: растачивание отверстия ($l = A_{2,2} - A_{1,5} = 5$ мм)

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(5 + 0 + 1) \cdot 1}{2074,61 \cdot 0,45} = 0,006 \text{ мин}$$

Переход 8: расточить канавку,

$$l = (D_{1,8} - D_{1,5}) / 2 = (58^{+0,74} - 54,2^{+0,014}) / 2 \approx 1,9 \text{ мм};$$

$$T_o = \left(l + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(1,9 + 1 + 1) \times 1}{(699 \times 0,07)} = 0,08 \text{ мин}$$

Переход 9: расточить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2 + \frac{2,46}{\operatorname{tg}45^\circ} + 1 + 1 \right) \times 1}{(1289,5 \times 0,07)} = 0,07 \text{ мин},$$

Переход 10: обточить наружный диаметр

$$l = A_{0,1} - (A_{0,2} - A_{1,2}) = 29,501_{-2,46}^{+1,13} - (83,9_{-0,22} - 83,085_{-0,87});$$

$$l_{\max} = 30,631 - (83,68 - 83,085) = 30,036 \text{ мм}.$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(30,036 + \frac{3,07}{\operatorname{tg}45^\circ} + 1 + 1 \right) \times 1}{(394,43 \times 0,52)} = 0,17 \text{ мин},$$

Переход 11: обточить наружный диаметр

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(30,036 + \frac{1,58}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right) \times 1}{(566 \times 0,24)} = 0,25 \text{ мин},$$

$$T = 0,41 + 0,25 + 0,41 + 0,19 + 0,41 + 0,01 + 0,006 + 0,08 + 0,07 + 0,17 + 0,25 = 2,256 \text{ мин}$$

Основное время для второй токарной операции:

Переход 1: подрезка торца. $l = (d_{0,2} - D_{0,1,1})/2 = 27,7 \text{ мм}$.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(l + \frac{t_1}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(27,7 + \frac{3,2}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \cdot 2}{724 \cdot 0,52} = 0,21 \text{ мин}.$$

Переход 2: подрезка торца. $l = (d_{0,2} - D_{0,1,1})/2 = 27,7 \text{ мм}$.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(l + \frac{t_1}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(27,7 + \frac{2,42}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \cdot 1}{957 \cdot 0,24} = 0,16 \text{ мин}.$$

Переход 3: подрезка торца. $l = (d_{1,11} - d_{0,2}) / 2 = 21,15 \text{ мм}$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(l + \frac{t_1}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \cdot 1}{683 \cdot 0,24} = \frac{\left(21,15 + \frac{1,36}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \cdot 1}{683 \cdot 0,24} = 0,16 \text{ мин}$$

Переход 4: подрезка уступов. $l = (d_{1,11} - d_{0,2}) / 2 = 21,15 \text{ мм}$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(l + \frac{t_1}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = \frac{\left(21,15 + \frac{1,03}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \cdot 1}{720 \cdot 0,24} = 0,15 \text{ мин}$$

Переход 5: обдирка отверстия ($l = A_{2,2} - A_{1,5} = 23 \text{ мм}$)

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(23 + \frac{2,7}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(730,8 \times 0,34)} = 0,13 \text{ мин},$$

Переход 6: черновое растачивание отверстия ($l = A_{2,2} - A_{1,5} = 23 \text{ мм}$)

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(23 + \frac{1,175}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right)}{(852 \times 0,34)} = 0,09 \text{ мин},$$

Переход 7: чистовое растачивание отверстия ($l=A_{2,2}-A_{1,5}=23$ мм)

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(23 + \frac{0,4435}{tg20^\circ} + 1 + 1 \right)}{(1294 \times 0,11)} = 0,18 \text{ мин.}$$

Переход 8: обточка канавки.

$$l=(d_{2,6} - d_{2,7})/2=(81,7_{-0,35} - 79_{-0,87})/2=1,35 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(l + l_{cx} + l_{нд}) \cdot 1}{529 \cdot 0,07} = \frac{(1,35 + 1 + 1) \cdot 1}{529 \cdot 0,07} = 0,09 \text{ мин.}$$

Переход 9: расточка канавки шириной 2 мм с длиной хода l

$$l=(D_{2,9} - D_{1,4})/2=(58^{+0,74} - 53,5^{+0,3})/2=2,25 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(l + l_{cx} + l_{нд}) \cdot 1}{790 \cdot 0,07} = \frac{(2,25 + 1 + 1) \cdot 1}{790 \cdot 0,07} = 0,08 \text{ мин.}$$

Переход 10 : расточка фаски ($l=A_{2,10}=2$ мм)

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2 + \frac{2,45}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right) \times 1}{(2256 \times 0,07)} = 0,04 \text{ мин.}$$

Переход 11 растачивание фаски. ($l=A_{2,11}=2$ мм)

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2 + \frac{2,95}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right) \times 1}{(949,5 \times 0,07)} = 0,10 \text{ мин.}$$

$$T=0,21+0,16+0,16+0,15+0,13+0,09+0,18+0,09+0,08+0,04+0,10=1,39 \text{ мин}$$

Основное время для 3 операции - вертикально-сверлильной операции

Переход 1 : сверление на проход 4-х отверстий $\varnothing 10H14$. $l=A_{2,7}=24$ мм.

$$T_0 = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(24 + \frac{5}{tg60^\circ} + 1 + 1 \right) \times 4}{(923,25 \times 0,15)} = 0,83 \text{ мин.}$$

Переход 2: зенкерование 4-х отверстий на глубину $l=8$ мм.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{пл}}) \cdot 4}{n \cdot S} = \frac{(8 + 0 + 0 + 1) \cdot 4}{343,97 \cdot 0,5} = 0,21 \text{ мин.}$$

$$T = 0,83 + 0,21 = 1,04 \text{ мин}$$

Основное время для 4 термической операций.

Время нагрева и выдерживания партии детали в печи и последующее охлаждение: $T_o = 20,5 \text{ мин}$

В одну печь помещается до 15 деталей, следовательно, время нагрева одной детали: $T_o = 20,5 \div 15 = 1,37 \text{ мин};$

Основное время для 5 операций - круглошлифовальной операции:

Переход 1: шлифование поверхности

$$l_{\text{max}} = A_{2,2} - A_{2,7} = 80_{-0,74} - 24_{-0,52} = 56,52 \text{ мм.}$$

Рассчитываем число проходов

$$i = 2 \cdot z_{\text{max}5.1} / (2 \cdot t_{5.1}) = 2 \cdot \frac{(d_{2,7 \text{ max}} - d_{5,1 \text{ min}})}{2} / (2 \cdot 0,05) = (80,9 - 80,146) / (2 \cdot 0,05) = 7,54 \approx 8 \text{ рабочих ходов, где } d_{2,7} = 80,9 \text{ h}9_{(-0,087)}, d_{5.1} = 80,2 \text{ h}8_{(-0,054)}.$$

$$T_o = (l + l_{\text{cx}} + l_{\text{пл}}) \times \frac{2i}{(n \times S)} = (56,52 + 1 + 1) \times (2 \times 8) / 4,5 \times 159 = 1,3 \text{ мин,}$$

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

Переход 2: шлифование поверхности:

$$l_{\text{max}} = A_{2,2} - A_{2,7} = 80_{-0,74} - 24_{-0,52} = 56,52 \text{ мм.}$$

Рассчитываем число проходов

$$i = 2 \cdot z_{\text{max}} / (2 \cdot t) = 2 \cdot \frac{(d_{5,1 \text{ max}} - d_{5,2 \text{ min}})}{2} / (2 \cdot 0,05) = (d_{5,1 \text{ max}} - d_{5,2 \text{ min}}) / (2 \cdot 0,05) = (80,2$$

– $79,97)/(2 \cdot 0,03) = 2,3 \approx 3$ рабочих хода.

Где $d_{5,1} = 80,2h8_{(-0,054)}$, $d_{5,2} = 80h7_{(-0,03)}$.

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times \frac{i}{(n \times S)} = \frac{(56,52 + 1 + 1) \cdot 3}{4,5 \cdot 150} = 0,26 \text{ мин}$$

Необходимо учитывать $2i$, потому что абразивный круг происходит выводится из зоны резания и его обратное возвращение на той же подаче, поэтому общее основное время на первом переходе пятой операции $T_{5,2o} = 0,52$ мин.

$$T = 1,3 + 0,52 = 1,82 \text{ мин}$$

Основное время для 6 операций - внутришлифовальной операции:

Переход 1: внутреннее шлифование отверстия длиной $l = A_{6,1} = 80$ мм.

Рассчитываем число проходов

$$i = 2 \cdot z_{\max} / (2 \cdot t) = 2 \cdot z_{\max 6,1} / (2 \cdot t_{6,1}) = (D_{6,1 \max} - D_{1,5 \min}) / (2 \cdot 0,02) = (54,846 - 54,2) / (2 \cdot 0,02) = 16,15 \approx 17 \text{ рабочих ходов.}$$

С учётом трёх выходящих проходов для внутришлифовальных операций общее число проходов $i = 17$ шт.

где $D_{1,5} = 54,2H9^{(+0,074)}$, $D_{6,1} = 54,8H8^{(+0,046)}$.

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times \frac{2i}{(n \times S)} = (75 + 1 + 1) \times (2 \times 17) / 12 \times 173,7 = 1,3 \text{ мин,}$$

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

Переход 2: внутреннее шлифование отверстия длиной $l_{\max} = A_{6,1} = 80$ мм.

Рассчитываем число проходов при принятой глубине шлифования: $t = 0,01$ мм (поперечная подача на двойной ход).

$$i = 2 \cdot z_{\max} / (2 \cdot t) = 2 \cdot z_{\max 6.2} / (2 \cdot t_{6.2}) = (D_{6.2 \max} - D_{6.1 \min}) / (2 \cdot 0,01) = (55,03 - 54,8) / (2 \cdot 0,01) = 11,5 \approx 12 \text{ рабочих ходов.}$$

где $D_{6.1} = 54,8H8^{(+0,074)}$, $D_{6.2} = 55H7^{(+0,03)}$.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 12}{12 \times 173,7} = \frac{(75 + 1 + 1) \cdot 12}{12 \times 173,7} = 0,47 \text{ мин.}$$

Необходимо учитывать $2i$, так как происходит вывод абразивного круга из зоны резания и его возвращение обратного на той же подаче, поэтому общее основное время на первом переходе пятой операции $T_{6.2o} = 0,94$ мин.

$$T = 1,3 + 0,94 = 2,24 \text{ мин}$$

Расчет вспомогательного времени

T_v – вспомогательное время, это часть штучного времени, затрачиваемая на выполнение приёмов, необходимых для обеспечения непосредственного воздействия на заготовку.

К этому времени относится время, затрачиваемое на установку, закрепление, снятие заготовки (в пределах 0,1 - 0,3 мин в зависимости от механизации приспособления), время на управление станком при подготовке рабочего хода, выполнение измерений в процессе обработки ($\approx 0,02 - 0,3$ мин в зависимости от требуемой точности обработки, т.к. измерения делаются не у каждой заготовки, а каждой 5-й или 10-й. Обычно для измерения диаметра + осевого размера при обработке одной поверхности требуется 0,2 - 0,4 мин).

Определяем вспомогательное время:

$$T_v = T_{уст} + T_{уп} + T_{из};$$

где $T_{уст}$ - Вспомогательное время на установку, выверку и снятие детали;

$T_{уп}$ - Вспомогательное время на рабочий ход;

$T_{из}$ - Вспомогательное время на измерения;

Для первой операции

$$T_{в} = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0,18 + 0,4 + 0,25 = 0,83 \text{ мин};$$

Токарная:

$$T_{в} = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0,35 + 0,5 + 0,1 = 0,95 \text{ мин};$$

Сверлильная:

$$T_{в} = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0 + 0,5 + 0,1 = 0,60 \text{ мин};$$

Термическая:

$$T_{в} = 0,06 \text{ мин};$$

Кругошлифовальная:

$$T_{в} = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0,35 + 0,7 + 0,4 = 1,45 \text{ мин};$$

Внутришлифовальная:

$$T_{в} = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0,3 + 0,7 + 0,4 = 1,40 \text{ мин};$$

Расчет оперативного времени

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{в}$$

1. Токарная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{в} = 2,426 + 0,83 = 3,256 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{в} = 1,39 + 0,95 = 2,34 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{в} = 1,04 + 0,60 = 1,64 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{в} = 1,37 + 0,06 = 1,43 \text{ МИН};$$

5. Кругошлифовальная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{в} = 1,82 + 1,45 = 3,27 \text{ МИН};$$

6. Внутришлифовальная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{в} = 2,24 + 1,40 = 3,64 \text{ МИН};$$

Расчет времени на обслуживание рабочего места

Время на обслуживание рабочего места, и время на личные надобности часто берут в процентах от оперативного времени:

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп},$$

где α – процент от оперативного времени.

$$T_{обс} = 3\% - 8\% \times T_{оп},$$

1. Токарная:

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп} = 5\% \times 3,256 = 0,07 \text{ МИН};$$

2. Токарная:

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп} = 5\% \times 2,34 = 0,05 \text{ МИН};$$

3. Сверлильная:

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп} = 5\% \times 1,64 = 0,03 \text{ МИН};$$

4. Термическая:

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп} = 8\% \times 1,43 = 0,11 \text{ МИН};$$

5. Кругошлифовальная:

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп} = 5\% \times 3,27 = 0,07 \text{ МИН};$$

6. Внутришлифовальная:

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп} = 5\% \times 3,64 = 0,07 \text{ МИН};$$

Расчет времени на отдых

$$T_{отд} = \beta \times T_{оп}$$

Где, β - процент от оперативного времени.

$$T_{отд} = 4\% - 9\% \times T_{оп}$$

1. Токарная:

$$T_{отд} = \beta \times T_{оп} = 4\% \times 3,256 = 0,13 \text{ МИН};$$

2. Токарная:

$$T_{отд} = \beta \times T_{оп} = 4\% \times 2,34 = 0,094 \text{ МИН};$$

3. Сверлильная:

$$T_{отд} = \beta \times T_{оп} = 4\% \times 1,64 = 0,07 \text{ МИН};$$

4. Термическая:

$$T_{отд} = \beta \times T_{оп} = 6\% \times 1,43 = 0,09 \text{ МИН};$$

5. Круглошлифовальная:

$$T_{отд} = \beta \times T_{оп} = 4\% \times 3,27 = 0,13 \text{ МИН};$$

6. Внутришлифовальная операция:

$$T_{отд} = \beta \times T_{оп} = 4\% \times 3,64 = 0,15 \text{ МИН};$$

Расчет штучного времени

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд}$$

1. Токарная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 2,426 + 0,83 + 0,07 + 0,13 = 3,456 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 1,39 + 0,95 + 0,05 + 0,094 = 2,484 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 1,04 + 0,6 + 0,03 + 0,07 = 1,74 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 1,37 + 0,06 + 0,11 + 0,09 = 1,63 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 1,82 + 1,45 + 0,07 + 0,13 = 3,47 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 2,24 + 1,40 + 0,07 + 0,15 = 3,86 \text{ мин};$$

Расчет подготовительно-заключительного времени

Это время необходимо для получения задания, приспособлений, оснастки, инструмента, установки их, для наладки станка на выполнение операции, снятие всех средств, оснащения и сдачи их.

1. Токарная: $T_{пз} = 10$ мин.

2. Токарная: $T_{пз} = 7$ мин.

3.Сверлильная: $T_{пз} = 7$ мин.

4. Термическая: $T_{пз} = 4$ мин.

5. Круглошлифовальная: $T_{пз} = 12$ мин.

6. Внутришлифовальная: $T_{пз} = 7$ мин.

Расчет штучно-калькуляционного времени

$$T_{шт.к} = \sum T_{шт} + \frac{\sum T_{пз}}{n};$$

где n - количество обрабатываемых деталей в партии. Расчёт партии деталей: принимаем, что необходима работа без перенастройки на другую деталь для мелкосерийного производства не менее 4-х смен (двое суток без перенастройки).

Партия деталей $n=420 \text{ мин} \times 4 \text{ смены} / t_{шт-к ср.} = 420 \cdot 4 / 3,97 = 423 \text{ шт.}$

1. Токарная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 3,456 + \frac{10}{423} = 3,480 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 2,484 + \frac{7}{423} = 2,501 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,740 + \frac{7}{423} = 1,757 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,630 + \frac{4}{423} = 1,639 \text{ мин};$$

5. Круглошлифовальная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 3,470 + \frac{12}{423} = 3,498 \text{ мин};$$

6. Внутришлифовальная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 3,860 + \frac{7}{423} = 3,877 \text{ мин};$$

$T_{шт-к техпроц} = \sum T_{шт.к i} = 3,480 + 2,501 + 1,757 + 1,639 + 3,498 + 3,877 = 16,752 \text{ мин.}$

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

Для расчёта технологического оборудования была выбрана кулачковая фланцевая разжимная оправка для второй операции.

Целью проектирования является разработка приспособления для закрепления заготовки за поверхность отверстия $\varnothing 54,2H9$, обработанного на первой операции. Необходимо рассчитать посадочные размеры разжимной оправки (для установки заготовки на кулачки оправки и для установки корпуса оправки на шпинделе станка), требуемую силу для закрепления заготовки (чтобы заготовка не проворачивалась относительно кулачков оправки при обработке на второй операции), требуемое осевое усилие на штоке пневопривода, необходимое для закрепления заготовки. На основании расчётов необходимо спроектировать разжимную оправку в сборе, выполнить её сборочный чертёж, выбрать конструкцию и размеры пневопривода, способ его крепления на токарном станке.

Анализируем крутящие моменты от силы резания на всех переходах второй операции и выбираем наибольший из них. На второй операции наибольший крутящий момент силы резания создаётся при обдирке штампованной цилиндрической поверхности (3) на пятом переходе с $\varnothing 86,2^{+1,3}_{-0,7}$ до

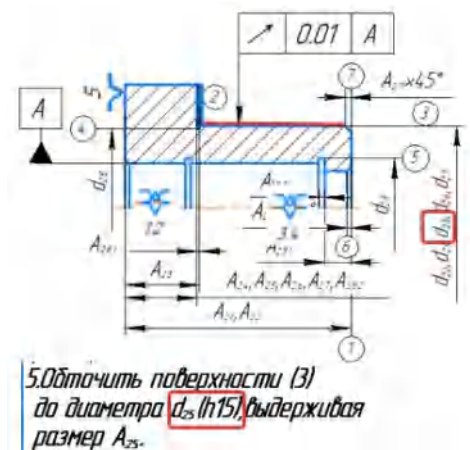


Рис. 2.1. Операционный эскиз операции №2

$\text{Ø}83,7\text{h}15(-1,4)$. При этом возникает тангенциальная составляющая сила резания $P_z = 1387 \text{ Н}$ с крутящим моментом $M_{\text{рез } 2.5} = P_z \times d_{2.5 \text{ ср}} / 2 = 1387 \times 0,0849 / 2 = 58,88 \text{ Н}\cdot\text{м}$,

где $d_{2.5 \text{ ср}} = (d_{2.5 \text{ max}} + d_{2.5 \text{ min}}) / 2 = (87,5 + 82,3) / 2 = 84,9 \text{ мм} = 0,0849 \text{ м}$.

Осевая составляющая силы резания $P_x = 484 \text{ Н}$, но её не надо брать в учёт, т.к. левый торец заготовки упирается в буртик корпуса оправки (заготовка лишается пятой степени свободы), что не даст перемещаться заготовки влево от осевой силы P_x .

2.1. Выбор принципа работы разжимной оправки.

Определяем присоединительные габаритные размеры разжимной кулачковой фланцевой оправки по ГОСТ 17531-72, принимая во внимание размеры шпинделя станка:

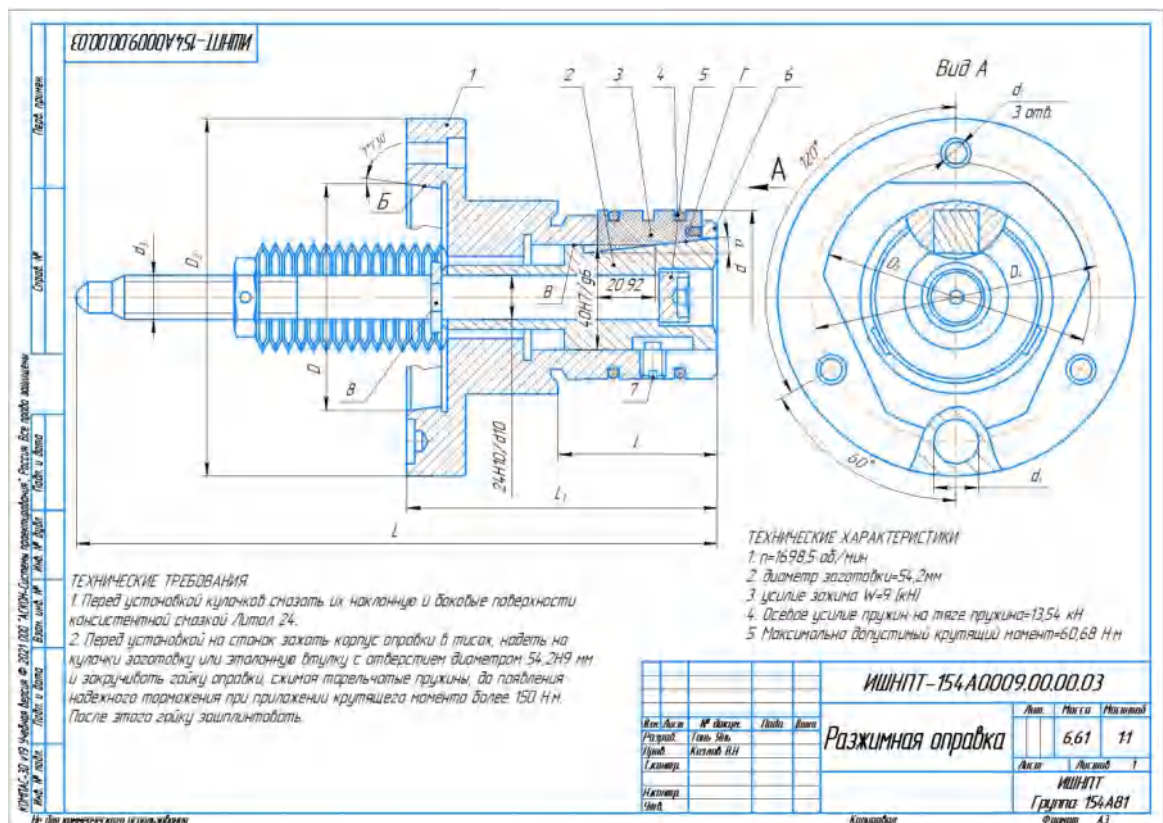
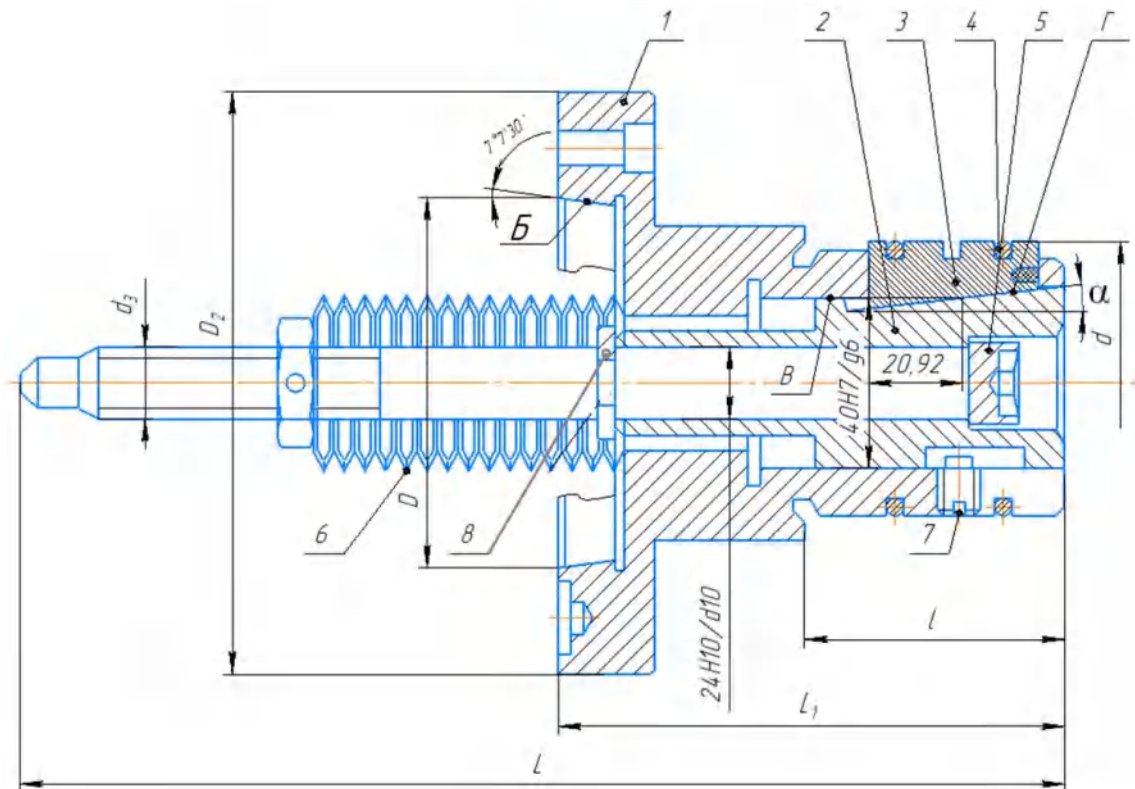


Рис. 2.2. Эскиз разжимной оправки.

Оправка 7113-0201 ГОСТ 17531-72. Назначаем посадочный диаметр d разжимной оправки под отверстие $\text{Ø}54,2\text{H}9^{(+0,074)}$: $d_{\text{max опр}} = D_{\text{max отв}} = 54,274 \text{ мм}$; $d_{\text{настр до зажима}} = 54,18 \text{ мм}$, т.е. зазор должен быть не менее $0,02 \text{ мм}$ при установке заготовки на кулачки оправки.



1-корпус оправки; 2-плунжер; 3-кулачок; 4-пружинное разрезное кольцо (2 шт); 5-винт плунжерный; 6-пружина тарельчатая; 7-винт; 8 -стопорное кольцо; Б - посадочный конус корпуса оправки; В - цилиндрическое отверстие в корпусе; Г - часть плунжера с уклоном α .

Рис. 2.3 – Эскиз разжимной кулачковой оправки в разрезе.

Требуемое наибольшее перемещение (ход) кулачков для закрепления заготовки за отверстие $\text{Ø}54,2\text{H}9$: $\Delta_{\text{max}} = (54,274 - 54,18)/2 = 0,047 \text{ мм}$.

Оправка состоит из нескольких элементов, которые должны иметь высокоточное сопряжение. Во-первых, часть плунжера Г с уклоном под углом α и посадочный конус корпуса оправки Б должны иметь минимально возможное

отклонение от соосности. Во-вторых, также необходимо обеспечить соосность посадочного конической поверхности Б корпуса оправки и цилиндрической поверхности $\text{Ø}40\text{H}7$ корпуса оправки, что обеспечит высокую точность соосности наружной поверхности $\text{Ø}40\text{g}6$ плунжера 2 с посадочным конусом Б благодаря точной посадки $\text{Ø}40\text{H}7/\text{g}6$ с минимальным гарантированным зазором.

Плунжер 2 перемещается вдоль оси цилиндрического отверстия $\text{Ø}40\text{H}7$ и наружный диаметр кулачков 3 должен быть сосен с посадочным конусом Б корпуса оправки. Кулачки 3 должны быть одинаковыми и не допускать диаметрального смещения относительно друг друга. Для этого они должны быть обточены после установки оправки на станке.

После сборки оправки за счет осевого перемещения плунжера 2 влево под действием тарельчатых пружин кулачки расширяются до контакта дна канавки в середине кулачка со сплошным кольцом, затем оправка устанавливается на шпиндель станка и немного проворачивается «по месту» для обеспечения хорошего контакта конической поверхности Б корпуса оправки с наружной конической поверхностью шпинделя (посадочной поверхностью шпинделя), поэтому отклонение от соосности наружной поверхности кулачка с осью вращения шпинделя станка должно быть минимальным.

Обточка кулачков «по месту» выполняется для устранения первоначального биения кулачков. Для того, чтобы кулачок плотно прижимался к наклонной части плунжера и не болтался, перед обточкой необходимо установить два достаточно жестких разрезных кольца 4. После токарной

(шлифовальной) операции диаметр уменьшается.

Для уменьшения сопротивления перемещению кулачков при зажиме заготовки необходимо вместо жестких разрезных колец 4 (2 шт) установить менее жесткие разрезные кольца 4 (2 шт.), позволяющие кулачкам расширяться для закрепления заготовки.

Настройка оправки позволяет установить кулачок на заготовку с отверстием $D_i = D_{\min} = \varnothing 54,2$ мм, так при проектировании оправки зазор должен быть не менее 0,02 мм ($d^*_{\min} = 54,18$ мм), однако для уменьшения радиального смещения кулачков, чтобы не увеличивался ход кулачка и не снижалась точность центровки заготовки, допуск отверстия заготовки не должен превышать 0,03 мм.

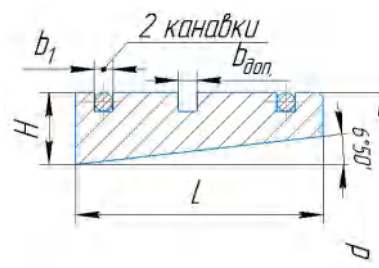


Рис. 2.4. Эскиз кулачка оправки. Посередине есть дополнительная канавка для размещения цельного кольца при обточке по месту.

На рис 2.3. показана дополнительная канавка, которая располагается посередине кулачков, чтобы кулачки нерассыпались. Глубина канавок должна быть 3 мм, чтобы разрезные пружинные кольца не выступали над поверхностью кулачков. Толщина разрезных (пружинных) колец 2 мм, чтобы они надёжно прижимали кулачки к наклонной поверхности плунжера (усилие прижима к плунжеру должно быть около 50 Н), они обеспечивают сжатие кулачков для удобного снятия заготовки после её обработки, удобную установку заготовки на кулачки оправки перед обточкой на 2-й операции.

На рис. 2.4 указаны основные размеры кулачков: $H = 17$ мм, $L = 50$ мм; $b_{\text{ширина}} = 14$ мм, все эти размеры соответствуют ГОСТ 17528-72.

Для разжимной оправки в качестве привода лучше всего использовать пневмокамеру одностороннего действия диафрагменного типа (рис. 2.5), которая используется для раскрепления заготовки. Для этом нам нужно усилие только вправо, и оно должно быть больше, чем осевая сила, создаваемая тарельчатыми пружинами 6 для закрепления заготовки (рис. 2.3).

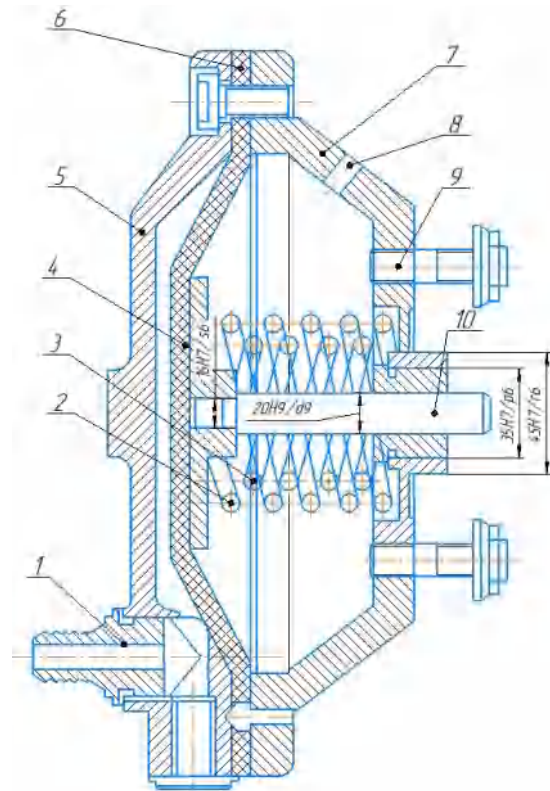
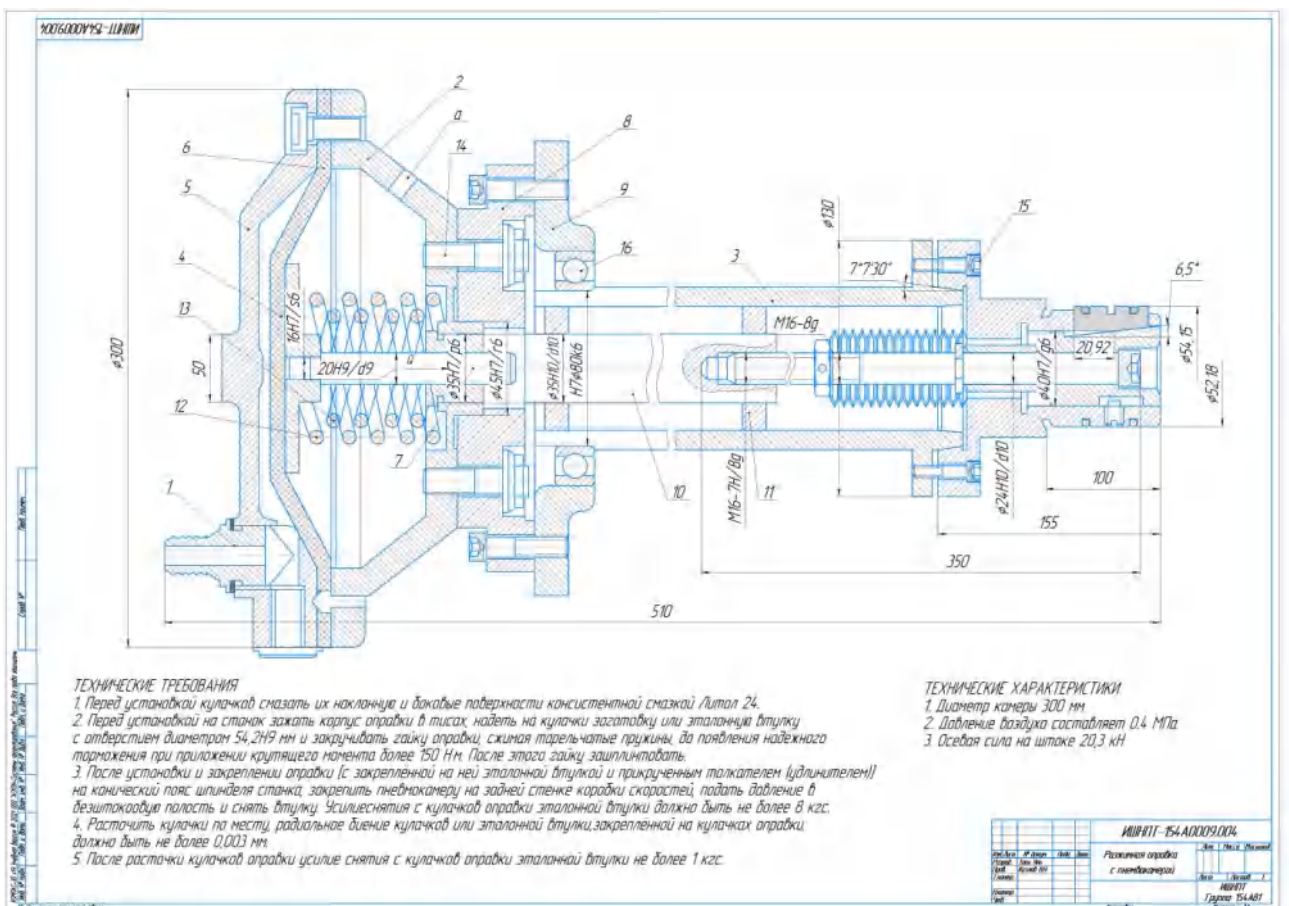


Рис. 2.5. Эскиз нормализованной пневмокамеры одностороннего действия.

Пневмокамера мембранного типа (рис. 2.5) состоит из корпуса и крышки, между которыми зажата мембрана 6 тарельчатой формы из прорезиненной ткани и закрепленной винтами. Сжатый воздух поступает в камеру через штуцер 1, давит на мембрану и она перемещает вправо шток 10 с опорным диском 4, который перемещается вправо вдоль оси отверстия направляющей втулки, запрессованной в корпусе пневмокамеры.

Принцип работы нормализованной пневмокамеры одностороннего действия следующий. При попадании сжатого воздуха в поршневую полость

через штуцер 1, мембрана 6 тарельчатой формы изгибается вправо против сопротивления возвратных пружин 2 и 3, перемещая в ту же сторону диск 4 со штоком 10, в это время воздух из штоковой полости пневмокамеры выходит в атмосферу через отверстие 8 в основном корпусе. После прекращения подачи воздуха в поршневую полость мембрана 6 тарельчатой формы вместе с диском 4 и штоком 10 возвращается в исходное положение посредством возвратных пружин 2 и 3.



1-штуцер; 2-корпус пневмокамеры; 3-шпиндель; 4-стальной диск; 5-крышка пневмокамеры; 6-тарельчатая резиноканевая диафрагма; 7-шток камеры; 8-фланцевый кронштейн; 9-корпус бабки; 10-удлинитель (толкатель); 11-пробка с центральным отверстием (2 шт.); 12 и 13 - возвратные пружины; 14-шпилька ; 15-болт; 16-подшипник

Рис 2.6. Эскиз разжимной фланцевой оправки с мембранной пневмокамерой одностороннего действия. Показано крайнее левое положение штока камеры, достигаемое перед включением вращения шпинделя.

На резьбовой конец штока навинчивается толкатель 10, воздействующий на зажимной механизм приспособления. В предлагаемой конструкции пневмокамеры резьбовая часть на штоке 7 не нужна, т.к. шток будет толкать, а не тянуть (рис. 2.6).

На рисунке 2.6, при выпуске сжатого воздуха из левой части пневмокамеры в атмосферу мембрана 6 тарельчатой формы вместе с диском и штоком возвращается в исходное положение влево посредством возвратных пружин 12 и 13. Пневмокамера устанавливается на задней стенке корпуса станка и крепится болтами. Отверстие *a* используется для выпуска воздуха из правой полости во время рабочего хода штока вправо.

Материал корпуса и крышки обычно отливаются из алюминиевого сплава АЛ9В, АЛ10В, пластмассы волокнистой, серого чугуна или штампуются из малоуглеродистой стали.

Максимальный ход (выдвижение) кулачков в радиальном направлении зависит от следующих трёх факторов:

1) от наибольшего перемещения штока пневмокамеры, которое зависит от диаметра камеры (см. рис. 2.6). Диафрагма (мембрана) достаточно эластична, поэтому чем больше диаметр диафрагмы, тем больше может быть её перемещение;

2) перемещение штока пневмокамеры зависит и от диаметра шайбы 4, не позволяющей мембране эластично деформироваться без перемещения штока – чем больше диаметр шайбы, тем меньше осевое перемещение.

Длина хода штока ($L_{\text{штока}}$) зависит от материала мембран, диаметра (D) и толщины мембраны (t). Оптимальная длина хода штока ($L_{\text{штока}}$) пневмокамеры одностороннего действия от исходного до конечного положения штока для тарельчатой резинотканевой диафрагмы определяется по формуле: $L_{\text{штока}}=(0,18...1,45)\cdot D$, а диаметр диафрагмы D рассчитывается исходя из осевого усилия, необходимого для крепления заготовки.

Предварительно выбираем D равным 320 мм, поэтому можно рассчитать максимально допустимую длину хода штока: $L_{\text{штока}}=(0,18...1,45)\cdot D =$
 $= (0,2)\cdot 320 = 64$ мм.

3) от допустимого осевого хода плунжера $L_{\text{пл}}$, ограниченного конструкцией оправки. В нашей конструкции, если диаметр отверстия $\varnothing D_{\text{отв}}$ меньше или равен диаметру наклонной поверхности плунжера $\varnothing D_{\text{накл плунж}}$, то допустимым осевым перемещением является осевое расстояние L от наклонной поверхности плунжера до передней стенки корпуса оправки, так как это не коническая поверхность по всему диаметру, а уклон с шириной $b = 10$ мм равной ширине кулачка, см. эскиз оправки в разрезе рис. 2.3.

Наибольшее диаметральное перемещение кулачков, т.е. наибольшее увеличение диаметра наружной поверхности кулачков Δd_{max} , равно двойной величине радиального перемещения, которое рассчитывается исходя из наибольшего хода плунжера $L_{\text{пл max}}$ и угла наклона сопрягаемых поверхностей кулачков и плунжера. По чертежу (рис. 2.3.) определяем, что $L_{\text{пл max}} = 20,92$ мм.

Рассчитываем наибольшее перемещение кулачков на диаметр:

$$\Delta d_{\max} = 2L_{\text{рад}} = 2(\tan \alpha \times L_{\text{пл max}}) = 2(\tan 6,5 \times 20,92) = 4,8 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{опр min}} = D_{\text{заг min}} - 0,02 \text{ мм} = 54,2 - 0,02 = 54,18 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{корпуса опр max}} = d_{\text{кулачков min}} - 2 \text{ мм} = 54,18 - 2 = 52,18 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительный диаметр корпуса оправки

$$d_{\text{корпуса опр}} = 52,2h9(-0,074) \text{ мм.}$$

Рассчитывается наибольший возможный диаметр отверстия заготовки без переустановки кулачков:

$$D_{\text{заг возм max}} = d_{\text{кулачков min}} + \Delta d_{\max} = 54,18 + 4,8 = 58,98 \text{ мм.}$$

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, на одной и той же оправке с использованием одних и тех же кулачков можно закреплять заготовки с диаметром отверстия от 54,2 до 58,98 мм, но на практике это может быть сделано только после предварительной тонкой обточки «положения» кулачка. Это связано с тем, что погрешность установки увеличивается с увеличением хода кулачка.

В результате движения кулачков установочный диаметр может быть увеличен более чем на 0,2 мм, в этом случае отклонение соосности внешней обрабатываемой поверхности заготовки $d_{\text{заг } i}$ от диаметра отверстия заготовки $D_{\text{заг } i}$ будет увеличено, что не всегда допустимо.

Во избежание случайной подачи воздуха в левую камеру без заготовки на оправке кулачки могут разлететься, поэтому для предотвращения этого предусмотрены две меры:

- 1) Правильным соответствующим присоединением (привинчиванием)

удлинителя (толкателя) на тягу плунжера оправки, пневматическую камеру можно отрегулировать так, чтобы избежать слишком большого радиального перемещения кулачков, вызванного ходом штока $L_{пл \max \text{ доп}}$. Обычно допускается максимум $\Delta d_{\max \text{ доп}} = 1$ мм, чтобы разрезное кольцо не раскрылось слишком сильно и кулачки не выпали из оправки.

$$L_{пл \max \text{ доп}} = \Delta d_{\max \text{ доп}} / (2 \tan \alpha) = 1 / (2 \times \tan 6,5^\circ) = 1 / (2 \times 0,11) = 4,54 \text{ мм.}$$

2) Рассчитывается наибольшее возможное увеличение зазора разрезного кольца при максимальном возможном радиальном перемещении $\Delta d_{\max \text{ кулачков}}$. Наибольший ход штока пневмокамеры $L_{пл \max} = 20,92$ мм, в этом случае увеличение диаметра наружной поверхности кулачка не будет превышать $\Delta d_{\max} = 4,8$ мм.

Рассчитываем диаметр канавок в кулачках $d_{\text{канавки}}$:

$$d_{\text{канавки min}} = d_{\text{настр до зажима}} - 2 \cdot h_{\text{канавки}} = 54,18 - 2 \cdot 3 = 48,18 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший диаметр канавок при наибольшем разжиге кулачков:

$$d_{\text{канавки max}} = d_{\text{канавки min}} + \Delta d_{\max} = 48,18 + 4,8 = 52,18 \text{ мм.}$$

Таким образом, диаметр канавок в кулачках достаточно большой, чтобы равняться 52,18 мм, разрезные кольца не разожмутся слишком много и не позволят кулакам выпасть из корпуса оправки.

Зазор между штоком камеры и толкателем должен составлять 5-10 мм, а ход штока должен быть ограничен 10-15 мм, максимальный ход пружины оправки при фиксации за отверстие $D_{1.5} = \text{Ø}54.2\text{H}9$, $L_{\text{хода штока камеры}} = 4,54$ мм +

условие:

$$M_{рез.} \leq M_{тр.} \quad (1)$$

Момент силы резания рассчитываем по формуле:

$$M_{рез.} = P_z \frac{d_{max}}{2} \quad (2)$$

где: $d_{max} = d_{0.2max} = 87,5$ мм;

$$M_{рез.} = 1387 \times \frac{0,0875}{2} = 60,68 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Момент силы трения рассчитываем по формуле:

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

Таким образом, чтобы рассчитать момент трения, необходимо сначала рассчитать силу трения и необходимое давление кулачка на базовое отверстие $\varnothing 54,2$ Н9 по следующей формуле:

$$F_{тр} = N \times f; \quad N = P_z \frac{d_{0.2}}{d_{опр} \times f} \quad (4-5)$$

Где f – коэффициент трения (при трении сталь по стали $f=0,15$).

Рассчитываем реакцию опоры по формуле (5):

$$N = 1387 \times \frac{0,0875}{0,0542 \times 0,15} = 14,928 \text{ кН};$$

Рассчитываем силу трения по формуле (4):

$$F_{тр} = 14,928 \times 0,15 = 2,24 \text{ кН};$$

Таким образом, мы можем получить:

$$M_{тр} = F_{тр} \frac{d_{оправки}}{2} = 2240 \frac{0,0542}{2} = 60,704 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Условие выполняется (1): $60,68 \leq 60,704$.

Для расчета коэффициента K необходимо использовать следующую

формулу:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 \quad (6)$$

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

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

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

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

K_4 - коэффициент характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом: для механизированных приводов $K_4 = 1,3$ для пружинных зажимов $K_4 = 1$, здесь мы принимаем $K_4 = 1$;

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

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$$

Чтобы вычислить осевое усилие из схем, приведенных на рис. 2.7 и 2.8, необходимое на штоке пневмокамеры, находим:

$$W_{СУМ} \times f \times R = K \times M_{PEЗ} \quad (7)$$

Отсюда:

$$W_{СУМ} = \frac{K \times M_{PEЗ}}{f \times R}; \quad W = \frac{W_{СУМ}}{Z}; \quad (8.1-8.2)$$

где $W_{СУМ}$ - суммарная сила зажима всеми кулачками;

$M_{рез.} = 60,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - момент силы резания;

$f=0,15$ - коэффициент трения;

$R = \frac{D_{1.5}}{2} = \frac{54,2}{2} = 27,1 \text{ мм}$ - радиус отверстия заготовки;

W - сила зажима одним кулачком;

$Z=3$ – число кулачков;

K – коэффициент запаса, коэффициент запаса K используется для обеспечения гарантированной заготовки.

Рассчитываем суммарную силу зажима по формуле (7.1):

$$W_{СУМ} = \frac{K \times M_{РЕЗ}}{f \times R} = \frac{1,8 \times 60,68}{0,15 \times 0,0271} = 26,869 \text{ кН};$$

Рассчитываем зажим на 1 кулачок:

$$W = \frac{26,869}{3} = 9 \text{ кН};$$

Найденное значение $W_{СУМ}$ проверяется на отсутствие осевого сдвига заготовки:

$$W_{СУМ} \times f \geq K \times P_x \quad (9)$$

Где $P_x = 805 \text{ Н}$ - осевая сила резания;

$$26869 \times 0,15 \geq 1,8 \times 805 \rightarrow 4030 \geq 1449$$

Поэтому мы можем сделать вывод: условие отсутствия осевого смещения выполнено. Осевую составляющую силы резания P_x можно не брать в учёт, т.к. левый торец заготовки упирается в буртик корпуса оправки (заготовка лишается пятой степени свободы) (см. рис. 2.1 и 2.8), что не даст перемещаться заготовки

влево под действием осевой силы P_x .

Чтобы предотвратить самопроизвольное раскрепление заготовки из-за остановки подачи воздуха и прекращения действия осевой силы закрепления заготовки, необходимо соблюдать условия самоторможения клина. В нашем случае это невозможно, потому что закрепление осуществляется под действием силы пружины. Но выполним этот анализ на случай поломки одной или нескольких пружин, потери эластичности от времени или повышенной температуры.

На рис. 2.9 показана схема сил, действующих на зажатый односкосый клин с трением на двух поверхностях. При любом угле скоса α зажатый клин стремится вытолкнуть сила обратного действия $P_{о.д.}$, представляющая собой горизонтальную направляющую нормальную реакцию N ; W – ее вертикальная составляющая.

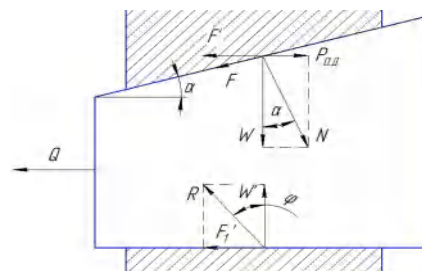


Рис. 2.9. Схема для выяснения условия самоторможения клина

Для того, чтобы было условия самоторможения, угол скоса (уклона) α должен быть **меньше** 5° . Чем меньше угол, тем меньше требуется осевая сила, необходимая для создания силы закрепления N . Но при этом радиальное перемещение кулачков при закреплении будет меньше. В проектируемой оправке принимаем рекомендуемый угол $\alpha = 6,5^\circ$.

В нашем случае, для разжимной оправки $\alpha = 6,5^\circ$, коэффициент трения

$\operatorname{tg}\varphi = 0,15$, тогда $\varphi = 8^\circ$;

Определим силу трения клина по формуле:

$$F = W \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\cos \alpha} \quad (10)$$
$$F = 9 \frac{\operatorname{tg}8^\circ}{\cos 6,5^\circ} = 1,35 \text{ кН};$$

Отсюда находим силу реакции опоры:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{1,35}{0,15} = 9 \text{ кН};$$

Сила обратного действия по формуле:

$$P_{o.d.} = W \times \operatorname{tg}\alpha \quad (11)$$
$$P_{o.d.} = 9 \times 0,12 = 1,08 \text{ кН};$$

Сила горизонтальной составляющей на клине:

$$F' = W \times f \quad (12)$$
$$F' = 9 \times 0,15 = 1,35 \text{ кН};$$

Величина нормальной реакции на основании клина:

$$W' = W \times (1 + \operatorname{tg}\alpha \times \operatorname{tg}\varphi) = 9 \times (1 + 0,12 \times 0,15) = 9,15 \text{ кН};$$

Сила трения на основании клина:

$$F'_1 = W' \times \operatorname{tg}\varphi = 9,15 \times 0,15 = 1,375 \text{ кН};$$

Условие равновесия клина:

$$F' + F \geq P_{o.d.} \quad (13)$$

$$F' + F'_1 \geq P_{o.d.} \rightarrow 1,35 + 1,375 \geq 1,08 \rightarrow 2,725 \geq 2,16.$$

Условие самоторможения выполняется.

Для проверки самоторможения клина должно выполняться неравенство:

$$\alpha < 2\varphi \quad (14)$$

$$6,5^\circ < 2 \times 8^\circ; \quad 6^\circ 50' < 16^\circ.$$

Условие самоторможения клина выполняется.

Усилие на штоке мембранного привода рассчитываем по формуле:

$$Q_{\text{штока}} = W_{\text{СУМ}}(\operatorname{tg}\alpha + 2\operatorname{tg}\varphi) \quad (15)$$

$$Q_{\text{штока}} = 26,869 \times (0,12 + 2 \times 0,15) = 11,28 \text{ кН.}$$

Рассчитываем необходимую осевую силу всего комплекта тарельчатых пружин:

$$Q_{\text{пружи.}} = 1,2 \times Q_{\text{штока}} = 1,2 \times 11,28 = 13,54 \text{ кН.}$$

Рассчитываем необходимую осевую силу на штоке мембраной пневмокамеры, чтобы преодолеть усилие тарельчатых пружин оправки для раскрепления заготовки поле её обработки:

$$Q_{\text{штока2}} > 1,2 \times Q_{\text{пружи.}} = 1,2 \times 13,54 = 16,25 \text{ кН.}$$

Рассчитаем диаметр диафрагмы мембранного привода:

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

где D – рабочий диаметр резиноканевой мембраны, мм;

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

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

Давление сжатого воздуха в левой части пневмокамеры принимаем немного меньше номинального давления в пневмосети с учётом возможного уменьшения давления из-за потерь сети и работы других пневмоприводов.

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

Рассчитаем рабочий диаметр мембраны D :

$$16250 = \frac{\pi}{16} \times (D + 0,7D)^2 \times 0,4 - 100; \quad D = \sqrt{\frac{16250+100}{0,4 \times \frac{\pi}{16} \times 1,7^2}} = 269 \text{ мм.}$$

В качестве силового зажима будем использовать разжимную кулачковую фланцевую оправку ГОСТ 17531-72 с мембранным пневмоприводом с рабочим диаметром мембраны $D=300$ мм.

$$Q_{\text{осевое}} = \frac{\pi}{16} \times (300 + 0,7 \times 300)^2 \times 0,4 - 100 = 20318 \text{ Н} \approx 20,3 \text{ кН.}$$

$$Q_{\text{расч треб}} = 11,28 \text{ кН} \leq Q_{\text{осевое}} = 20,3 \text{ кН}$$

Одна тарельчатая пружина № **053** (таблица 2.1) с наружным диаметром 50 мм и внутренним диаметром 25,4 мм по ГОСТ 3057-90 создаёт усилие от 1,3 до 1586 Н в зависимости от степени её сжатия (деформации). Принимаем, что при раскреплении заготовки допускается деформация $0,8s_3$. Это возможность деформировать пружины необходима, чтобы плунжер перемещался вправо для раскрепления заготовки.

Таблица 2.1 – Выдержка из ГОСТ 3057-90
ПРУЖИНЫ ТАРЕЛЬЧАТЫЕ. Общие технические условия

Но- мер пру- жины	Сила F_3 , Н	Наруж- ный диа- метр пру- жины D_1	Внут- ренний диа- метр пру- жины D_2	Тол- щина пру- жины t	Макси- маль- ная дефор- мация s_3	Высота пру- жины l_0	Тол- щина пру- жины с опор- ной плос- костью t'	Сила F , Н, при деформации					Масса, кг
								$0,2s_3$	$0,4s_3$	$0,5s_3$	$0,6s_3$	$0,8s_3$	
050	1600	16,0	8,0	1,00	0,30	1,30	-	0,3	328	643	947	1245	0,0012
051		20,0	9,0	1,00	0,50	1,50	-	0,5	370	701	1005	1290	0,0020
052		25,0	12,5	1,05	0,65	1,70	-	0,6	404	749	1051	1324	0,0030
053		50,0	25,4	1,25	1,60	2,85	-	1,3	722	1184	1450	1586	0,0143

При закреплении заготовки при деформации $0,5s_3$ одна пружина создаёт усилие 1184 Н, нам нужно $Q_{\text{пруж.}} = 13,54 \text{ кН} = 13540 \text{ Н}$, т.е. потребуется не более 14 пружин ($13540/1184 \approx 12$ пружин, но берём с небольшим запасом на случай увеличения крутящего момента при резании), или комплект из 7 сдвоенных пружин.

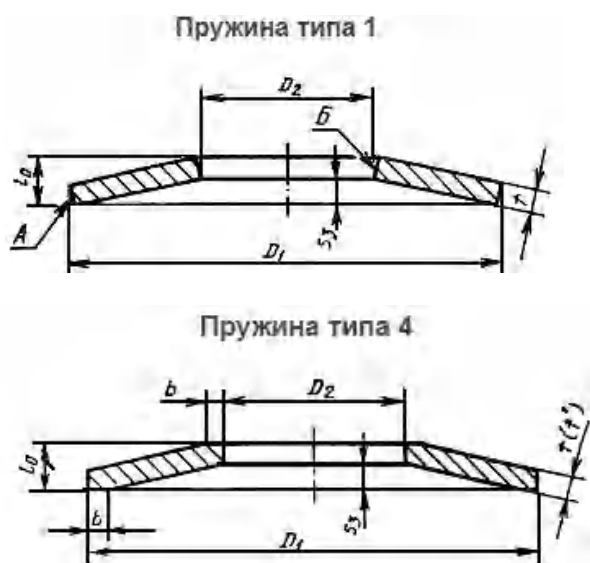


Рис. 2.10. Эскизы тарельчатых пружин типа 1 и 4.

Для определения осевого размера плунжера под установку комплекта тарельчатых пружин определяем длину комплекта $l_{\text{компл}}$ из 7 сдвоенных пружин № 053 до их деформации (рис. 2.10 и 2.11):

$$l_{\text{компл}} = 2 \times 7 \times l_0 = 2 \cdot 7 \cdot 2,85 = 39,9 \text{ мм} = l_1 + \Delta l.$$

Длина l_3 рассчитывается с учётом $l_{\text{компл}}$ и ширины гайки l_2 , используемой для стяжки пружин до размера l_1 , при котором будет обеспечиваться необходимое осевое усилие для закрепления заготовки на кулачках. При этом длина каждой пружины будет равна $0,5 \cdot s_3$, а значит длина комплекта после

стяжки $l_{\text{компл рабочая}} = l_1 = 0,5 \times 2 \times 7 \times l_0 = 0,5 \cdot 39,9 = 19,95 \text{ мм.}$ $\Delta l = 39,9 / 2 \approx 20 \text{ мм.}$

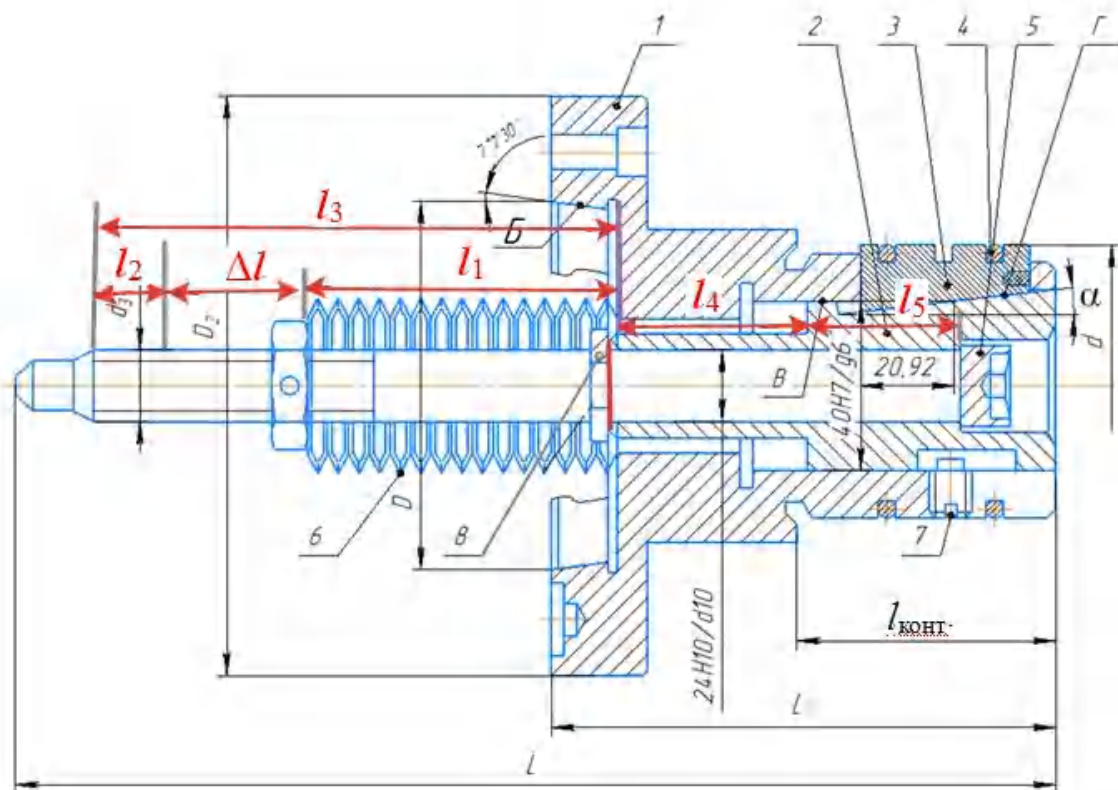


Рис. 2.11. Схема расчёта длины винта плунжерного 5.

Длина резьбовой части винта плунжерного должна быть больше на 15 мм, чем при положении левого торца комплекта пружин после их стягивания. Это необходимо для гарантированного осевого перемещения гайки при стяжке комплекта пружин.

Стопорное кольцо 8 устанавливается после сборки плунжера 2 с винтом плунжерным 5 до установки тарельчатых пружин. Это стопорное кольцо не позволяет винту выпасть из плунжера.

После установки плунжера 2 в корпусе 1 устанавливаются три кулачка 3, которые стягиваются двумя пружинными разрезными кольцами 4.

Размеры l_4 и l_5 определяются из сборочного чертежа оправки.

После придания необходимого осевого усилия, которое проверяется динамометрическим ключом при попытке вращения эталонной заготовки, закреплённой на кулачках оправки ($M_{кр тр} > 60,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$), гайка шплинтуется для предотвращения её откручивания во время работы. Оправка в сборе при этом закрепляется в тисках., т.е. до её установки на станке.

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154A81	Тань Янь

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон.наук		27.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A81	Тань Янь		27.02.2022

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью ВКР является разработка технологического процесса изготовления втулки подшипниковой.

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

3.1.1. Анализ конкурентных технических решений

По результатам исследований и конструкторских разработок, в процессе исследования мы учитывали два конкурирующих развития различных компонентов красок:

- 1) Подшипниковые материалы на медной основе;
- 2) Подшипниковые материалы на основе алюминия;

Поскольку рынок постоянно меняется, необходим тщательный анализ для успешной борьбы с конкурентами и своевременной корректировки исследований, в таблице 3.1 показано оценки как технических, так и экономических критериев.

Таблица 3.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Помехоустойчивость	0,03	5	4	4	0,14	0,12	0,12
2. Сложность изготовления	0,12	5	3	4	0,60	0,36	0,48
3. Трещиностойкость	0,05	4	3	4	0,20	0,15	0,20
4. Безопасность	0,20	3	5	3	0,60	1,00	0,60
5. Ударопрочность	0,10	5	4	5	0,50	0,40	0,50
6. актуальность исследования	0,10	5	4	5	0,50	0,40	0,50
7.Повышение производительности труда пользователя	0,10	4	3	4	0,40	0,30	0,40
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,15	4	5	4	0,60	0,75	0,60
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	3	4	0,50	0,30	0,40
3. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
Итого	1	44	38	41	4,24	3,98	4,0

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Анализ конкурентных технических решений показал, что данное исследование является наиболее актуальным и перспективным и поэтому конкурентоспособным.

3.1.2 SWOT-анализ

Для изучения внешних и внутренних условий проекта в рамках этой работы был проведен анализ SWOT, в котором была дана подробная оценка сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

На первом этапе была разработана матрица SWOT, в которой описываются преимущества и недостатки проекта, а также выявленные возможности и угрозы его осуществления, которые уже проявляются или могут возникнуть в его внешних условиях, как это показано в таблице 3.2:

Таблица 3.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
C1. Опытный руководитель	Сл1. Погрешность и неопределенность в процессе экспериментальной обработки
C2. Высокое квалифицированное изделие	Сл2. Эксперимент необходимо повторять много раз, что занимает много времени.
C3. Экологичность технологии.	Сл3. Высокая стоимость оборудования
C4. Высокая ударопрочность продукта ударам	Сл4. Отсутствие информации о соответствующих научных исследованиях
C5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака
Возможности	Угрозы
V1. заимствовать мировой рынок, экспортировать за границу	У1. Появление зарубежных аналогов и их ранний выход на рынок
V2. Сотрудничество с видными иностранными профессорами в этой области	У2. Техническая конкуренция производства
V3. Возникновение дополнительного спроса на результаты исследований в этой области	У3. Ограничения на технический экспорт
V4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	У4. Снижение себестоимости разработки конкурентов

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надёжность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3,3–3,6, каждый фактор помечается либо знаком:

«+» означает сильное соответствие сильных сторон возможностям;

«-» означает слабое соответствие;

«0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны».

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	-	+	-
	B2	+	+	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	+	-	-	-

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны».

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	+	-
	B2	+	+	+	-	-
	B3	-	-	-	+	-
	B4	+	-	-	-	-

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны».

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	+	-	-	-

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны».

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	+	-	-	+	-
	У3	-	-	-	+	-
	У4	-	-	+	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 3.7. (табл. 3.7).

Таблица 3.7 Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Опытный руководитель С2. Высокое квалифицированное изделие С3. Экологичность технологии. С4. Высокая ударопрочность продукта ударам С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Погрешность и неопределенность в процессе экспериментальной обработки Сл2. Эксперимент необходимо повторять много раз, что занимает много времени. Сл3. Высокая стоимость оборудования Сл4. Отсутствие информации о соответствующих научных исследованиях Сл5. Вероятность получения брака</p>
<p>Возможности: В1. заимствовать мировой рынок, экспортировать за границу В2. Сотрудничество с видными иностранными профессорами в этой области В3. Возникновение дополнительного спроса на результаты исследований в этой области В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p>	<p>Сотрудничество с известными иностранными преподавателями и использование инновационной инфраструктуры могут обеспечить высокое качество продукции, высокая устойчивость к потрясениям является основой для экспорта и выхода на мировые рынки</p>	<p>Использование новейшего оборудования и сотрудничество с известными зарубежными экспертами может быть использовано для удовлетворения исследовательских потребностей, а также может сократить экспериментальные ошибки и экономить время.</p>
<p>Угрозы: У1. Появление зарубежных аналогов и их ранний выход на рынок У2. Техническая конкуренция производства У3. Ограничения на технический экспорт У4. Снижение себестоимости разработки конкурентов</p>	<p>Несмотря на снижение себестоимости разработки конкурентов, наша продукция обладает лучшими механическими характеристиками, более привлекательными для мировых экспортных рынков.</p>	<p>Для того чтобы устранить все угрозы и слабые места, необходимо улучшить информацию о соответствующих научных исследованиях</p>

Вывод SWOT-анализу: в процессе анализа мы учитывали все сильные и слабые стороны и объясняли все их последствия, например, острая рыночная конкуренция, необходимость постоянного совершенствования механических свойств продукции. Внедрение нового оборудования требует адекватной финансовой базы, и есть возможность устранить негативные последствия этих

факторов. Результаты этого анализа будут учтены в ходе дальнейших исследований и разработок.

3.2. Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований;

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.8:

Таблица 3.8. – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер Научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основная часть расходов на разработку приходится на затраты труда, поэтому определение интенсивности выполняемой работы является важным шагом в составлении бюджета.

Мы используем следующую формулу для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (3.1)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

Когда мы узнаем значение ожидаемой интенсивности труда, можно будет определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} с учетом параллельности работы, проводимой различными исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{q_i} \quad (3.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

q_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел;

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki, кал} = T_{pi} \times K_{kal} \quad (3.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

K_{kal} – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{kal.инж.} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году;

Расчеты временных показателей проведения научного исследования представляются в таблице 3.9:

Таблица 3.9 – Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	$t_{мини}$, чел-дни		$t_{макс}$, чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5

10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8		8,8		13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69		68,5		102

Примечание:

Исп.1 – научный руководитель; Исп.2 – инженер;

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	▨													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	▨ ■													
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		■												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			■											
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			▨ ■											
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				■										
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					■	■	■							
8	Обработка полученных данных	Исп2	18								■	■	■				
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5										▨ ■				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13											■	■	■	

Примечание:

▨ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

3.2.3. Бюджет научно-технического исследования.

При планировании бюджета научно - технических исследований следует принимать во внимание все виды расходов, связанных с их осуществлением, и обеспечивать полное и достоверное представление о стоимости различных планов, необходимых для их осуществления. В этой работе используются следующие подгруппы расходов:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В эту статью входят затраты на приобретение всех видов сырья, необходимого для выполнения данной исследовательской работы, и материалов для изготовления готовой продукции.

Таблица 3.11 – Материальные затраты.

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	350	5	1 750
Картридж для лазерного принтера	3 600	1	3 600
Итого:			5350

Расчет амортизации специального оборудования

При вычислении этой части, принимая во внимание, что оборудование было куплено и запущено до начала работы, в данном случае нам нужно учитывать только затраты рабочего дня по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (3.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \times t \quad (3.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

t – время использования, мес.

По формуле расчета получаем следующие данные в таблице 3.12:

Таблица 3.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.	$m_{в.л.}$ мес.	$H_A = \frac{1}{n}$	$A_{АМО.}$ руб.
1	ПЭВМ	1	3	50	50	6	0,33	8250
2	ПРИНТОР	2	4	15	30	7	0,25	4375
3	КСЕРОКС	1	7	32	32	7	0,14	2613
Итого								15238

Стоимость покупки спецтехники таким образом может получиться на уровне 15 238 руб.

Основная заработная плата исполнителей темы

В этой части мы должны рассчитать зарплату инженера и менеджера, а также затраты на заработную плату с учетом сложности исследования проекта и существующей системы заработной платы.

Основная заработная плата одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_p \quad (3.7)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дней.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \times M}{F_D} \quad (3.8)$$

где F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дней (в данном случае $F_d = 247$ дней);

M –количество месяцев работы без отпуска в течение года, при отпуске в 118 раб. дней, $M = 8,1$ месяц, 6-дневная рабочая неделя;

Z_M -должностной оклад работника за месяц определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{mc} \times (1 + k_{pp} + k_d) \times k_p \quad (3.9)$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб (для руководителя $Z_{mc1} = 25000$ руб, а для инженера $Z_{mc2} = 20000$ руб);

k_{pp} – премиальный коэффициент, равен 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томск);

По формуле 3.9 определяется должностной оклад руководителя за месяц:

$$Z_{M1} = Z_{mc1} \times (1 + k_{pp} + k_d) \times k_p = 25000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 48750 \text{ руб}$$

По формуле 3.9 определяется должностной оклад инженера за месяц:

$$Z_{M2} = Z_{mc2} \times (1 + k_{pp} + k_d) \times k_p = 20000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 39000 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата у руководителя рассчитывается по формуле 3.8:

$$Z_{дн1} = \frac{Z_{M1} \times M}{F_d} = \frac{48750 \times 8,1}{247} = 1598,68 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата у инженера рассчитывается по формуле 3.8:

$$Z_{дн2} = \frac{Z_{M2} \times M}{F_d} = \frac{39000 \times 8,1}{247} = 1278,95 \text{ руб}$$

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле 3.7:

$$Z_{осн1} = Z_{дн1} \times T_{p1} = 1598,68 \times 14 = 22380,96 \text{ руб}$$

Основная заработная плата инженера рассчитывается по формуле 3.7:

$$Z_{осн2} = Z_{дн2} \times T_{p2} = 1278,95 \times 64,5 = 82492,27 \text{ руб}$$

Таким образом, затраты на общую основную заработную плату составляют:

$$Z_{осн\ общ} = Z_{осн1} + Z_{осн2} = 22380,96 + 82492,27 = 1\,04873,23 \text{ руб}$$

Перечисленные информации представляются в таблице 3.13:

Таблица 3.13 – Расчеты основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}$, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , дн	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	25000	0,3	0,2	1,3	48750	1598,68	14	22380,96
Инженер	20000	0,3	0,2	1,3	39000	1278,95	64,5	82492,27
Итого:								104873,23

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле 3.10:

$$Z_{доп} = k_{доп} \times Z_{осн} \quad (3.10)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15);

Согласно формуле 3.10, мы можем определить дополнительную зарплату менеджера и инженера:

$$Z_{доп1} = k_{доп} \times Z_{осн1} = 0,15 \times 22380,96 = 3357,14 \text{ руб}$$

$$Z_{доп2} = k_{доп} \times Z_{осн2} = 0,15 \times 82492,27 = 12373,84 \text{ руб}$$

Таким образом, общая дополнительная заработная плата составляет:

$$Z_{доп\ общ} = Z_{доп1} + Z_{доп2} = 3357,14 + 12373,84 = 15730,98 \text{ руб}$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле 3.11:

$$Z_{внеб1} = k_{внеб} \times (Z_{осн1} + Z_{доп1}) \quad (3.11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году –30% (ст. 425 НК РФ).

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя определяются по формуле 3.11:

$$Z_{внеб1} = k_{внеб} \times (Z_{осн1} + Z_{доп1}) = 0,3 \times (22380,96 + 3357,14) = 7721,43 \text{ руб}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера определяются по формуле 3.11:

$$\begin{aligned} Z_{внеб2} &= k_{внеб} \times (Z_{осн2} + Z_{доп2}) = 0,3 \times (82492,27 + 12373,84) \\ &= 28459,83 \text{ руб} \end{aligned}$$

Таким образом, мы можем получить общие затраты на составляется отчисления:

$$Z_{внеб\ общ} = Z_{внеб1} + Z_{внеб2} = 7721,43 + 28459,83 = 36181,26 \text{ руб}$$

Накладные расходы

В накладных расходах учитываются другие расходы, которые ранее не включались в статью расходов, такие, как расходы на печать и ксерокопирование материалов исследования, услуги связи, расходы на электроэнергию и почтовую связь.

Величина накладных расходов определяется по формуле 3.12:

$$Z_{накл} = \left(\frac{C_{су}}{5}\right) \times K_{нр} = \left(\frac{345311}{5}\right) \times 0,2 = 13812,44 \quad (3.12)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Бюджетная стоимость НИР

Группировка затрат по статьям представляется в таблице 3.14:

Таблица 3.14 – Группировка затрат по статьям.

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	

1	Материальные затраты НИР	5350	6214	15964	Пункт 2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	15238	153826	178055	Пункт 2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	104873,23	104873,23	104873,23	Пункт 2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15730,98	15730,98	15730,98	Пункт 2.3.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	36181,26	36181,26	36181,26	Пункт 2.3.5
6	Накладные расходы	13812,44	13812,44	13812,44	Пункт 2.3.6
Бюджет затрат НИР		191185,91	330637,91	364616,91	Сумма ст. 1- 6

3.2.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности научных исследований рассчитывается интегральный показатель эффективности научных исследований путем определения показателей финансовой эффективности и эффективности использования ресурсов.

Для того чтобы получить интегрированные показатели финансовой эффективности научных исследований, необходимо оценить затраты на реализацию трех программ научных исследований в бюджетном процессе. Поэтому мы используем в качестве основы для расчетов (в качестве знаменателя) максимальный интегральный показатель выполнения технических задач, связанный с финансовой стоимостью всех опционов.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Подшипниковые материалы на медной основе;
- 2) Подшипниковые материалы на основе алюминия.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается по формуле 3.13:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (3.13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения;

По перечисленным вычислениям определяются общие затраты для всех вариантов:

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 191185,91$ руб; $\Phi_{\text{исп.2}} = 330637,91$ руб; $\Phi_{\text{исп.3}} = 364616,91$ руб.

По формуле 3.13 определяется интегральный финансовый показатель для текущего проекта:

$$I_{\text{финр}}^{\text{тех.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тех.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{191185,91}{364616,91} = 0,52$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{330637,91}{364616,91} = 0,91$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{364616,91}{364616,91} = 1$$

В результате расчетов консолидированных финансовых менее перевесом по трем вариантам является вариант 1, который считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{ri}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Сравнительная оценка характеристик всех вариантов.

Объекты исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,35	4	5	4
2. Стабильность работы	0,15	5	4	4
3. Технические характеристики	0,15	5	3	4
4. Механические свойства	0,20	5	4	3

5. Материалоёмкость	0,15	5	4	3
ИТОГО	1	4,8	4,0	4,5

На основе известных данных, приведенных в таблице 3.15, мы можем определить:

$$I_p^{\text{текущ.проект}} = 0,35 \times 4 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,20 \times 5 + 0,15 \times 5 = 4,65$$

$$I_p^{\text{исп.2}} = 0,35 \times 5 + 0,15 \times 4 + 0,15 \times 3 + 0,20 \times 4 + 0,15 \times 4 = 4,20$$

$$I_p^{\text{исп.3}} = 0,35 \times 4 + 0,15 \times 4 + 0,15 \times 4 + 0,20 \times 3 + 0,15 \times 3 = 3,65$$

Рассчитывая на интегральные показатели эффективности ресурсов по трем программам развития, мы можем сделать вывод о том, что проект с большим перевесом признан являются более приемлемыми с точки зрения эффективности использования ресурсов.

Интегральные показатели эффективности всех вариантов вычисляются на основании показателей ресурсоэффективности и интегральных финансовых показателей по формуле 3.14:

$$I_{\text{эф.}i} = \frac{I_p^{\text{исп}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}} \quad (3.14)$$

где $I_{\text{эф.}i}$ – интегральный показатель эффективности i -ого варианта разработки;

$I_p^{\text{исп}i}$ – интегральный показатель ресурсной эффективности i -ого варианта разработки;

$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель i -ого варианта разработки;

По формуле 3.14 определяется интегральный показатель эффективности для текущего проекта:

$$I_{\text{эф.текущ.проект}} = \frac{I_p^{\text{текущ.проект}}}{I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}}} = \frac{4,65}{0,52} = 8,94$$

По формуле 3.14 определяется интегральный показатель эффективности для первого конкурентного проекта:

$$I_{эф.исп.2} = \frac{I_p^{исп.1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,20}{0,91} = 4,62$$

По формуле 3.14 определяется интегральный показатель эффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_{эф.исп.3} = \frac{I_p^{исп.2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{3,65}{1} = 3,65$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (3.15)$$

Из этой формулы мы можем определить:

$$\mathcal{E}_{сртекущ.проект} = \frac{8,94}{8,94} = 1$$

$$\mathcal{E}_{сртекущ.исп.2} = \frac{4,62}{8,94} = 0,52$$

$$\mathcal{E}_{сртекущ.исп.3} = \frac{3,65}{8,94} = 0,41$$

Далее среднее значение интегрального показателя эффективности каждого варианта НИР сравнивалось с средним значением интегрального показателя эффективности текущего проекта с целью определения сравнительной эффективности проектов (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – Сравнительные эффективности разработок.

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,52	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4,20	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	8,94	4,62	3,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,52	0,41

Сравнив показатели интегрирования с сопоставимыми вариантами, мы можем сделать вывод о том, что текущий проект [Вариант 1] является наиболее

эффективным с финансовой и ресурсной точек зрения вариантом, наш проект эффективнее конкурентов.

Выводы по разделу:

Благодаря реализации целей данного раздела, мы можем сделать вывод, что в ходе этой работы мы были проведен экономический анализ проекта, посчитаны разного рода затраты, зарплатные отчисления, составлен SWOT анализ, выявлены сильные и слабые стороны проекта, выявлены конкуренты и произведено сравнение с похожими конкурирующими разработками, составлен календарный рейтинг план с расчетом трудозатрат, а так же построена диаграмма Ганта на основе этих данных.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
154A81		Тань Янь	
ШКОЛА	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление /специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР: «Разработка технологии изготовления втулки подшипниковой»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования</i> Втулка подшипниковая</p> <p><i>Область применения</i> Втулка подшипниковая исполняет роль защиты и повышают продолжительность работы значимых узлов и агрегатов. Втулки гарантируют надежность в работе важных частей механизмов, их использование уменьшают вероятность появления аварийных ситуаций.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> <u>полевые условия</u> <i>Размеры помещения</i> 15м × 20м × 3м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны</i> 14 единиц технологического оборудования, 25 людей</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне</i> В процессе проектирования безопасного рабочего места и изготовления деталей следует обращать внимание на требования охраны окружающей среды и гигиены, учитывать возникновение аварийных ситуаций.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><i>Указать нормативные документы, регламентирующие организацию трудового процесса на вашем рабочем месте (см. список рекомендуемой литературы)</i></p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации :</p> <p>К факторам относят:</p> <p>присутствие вредных веществ;</p> <p>присутствие некомфортных метеословий;</p> <p>повышенные уровни шума, вибрации, инфразвука и ультразвука;</p> <p>недостаточную освещенность рабочей зо</p>	<p>Каждый фактор рассматривается по следующему плану:</p> <p>1)источник возникновения фактора на анализируемом рабочем месте;</p> <p>2)возможные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить в результате воздействия фактора;</p> <p>3)приведение допустимых норм с необходимой размерностью, а также при возможности проводится сравнительный анализ фактических значений факторов на со</p>

ны; повышенный уровень электромагнитных излучений.	ответствие нормативным значениям; 4)разрабатываются решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации <i>Указать, какое воздействия на селитебную зону, атмосферу, гидросферу и литосферу оказывает процесс разработки или эксплуатации проектного решения</i>	1) Защита селитебной зоны; 2) Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 3) Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 4) Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <i>Перечислить возможные ЧС при разработке проектного решения ; Разработать превентивные меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций ; Разработка действий и последующих решений для чрезвычайных ситуаций.</i>	Возможные ЧС Несанкционированные посторонние лица, проникающие на рабочее место и наносящие ущерб производственным объектам Наиболее типичная ЧС Мороз в экстремальной погоде в Сибири
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД ОБД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., профессор		28.02.22 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A81	Тань Янь		28.02.22 г.

Введение

Объектом исследования данного подраздела является втулка подшипника, материал - сталь 40Х, которая в основном играет защитную роль. Основной работой данного подраздела является разработка технологии изготовления втулки подшипниковой, что в основном учитывается в процессе производства деталей воздействие вредных факторов на человеческое общество и окружающую среду.

В данной работе будут рассмотрены четыре основных вопроса, а именно правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектных решений; вопросы производственной безопасности; вопросы экологической безопасности и вопросы безопасности при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Выбор рабочего места в данном подраздеде – производственный цех.

При проектировании рабочего места по принципу обеспечения безопасности следует обращать внимание на требования охраны окружающей среды и санитарии, учитывать влияние температуры, шума, влажности, выделения вредных веществ на окружающую среду и санитарию.

Также необходимо учитывать возникновение аварийных ситуаций, таких как перебои с электричеством, резкие перепады температуры.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Нормативные документы, регламентирующие мое рабочее место - организация трудовых процессов на производстве, следующие:

1. ГОСТ EN 894-3-2012 Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 3. Органы управления.
2. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».
3. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
5. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
6. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
7. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
8. Р 2.2.2006–05. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
9. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
10. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.
11. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
12. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

4.2. Производственная безопасность

В данном пункте анализируются потенциально возможные вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Вредные вещества

При сварке металлических деталей образуется пыль и вредный газ.

Состав сварочного дыма зависит от используемого электрода. Во время сварки дуговой разряд создает высокую температуру от 4000 °С до 6000 °С. При плавлении электрода и сварного шва образуется большое количество дыма и пыли. Основными компонентами являются оксид железа, оксид марганца, диоксид кремния, силикат и т. д., а частицы дыма рассеиваются в рабочей среде легко и вдыхаются в легкие. Длительное вдыхание вызывает фиброзные поражения легочной ткани, что часто сопровождается отравлением марганцем и флюорозом.

1) Когда электросварка выполняется в условиях плохой вентиляции, у рабочего может возникнуть лихорадочная реакция после вдыхания паров, содержащих высокую концентрацию оксида железа.

2) Оксид марганца является важным ядом в сварочном дыму, и его содержание зависит от содержания марганца в покрытии электрода, которое обычно составляет 5-20% от общего количества дыма. Сварка в герметичных и плохо проветриваемых условиях, длительное вдыхание высоких концентраций оксида марганца может вызвать отравление марганцем.

3) Фтор в основном содержится в дыме и пыли сварочных стержней с низким содержанием водорода, с растворимыми фторидами натрия и фторидами калия.

Он более вреден и может вызывать раздражение дыхательных путей и желудочно-кишечный тракт, симптомы сварщиков и даже легкий хронический флюороз.

Под действием высокой температуры и сильных ультрафиолетовых лучей, генерируемых сварочной дугой, вокруг области дуги будет образовываться большое количество токсичных газов, таких как окись углерода и оксиды азота.

4) Озон оказывает сильное стимулирующее действие на слизистую оболочку дыхательных путей и легких. Кратковременное вдыхание озона низкой концентрации (0,4 мг/м³) может вызвать такие симптомы, как кашель, сухость в горле, стеснение в груди, потерю аппетита, утомляемость и слабость, а длительное вдыхание озона низкой концентрации может вызвать бронхит, эмфизема легких, легочный склероз и др.

5) Угарный газ очень легко соединяется с гемоглобином, который переносит кислород в организме человека, и чрезвычайно трудно отделяется, поэтому при соединении большого количества гемоглобина с окисью углерода кислород теряет возможность связываться с гемоглобином, чтобы человеческий организм мог транспортировать и использовать кислород. Происходит обструкция, что приводит к некрозу тканей человека из-за недостатка кислорода.

6) Оксиды азота, среди которых оксиды азота, которые часто подвергаются воздействию, в основном представляют собой диоксид азота. Это красновато-коричневый газ со специфическим запахом. При вдыхании он проникает в альвеолы через верхние дыхательные пути и постепенно взаимодействует с водой, образуя азотную и азотистую кислоты, которые могут сильно раздражать и разъедать легочную ткань, вызывая легочную отек.

Для снижения воздействия вредных веществ на работников применяются следующие меры:

1) Разумная планировка: при планировке цеха следует учитывать возможность уменьшения перекрестного заражения профессиональными заболеваниями. Например, плавильную печь в процессе литья следует размещать на открытом в

оздухе или вдали от мест массового скопления людей, клепальные, электросварочные и (покрасочные) процессы покраски организовать отдельно.

2) **Пыленепроницаемость:** при литье следует использовать формовочный песок с низким содержанием свободного кремнезема, насколько это возможно, и сократить количество операций ручного формования и очистки песка. Очистка песка — это место с наибольшей концентрацией пыли в литейном производстве, и ему следует обеспечить ключевую защиту, такую как установка мощной системы вентиляции и удаления пыли, а также внедрение мокрого распыления для снижения концентрации пыли в воздухе на рабочем месте. Необходимо применять личную защиту: надеть пылезащитную маску, соответствующую соответствующим национальным стандартам, пылезащитные очки, головной убор.

3) **Противовирусное и аварийно-спасательное:** должны быть приняты меры по герметизации и дополнительно установлена местная мощная вытяжная и приточная вентиляция, устройства детоксикации для оборудования, которое может выделять химические яды в процессе термической обработки и выплавки металла. Для рабочих мест, на которых выделяются высокотоксичные газы, такие как, высокие концентрации угарного газа, цианистого водорода, формальдегида и бензола, специальные газовые смеси для тушения, окраски и склеивания, должны быть установлены предупреждающие знаки, оснащены противогазами и т. д. Должны быть разработаны планы аварийно-спасательных работ при острых профессиональных отравлениях.

Анализ показателей микроклимата

Микроклимат – это климат внутренней среды здания, который определяется сочетанием температур, влажности и скорости движения воздуха, воздействующих на организм человека, а также интенсивностью теплового излучения на поверхности нагрева.

Эти параметры оказывают большое влияние на работоспособность и здоровье человека. При определенных значениях человек может чувствовать себя комфортно, что способствует повышению производительности труда, а,

наоборот, плохой климатический показатель может привести к снижению производственных показателей на рабочем месте, например, при высокой температуре воздуха в помещении происходит расширение сосудов кожи, увеличение потока крови на поверхность тела и значительное увеличение тепла, выделяемого в окружающую среду. При низкой температуре окружающей среды сосуды кожи человека сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, конвективная и радиационная теплопередача уменьшается.

Оптимальные и допустимые показатели температуры относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.2.2 [ГОСТ 12.1.005-88].

Таблица 4.2.2 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный	средняя	18 – 20	40 - 60	0,1
Теплый	средняя	20 - 22	40 - 60	0,3

Поэтому необходимо обеспечить надлежащий воздухообмен и обогрев, теплоизоляцию поверхностей отопительного оборудования, воздуховодов и гидроканалов с целью оптимизации микроклимата и состава воздуха на промышленных предприятиях.

Анализ показателей шума

Шумовое загрязнение машиностроительных заводов в основном возникает при работе различных станков, воздушных компрессоров и сварочных аппаратов, а уровень звука может достигать 100 дБ(А). Вред шума для человека многогранен. Шум может вызвать глухоту и другие заболевания.

При длительной работе в условиях сильного шума органы внутреннего уха со временем подвержены качественным поражениям, которые приобретут перманентный сдвиг порога слышимости и шумовую глухоту. Глухота, вызванная ш

умом, связана с интенсивностью и частотой шума, а также с продолжительностью шума. Чем больше интенсивность шума, выше его частота и больше время работы, тем больше вероятность появления заболеваний.

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.

Чтобы решить эту проблему, источники шума высокой интенсивности могут быть расположены централизованно, а также может быть установлено звукоизоляционное экранирование. Источники аэродинамического шума должны быть заглушены на впуске или выпуске. Звукоизоляция и звукопоглощение должны быть приняты для централизованной диспетчерской и послеоперационного помещения. Необходимо надевать противошумные беруши или наушники при входе на рабочее место, где интенсивность шума превышает 80 дБ(А).

Анализ освещенности рабочей зоны

Качество освещения на производстве напрямую влияет на качество продукции и здоровье сотрудников. Поэтому освещению рабочего помещения следует уделить большое внимание.

Работодателям важно обеспечить надлежащее освещение на производственных объектах. Надлежащее освещение помогает повысить качество работы, защитить здоровье работников, обеспечить безопасность. Поэтому выбор правильного светового решения для мастерской крайне важен.

Данные правила содержат утвержденные нормативы освещения производства. Общими требованиями к освещению производственных предприятий можно считать:

- 1) исключение ярких световых и теневых источников;
- 2) преобладание общего света;
- 3) равномерное распределение светового потока;
- 3) высокое качество освещения на протяжении всего рабочего времени;
- 4) соблюдение правил безопасности, установленных для определенного вида труда;

5) простоту в управлении осветительными приборами, доступность для всех сотрудников.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы Φ определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta}$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативная освещённость по СП 52.13330.2016, лк.

Согласно СНиП 23-05-95 на производственном цехе должно быть не менее 300 Лк.

S – площадь освещаемого помещения, м^2 , $S = A \times B = 15 \times 20 = 300 \text{ м}^2$;

K_3 – коэффициент запаса;

Для помещений с малым выделением, коэффициент равен 1,5, учитывать загрязнение светильников (источников света, осветительных ламп, стен и т.п., т.е. отражающих поверхностей), а также наличие дыма или пыли в атмосфере цеха.

Значение коэффициентов отражения свежепобеленного потолка $\rho_{\text{п}}=70\%$ и свежепобеленного с окнами без штор, закрытыми шторами $\rho_{\text{с}}=50\%$;

Z – коэффициент неравномерности освещения (для люминисцентных ламп 1.1);

$N_{\text{л}}$ – число ламп в помещении;

Общее количество светильников с люминисцентными лампами в помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}}$$

где N – общее количество светильников;

$n_{\text{ряд}}$ – количество рядов;

$n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2850$ Лм и светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-40. (две лампы мощностью 40 Вт, длина светильника равна 1230 мм, ширина равна 266 мм).

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами, м (рис. 4.1):

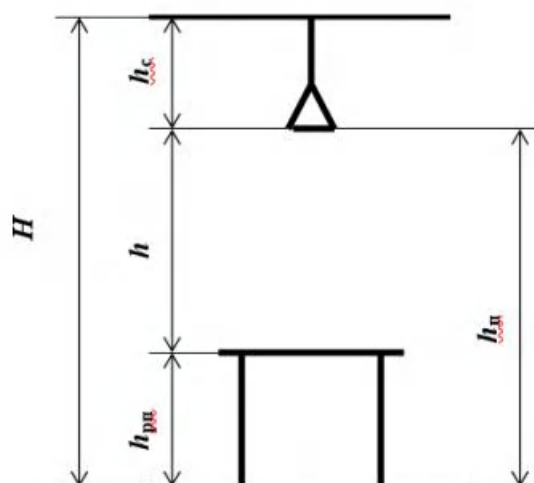


Рис. 4.1. Основные расчетные параметры

H – высота помещения 3м;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес), свес светильников h_c принимается обычно 0,5–0,7 м, принимаем $h_c = 0,5$ м;

$h_n = H - h_c = 3 - 0,5 = 2,5$ м – высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_{рп} = 1$ м – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_{рп} = 2,5 - 1 = 1,5$ м – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью;

$L = \lambda \cdot h$ – расстояние между соседними светильниками или рядами.

Уменьшение λ удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,3$.

$$L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 1,5 = 1,95 \text{ м};$$

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены, оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$, таким образом, мы можем получить $l = L/3 = 0,65$ м.

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B}{L} = \frac{20}{1,95} = 10;$$

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{A}{L} = \frac{15}{1,95} = 7;$$

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}} = 70$$

Размещаем светильники в 7 рядов. На рисунке 4.2 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

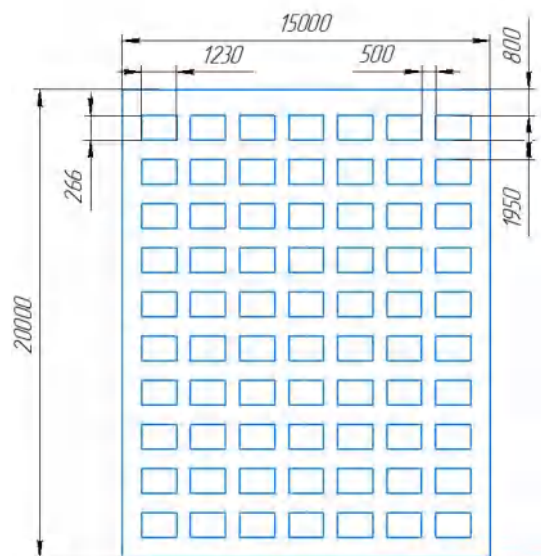


Рис. 4.2. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп

попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен и потолка. Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{15 \cdot 20}{1,5 \cdot (15 + 20)} = 5.$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{п}} = 70\%$, $\rho_{\text{с}} = 50\%$ и при индексе помещения $i = 5$ равен $\eta = 0,70$.

Потребный световой поток люминесцентной лампы светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\Pi} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{70 \cdot 0,70} = 3030 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условий:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{3030 - 2850}{3030} \cdot 100\% = 6\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 6\% \leq 20\%$, т.е. необходимый световой поток обеспечен.

Анализ показателей электромагнитного загрязнения

Любая цепь переменного тока будет излучать электромагнитную энергию той же частоты, что и переменный ток, в окружающее пространство, образуя электромагнитное поле переменной частоты. Когда частота переменного тока достигает более 100 000 раз в секунду, возникает высокочастотный электрический ток и магнитные поля вокруг него. Это высокочастотное электромагнитное поле. При определенном времени и интенсивности излучения будет в определенной степени угрожать здоровью человека, например, могут возникнуть головокружение, потеря памяти, учащенное сердцебиение, усталость и другие симптомы.

В цехе по производству механических деталей будут использоваться электроприборы, генерирующие электромагнитные поля, поэтому необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека при организации безопасности труда.

При работе с ПЭВМ необходимо соблюдать санитарно-эпидемиологические правила и нормы, так как вредные факторы

производственной среды и производственного процесса могут негативно сказаться на здоровье человека.

К конструкции ПЭВМ предъявляются следующие требования: корпус должен быть выполнен в нежно-пастельных тонах с диффузным рассеиванием света и матовой поверхностью с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6, без ослепляющих блестящих частей, а также должен обеспечивать как горизонтальную, так и вертикальную плоскость, возможность поворота корпуса внутрь и фиксации в заданном положении для обеспечения фронтального обзора экрана ВДТ.

Можно защитить людей от опасного воздействия электромагнитного излучения несколькими способами: 1) дистанционная защита; 2) временная защита; 3) прямое снижение интенсивности излучения самого источника излучения; 4) защита рабочего места от радиации; 5) экранирование источников излучения и рабочих мест по ГОСТ 12.4.154; 6) использование средств индивидуальной защиты, в том числе очки из металлизированной ткани и специальной одежды и стекло, покрытое тонким слоем золота или двуокиси олова (SnO_2) вместо обычного стекла.

Анализ электробезопасности

При взаимодействии работников с заряженными частями электрооборудования из-за неисправности может произойти электрический удар, который может быть смертельным. Поэтому для защиты жизни рабочих мы вводим систему инструктажа по электробезопасности и контроля за его соблюдением, который применяется для предотвращения вредных и опасных воздействий тока и дуги на рабочих.

Согласно правил устройства электроустановок (ПУЭ), производственные цеха, коммерческие и бытовые объекты обычно делятся на три категории для определения степени риска.

Первая – особо опасные помещения, в это время относительная влажность места близка к 100%, например помещение с химически активной или органической средой или с особой сыростью (особо сырые помещения);

Вторая – помещения с повышенной опасностью, такие как, влажные или пыльные помещения, токопроводящие полы (металлические, грунтовые, железобетонные, кирпичные и т. д.), высокие температуры (жаркие помещения);

Третья – помещения без повышенной опасности. В таких местах низкая влажность воздуха – менее 75%, т.е. условия, не создающие повышенной или особой опасности.

Для обеспечения энергетической безопасности на заводе основными мерами являются:

1. Электроприборы и электрооборудование с механической трансмиссией должны быть защищены защитными кожухами, щитами или защитными ограждениями, прежде чем их можно будет использовать, а руки и другие части тела не должны помещаться в положение механической трансмиссии работающего оборудования;

2. Оборудование должно иметь защитное заземление во избежание поражения током оператора при касании корпуса электрооборудования при повреждении изоляции;

3. Усиление контроля за безопасностью кабельных проводов и, в исключительных случаях, таких, как сильные дожди или наводнения, временное увеличение числа проверок безопасности.

Анализ пожарной безопасности.

На заводе может произойти чрезвычайная ситуация, такая как внезапный обвал, взрыв или пожар, создающего угрозу жизни и здоровью работающих и причиняющего огромный материальный ущерб, поэтому крайне важно обеспечить пожарную безопасность здания.

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 Ан, Бн, Вн, Гн и Дн.

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). Учитывая специфику выполнения работ и наличие в помещении электронного оборудования, наиболее вероятно возникновение пожара.

Пожары при использовании электронного оборудования на заводе могут быть вызваны:

- током короткого замыкания;
- неисправностью оборудования или сети;
- небрежностью оператора при использовании компьютера;
- возгоранием ПК из-за перегрузки.

В связи с этим, согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие нормы пожарной безопасности:

- уменьшить количество одновременно подключенных пользователей для профилактики превышения допустимой нагрузки на электросеть;
- иметь средства пожаротушения (огнетушители), огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м;
- обеспечить беспрепятственный доступ персонала на пути эвакуации и проводить регулярные противопожарные учения;
- регулярное техническое обслуживание контура для предотвращения утечек и возгорания.

В случае пожара любой, кто увидит огонь, должен сохранять спокойствие и немедленно сообщить в пожарную часть, набрав 01 или 112. В случае пожара в здании автоматически срабатывают датчики пожаротушения и звуковая

система информирует всем сотрудникам немедленно покинуть здание и следовать плану эвакуации к выходу в случае пожара и других чрезвычайных ситуаций (см. рис. 4.3).

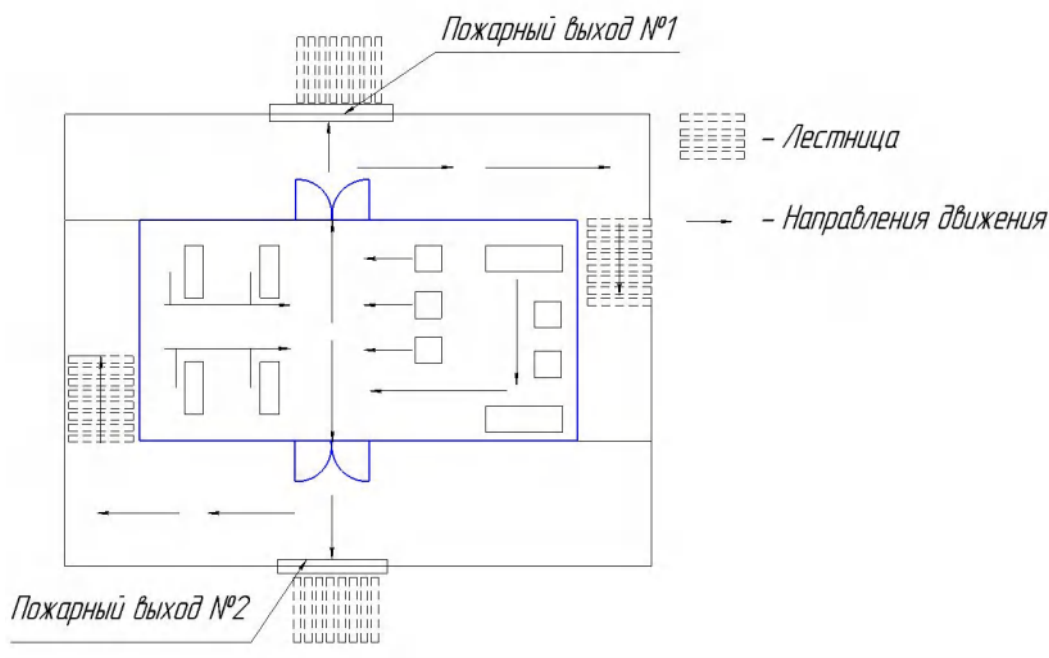


Рис. 4.3. Пути эвакуации с 1 этажа производственного помещения

4.3. Экологическая безопасность.

В процессе механической обработки механических деталей это неизбежно окажет влияние на природную среду, в основном в следующих четырех ситуациях.

1) Защита селитебной зоны.

Установление санитарно-защитных зон и требований к защите процессов и оборудования.

2) Анализ воздействия объекта на атмосферу.

При механической обработке металлических деталей на станках, например токарной, шлифовальной, фрезерной, сверлильной и т. д., образуется металлическая стружка, охлаждающая жидкость, большое количество пыли, которые через вентиляционные каналы рассеиваются в атмосфере.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны атмосферного воздуха:

- по организации производственного экологического контроля;
- регулировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при неблагоприятных погодных условиях;
- проверить работоспособность газоочистного оборудования;
- по проверке эффективности работы газоочистного оборудования.

3) Анализ воздействия объекта на гидросферу

При очистке станков и обрабатываемых деталей образуются промышленные отходы, вызывающие загрязнение воды, влияющие на качество воды, среду обитания рыб и другие негативные воздействия.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны водных ресурсов, и необходимо принимать следующие меры:

- разрабатывать безотходные и безводные технологии, использовать обратное водоснабжение. системы и отходы ;
- разработка безотходных и безводных технологий;
- очистная промышленность, очистка городских и сточных вод и др;
- обезвреживание городских сточных вод и канализация.

4) Анализ воздействия объекта на литосферу

Машиностроительные заводы должны соблюдать требования нормативных правовых актов, регулирующих отношения между земельными ресурсами и охраной недр. При эксплуатации машиностроительных заводов необходимо проводить охрану земель, обеспечивающую рекультивацию деградации и загрязнения земель.

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайно низкие зимние температуры - очень обычная ситуация для сибирского региона, где объекты очень подвержены внезапным возникновением сильных морозов и повреждений. Для электрических компонентов слишком низкие температуры могут привести к ослаблению болтов, плохому контакту контактов и авариям в заводская система отопления и даже обморожение рабочих.

Поэтому очень необходимо иметь достаточное количество и мощность обогревателей, которые могут решить проблему горячего водоснабжения заводчан и замерзания оборудования, кроме того, очень важны и генераторы, которые могут обеспечить защиту от внезапных обрывов линий электропередач; Для работающих при низких температурах должны быть подготовлены утепленная рабочая одежда и защитная обувь, в том числе вязаные защитные щитки для лица, меховые перчатки и шапки с накидками, а работникам следует выдавать крем для защиты от обморожения, а рабочие должны регулярно обучаться правилам безопасной работы при низких температурах правила оказания первой помощи при переохлаждении и обморожении.

Для предотвращения проникновения посторонних лиц на рабочее место и причинения ущерба производственным объектам завод должен быть оборудован видеокамерами и установлен на видном месте предупредительными знаками. Если непрофессионалам необходимо войти в рабочую зону по необходимым причинам, они должны сначала связаться с администратором завода и получить разрешение перед входом.

Выводы по разделу

В этой части ВКР «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочих мест на предприятиях, производящих детали машин в соответствии с Национальным кодексом промышленной гигиены.

Основной целью данного раздела является улучшение условий труда, обеспечение безопасности человека на производстве, повышение производительности цеха и создание комфортных производственных условий. При проектировании рабочего места учитываются опасные вещества, такие как освещение, температура, шум и т. д. При проектировании процесса следует позаботиться о защите окружающей среды, убедиться, что технологические отходы перед сбросом соответствуют требованиям к сбросу, и как действовать в аварийной ситуации.

Заключение

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. В разделе «технологическая часть» был определен анализ чертежа и технологичности детали, тип производства и выбор исходной заготовки, разработан маршрутный технологический процесс и выполнен размерный анализ техпроцесса.

В соответствии с процессом изготовления, выбрано оборудование, рассчитаны режимы резания и произведено нормирование операций.

В разделе «конструкторская часть» было спроектировано приспособление, рассчитаны сила зажима и решение проблемы установки приспособления с шпинделем.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен расчет конкурентоспособности, разработан графика проведения исследования, рассчитан бюджет стоимости НИ и определена его ресурсоэффективность.

В разделе «Социальная ответственность» мы анализируем некоторые факторы в производственном цехе, рассматриваем возможные опасности и принимаем превентивные меры для обеспечения безопасной и упорядоченной работы цеха.

Список литературы

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. Аверьянов И.Н., Болотеин А.Н Проектирование и расчет станочных и контрольно- измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учебное пособие. – Рыбинск: РГАТА, 2010.- 220 с.
4. Горошкин А.К. 1979 Приспособления для металлорежущих станков.
5. Ансеров М.А. Зажимные приспособления для токарных и круглошлифовальных станков. – Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, Москва, 1948. – 92с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 (1985 г) Под ред. А.Г. Косиловой.
7. Стружестрах Е.И.Справочник нормировщика-машиностроителя 156 Том 2. – Москва, 1961. – 892 с.
8. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа,

2016.

9. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционного проекта без учета фактора времени.

10. Сущность методики FAST в области ФСА.

11. Белов Н.А. Безопасность жизнедеятельности – М.: Знание, 2000-364с.

Приложение А
(обязательное)
Чертёж детали

ИШНПТ-154А0009.00.00.01

Перв. примен.

Справ. №

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены

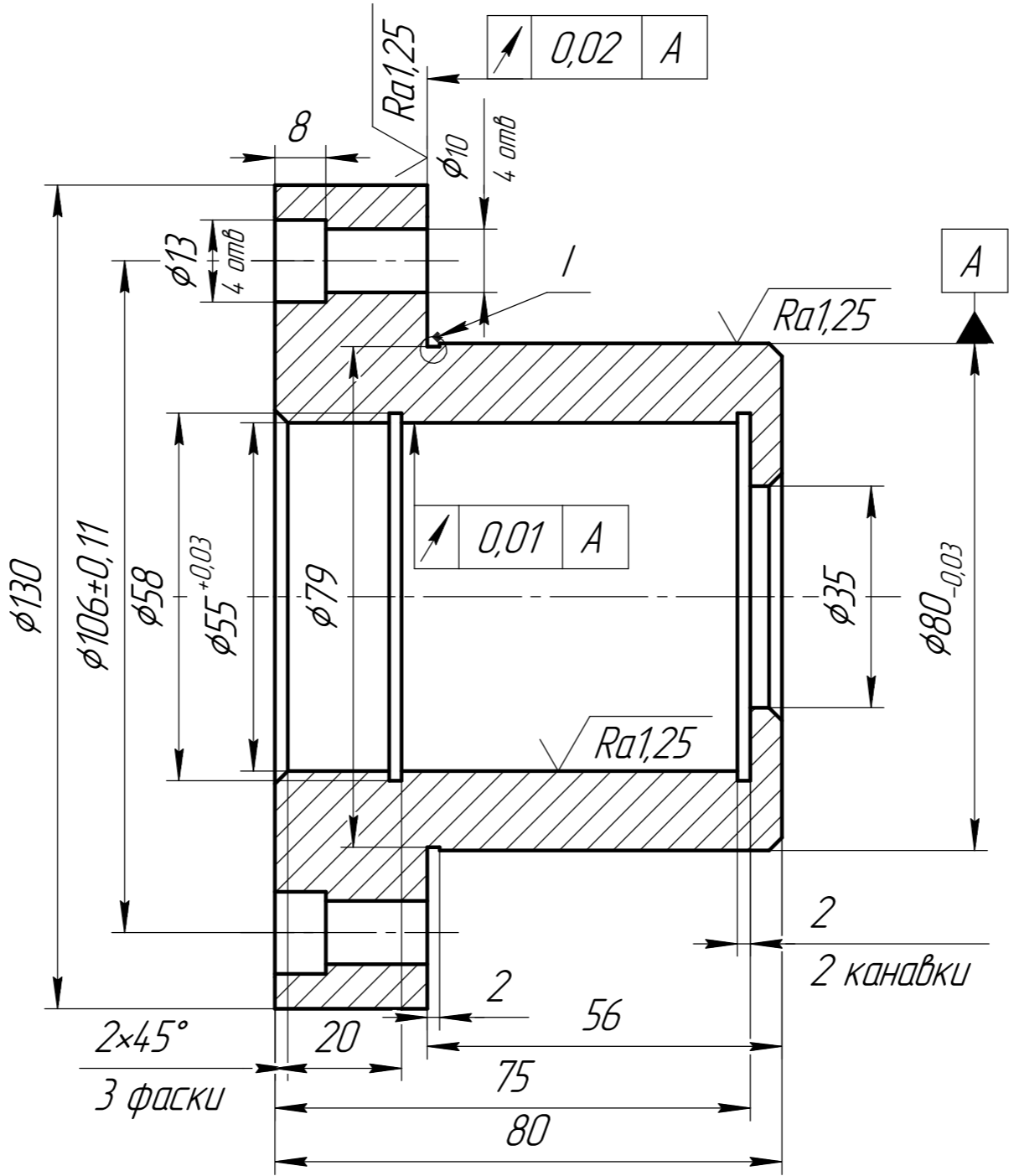
Подп. и дата

Инв. № дцкл.

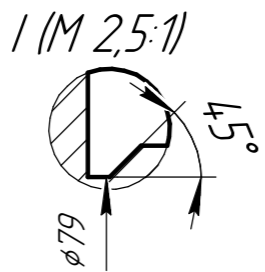
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



√ Ra 10



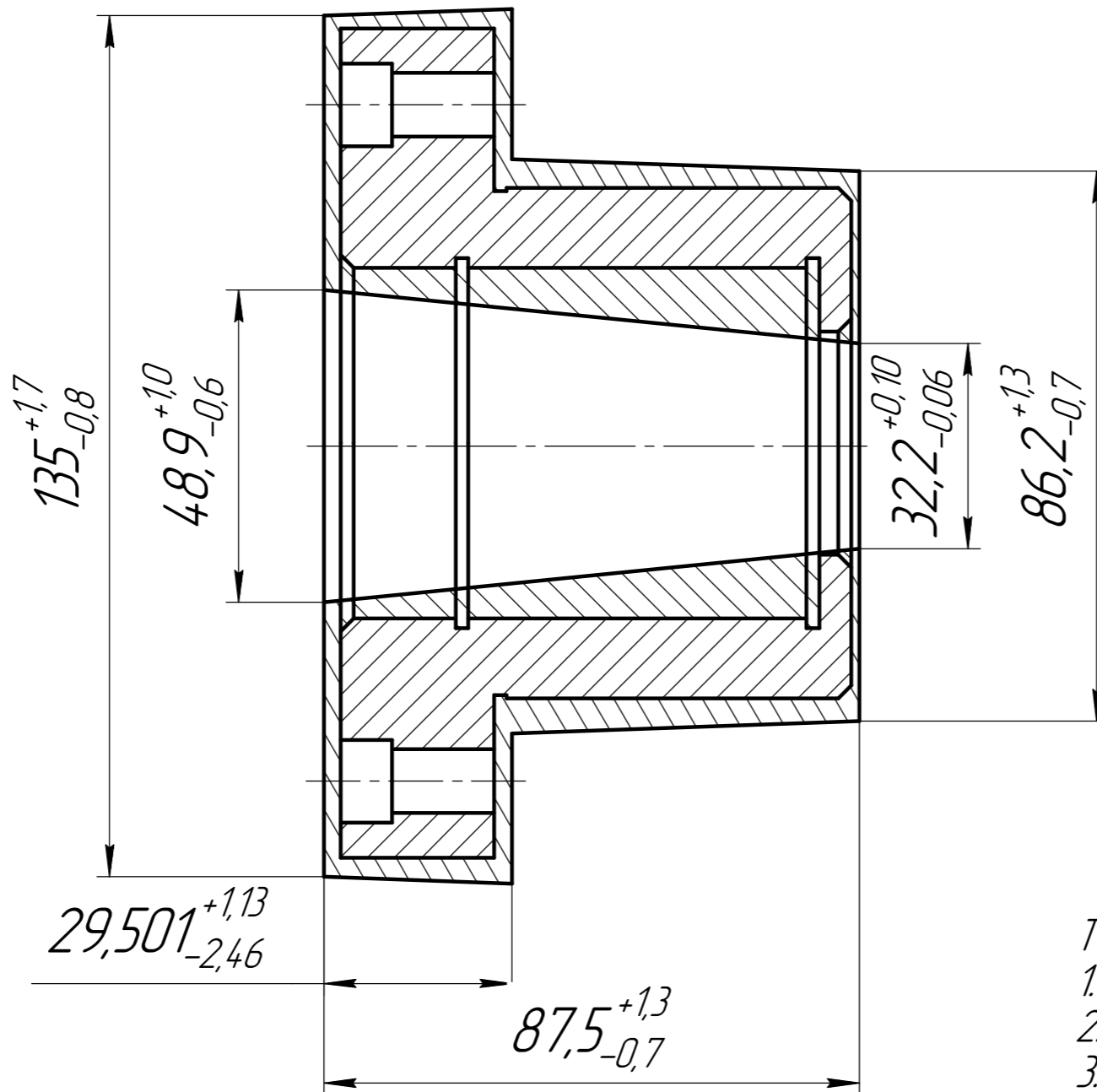
- Технические требования:
- h14, H14, ±IT14/2;
 - 4 отв. φ10 распалуются под 90°±10';
 - HRC42...46

					ИШНПТ-154А0009.00.00.01			
Изм.	Лист	№ док.цм.	Подп.	Дата	Втулка подшипниковая	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Тань Янь					2,46кг	1:1
Проб.		Козлов В. Н.				Лист	Листов 1	
Т.контр.						Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		
Н.контр.					ИШНПТ Группа 154А81			
Утв.					Копировал Формат А3			

Приложение Б
(обязательное)
Чертёж заготовки

ИШНПТ-154А0009.00.00.02

√ Rz100



Технические характеристики

1. класс точности Т4;
 2. Группа сталь М2;
 3. Степень сложности С1;
 4. Исходный индекс 11;
- Уклоны наруж. и внутр. поверхностей 2±1° и 3±1°.

				ИШНПТ-154А0009.00.00.02		
				Заготовка		
				Лит.	Масса	Масштаб
					3,7кг	1:1
				Лист	Листов 1	
				ИШНПТ		
				Группа 154А81		
				Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тань Янь		
Проб.		Козлов В. Н.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Перв. примен.

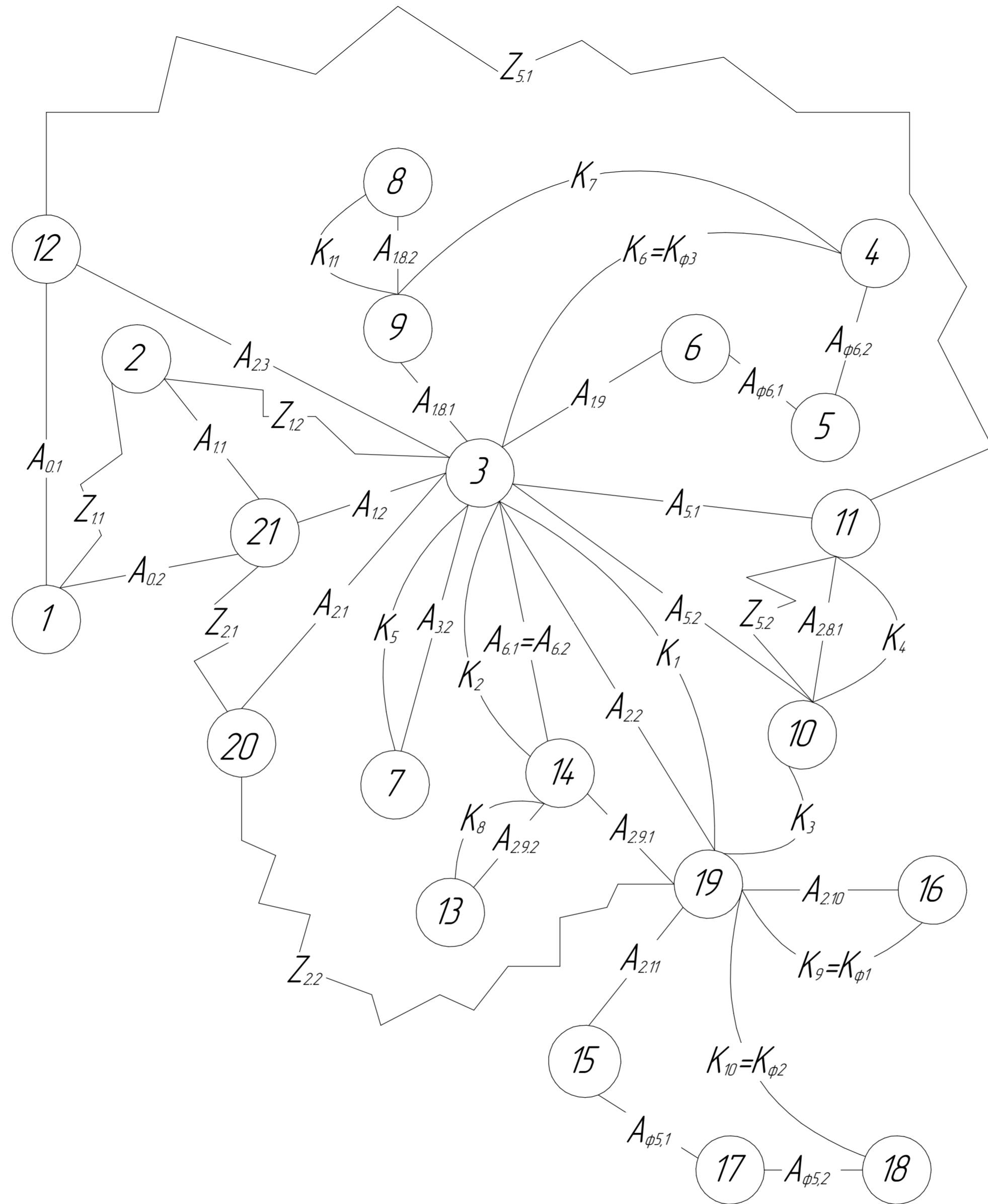
Справ. №

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-системы проектирования", Россия. Все права защищены

Приложение В

(обязательное)

Граф технологических размеров

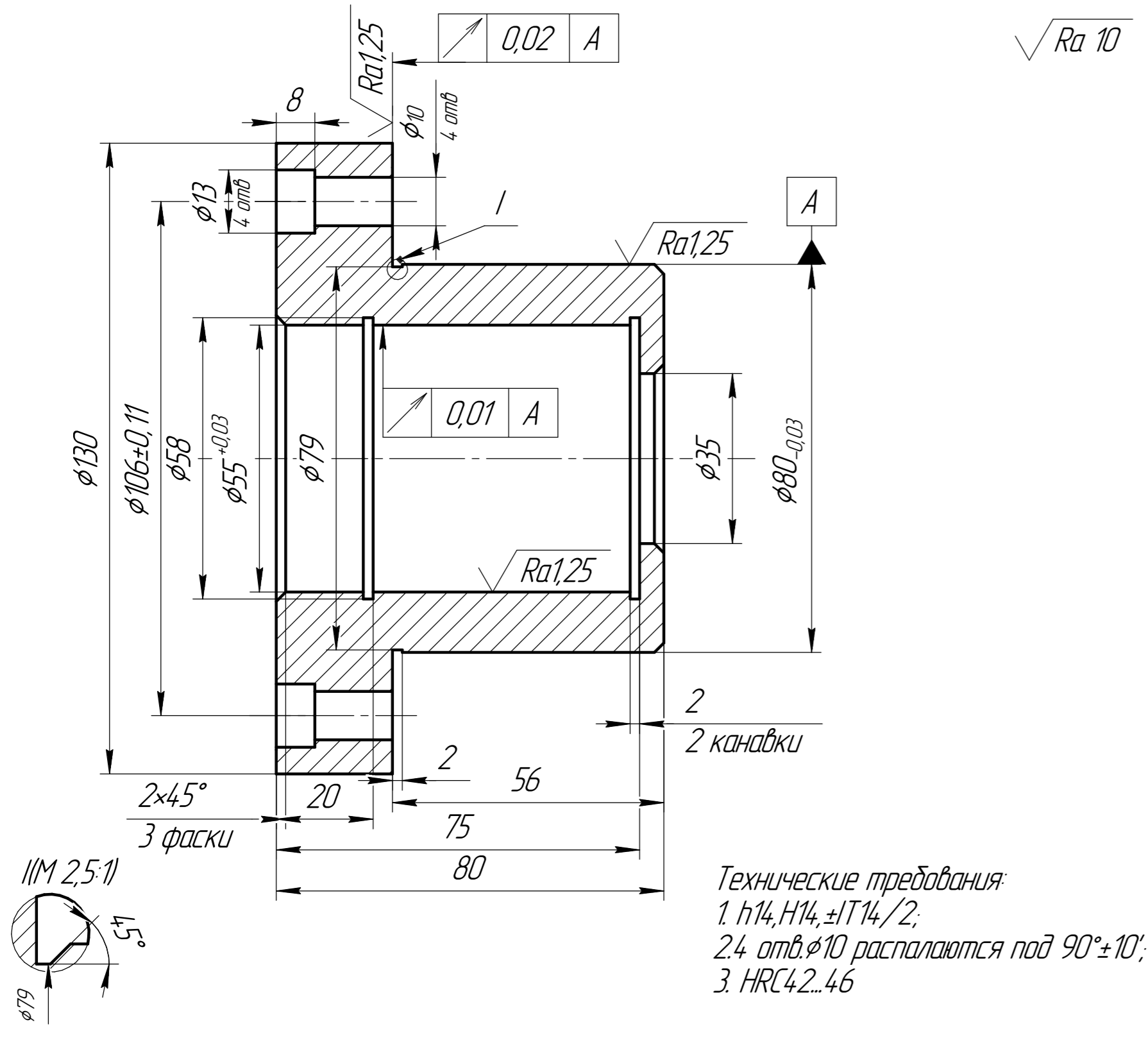


				ИШНПТ-154А0009.001		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Граф технологических размеров	
Разраб.	Тань Янь					
Пров.	Козлов В. Н.				Лист	Листов
Т.контр.						1
Н.контр.					ИШНПТ группа 154А81	
Чтв.					Формат А2	

Приложение Г
(обязательное)

Карта технологического процесса

Карта технологического процесса



Номер операции	перехода	Наименование и содержание операций и переходов	Операционный ЭКЗИЗ	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие однорез. обраб. сторон	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режимы обработки		Нормы времени					Разряд работы					
						Режущий	Измерительный						Поддача	Частота, об/мин	Скорость резания, м/мин	T ₀	T _{0с}	T _{пз}	T _{шт}		T _{шт.к}				
005		Операция заготовительная Штамповать заготовку штамповочные уклоны: на наружных поверхностях $2^\circ \pm 1'$; на внутренних поверхностях $3^\circ \pm 1'$.																							
010	A	Операция Токарная с ЧПУ Установить и снять заготовку на разжимную оправку. 1. Обточить торец (1) Выдерживая размер $85,6_{-0,14}$ 2. Обточить торец (2) Выдерживая размер $83,9_{-0,87}$ окончательно.		Токарный станок С6163В		Проходной, отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т5К6 ГОСТ 18880-73	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	2	135	44,2	3,2	0,52	462	196	0,41									
	1	1. Обточить торец (1) Выдерживая размер $85,6_{-0,14}$				Резец, угловый с режущей пластиной из твердого сплава Т5К6 с углом в плане 90°	Индикаторный нутромер ЦИ 50-160	1	2	51,7	74	2,32	0,34	1086	166,7	0,41									
	2	2. Обточить торец (2) Выдерживая размер $83,9_{-0,87}$ окончательно.				Резец, угловый с режущей пластиной из твердого сплава Т5К6 с углом в плане 90°	Индикаторный нутромер ЦИ 50-160	1	1	53,5	74	1,04	0,34	1157	187,9	0,19									
	3	3. Расточить отверстие (3) до диаметра $51,7$ (H15) Выдерживая размер $74_{-0,074}$				Резец, расточный угловый 90° с режущей пластиной из твердого сплава Т5К6	Индикаторный нутромер ЦИ 30-50 цена деления 0,01 мм	1	1	54,2	74	0,37	0,11	1673	281	0,41									
	4	4. Расточить отверстие (4) до диаметра $53,5$ (H12) Выдерживая размер $73_{-0,3}$				Резец, расточный угловый 90° с режущей пластиной из твердого сплава Т5К6	Индикаторный нутромер ЦИ 30-50 цена деления 0,01 мм	1	1	54,2	74	0,37	0,11	1673	281	0,41									
	5	5. Расточить отверстие (5) до диаметра $54,2$ (H9) Выдерживая размер $72_{-0,12}$.				Резец, расточный угловый 90° с режущей пластиной из твердого сплава Т5К6	Индикаторный нутромер ЦИ 30-50 цена деления 0,01 мм	1	1	54,2	74	0,37	0,11	1673	281	0,41									
	6	6. Расточить отверстие (6) до диаметра $34,3_{-0,1}$ на проход.				Резец, расточный угловый 90° с режущей пластиной из твердого сплава Т5К6	Индикаторный нутромер ЦИ 30-50 цена деления 0,01 мм	1	1	34,3	5	1,13	0,40	965,63	104	0,01									
	7	7. Расточить отверстие (7) до диаметра $35_{-0,62}$ на проход.				Резец, расточный угловый 90° с режущей пластиной из твердого сплава Т5К6	Индикаторный нутромер ЦИ 30-50 цена деления 0,01 мм	1	1	35	5	0,64	0,45	2074,61	228	0,006									

Токарный станок С6163В
Трехкулачковый самоцентрирующий патрон ГОСТ 24351-80

0,83 10

3,456
0,80

ИШНПТ-154.0009.002		
Лист	Масса	Масштаб
1		3
Карта технического процесса		
Имя	№ док.	Подп.
Разраб.	Тень	ВН
Проб.	Козлов	ВН
Т.контр.		
И.контр.		
Этап		

ИЗМ. № 1
ИЗМ. № 2
ИЗМ. № 3
ИЗМ. № 4
ИЗМ. № 5
ИЗМ. № 6
ИЗМ. № 7
ИЗМ. № 8
ИЗМ. № 9
ИЗМ. № 10
ИЗМ. № 11
ИЗМ. № 12
ИЗМ. № 13
ИЗМ. № 14
ИЗМ. № 15
ИЗМ. № 16
ИЗМ. № 17
ИЗМ. № 18
ИЗМ. № 19
ИЗМ. № 20
ИЗМ. № 21
ИЗМ. № 22

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие односторонней обработки	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режимы обработки				Нормы времени								
операции	перехода					7	8						Подача		Частота, об/мин	Скорость резания, м/мин	T ₀	T _{0c}	T _{пз}	T _{шт}	T _{шт.к}				
													мм/об	мм/мин											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
010	8	8. Расточить канавку (8) диаметром 58 ^{+0,74} . Выдерживая размер 22 ^{+0,125} _{-0,375} и 2 ^{-0,25} .		Токарный станок С6163В	3-х кулачковый патрон	Для переходов 8-Резец расточный канальный с режущей пластиной из твердого сплава Т5К10 с углом в плане 90° Для переходов 9-Резец расточный канальный с 45° градуса	Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89 для фасок.	1	1	58	19	20	0,07	699	134,4	0,08									
	9	9. Расточить фаску (9) выдерживая размер 2,4 ^{+0,06} _{-0,08} .				Резец проходной отрезной с режущей пластиной из твердого сплава Т5К16	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	1	55,6	2	24	0,07	1289,5	24,78	0,07									
	10	10. Обточить наружный диаметр (10) на проход.				Резец проходной отрезной с режущей пластиной из твердого сплава Т5К16	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	1	130	30,036	158	0,24	566	235	0,25									
11	11. Обточить наружный диаметр (11) на проход.						1	1	132,2	30,036	3,07	0,52	394,43	167,2	0,17										
015	Операция Токарная с ЧПУ					Токарный станок С6163В	Разжимная самодвижущая оправка с пневмоприводом.	Проходной упорный с режущей пластиной из твердого сплава Т5К16 с углом в плане 90°	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	2	86,2	27,7	3,20	0,52	724	282,3	0,21							
	A	Установить и снять заготовку на разжимную оправку.																							
	1	1. Обточить торец (1) выдерживая размер 82 ^{+0,14} .						Упорный отрезной с режущей пластиной из твердого сплава Т5К16 ГОСТ 18880-73	Микрометр МК100 ГОСТ 6507-90	1	1	130	21,15	1,36	0,24	683	282,3	0,16							
	2	2. Обточить торец (2) выдерживая размер 80 ^{-0,74} .						Резец упорный с отрезной заборкой 90 град из твердого сплава Т5К16 M1-для черновой, M2-для чистовой	Микрометр МК100 ГОСТ 6507-90	1	1	86,2	27,7	2,42	0,24	957	294	0,16							
	3	3. Подрезать торец (3) предварительно выдерживая размер 25,286 ^{+0,26} .								1	1	130	21,15	1,03	0,24	720	294	0,15							
	4	4. Подрезать торец (4) окончательно выдерживая размер 24 ^{-0,07} _{-0,37} .								1	1	130	21,15	1,03	0,24	720	294	0,15							
	5	5. Обточить поверхность (5) до диаметра Ф83,7(н15), выдерживая размер 22,8 ^{-0,52} .								1	1	83,7	23	2,7	0,34	730,8	197,8	0,13							
	6	6. Обточить поверхность (6) до диаметра Ф81,7(н12), выдерживая размер 22,1 ^{-0,52} .						1	1	81,7	23	1,75	0,34	852	224	0,09									
	7	7. Обточить поверхность (7) до диаметра Ф80,9(н9), выдерживая размер 21,4 ^{-0,52} .						1	1	80,9	23	0,4435	0,11	1294	332	0,18									
	8	8. Обточить канавку (8) выдерживая размеры 79 ^{-0,74} и 2 ^{-0,25} .						1	1	79	1,35	2,82	0,07	529	134,4	0,09									
	9	9. Расточить канавку (9), выдерживая размеры 2 ^{-0,25} и 5 ^{-0,44} .						1	1	58	2,25	1,77	0,07	790	134,4	0,08									
10	10. Расточить фаску (10) выдерживая размер 2,45 ^{+0,06} _{-0,09} .				1	1	80,9	2	2,95	0,07	949,5	241,2	0,10												
11	11. Обточить фаску (11), выдерживая размер 2,9 ^{+0,05} _{-0,08} .				1	1	35	2	2,45	0,07	2256	248	0,04												

Токарный станок С6163В

Разжимная самодвижущая оправка с пневмоприводом.

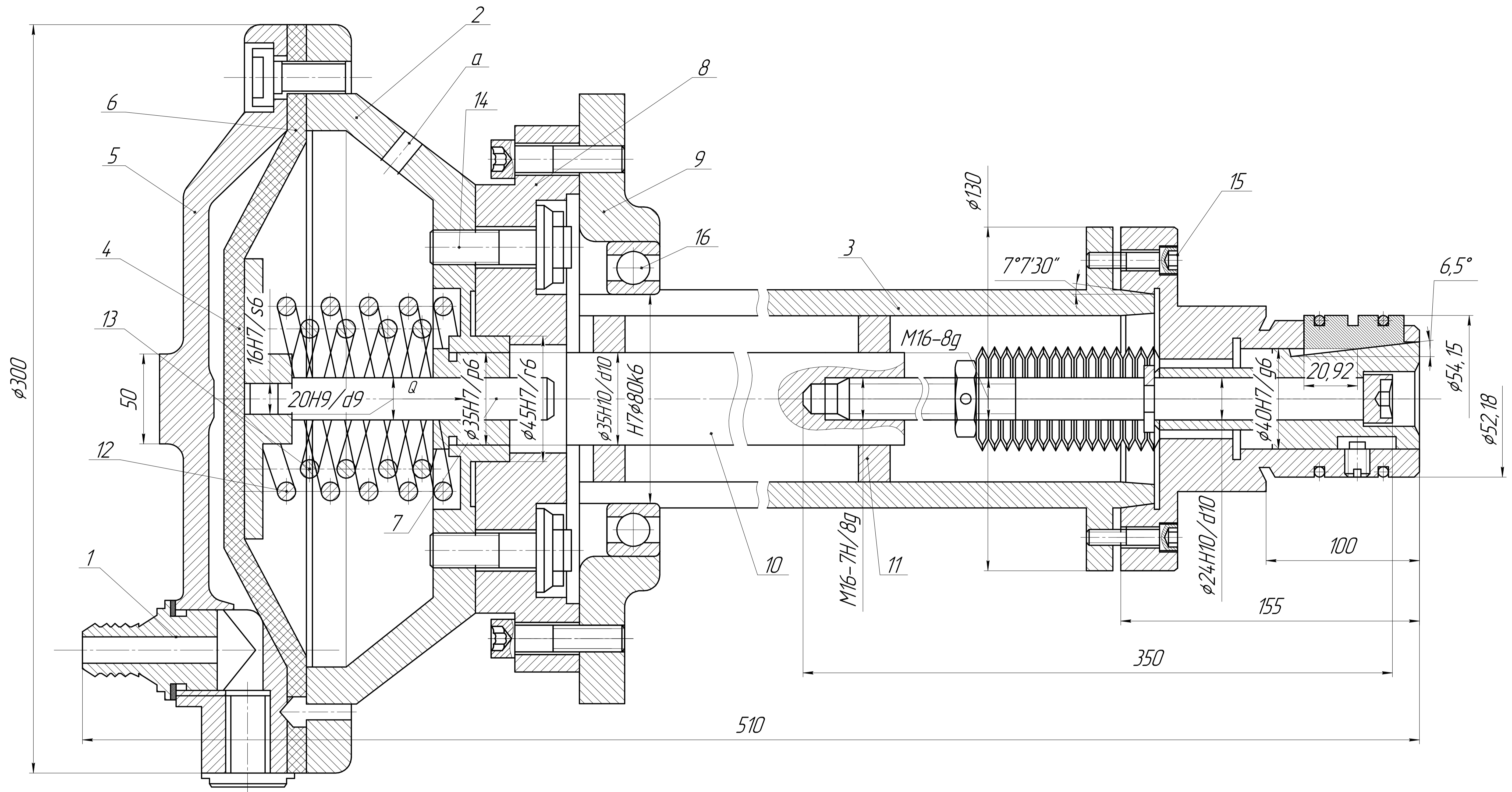
0,95
7
2,484
2,501

Приложение Д
(обязательное)
Комплексная схема обработки

Приложение Е

(обязательное)

**Сборочный эскиз установки оправки и мембраной
пневмокамеры на токарном станке**



ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Перед установкой кулачков смазать их наклонную и боковые поверхности консистентной смазкой Литол 24.
2. Перед установкой на станок зажать корпус оправки в тисках, надеть на кулачки заготовку или эталонную втулку с отверстием диаметром 54,2H9 мм и закручивать гайку оправки, сжимая тарельчатые пружины, до появления надёжного торможения при приложении крутящего момента более 150 Н·м. После этого гайку зашплинтовать.
3. После установки и закрепления оправки (с закреплённой на ней эталонной втулкой и прикрученным толкателем (удлинителем)) на конический пояс шпинделя станка, закрепить пневмокамеру на задней стенке коробки скоростей, подать давление в безштоковую полость и снять втулку. Усилие снятия с кулачков оправки эталонной втулки должно быть не более 8 кгс.
4. Расточить кулачки по месту, радиальное биение кулачков или эталонной втулки, закреплённой на кулачках оправки, должно быть не более 0,003 мм.
5. После расточки кулачков оправки усилие снятия с кулачков оправки эталонной втулки не более 1 кгс.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

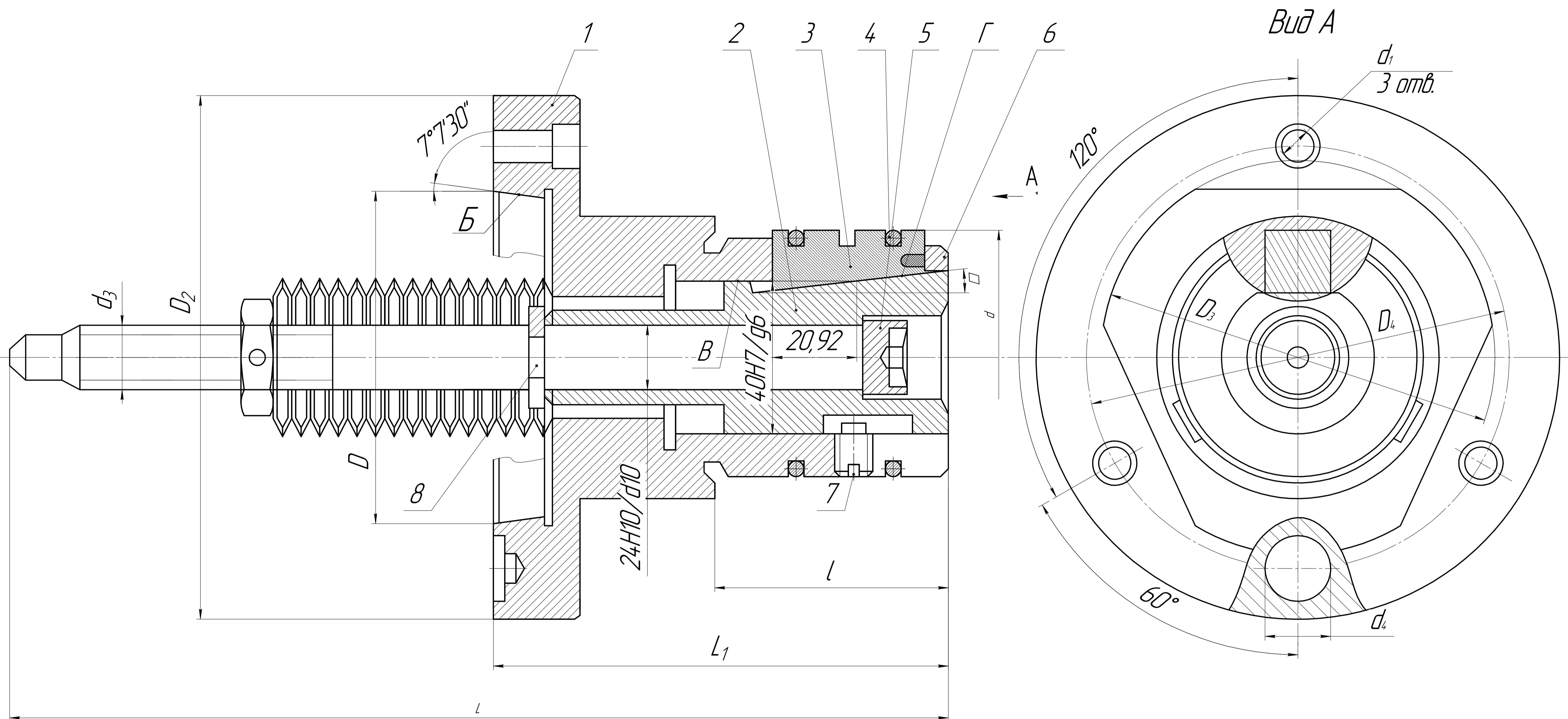
1. Диаметр камеры 300 мм
2. Давление воздуха составляет 0,4 МПа
3. Осевая сила на штоке 20,3 кН

ИШНПТ-154А0009.004				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.	Татья Янь					
Проб.	Козлов В.Н.					
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						
Разжимная оправка с пневмокамерой				Лист	Листов	1
				ИШНПТ		
				Группа: 154А81		
				Формат А1		

Приложение Ж

(обязательное)

Чертёж разжимной оправки



ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Перед установкой кулачков смазать их наклонную и боковые поверхности консистентной смазкой Литол 24.
2. Перед установкой на станок зажать корпус оправки в тисках, надеть на кулачки заготовку или эталонную втулку с отверстием диаметром 54,2Н9 мм и закручивать гайку оправки, сжимая тарельчатые пружины, до появления надёжного торможения при приложении крутящего момента более 150 Н·м. После этого гайку зашплинтовать.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. $n=1698,5$ об/мин
2. диаметр заготовки 54,2 мм
3. усилие зажима $W=9$ [кН]
4. Осевое усилие пружин на тяге пружина 13,54 кН
5. Максимально допустимый крутящий момент 60,68 Н·м

ИШНПТ-154А0009.00.00.03			
Изм./Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Татья Янь		
Проб.	Козлов В.Н.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
Разжимная оправка		Лит	Масса
			6,61
		Лист	Листов
			1
		ИШНПТ	
		Группа: 154А81	
		Формат А1	

Приложение 3

(обязательное)

Спецификация разжимной оправки

КОМПАС-3D v19 Чейлок Версия © 2021 ООО "АКСН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A1			ИШНПТ-154А0009.01.00.00.СБ	Разжимная оправка		
						Детали		
				1	ИШНПТ-154А0009.00.00.01	Корпус оправки	1	
				2	ИШНПТ-154А0009.00.00.02	Тяга плунжера	1	
				3	ИШНПТ-154А0009.00.00.03	Плунжер	1	
				4	ИШНПТ-154А0009.00.00.04	Кулачок	3	
				5	ИШНПТ-154А0009.00.00.05	Винт	1	
						Стандартные изделия		
				6		Гайка М24-6Н5 ГОСТ 5915-70	1	
				7		Шплинт 4x28 ГОСТ 397-79	1	
				8		Пружина тарельчатая 1-1-2-60x24x4x15 ГОСТ 3057-90	14	
				9		Стопорное кольцо А28 ГОСТ 13942-86	1	
				10		Кольцо пружинное А62 ГОСТ 13942-86	2	
		ИШНПТ-154А0009.01.00.03.СП						
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разрад.	Тань Янь			Лит.	Лист	Листов
		Проб.	Козлов.В.Н					1
		Н.контр.				ИШНПТ		
		Утв.				Группа: 154А81		
						172		
						Оправка разжимная		
						Формат А4		

КОМПАС-3D v19 Чейлон Версия © 2021 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A2			ИШНПТ-154А0009.005. СП	Сборочный чертеж		
						Сборочные единицы		
Справ. №		A3		01	ИШНПТ-154А0009.01.00.00	Оправка разжимная	1	
						Детали		
				1	ИШНПТ-154А0009.001	Штуцер	1	
				2	ИШНПТ-154А0009.002	Корпус камеры правый	1	
				3	ИШНПТ-154А0009.003	Шпиндель	1	
				4	ИШНПТ-154А0009.004	Стальной диск	1	
				5	ИШНПТ-154А0009.005	Крышка камеры	1	
				6	ИШНПТ-154А0009.006	Диафрагма	1	
				7	ИШНПТ-154А0009.007	Шток камеры	1	
				8	ИШНПТ-154А0009.008	Фланцевый кроштейн	1	
				9	ИШНПТ-154А0009.009	Корпус бабки	1	
				10	ИШНПТ-154А0009.0010	Удлинитель	1	
				11	ИШНПТ-154А0009.0011	Пробка	2	
						Стандартные изделия		
				12		Пружина 1086-1167 ГОСТ 18793-80	1	
				13		Пружина 1086-1111 ГОСТ 18793-80	1	
					ИШНПТ-154А0009.004. СП			
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата			
Разрад. Тань Янь								
Проб. Козлов.В.Н								
Н.контр.								
Утв.								
Инв. № подл.		Лит.		Лист	Листов			
				1	2			
				ИШНПТ Группа: 154А81				

Разжимная оправка
с пневмакамерой

Приложение И

(справочное)

Эскиз шпинделя токарного станка

При проектировании приспособления вторичного операции (токарной обработки поверхностей отверстия 54,2H9) необходимо учитывать присоединительные размеры переднего конца шпинделя для установки корпуса разжимной оправки на наружную коническую поверхность шпинделя (угол $\alpha = 7^{\circ}07'30''$), расположение двух резьбовых отверстий (M20) и четырёх отверстий $\varnothing 23$ на фланце шпинделя для закрепления корпуса оправки.

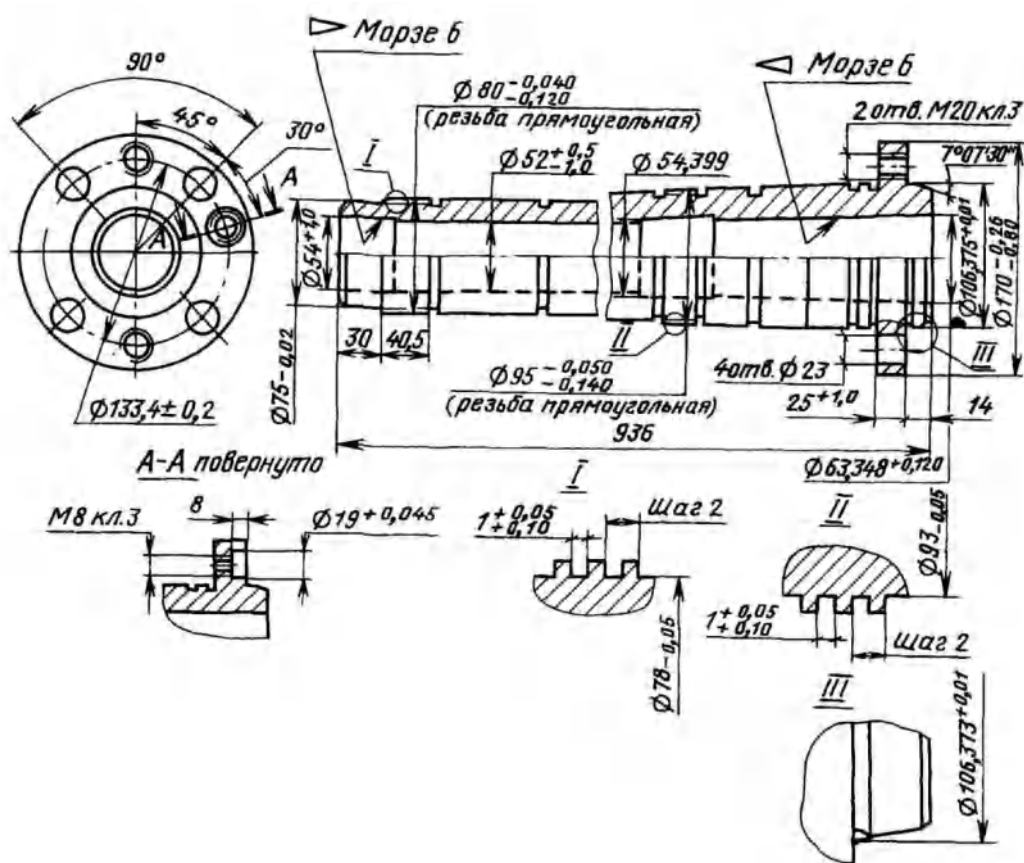


Рис. В1. Эскиз шпинделя токарного станка

Для установки двух пробок с центральным отверстием под толкатель (чтобы он не болтался в отверстии шпинделя) и наружной конической поверхностью для установки пробок в шпинделе с натягом необходимо знать внутренний конус в передней части шпинделя (Морзе 6) и в задней части (Морзе 6). Посадка по конической поверхности обеспечит высокую точность расположения центрального отверстия пробок относительно оси отверстия шпинделя и не допустит перекоса толкателя.