

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

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии изготовления детали "Корпус подшипника"</b>

УДК 621.81-2-047.84

#### Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Чжэн Цзялу		05.06.21 г

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов Виктор Николаевич	к.т.н., доцент		05.06.21 г

#### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	к.э.н., доцент		25.05.21 г

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД ОБД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., профессор		26.05.21 г

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 «Машиностроение»	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н.		

Томск – 2021 г.

**Результаты обучения**  
**по направлению**  
**15.03.01 Машиностроение**  
**по специализации «Технология, оборудование и автоматизация**  
**машиностроительных производств»**

Код	Результат обучения
<b>Общие по направлению подготовки (специальности)</b>	
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и

	фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
Р8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
<b>Специализация «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»</b>	
Р11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительномонтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
Р12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

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

Школа: Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность): 15.03.01 «Машиностроение»  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП 15.03.01

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

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

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
154A71	Чжэн Цзялу

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали "Корпус подшипника"
Утверждена приказом директора (дата, номер)   21.04.2021 №111-35/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2021
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Чертёж детали «Корпус подшипника», годовая программа выпуска
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ чертежа и технологичности детали, определение типа производства, назначение исходной 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
<b>Перечень графического материала</b>	Чертежи детали и заготовки формата А2, карты технологического процесса изготовления детали формата А1, плакат размерного анализа формата А1 или А2, чертёж приспособления формата А1 или А2

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Технологический и конструкторский	Козлов Виктор Николаевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
Реферат	

<b>Дата выдачи задания на выполнение работы по линейному графику</b>	16.12.2020
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		16.12.2020 г

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154А71	Чжэн Цзялу		16.12.2020 г

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 134 страниц пояснительной записки и 19 страниц приложения, 60 таблиц, 47 рисунка, 12 источников, 3 листа графического материала формата А1 и 2 листа графического материала формата А3.

**Ключевые слова:** Корпус подшипника, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, самоцентрирующая оправка.

**Key words:** bearing shell, master schedule of machining, dimensional analysis, cutting mode, calculation of attachment.

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

Объектом исследования является технология изготовления детали «Корпус подшипника».

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

В работе изложено обоснование выполнения ВКР, выполнен анализ чертежа детали и её технологичности, определен тип производства, описан принцип выбора заготовки в соответствие 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 134 pages of explanatory notes and 65 pages of appendix, 60 tables, 47 figures, 12 references, 3 sheets of graphic material in A1 format and 2 sheets of graphic material in A3 format.

Key words: bearing shell, master schedule of machining, dimensional analysis, cutting mode, self centering mandrel.

The relevance of the work is determined by the need to have a technological process for manufacturing a specific part " bearing shell " in production using a device designed in the work.

The object of research is the manufacturing technology of part "bearing shell".

Goals and objectives of the research: creating an effective route for the manufacturing process of the part " bearing shell ".

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.

## содержание

Введение.....	11
1. Технологическая часть.....	13
1.1. Исходные данные.....	13
1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	13
1.3. Выбор исходной заготовки.....	16
1.4. Разработка содержания операций.....	20
1.5. Расчет припусков на обработку.....	25
1.6. Расчет технологических размеров.....	29
1.7. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.....	37
1.7.1. Допуски конструкторских размеров.....	37
1.7.2. Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно.....	38
1.8. Выбор средств технологического оснащения.....	49
1.9. Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания.....	51
1.9.1. Токарная обработка.....	51
1.9.2. Сверлильная обработка.....	63
1.9.3. Шлифовальные операции.....	64
1.10. Нормирование технологических операций.....	66
1.10.1. Расчет основного времени.....	66
1.10.2. Расчёт основного времени для токарной операции.....	68
1.10.3. Определение штучно-калькуляционного времени.....	73
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	78
2.1. Выбор принципа работы разжимной оправки.....	78
2.2. Расчёт моментов сил резания и трения и усилия закрепления заготовки.....	87
3. Экономическая часть.....	94
3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	96
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	96
3.1.2. SWOT-анализ.....	97
3.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	101
3.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	101

3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	101
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	103
3.4 Бюджет научно-технического исследования.....	106
3.4.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	106
3.4.2. Расчет амортизации специального оборудования для научных.....	107
3.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы.....	108
3.4.4. Основная заработная плата исполнителей темы.....	109
3.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	109
3.4.6. Накладные расходы.....	110
3.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	110
3.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	111
3.6. Выводы по разделу.....	114
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	115
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	118
4.2. Производственная безопасность.....	118
Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы.....	119
4.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	119
4.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего).....	120
4.5. Анализ условий труда на рабочем месте.....	121
4.6. Анализ показателей микроклимата.....	121
4.7. Анализ показателей шума и вибрации.....	122
4.8. Анализ освещенности рабочей зоны.....	124
4.9. Анализ электробезопасности.....	127
4.10. Анализ пожарной безопасности.....	128
4.11. Экологическая безопасность.....	130
4.12. Защита в ЧС.....	131
4.13. Вывод.....	133
4.14. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	134
Заключение.....	135
Список литературы.....	136

Приложение А (справочное).....	137
Эскиз шпинделя токарного станка	
Приложение Б (обязательное).....	139
Чертёж детали	
Приложение В (обязательное).....	141
Чертёж заготовки	
Приложение Г (обязательное).....	143
Граф технологических размеров	
Приложение Д (обязательное).....	147
Комплексная схема обработк	
Приложение Е (обязательное).....	150
Граф технологических размеров	
Приложение Ж (обязательное).....	152
Чертёж разжимной оправки	
Приложение И (обязательное).....	154
Спецификации	
Приложение К (обязательное).....	156
Сборочный эскиз разжимной оправки с пневмокамерой	
Приложение Л (обязательное).....	158
Спецификации	

## Введение

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

В технологии машиностроения развитие происходит по следующим направлениям:

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

Актуальность темы дипломного проекта определяется необходимостью разработки технологии изготовления детали «Корпус подшипника» для последующего изготовления этой детали в серийном производстве. Корпус подшипника - это плоская деталь с поверхностями вращения, имеющая равномерно расположенные отверстия для её закрепления в корпусе механизма или узла с помощью болтов или шпилек, имеющая сопрягаемые поверхности для её крепления в корпусе механизма и для установки в ней других деталей, например, подшипников.

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

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

Для выполнения поставленных задач выпускная квалификационная работа содержит следующие основные разделы:

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

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали.

# 1. Технологическая часть

## 1.1. Исходные данные

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

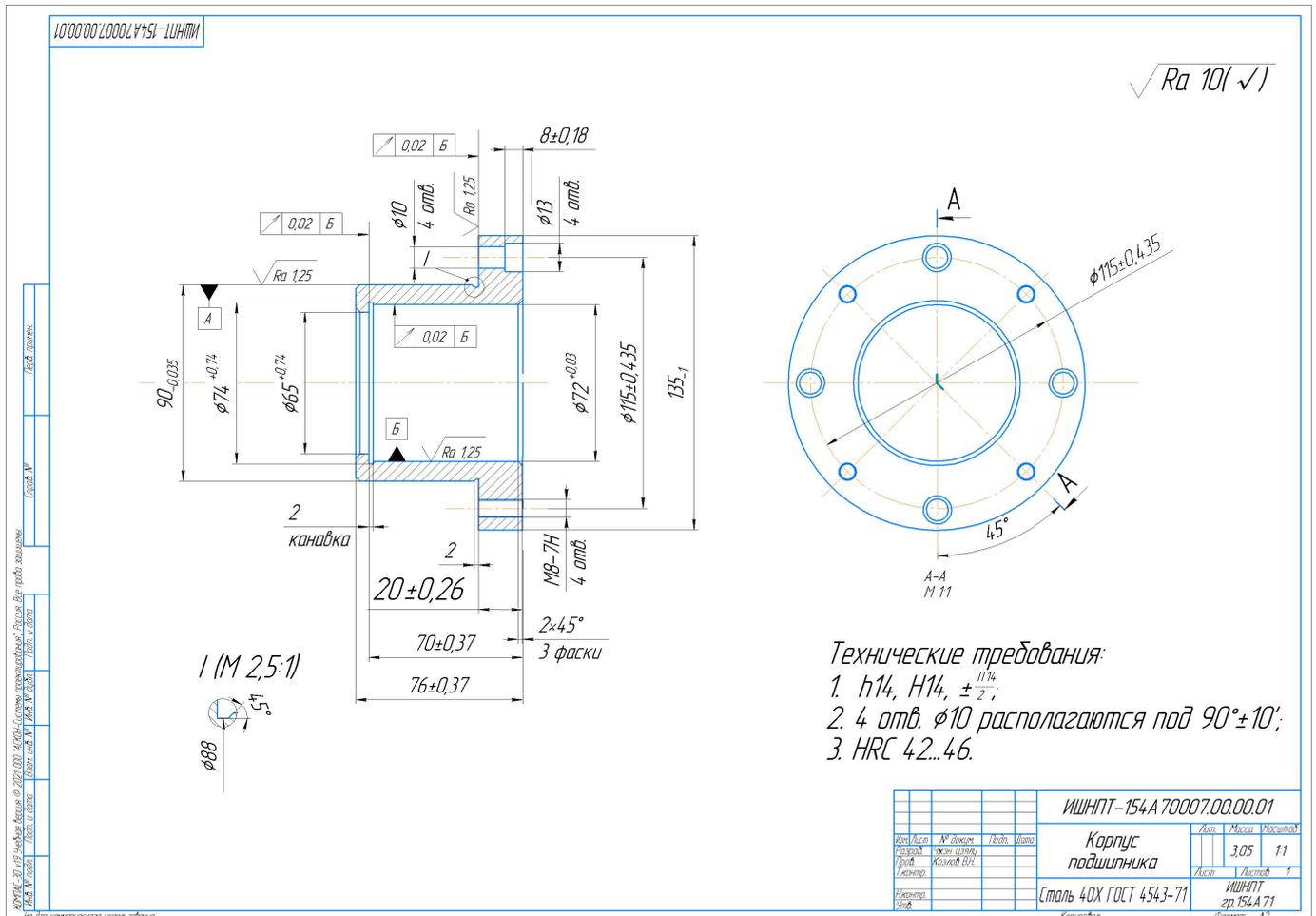


Рисунок 1.1 – Эскиз детали (Корпус подшипника)

## 1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Деталь – корпус подшипника для редуктора (электродвигателя), изготовлен из стали 40Х. Сталь этой марки обеспечивает возможность закалки на разную твёрдость в зависимости от требований к детали, обладает хорошей прокаливаемостью, легирование хромом позволяет уменьшить скорость охлаждения при закалке, что уменьшает коробление детали и вероятность появления термотрещин. Корпус подшипника должен обладать повышенной твёрдостью для увеличения износостойкости поверхности отверстия  $\phi 72H7$ , которая контактирует с наружным диаметром наружного

кольца подшипника, установленным на вале редуктора. Т.к. наружное кольцо должно немного проворачиваться при вращении вала для обеспечения равномерного износа беговых дорожек кольца подшипника при местном нагружении наружного кольца, то будет трение между ним и корпусом подшипника. Скорость перемещения будет очень маленькая, нагрузка на корпус со стороны подшипника с валом сравнительно небольшая, поэтому не требуется высокая твёрдость, можно назначить 34...42 HRC (твёрдость по Роквеллу, тип нагрузки и шкала). Такая твёрдость обеспечивается при закалке в масле с последующим отпуском.

Наружная цилиндрическая поверхность  $\varnothing 90h7$  будет контактировать с отверстием корпуса редуктора (электродвигателя), для обеспечения высокой точности расположения корпуса подшипника с валом необходим минимальный зазор. Т.к. перемещение детали в отверстии будет только при установке, то можно назначить переходную посадку (H7/k6, H7/js6, H7/m6) или с минимальным гарантированным зазором равным нулю H7/h7. Последняя посадка обеспечит большую лёгкость при сборке.

Остальные поверхности не требуют высокой точности, поэтому могут быть изготовлены по 14 качеству с шероховатостью  $Ra \leq 10$  мкм для обеспечения товарного вида и возможностью контроля цеховым профилометром (обеспечивает контроль параметра только  $Ra$  и не более 10 мкм).

Шероховатость поверхностей корпуса подшипники  $\varnothing 90h7$  и  $\varnothing 72H7$  имеет параметр  $Ra \leq 1,25$  мкм, что соответствует требуемой точности по 7 качеству. Шероховатость буртиков, в которые упирается торец подшипников, должен быть с  $Ra \leq 1,25$  мкм, что может быть обеспечено подшлифовкой торца при шлифовании отверстия  $\varnothing 72H7$ . Подшлифовка торца необходима для обеспечения его перпендикулярности к поверхности отверстия  $\varnothing 72H7$  для предотвращения перекоса подшипников при установке вала вместе с подшипниками.

Подшлифовка торца необходима для обеспечения его перпендикулярности к поверхности  $\varnothing 90h7$  для предотвращения перекоса корпуса подшипников при установке в корпус редуктора.

Чертёж детали имеет все необходимые виды, разрезы и сечения для понимания конструкции детали и простановке размеров. На чертеже детали имеются все необходимые размеры с отклонениями, указана шероховатость всех поверхностей, и она соответствует требуемой точности и назначению детали.

Деталь технологична. Наибольшая точность у поверхности  $\varnothing 90h7$ , которая может быть обеспечена при круглом шлифовании после закалки и последующего отпуска, а также у поверхности  $\varnothing 72H7$ , которая может быть обеспечена при внутреннем шлифовании после термообработки. Обработка может выполняться на токарном станке без ЧПУ, т.к. деталь не имеет фасонных и конических поверхностей.

Для обеспечения соосности поверхностей  $\varnothing 90h7$  и  $\varnothing 72H7$  получистовую обработку (по 9 качеству) и шлифование необходимо выполнять с установкой заготовки в цанговый патрон (при обработке  $\varnothing 72H7$ ) и на разжимную самоцентрирующую оправку (при обработке  $\varnothing 90h7$ ).

Сверление 4-х отверстий  $\varnothing 10H14$  под винты крепления детали к корпусу редуктора и 4-х отверстий  $\varnothing 6,8^{+0,2}$  (поле допуска соответствует приблизительно H12) под резьбу M8-7H лучше выполнять через кондукторы кондукторной плиты, накладываемой на правый торец детали и дополнительно базирующееся по поверхности  $\varnothing 72H7$  для лучшей соосности с этой поверхностью. Сверление надо будет выполнять на вертикально-сверлильном станке.

### 1.3. Выбор исходной заготовки

Требования к механическим характеристикам деталей: материал детали Сталь 40X, он характеризуется прочностью и большой степенью твердости. Корпус подшипника из неё способен нести большие нагрузки.

После закалки отпущенные детали обладают характеристиками высокой показатели прочности и достаточной пластичности.: Сталь 40X: HB 345-360 (преобразование HB в HRC: HRC 36,6-38,8). Поэтому лучше использовать закалку детали из стали 40X на твердость 34-42 HRC.

Таблица.1 - Химический состав в % материала стали 40X (по ГОСТ4543-2016)

C (углерод)	Cr (хром)	Fe (железо)
0,4	1	остальное

Таблица. 2 - Механические свойства стали 40X

$\sigma_T$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\sigma_s$ (%)	$\psi$ , %	KCU, Дж/м <sup>2</sup>
785	980	10	45	590

$\sigma_B$  – сопротивление временного;

$\sigma_T$  – предел пропорциональности ;

$\sigma_s$  – относительно удлинение после разрушения;

$\psi$  – сужениео тносительного

KCF – ударная вязкость

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

Исходя из данных предприятий при обработке деталей типа “Корпус подшипника” удельная трудоемкость  $q_k = 8$  мин/кгс . Рассчитываем трудоёмкость обработки детали весом  $Q_d = 3,05$  кгс:

$$T_{\text{ШТ-К}} = q_k \cdot Q_d = 8 \times 3,05 = 24,4 \text{ мин.}$$

Исходя из опыта предприятия предварительно определяем, что технологический процессе (ТП) детали типа “Корпус подшипника” содержит 7 механообрабатывающих операций, поэтому средняя продолжительность операций

$$t_{\text{ШТ-К ср}} = \frac{24,4}{7} = 3,49 \text{ мин}$$

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

где  $\Phi_d$  – 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 фланца

$$K_{з.о} = \frac{t_B}{t_{шт-к\text{ ср}}} = \frac{120,45}{3,49} = 34,5$$

Потому что  $20 \leq K_{з.о.} = 34,5 \leq 40$ , 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 ( $\varnothing 135$  и  $\varnothing 90$ ). Наличие двух соосных центральных отверстий достаточно большого диаметра ( $\varnothing 74$  и  $\varnothing 65$ ) вынуждает при штамповке выполнять прошивку этих отверстий для экономии материала и уменьшения времени на обработку этих отверстий.

Расчёт окончательных исполнительных размеров штамповки выполняем после расчёта всех технологических размеров. Предварительно размеры штамповки были рассчитаны из предположения, что точность при горячей штамповки соответствует 16 качеству, а основное отклонение (расположение поля допуска) по Н или h в зависимости от того, к

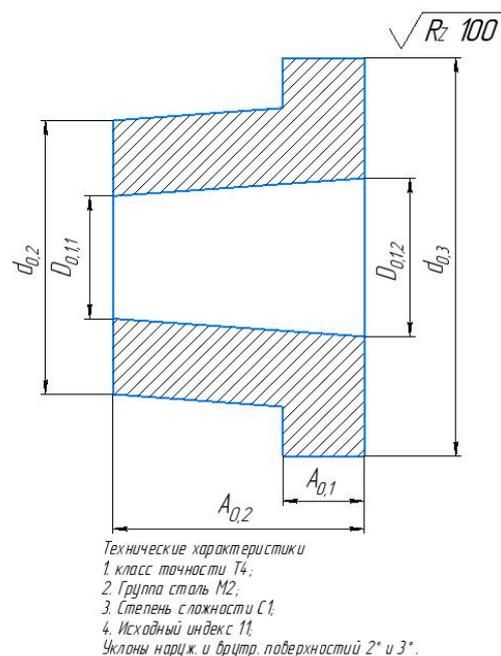


Рис. 1.3.1. Эскиз исходной штампованной заготовки с указанием ее размеров D0.1.1, D0.1.2, d0.2, d0.3 до расчета технологических размеров (Штамповочные уклоны затем будут уменьшены до 2 и 3° соответственно) \* - размеры для справки (d0.2\* - с учётом штамповочного уклона)

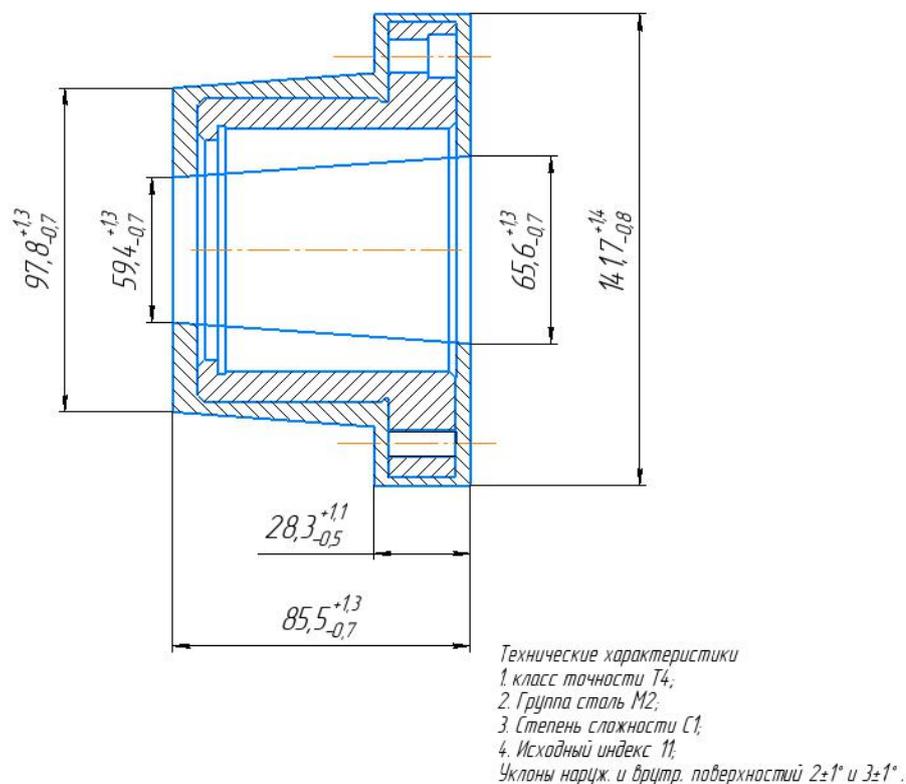


Рис.1.3.2. Эскиз исходной штампованной заготовки (для наружных диаметров 135 и 90 мм и для отверстия Ø65 мм).

охватывающим или охватываемым поверхностям они относятся. Однако ГОСТ 7505-89 на штампованные заготовки устанавливает отклонения в зависимости от исходного индекса, который зависит от веса заготовки, класса точности, группы стали, степени сложности конфигурации заготовки, а верхнее и нижнее отклонения не соответствуют расположению поля допуска Н или h (таблица Б1). По весу заготовки 3,9 кгс определяем исходный индекс – 11.

Таблица 3 – Допуски и допускаемые отклонения исходной заготовки по ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные»

Класс точности <sup>а</sup>	Группа стали <sup>а</sup>	Степень сложности <sup>а</sup>	Исходный индекс <sup>а</sup>
T4 <sup>а</sup>	M2 <sup>а</sup>	C1 <sup>а</sup>	11 <sup>а</sup>
Номинальный размер <sup>а</sup>		Допуски и допускаемые отклонения <sup>а</sup>	
Длина 84, мм <sup>а</sup>		2,0 <sup>а</sup>	+1,3 <sup>а</sup> -0,7 <sup>а</sup>
Наружный диаметр Ø141,7 мм <sup>а</sup>		2,2 <sup>а</sup>	+1,4 <sup>а</sup> -0,8 <sup>а</sup>
Наружный диаметр Ø97,8 мм <sup>а</sup>		2,0 <sup>а</sup>	+1,3 <sup>а</sup> -0,7 <sup>а</sup>
Внутренний диаметр Ø65,6 мм <sup>а</sup>		2,0 <sup>а</sup>	+1,3 <sup>а</sup> -0,7 <sup>а</sup>
Внутренний диаметр Ø59,4 мм <sup>а</sup>		2,0 <sup>а</sup>	+1,3 <sup>а</sup> -0,7 <sup>а</sup>
Толщина 28,3 мм <sup>а</sup>		1,6 <sup>а</sup>	+1,1 <sup>а</sup> -0,5 <sup>а</sup>

Для уменьшения припусков и времени на обработку лучше использовать штамповку в горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Если наружные поверхности поковки, штампуемой на ГКМ, полностью или частично оформляются в пуансоне, то можно уменьшить величину уклонов  $\beta$  в зависимости от отношения длины заготовки L к её наибольшему диаметру D.

Таблица 4 – Минимальная величина уклонов для наружных поверхностей

L/D <sup>а</sup>	До 0,3 <sup>а</sup>	Св.0,3 до 1,2 <sup>а</sup>	Св.1,2 до 2,2 <sup>а</sup>	Св.2,2 до 3,2 <sup>а</sup>	Св.3,2 до 4,2 <sup>а</sup>
$\beta$ <sup>а</sup>	0° <sup>а</sup>	15' <sup>а</sup>	30' <sup>а</sup>	45' <sup>а</sup>	1° <sup>а</sup>

$$L/D=87,5/140=0,625.$$

Мы используем штамповку в два этапа. На первом этапе заготовка штампуется без сквозного отверстия (рис. 1.3.3), а на втором прошивается сквозное отверстие (после расточки будет  $\text{Ø}65\text{H}14$ ). В этом случае требуется менее дорогое оборудование и оснастка, поэтому лучше принять этот вариант. Потому что при штамповке не возможно, поэтому для прошивки необходимо оставляется перемычка. Толщина перемычки можно определить по таблице Б4 (обозначения показаны на рисунке 1.3.4).

Принимаем величину уклонов наружных поверхностей  $\beta = 2\pm 1^\circ$ , внутренних (отверстия)  $\alpha = 3\pm 1^\circ$ .

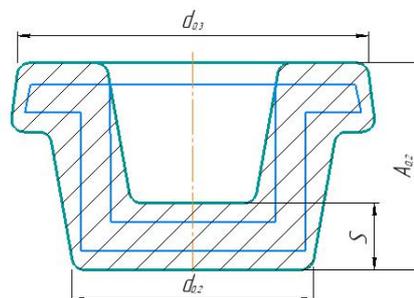


Рис. 1.3.3. Штамповка под прошивку  
ЭТАП №1 штамповки

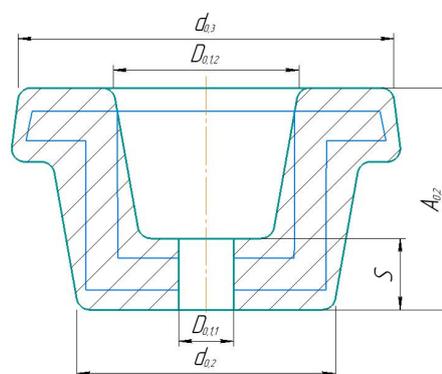
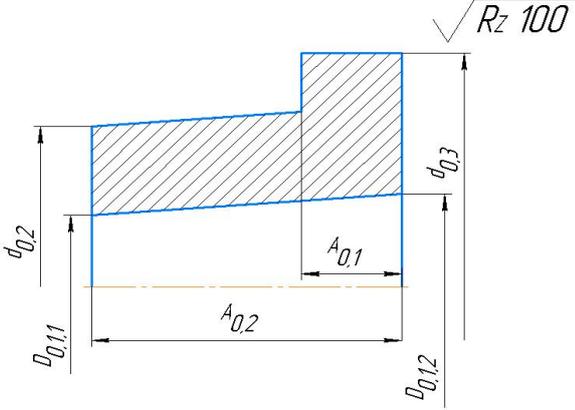
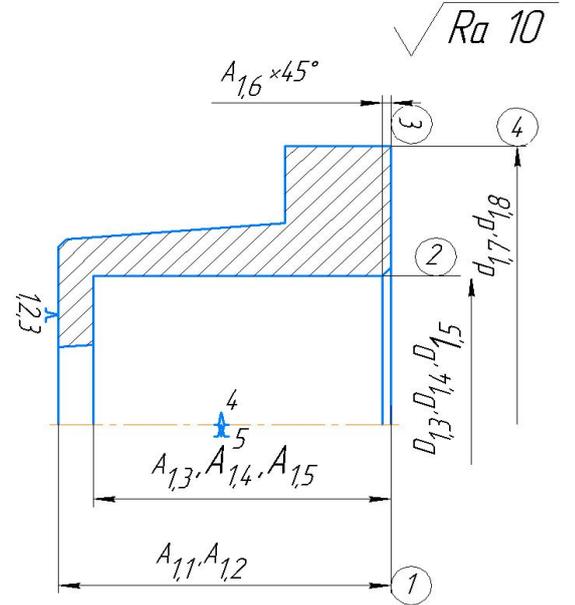


Рис. 1.3.4. Прошивка отверстия  $D_{0.1}$  в штампованной заготовке (под отв.  $\text{Ø}65\text{H}14$ )  
ЭТАП №2 штамповки

#### 1.4. Разработка содержания операций

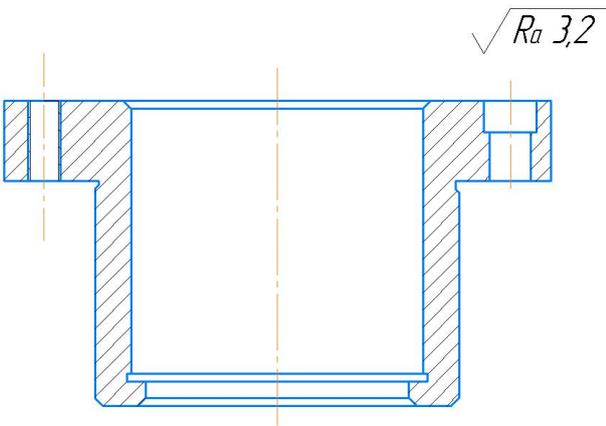
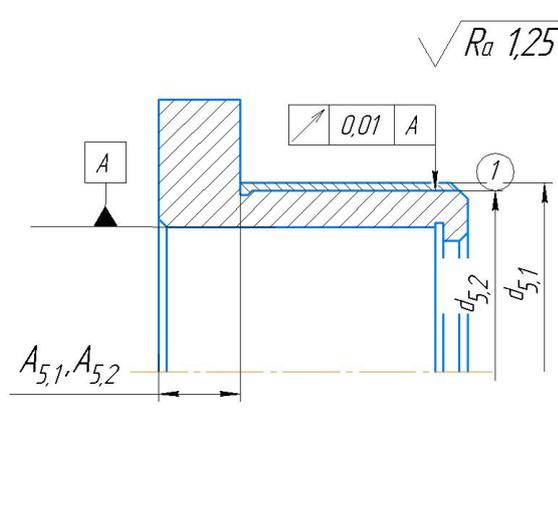
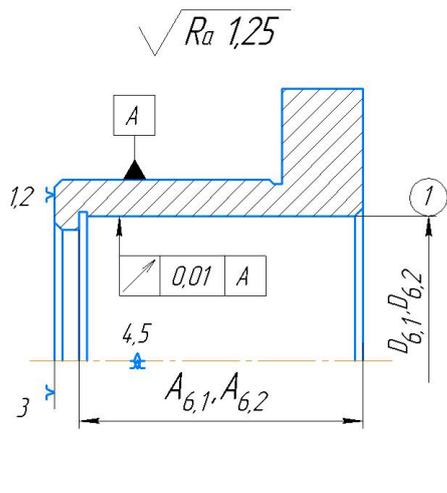
В таблице 1.4.1 приведена маршрут технического изготовления типа детали «Корпус подшипника». Маршрут предварительного состоит из нескольких частей: эскизы операционных, базированные схемы заготовки, размеры выдерживаемых технологических и описания переходов.

Таблица 1.4.1 – маршрут обработки

<p>Название операции и ее содержание</p>	<p>операционный эскиз</p>
<p>Операция 0 (заготовительная) Штамповка</p>	
<p>Операция 1 (Токарная с ЧПУ)</p> <p>0. Установить и закрепить заготовку в 3-х курачковом самоцентрирующем патроне (за наружную поверхность со штаповочным уклоном <math>\beta=2\pm 1^\circ</math>).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обточить торец(1), выдерживая размер <math>A_{1,1}</math>;</li> <li>2. Обточить торец(1), выдерживая размер <math>A_{1,2}</math>;</li> <li>3. Расточить отверстие (2) до диаметра <math>D_{1,3}</math> (H15), выдерживая размер <math>A_{1,3}</math>;</li> <li>4. Расточить отверстие (2) до диаметра <math>D_{1,4}</math> (H12), выдерживая размер <math>A_{1,4}</math>;</li> <li>5. Расточить отверстие (2) до диаметра <math>D_{1,5}</math> (H9), выдерживая размер <math>A_{1,5}</math>;</li> <li>6. Расточить фаску(3), выдерживая размер <math>A_{1,6}</math>;</li> <li>7. Обточить наружный диаметр (4) до <math>d_{1,7}</math> на проход;</li> <li>8. Обточить наружный диаметр (4) до <math>d_{1,8}</math> на проход.</li> </ol>	

Название операции и ее содержание	операционный эскиз
<p>Операция 2 (Токарная с ЧПУ)</p> <p>0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку;</p> <p>1. Обточить торец(1), выдерживая размер <math>A_{2,1}</math>;</p> <p>2. Обточить торец(1), выдерживая размер <math>A_{2,2}</math>;</p> <p>3. Подрезать торец(2) до диаметра <math>d_{2,3}</math>, выдерживая размер <math>A_{2,3}</math>;</p> <p>4. Подрезать торец(2) до диаметра <math>d_{2,4}</math>, выдерживая размер <math>A_{2,4}</math>;</p> <p>5. Расточить отверстие(3) до диаметра <math>D_{2,5}</math> (H15) на проход предварительно;</p> <p>6. Расточить отверстие(3) до диаметра <math>D_{2,6}</math> (H14) на проход окончательно;</p> <p>7. Обточить поверхность(4) до диаметра <math>d_{2,7}</math> (h15), выдерживая размер <math>A_{2,7}</math>;</p> <p>8. Обточить поверхность(4) до диаметра <math>d_{2,8}</math> (h12), выдерживая размер <math>A_{2,8}</math>;</p> <p>9. Обточить поверхность(4) до диаметра <math>d_{2,9}</math> (h9), выдерживая размер <math>A_{2,9}</math>;</p> <p>10. Обточить канавку(5) до диаметра <math>d_{2,10}</math> (h14), выдерживая размеры <math>A_{2,10,1}</math> и <math>A_{2,10,2}</math>;</p> <p>11. Расточить канавку(6) до диаметра <math>D_{2,11}</math>, выдерживая размеры <math>A_{2,11,1}</math> и <math>A_{2,11,2}</math>;</p> <p>12. Расточить фаску(7), выдерживая размер <math>A_{2,12}</math>;</p> <p>13. Обточить фаску(8), выдерживая размер <math>A_{2,13}</math>.</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 1,25}</math></p>

Название операции и ее содержание	операционный эскиз
<p style="text-align: center;"><b>Операция 3</b> (Вертикально-сверлильная)</p> <p><b>Установ А</b> 0. Установить заготовку в приспособление, установить накторную плиту и закрепить ее;</p> <p>1. Сверлить 4 отв. (1) <math>\phi 10H14(-0.36)</math> на проход поочередно, выдерживая размер <math>115 \pm 0,435</math>;</p> <p>2. Сверлить 4 отв.(2) <math>\phi 6,8H12(-0.5)</math> под резьбу М8-Н7 на проход поочередно, выдерживая размер <math>115 \pm 0,435</math>;</p> <p><b>Установ Б</b> 4. Снять кондукторную плиту. 5. Зенковать 4 отв. (3) в отв.(1) до <math>\phi 13^{+0.43}</math> поочередно, выдерживая размеры (4) <math>A_{3,5}</math> и <math>115 \pm 0,435</math> . 6. Нарезать резьбу М8-Н7 в 4-х отверстиях(2) на проход поочередно; 7. Снять заготовку из приспособления.</p>	<p>The top sketch is a cross-section of a cylindrical part. It shows four holes: two outer holes (1) with diameter <math>\phi 10^{+0.36}</math> and two inner holes (2) with diameter <math>\phi 6,8^{+0.5}</math>. The distance between the centers of the two inner holes is <math>115 \pm 0,435</math>. The distance between the center of an inner hole and the center of an outer hole is <math>A_{3,5}</math>. The diameter of the outer hole is <math>\phi 13^{+0.43}</math>. The total diameter of the part is <math>115 \pm 0,435</math>. The top surface has a chamfer with a <math>45^\circ</math> angle. The bottom surface has a chamfer with a <math>45^\circ</math> angle. The thickness of the part is <math>12,3</math>.</p> <p>The bottom sketch is a top view of the part. It shows a circular part with a central hole. There are four holes arranged in a square pattern. The distance between the centers of the two inner holes is <math>115 \pm 0,435</math>. The distance between the center of an inner hole and the center of an outer hole is <math>A_{3,5}</math>. The diameter of the outer hole is <math>\phi 13^{+0.43}</math>. The total diameter of the part is <math>115 \pm 0,435</math>. The top surface has a chamfer with a <math>45^\circ</math> angle. The bottom surface has a chamfer with a <math>45^\circ</math> angle. The thickness of the part is <math>12,3</math>.</p>

<p>Название операции и ее содержание</p>	<p>операционный эскиз</p>
<p>Операция 4 (Термическая)</p> <p>Закалить и отпустить до HRC 34...42</p>	 <p>Operational drawing showing a cross-section of a part with a surface roughness symbol <math>\sqrt{Ra\ 3,2}</math>.</p>
<p>Операция 5 (Круглошлифовальная)</p> <p>0. Установить и снять деталь на разжимную оправку.</p> <p>1. Шлифовать поверхность(1) предварительно диаметр <math>d_{5,1}</math>. Выдерживая размер <math>A_{5,1}</math>.</p> <p>2. Шлифовать поверхность(1) предварительно диаметр <math>d_{5,2}</math>. Выдерживая размер <math>A_{5,2}</math>.</p>	 <p>Operational drawing showing a cross-section of a part with a surface roughness symbol <math>\sqrt{Ra\ 1,25}</math>. The drawing includes dimensions <math>A_{5,1}, A_{5,2}</math>, <math>d_{5,1}</math>, <math>d_{5,2}</math>, and a surface roughness symbol <math>0,01\ A</math>.</p>
<p>Операция 6 (Внутришлифовальная)</p> <p>0. Установить и снять деталь.</p> <p>1. Шлифовать отверстие(1) до диаметр <math>D_{6,1}</math>. Выдерживая размер <math>A_{6,1}</math>.</p> <p>2. Шлифовать отверстие(1) до диаметр <math>D_{6,2}</math>. Выдерживая размер <math>A_{6,2}</math>.</p>	 <p>Operational drawing showing a cross-section of a part with a surface roughness symbol <math>\sqrt{Ra\ 1,25}</math>. The drawing includes dimensions <math>A_{6,1}, A_{6,2}</math>, <math>D_{6,1}, D_{6,2}</math>, and a surface roughness symbol <math>0,01\ A</math>.</p>

## 1.5. Расчет припусков на обработку

Для расчета минимального припусков для поверхностей типа «тело вращения» надо используемая следующая формулой (с учетом малой вероятности совпадения направлений погрешность заготовки, вызванной короблением  $\rho_{i-1}$  и погрешности установки  $\varepsilon_i$ ):

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

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

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

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

$\rho_{i-1}$  – погрешность заготовки из-за смещения после предыдущей обработки, мкм;

$\varepsilon_i$  – погрешность закрепления и установки перед рассматриваемой обработкой;

Рассчитываем минимальные значения припусков для тел вращения с учетом совпадения направлений  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$ :

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

Рассчитываем минимальные значения припусков для поверхностей не тел вращения производим с учетом совпадения направлений  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$ :

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

Суммарные значения  $R_z$  и  $T_d$ , характеризующее качество поверхности штамповочной заготовки, нужно найти в справочнике [3].

Рассчитанные минимальные припуски и его составляющие записываем в табл. 1.5.1. После этого рассчитываем технологические размеры на обработку каждой поверхности, начиная от её конструкторского размера, результаты записываем в табл. 1.5.1. Округление величины технологического размера до десятых долей миллиметра выполняем в большую сторону для охватываемых размеров (валов), в меньшую – для охватывающих (отверстий).

Таблица 1.5.1 – Расчет минимальных припусков и технологических размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Припуска элементы,				припуск Расчетного $2Z_{min}$ , МКМ	Допук $T$ , МКМ	$d_{пр}$ , мм	Предельный размер, мм	
	$R_z$ , МКМ	$T_{деф}$ , МКМ	$\rho$ , МКМ	$\varepsilon$ , 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>
<b>Обточка <math>\varnothing 135h14(-1)</math></b>									
Штамповка (h16) $d_{0,3}$	100	300	400	0		2200	141,7h16 $140^{+1,4}_{-0,8}$	139,2	141,7
Обдирка(h15) $d_{1,7}$	80	100	100	200	$2 \cdot 1000 = 2000$	1600	137,2h15	135,56	137,16
Обточка окончательная ( $\varnothing 135h14$ ) $d_{1,8}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	1000	135 h14	134	135
<b>Обточка <math>\varnothing 90h7(-0,035)</math></b>									
Штамповка (h16) $d_{0,2}$	100	300	400	0		2100	97,7h16 $96,3^{+1,5}_{-0,7}$	95,5	97,7
Обдирка (h15) $d_{2,7}$	80	100	100	100	$2 \cdot 900 = 1800$ ( $2Z_{2,7 min}$ )	1400	93,7h15	92,26	93,66
Обточка черновая (h12) $d_{2,8}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$ ( $2Z_{2,8 min}$ )	350	91,7h12	91,28	91,63
Получистовая обточка (h9) $d_{2,9}$	10	30	30	30	$2 \cdot 190 = 380$ ( $2Z_{2,9 min}$ )	87	90,9h9	90,74	90,827
Термическая закалка до HRC 34...43	20	100	100		-----	-----	-----	-----	-----
Черновое шлифование(h8) $d_{5,1}$	10	30	30	50	$2 \cdot 270 = 540$ ( $2Z_{5,1 min}$ )	54	90,2h8	90,14	90,194
Чистовое шлифов. 90h7 $d_{5,2}$	5	10	10	0	$2 \cdot 70 = 140$ ( $2Z_{5,2 min}$ )	35	90h7	89,965	90
<b>Обработка отверстия <math>\varnothing 72H7(+0,03)</math></b>									
Штампованное отверстие (H16) $D_{0,1,2}$	100	300	400	0		2000	64,9H16 $65,5^{+1,5}_{-0,7}$	64,9	66,8
Обдирка (H15) $D_{1,3}$	80	100	100	100	$2 \cdot 900 = 1800$	1200	68,6H15	68,64	69,84
Черновая расточка(H12) $D_{1,4}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	300	70,4H12	70,42	70,72
Чистовая расточка (H9) $D_{1,5}$	10	30	30	30	$2 \cdot 190 = 380$	74	71.1H9	71.186	71.26
Термическая (закалка)HRC 34...42	20	100	100		$2 \cdot 70 = 140$	-----	-----	-----	-----
Черновое шлифование после закалки (H8) $D_{6,1}$	10	30	30	50	$2 \cdot 270 = 540$	46	71,8H8	71,814	71,86
Чистовое шлифование $\varnothing 72H7$ $D_{6,2}$	5	10	10	0	$2 \cdot 70 = 140$	30	$\varnothing 72H7$	72	72,03
<b>Обработка отверстия <math>\varnothing 65H14(+0,74)</math></b>									

Штампованное отверстие (H16) D <sub>0.1.1</sub>	100	300	400	0		2000	59,5H16	59,5	61,4
							60,1 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>		
Обдирка (H15) D <sub>2.5</sub>	80	100	100	100	2·900=1800	1200	63,2H15	63,24	64,44
Черновая расточка (окончательная) (H14) D <sub>2.6</sub>	40	60	60	0	2·280=560	740	65H14	65,00	65,74
<b>Обточка торцов для выдерживания длины детали 76h14(-0,74)</b>									
Сторона А Штамповка (торец А) (h16) A <sub>0.2</sub>	100	300	400	0		2000	85,7h16	83,5	85,7
							84,2 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>		
Обдирка торца А (h15)A <sub>1.1</sub>	80	100	100	200	2000	1900	81,5h15	79,58	81,48
Обточка торца А окончательная (h14)A <sub>1.2</sub>	40	60	60	0	280	740	79,3h14	78,5	79,24
Сторона Б Штамповка (торец Б) (h16)	100	300	400	0	-----	---	----	-----	-----
Обдирка торца Б (h15)A <sub>2.1</sub>	80	100	100	200	1000	1200	77,5h15	76,28	77,28
Обточка окончательная A <sub>2.2</sub> = 76h14	40	60	60	0	280	740	76h14	75,26	76

Рассчитываем минимальный припуск на обработку поверхности наружной  $\varnothing 135h14(-0,87)$  при окончательной обточке по 15 качеству в восьмом переходе 1-й операции:

$$2Z_{1.8 \text{ min.}i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(80+100+100) = 560 \text{ мкм.}$$

#### Расчёт минимальных припусков на обработку $\varnothing 90h7(-0,035)$

- Под обдирку (по 15 качеству):

$$2Z_{2.7 \text{ min.}i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (100+300 + 400+ 100) = 1800 \text{ мкм;}$$

- Под обточку черновую (по 12 качеству):

$$2Z_{2.8 \text{ min.}i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80+100+100) = 560 \text{ мкм;}$$

- Под полуструевую обточку (по 9 качеству):

$$2Z_{2.9 \text{ min.}i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40+60+60+30) = 380 \text{ мкм;}$$

- Под черновое шлифование (по 8 качеству):

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

- Под чистовое шлифование (по 7 квалитету):

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

$$= 140 \text{ мкм.}$$

### Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия $\text{Ø}72\text{H}7^{(+0,03)}$

- Под обдирку (по 15 квалитету):

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

- Под черновую расточку (по 12 квалитету):

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

- Под чистовую расточку (по 9 квалитету):

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

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

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

- Под чистовое шлифование (по 7 квалитету):

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

$$= 140 \text{ мкм.}$$

### Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия $\text{Ø}65\text{H}14^{(+0,74)}$

- Под обдирку (по 15 квалитету):

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

- Под черновую расточку (по 14 квалитету):

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

### Расчет минимальных припусков при обработке детали по длине $76\text{h}14^{(-0,74)}$

- Под обдирку (по 15 квалитету):

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

- 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):

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

мкм;

- Под обточку окончательную (по 14 квалитету):

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

## 1.6. Расчет технологических размеров

### Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}135\text{h}14(-1)$

Расчет размера технологических основан на анализе размера предыдущего процесса обработки, и составляем размерные цепи.

Составляем размерные цепи при обработке наружной поверхности  $\text{Ø}135\text{h}14(-1)$  (рис. 1.6.1) и записываем в таблицу. 1.5.1 .

Технологический размер  $A_2$  и конструкторский размер  $K$  должны совпадать, т.е.:  $d_{1.8} = A_2 = K = \text{Ø}135\text{h}14(-1)$  мм.

- Рассчитаем технологический размер  $A_1$  через размерную цепь №1:

$$d_{1.7 \min} = A_{1 \min} = A_{2 \max} + 2Z_{2 \min} = d_{1.8 \max} + 2Z_{1.8 \min} = 135 + 0,56 = 135,56 \text{ мм};$$

$$d_{1.7 \max} = A_{1 \max} = A_{1 \min} + Td_1 = d_{1.7 \min} + Td_{1.7} = 135,56 + 1,6 = 137,16 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер  $d_{1.7 \text{ пр}} = 137,2\text{h}15(-1.6)$  мм.

- Рассчитаем технологический размер  $d_{0.3} = A_0$  через размерную цепь:

$$d_{0.3 \min} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2Z_{1 \min} = d_{1.7 \text{ пр. max}} + 2Z_{1.7 \min} = 137,2 + 2 = 139,2 \text{ мм};$$

$$d_{0.3 \max} = A_{0 \max} = A_{0 \min} + Td_0 = d_{0.3 \min} + Td_{0.3} = 139,2 + 2,2 = 141,7 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер

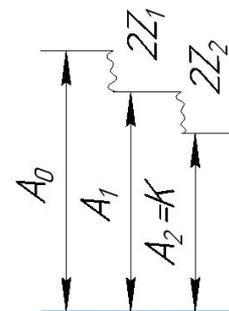


Рис. 1.6.1. Размерные цепи при обработке наружной поверхности  $\text{Ø}135\text{h}14$

$$d_{0,3 \text{ пр}} = 141,7h16(-2,5) \text{ мм.}$$

### Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}90h7(-0,035)$

при обработке наружной поверхности  $\text{Ø}90h7(-0,035)$  (рис. 1.6.2) вычерчиваем размерные цепи и записываем в таблицу. 1.5.1 Технологический размер  $A_5$  и конструкторской  $K$  должны совпадать, т.е.:  $d_{5,2} = A_5 = K = \text{Ø}90h7(-0,035) \text{ мм.}$

● Рассчитаем технологический размер  $A_1$  через размерную цепь №1:

$$d_{5,1 \text{ min}} = A_{4 \text{ min}} = A_{5 \text{ max}} + 2z_{5 \text{ min}} = d_{5,2 \text{ max}} + 2z_{5,2 \text{ min}} = 90 + 0,14 = 90,14 \text{ мм;}$$

$$d_{5,1 \text{ max}} = A_{4 \text{ max}} = A_{4 \text{ min}} + Td_4 = d_{5,1 \text{ min}} + Td_{5,1} = 90,14 + 0,054 = 90,194 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер  $d_{5,1 \text{ пр}} = 90,2h8(-0,05) \text{ мм.}$

● Рассчитаем технологический размер  $d_{2,9} = A_3$  через размерную цепь:

$$d_{2,9 \text{ min}} = A_{3 \text{ min}} = A_{4 \text{ max}} + 2z_{4 \text{ min}} = d_{5,1 \text{ max}} + 2z_{5,1 \text{ min}} = 90,2 + 0,54 = 90,74 \text{ мм;}$$

$$d_{2,9 \text{ max}} = A_{3 \text{ max}} = A_{3 \text{ min}} + Td_3 = d_{2,9 \text{ min}} + Td_{2,9} = 90,74 + 0,087 = 90,827 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер

$$d_{2,10 \text{ пр}} = 90,9h9(-0,087) \text{ мм.}$$

● Рассчитаем технологический размер  $d_{2,8} = A_2$  через размерную цепь:

$$d_{2,8 \text{ min}} = A_{2 \text{ min}} = A_{3 \text{ max}} + 2z_{3 \text{ min}} = d_{2,9 \text{ max}} + 2z_{2,9 \text{ min}} = 90,9 + 0,38 = 91,28 \text{ мм;}$$

$$d_{2,8 \text{ max}} = A_{2 \text{ max}} = A_{2 \text{ min}} + Td_2 = d_{2,8 \text{ min}} + Td_{2,8} = 91,28 + 0,35 = 91,63 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер

$$d_{2,8 \text{ пр}} = 91,7h12(-0,35) \text{ мм.}$$

● Рассчитаем технологический размер  $d_{2,7} = A_1$  через размерную цепь:

$$d_{2,7 \text{ min}} = A_{1 \text{ min}} = A_{2 \text{ max}} + 2z_{2 \text{ min}} = d_{2,8 \text{ max}} + 2z_{2,8 \text{ min}} = 91,7 + 0,56 = 92,26 \text{ мм;}$$

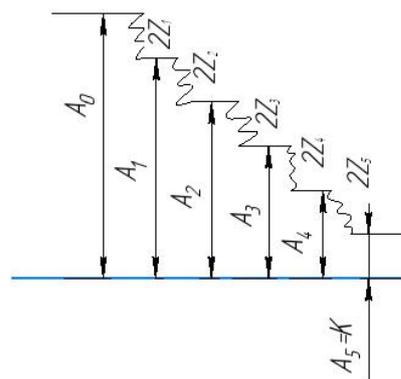


Рис. 1.6.2. Размерные цепи при обработке наружной поверхности  $\text{Ø}90h7$ .

$$d_{2,7\max} = A_{1\max} = A_{1\min} + Td_1 = d_{2,7\min} + Td_{2,7} = 92,26 + 1,4 = 93,66 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер

$$d_{2,7\text{ пр}} = 93,7 \text{ h}15(-1,4) \text{ мм.}$$

● Рассчитаем технологический размер  $d_{0,2} = A_0$  через размерную цепь:

$$d_{0,2\min} = A_{0\min} = A_{1\max} + 2z_{1\min} = d_{2,7\max} + 2z_{2,7\min} = 93,7 + 1,8 = 94,7 \text{ мм;}$$

$$d_{0,2\max} = A_{0\max} = A_{0\min} + Td_0 = d_{0,2\min} + Td_{0,2} = 94,7 + 2,1 = 96,8 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер

$$d_{0,2\text{ пр}} = 97,8 \text{ h}16(-2,2) \text{ мм.}$$

### Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}72\text{H}7(+0,03)$

При обработке наружной поверхности  $\text{Ø}72\text{H}7(+0,03)$  (рис. 1.6.3) вычерчиваем размерные цепи и записываем в таблицу. 1.5.1 Технологический размер  $A_5$  и конструкторской размер  $K$  должны совпадать, т.е.:  $D_{6,2} = A_5 = K = \text{Ø}72\text{H}7(+0,03)$  мм.

● Находим технологический размер  $D_{6,1} = A_4$ , используя размерную цепь:

$$D_{6,1\max} = A_{4\max} = A_{5\min} - 2z_{5\min} = D_{6,2\min} - 2z_{6,2\min} = 72 - 0,14 = 71,86 \text{ мм;}$$

$$D_{6,1\min} = A_{4\min} = A_{4\max} - Td_4 = D_{6,1\max} - TD_{6,1} = 71,86 - 0,046 = 71,815 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер  $D_{6,1\text{ пр}} = 71,8 \text{ H}8(+0,046)$  мм.

● Находим технологический размер  $D_{1,5} = A_3$ , используя размерную цепь:

$$D_{1,5\max} = A_{3\max} = A_{4\min} - 2z_{4\min} = D_{6,1\min} - 2z_{6,2\min} = 71,8 - 0,54 = 71,26 \text{ мм;}$$

$$D_{1,5\min} = A_{3\min} = A_{3\max} - Td_3 = D_{1,5\max} - TD_{1,5} = 71,26 - 0,074 = 71,186 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер

$$D_{1,5\text{ пр}} = 71,1 \text{ H}9(+0,074) \text{ мм.}$$

● Находим технологический размер  $D_{1,4} = A_2$ , используя размерную цепь:

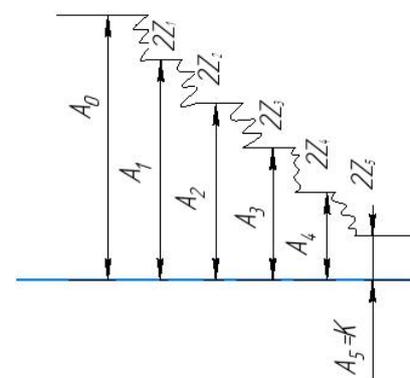


Рис. 1.6.3. Размерные цепи при обработке наружной поверхности  $\text{Ø}72\text{H}7$

$$D_{1,4 \max} = A_{3 \max} = A_{4 \min} - 2Z_{4 \min} = D_{1,5 \min} - 2Z_{1,5 \min} = 71,1 - 0,38 = 70,72 \text{ мм};$$

$$D_{1,4 \min} = A_{3 \min} = A_{3 \max} - TD_3 = D_{1,4 \max} - TD_{1,4} = 70,72 - 0,3 = 70,42 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер  $D_{1,4 \text{ пр}} = 70,4 \text{ Н}12^{(+0,3)}$  мм.

- Находим технологический размер  $D_{1,3} = A_1$ , используя размерную цепь:

$$D_{1,3 \max} = A_{1 \max} = A_{2 \min} - 2Z_{2 \min} = D_{1,4 \min} - 2Z_{1,4 \min} = 70,4 - 0,56 = 69,84 \text{ мм};$$

$$D_{1,3 \min} = A_{1 \min} = A_{1 \max} - TD_1 = D_{1,3 \max} - TD_{1,3} = 69,84 - 1,2 = 68,64 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер  $D_{1,4 \text{ пр}} = 68,6 \text{ Н}15^{(+1,2)}$  мм.

- Находим технологический размер  $D_{0,1,2} = A_0$ , используя размерную цепь:

$$D_{0,1,2, \max} = A_{0 \max} = A_{1 \min} - 2Z_{1 \min} = D_{1,3 \min} - 2Z_{1,3 \min} = 68,6 - 1,8 = 66,8 \text{ мм};$$

$$D_{0,1,2, \min} = A_{0 \min} = A_{0 \max} - TD_0 = D_{0,1,2, \max} - TD_{0,1,2} = 66,8 - 1,2 = 65,6 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер  $D_{1,4 \text{ пр}} = 65,6 \text{ Н}16^{(+1,9)}$  мм.

### Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}65\text{Н}14^{(+0,74)}$

При обработке наружной поверхности  $\text{Ø}65\text{Н}14^{(+0,74)}$  (рис. 1.6.4) вычерчиваем размерные цепи записываем в таблицу. 1.4.1 Технологический размер  $A_2$  и конструкторской размер  $K$  должны совпадать, т.е.:  $d_{2,6} = A_2 = K = \text{Ø}65\text{Н}14^{(+0,74)}$  мм.

- Рассчитаем технологический размер  $A_1$  через размерную цепь №1:

$$D_{2,5 \max} = A_{1 \max} = A_{2 \min} - 2Z_{2 \min} = D_{2,6 \min} - 2Z_{2,6 \min} = 65,00 - 0,56 = 64,44 \text{ мм};$$

$$D_{2,5 \min} = A_{1 \min} = A_{1 \max} + TD_1 = D_{2,5 \max} - TD_{2,5} = 64,44 - 1,2 = 63,24 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер  $D_{2,5 \text{ пр}} = 63,2 \text{ Н}15^{(+1,2)}$  мм.

- рассчитаем технологический размер

$D_{0,1,1} = A_0$  речез размерную цепь:

$$D_{0,1,1 \max} = A_{0 \max} = A_{1 \min} - 2Z_{1 \min} = D_{2,5 \min} - 2Z_{2,5 \min} = 63,2 - 1,8 = 61,4 \text{ мм};$$

$$D_{0,1,1 \min} = A_{0 \min} = A_{0 \max} + TD_0 = D_{0,1,1 \max} - TD_{0,1,1} = 61,4 - 2,0 = 59,4 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер

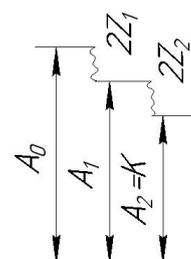


Рис. 1.6.4. Размерные цепи при обработке наружной поверхности  $\text{Ø}65\text{Н}14$ .

$D_{0,3 \text{ пр}}=59,4 \text{ H}16^{(1,9)} \text{ мм.}$

### Расчет технологических размеров при обработке фланца по длине $76\text{h}14_{(-0,74)}$

Рисуем размерные цепи, получающиеся при обработке фланца по длине  $76\text{h}14_{(-0,74)}$  (рис. 1.6.5)

- Рассчитаем технологический размер  $A_{2,1}$  через размерную цепь:

$A_{2,2}=76\text{h}14_{(-0,74)} \text{ мм}$  – обточка окончательную

Поэтому:

$$A_{2,1\text{min}} = A_{2,2\text{max}} + Z_{2,2\text{min}} = 76 + 0,28 = 76,28 \text{ мм}$$

$$A_{2,1\text{max}} = A_{2,1\text{min}} + TA_{2,1} = 76,28 + 1,2 = 77,48 \text{ мм}$$

где  $TA_{2,1}=1,2 \text{ мм}$  (допуск 15 квалитета.). Принимаем  $77,5\text{h}15 \text{ мм.}$

- Рассчитаем технологический размер  $A_{1,2}$  через размерную цепь:

$$A_{1,2\text{min}} = A_{2,1\text{max}} + Z_{2,1\text{min}} = 77,5 + 1 = 76,5 \text{ мм}$$

$$A_{1,2\text{max}} = A_{1,2\text{min}} + TA_{1,2} = 76,5 + 0,74 = 77,24 \text{ мм}$$

где  $TA_{1,2}=0,74 \text{ мм}$  (допуск 14 квалитета.). Принимаем  $79,3\text{h}14 \text{ мм.}$

- Рассчитаем технологический размер  $A_{1,1}$  через размерную цепь:

$$A_{1,1\text{min}} = A_{1,2\text{max}} + Z_{1,2\text{min}} = 79,3 + 0,28 = 79,58 \text{ мм}$$

$$A_{1,1\text{max}} = A_{1,1\text{min}} + TA_{1,1} = 79,58 + 1,9 = 81,48 \text{ мм}$$

где  $TA_{1,1}=1,9 \text{ мм}$  (допуск 15 квалитета.). Принимаем  $81,5 \text{ h}15 \text{ мм.}$

- Рассчитаем технологический размер  $A_{0,2}$  через размерную цепь:

$$A_{0,2\text{min}} = A_{1,1\text{max}} + Z_{1,1\text{min}} = 81,5 + 2 = 83,5 \text{ мм}$$

$$A_{0,2\text{max}} = A_{0,2\text{min}} + TA_{0,2} = 83,5 + 2 = 85,5 \text{ мм}$$

где  $TA_{0,2}=2,2 \text{ мм}$  (допуск 16 квалитета.). Принимаем  $85,5\text{h}16 \text{ мм.}$

### Расчёты для длины штамповки $A_{0,2} = 85,5\text{h}16_{(-2,2)}$

1) У рассчитанного ранее размера  $85,5\text{h}16_{(-2,2)}$  посчитали, что

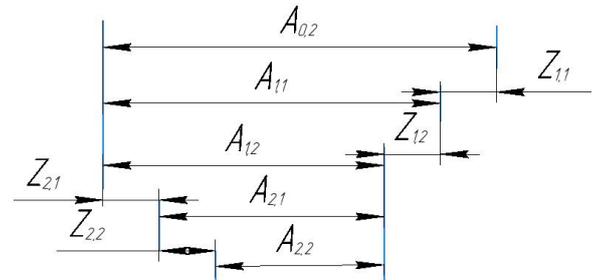


Рис. 1.6.5. Размерные цепи при обработке корпуса по длине.

допуск  $T_d = IT16=2,2$  мм, но у штамповок по ГОСТ допуск может быть немного меньше:  $T_{d \text{ шт}} = 2,0$  мм, т.е. разница  $\Delta T_{\text{шт}} = 2,2 - 2,0 = 0,2$  мм.

Поэтому сначала от  $A_{0.2\text{max}} = 85,5$  мм надо отнять  $\Delta T_{\text{шт}}$  и получится новый рассчитанный  $A_{0.2}^*_{\text{max}}$  для штамповки:  $A_{0.2}^*_{\text{max}} = 85,5 - \Delta T_{\text{шт}} = 85,5 - 0,2 = 85,3$  мм.

2) Т.к. при штамповке верхнее отклонение (в.о.) должно быть  $+1,3$  мм (т.к. для штамповки отклонения  $^{+1,3}_{-0,7}$ ), то от  $A_{0.2}^*_{\text{max}} = 85,3$  мм надо отнять в.о. и тогда получится новый принятый номинальный размер:  $A_{0.2}^*_{\text{ном принятый}} = A_{0.2}^*_{\text{max}} - \text{в.о.} = 85,3 - 1,3 = 84,0$  мм.

3) Принятый исполнительный размер у штамповки:  $A_{0.2}^* = 84,0^{+1,3}_{-0,7}$  мм.

Для толщины буртика  $A_{0.1} \approx 29,1h16(-1,3)$  (поковки стальные штампованные):

#### **Расчёты для длины штамповки уступа**

1) У рассчитанного ранее размера  $29,1h16(-1,3)$  посчитали, что допуск

$T_d = IT16=1,3$  мм, но у штамповок по ГОСТ допуск должен быть немного больше:  $T_{d \text{ шт}} = 1,6$  мм, т.е. разница  $\Delta T_{\text{шт}} = 1,6 - 1,3 = 0,3$  мм.

Поэтому сначала к  $A_{0.1\text{max}} = 29,1$  мм надо прибавить  $\Delta T_{\text{шт}}$  и получится новый рассчитанный  $A_{0.1}^*_{\text{max}}$  для штамповки:  $A_{0.1}^*_{\text{max}} = 29,1 + \Delta T_{\text{шт}} = 29,1 + 0,3 = 29,4$  мм.

2) Т.к. при штамповке верхнее отклонение (в.о.) должно быть  $+1,1$  мм (т.к. для штамповки отклонения  $^{+1,1}_{-0,5}$ ), то от  $A_{0.1}^*_{\text{max}} = 29,4$  мм надо отнять в.о. и тогда получится новый принятый номинальный размер:  $A_{0.1}^*_{\text{ном принятый}} = A_{0.1}^*_{\text{max}} - \text{в.о.} = 29,4 - 1,1 = 28,3$  мм.

3) Принятый исполнительный размер у штамповки:  $A_{0.1} = 28,3^{+1,1}_{-0,5}$  мм.

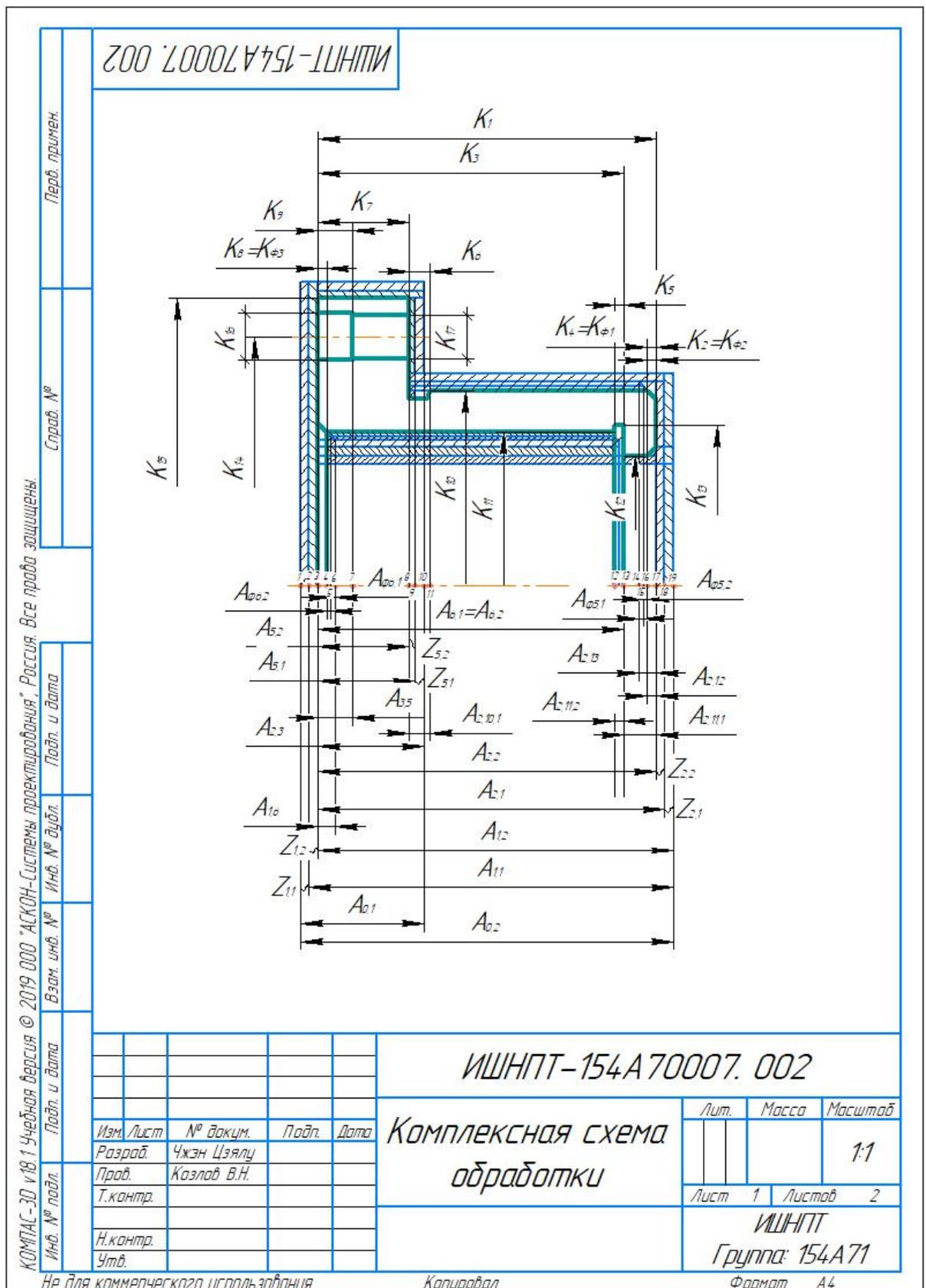


Рис. 1.6. а. Комплексная схема обработки детали в осевом направлении



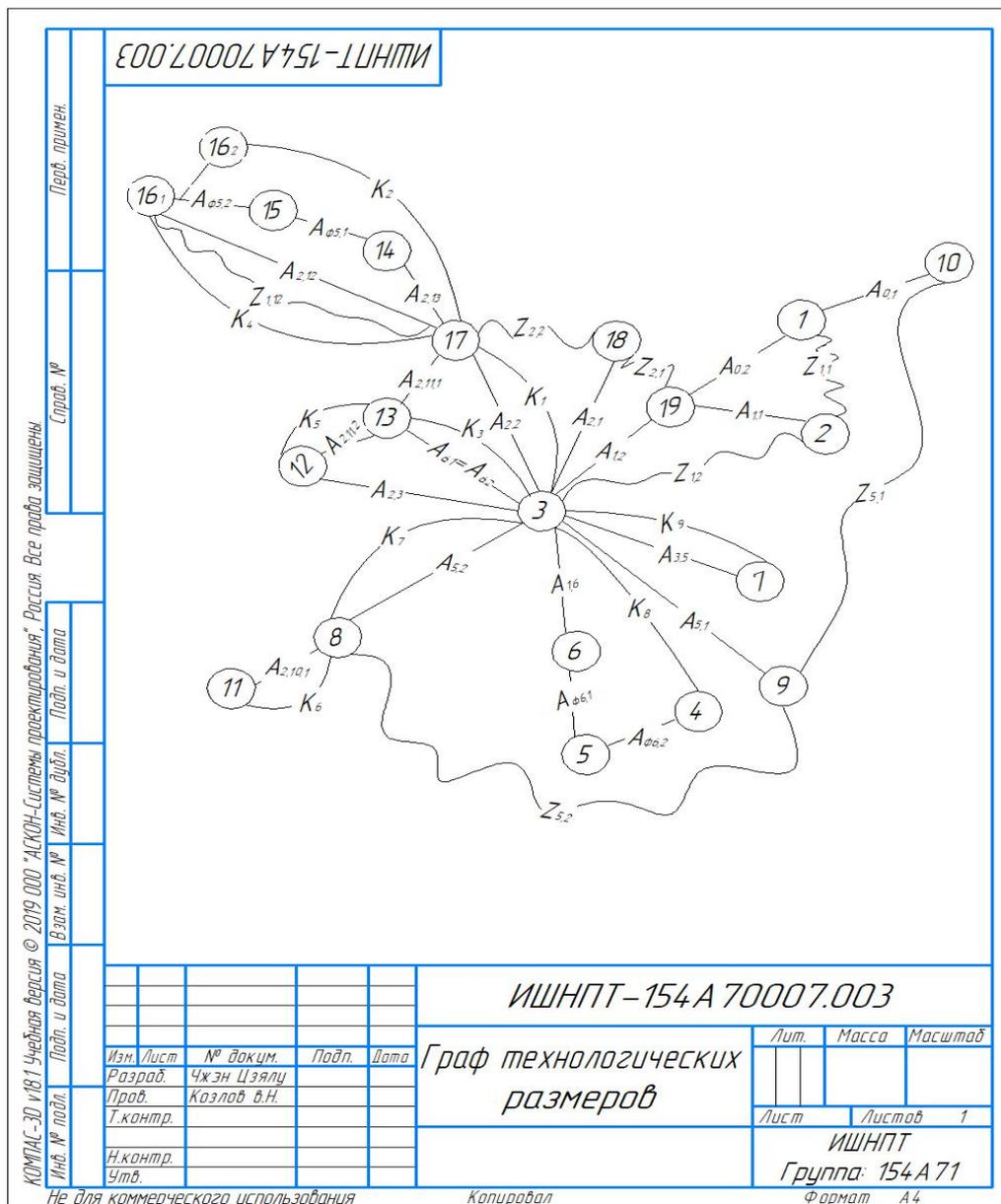


Рис. 1.6.в. Граф технологических размеров

## 1.7. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали

### 1.7.1. Допуски конструкторских размеров

Из чертежа детали узнаем допуски на конструкторские размеры:

Конструкторские осевые размеры и их допуски:

$$TK_1 = 76 \pm 0,37 = 0,74\text{мм}\times$$

$$TK_2 = (2) \pm 0.125 = 0,25\text{мм}$$

$$TK_3 = (70) \pm 0,37 = 0,74\text{мм}$$

$$TK_4 = (2) \pm 0.125 = 0,25\text{мм}$$

$$TK_5 = (2) \pm 0,05 = 0,1\text{мм}$$

$$TK_6 = (2) \pm 0,05 = 0,1\text{мм}$$

$$TK_7 = (20) \pm 0,26 = 0,52\text{мм}$$

$$TK_8 = (2) \pm 0.125 = 0,25\text{мм}$$

$$TK_9 = (8) \pm 0,18 = 0,36\text{мм}$$

Конструкторские диаметральные размеры и их допуски:

$$TK_{11} = (72) + 0,03 = 0,03\text{мм}$$

$$TK_{12} = (56) + 0,74 = 0,074\text{мм}$$

$$TK_{13} = (74) + 0,74 = 0,74\text{мм}$$

$$TK_{14} = (115) \pm 0,435 = 0,870\text{мм}$$

$$TK_{15} = (135) - 1 = 1\text{мм}$$

### 1.7.2. Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно

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

$$K_{\phi 1} = A_{2,13} - (A_{\phi 5,1} + A_{\phi 5,2}),$$

где  $K_{\phi 1}$  – конструкторский размер фаски,  $K_{\phi 1} = 2 \text{ js14}(\pm 0,125) \times 45^\circ$ ;

$A_{\phi 5,1}$  – изменение фаски после наружного круглого шлифования на операции 5 в переходе 1 при получении  $\text{Ø}d_{5,1} = 90,2 \text{ h8} (-0,054)$ ;

$A_{\phi 5,2}$  – изменение фаски после наружного круглого шлифования на операции 5 в переходе 2 при получении  $\text{Ø}d_{5,2} = 90 \text{ h7} (-0,035)$ ;

Т.к. угол фаски  $45^\circ$ , изменение диаметра равно изменению длины фаски, поэтому изменение длины фаски на рассматриваемом переходе равно

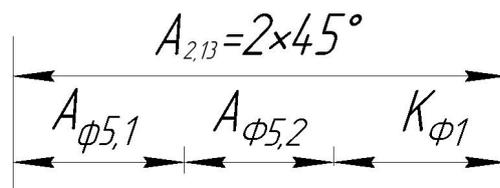


Рис. 1.7.1. Размерная цепь относительно размера фаски  $K_{\phi 1}$ .

удаляемому припуску на рассматриваемом переходе, т.е. удаляемый припуск  $z_{i,j}$  ( $2 z_{i,j}$  равен припуск на диаметр)

Для размера  $A_{\phi 5,1}$  :

$$A_{\phi 5,1} = 2z_{i,j}/2 = 2z_{5,1}/2 = (d_{2,10} - d_{5,1})/2 = (90,9h9 - 90,2h8)/2 = (90,9_{-0,087} - 90,2_{-0,054})/2 = 0,35_{-0,0435}^{+0,027} \text{ мм};$$

Допуск  $TA_{\phi 5,1}$  (в осевом направлении):

$$TA_{\phi 5,1} = VA_{\phi 5,1} - HA_{\phi 5,1} = [+0,027 - (-0,0435)] = 0,0705 \text{ мм};$$

Для размер  $A_{\phi 5,2}$  :

$$A_{\phi 5,2} = 2z_{i,j}/2 = 2z_{5,2}/2 = (d_{5,1} - d_{5,2})/2 = (90,2h8 - 90h7)/2 = (90,2h8_{-0,054} - 90,0_{-0,035})/2 = 0,1_{-0,027}^{+0,0175} \text{ мм};$$

$$\text{Допуск } TA_{\phi 5,2}: TA_{\phi 5,2} = VA_{\phi 5,2} - HA_{\phi 5,2} = [+0,0175 - (-0,027)] = 0,0445 \text{ мм};$$

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

$$TK_{\phi 1} = 0,25 \geq \sum TA_{i,j} = TA_{2,13} + TA_{\phi 5,1} + TA_{\phi 5,2} = TA_{2,13} + 0,0705 + 0,0445 = TA_{2,13} + 0,115 \text{ мм}$$

Рассчитываем допуск , с которым должна быть фаска размером  $A_{2,13}$  :

$$0,25 = TA_{2,13} + 0,115, \text{ т.е. } TA_{2,13} = 0,25 - 0,115 = 0,135 \text{ мм}.$$

Определяем квалитет, по которому надо обтачивать фаску размером  $A_{2,13}$ , здесь должно быть гарантировано номинальный размер фаски более 2 мм, но менее 3 мм.

Т.е. допуску 0,135мм соответствует приблизительно 13 квалитету (IT12 = 0,100 мм, IT13 = 0,140 мм), т.е. обточить фаску по 13 квалитету можно без особых проблем.

Рассчитываем номинальный размер фаски  $A_{2,13}$  из основного уравнения размерной цепи:

$$\text{при известных звеньях размерной цепи } A_{\phi 5,1} = 0,35_{-0,0435}^{+0,027} \text{ мм, } A_{\phi 5,2} = 0,2_{-0,027}^{+0,0175} \text{ мм и исходном звене } K_{\phi 1} = 2 js14(\pm 0,125) \times 45^\circ = 2 \pm 0,125 \text{ мм};$$

$$K_{\phi 1} = A_{2,13} - (A_{\phi 5,1} + A_{\phi 5,2}); 2 = A_{2,13} - (0,35 + 0,1);$$

$$\text{Нормальный размер фаски } A_{2,13} = 2 + 0,45 = 2,45 \text{ мм}.$$

Рассчитываем верхнее отклонение фаски  $A_{2,13}$ :  $ВК_{\phi 1} = ВA_{2,13} - (НА_{\phi 5,1} + НА_{\phi 5,2})$ ;

$$+0,125 = ВA_{2,13} - [(-0,0435) + (-0,027)];$$

$$ВA_{2,13} = +0,125 - 0,0705 = +0,0545 \text{ мм.}$$

Рассчитываем нижнее отклонение фаски  $A_{2,13}$ :

$$НК_{\phi 1} = НА_{2,13} - (ВA_{\phi 5,1} + ВA_{\phi 5,2});$$

$$-0,125 = НА_{2,13} - [(+0,027) + (+0,0175)];$$

$$НА_{2,13} = -0,125 + 0,042 = -0,0805 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск фаски  $A_{2,13}$ :

$$ТА_{2,13} = ВA_{2,13} - НА_{2,13} = +0,0545 - (-0,0805) = 0,135 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения :

$$Т_{К\phi 1} = 0,25 \geq \sum ТА_{i,j} = ТА_{2,13} + ТА_{\phi 5,1} + ТА_{\phi 5,2} = 0,135 + 0,0705 + 0,0445 = 0,25 \text{ мм.}$$

$Т_{К\phi 1} = \sum ТА_{i,j}$ , т.е. расчеты были выполнены правильно.

Получаем размер фаски :  $A_{2,13} = 2,45_{-0,0805}^{+0,0545}$  мм, т.к. трудно достигать тысячные доли миллиметра при обточке фаски сложно, поэтому округляем верхнее отклонение до ближайшего меньшего числа:  $ВA_{2,13} = +0,0545 \approx +0,05$  мм, и нижнее до ближайшего большего числа :  $НА_{2,13} = -0,0805 \approx -0,08$  мм.

Поэтому  $A_{2,13} = 2,45_{-0,08}^{+0,05}$  мм , тогда допуск  $ТА_{2,13} = 0,05 - (-0,08) = 0,13$  мм, что соответствует приблизительно 13 качеству, т.е. обточить фаску  $A_{2,13 \text{ прин}} = 2,45_{-0,08}^{+0,05}$  мм можно без особых проблем.

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

$$К_{\phi 3} = A_{1,6} - (A_{\phi 6,1} + A_{\phi 6,2}),$$

где  $К_{\phi 3}$  — конструкторский размер фаски,  $К_{\phi 3} = 2 \text{ js}14(\pm 0,125 \times 45^\circ$ ;

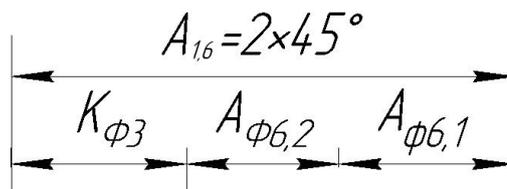


Рис. 1.7.2. Размерная цепь относительно размера фаски  $К_{\phi 3}$ .

$A_{\phi 6,1}$  – изменение фаски после наружного круглого шлифования на операции 6 в переходе 1 при получении  $\phi D_{6,1}=71,8H8^{(+0,046)}$ ;

$A_{\phi 6,2}$  – изменение фаски после наружного круглого шлифования на операции 6 в переходе 2 при получении  $\phi D_{6,2}=72H7^{(+0,030)}$ ;

Т.к. угол фаски  $45^\circ$ , изменение диаметра равно изменению длины фаски, поэтому изменение длины фаски на рассматриваемом переходе равно удаляемому припуску на рассматриваемом переходе, т.е. удаляемый припуск  $z_{i,j}$  ( $2 z_{i,j}$ =припуск на диаметр), где  $i$  – операция,

а  $j$  – переход

Для размера  $A_{\phi 6,1}$ :

$A_{\phi 6,1} = 2z_{i,j}/2 = 2z_{6,1}/2 = (D_{6,1} - D_{1,5})/2 = (71,8H8 - 71,1H9)/2 = (71,8^{+0,046} - 71,1^{+0,074})/2 = 0,35^{+0,023}_{-0,037}$  мм, допуск  $TA_{\phi 6,1} = VA_{\phi 6,1} - HA_{\phi 6,1} = [+0,023 - (-0,037)] = 0,060$  мм.

Для размера  $A_{\phi 6,2}$ :

$A_{\phi 6,2} = 2z_{i,j}/2 = 2z_{6,2}/2 = (D_{6,2} - D_{6,1})/2 = (72H7 - 71,8H8)/2 = (72^{+0,030} - 71,8^{+0,046})/2 = 0,1^{+0,015}_{-0,023}$  мм, допуск  $TA_{\phi 6,2} = VA_{\phi 6,2} - HA_{\phi 6,2} = [+0,015 - (-0,023)] = 0,038$  мм.

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

$TK_{\phi 3} = 0,25 \geq \sum TA_{i,j} = TA_{1,6} + TA_{\phi 6,1} + TA_{\phi 6,2} = TA_{1,6} + 0,060 + 0,038 = TA_{1,6} + 0,098$  мм

$TA_{1,6} = 0,25 - 0,098 = 0,152$  мм;

Определяем квалитет, по которому надо обтачивать фаску размером  $A_{1,6}$ , здесь должно быть гарантировано номинальный размер фаски более 2 мм, но менее 3 мм.

Т.е. допуску 0,152 мм соответствует приблизительно 13 квалитету (IT13 = 0,140 мм, IT14 = 0,250 мм), т.е. обточить фаску по 13 квалитету можно без особых проблем.

При известных составляющих звеньях размера  $A_{\phi 6,1} = 0,35_{-0,037}^{+0,023}$  мм,  $A_{\phi 6,2} = 0,1_{-0,023}^{+0,015}$  мм, и исходном звене  $K_{\phi 3} = 2 \text{ js}14(\pm 0,125) \times 45^{\circ} = 2 \pm 0,125$  мм:

$$K_{\phi 3} = A_{1,6} - (A_{\phi 6,1} + A_{\phi 6,2}); 2 = A_{1,6} - (0,35 + 0,1); A_{1,6} = 2 + 0,45 = 2,45 \text{ мм.}$$

Рассчитываем верхнее отклонение фаски  $A_{1,6}$ :

$$VK_{\phi 3} = VA_{1,6} - (NA_{\phi 6,1} + NA_{\phi 6,2});$$

$$+0,125 = VA_{1,6} - [(-0,037) + (-0,023)];$$

$$VA_{1,6} = +0,125 - 0,06 = +0,065 \text{ мм;}$$

Рассчитываем нижнее отклонение фаски  $A_{1,6}$ :

$$NK_{\phi 3} = NA_{1,6} - (VA_{\phi 6,1} + VA_{\phi 6,2});$$

$$-0,125 = NA_{1,6} - [(+0,023) + (+0,015)];$$

$$NA_{1,6} = -0,125 + 0,038 = -0,087 \text{ мм.}$$

Можно рассчитать допуск фаски  $A_{1,6}$ :

$$TA_{1,6} = VA_{1,6} - NA_{1,6} = +0,065 - (-0,087) = 0,152 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$TK_{\phi 3} = 0,25 \geq \Sigma TA_{i,j} = TA_{1,6} + TA_{\phi 6,1} + TA_{\phi 6,2} = 0,152 + 0,060 + 0,038 = 0,25 \text{ мм.}$$

$TK_{\phi 3} = \Sigma TA_{i,j}$ , т.е. расчёты были выполнены правильно

Получаем размер фаски :  $A_{1,6} = 2,45_{-0,087}^{+0,065}$  мм, т.к. трудно достигать тысячные доли миллиметра при обточке фаски сложно, поэтому округляем верхнее отклонение до ближайшего меньшего числа:  $VA_{1,6} = +0,065 \approx +0,06$  мм, и нижнее до ближайшего большего числа :  $NA_{2,13} = -0,087 \approx -0,08$  мм.

Поэтому  $A_{1,6} = 2,45_{-0,09}^{+0,06}$  мм, тогда допуск  $TA_{1,6} = 0,05 - (-0,08) = 0,13$  мм, что соответствует приблизительно 13 качеству, т.е. обточить фаску  $A_{1,6 \text{ прин}} = 2,45_{-0,09}^{+0,06}$  мм можно без особых проблем.

3) Рассчитываем длину уступа ( буртика)  $A_{5,1}$  перед шлифовании . (рис.

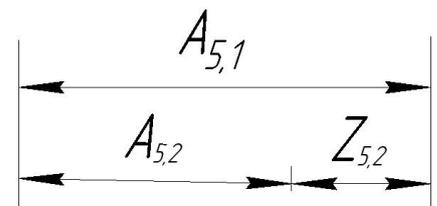


Рис. 1.7.3. Размерная цепь для расчета технологического размера  $A_{5,1}$ .

1.7.3)

После окончательного шлифования цилиндрической поверхности  $d_{5,2}$   
 $= K = \varnothing 90h7$  толщина буртика во втором переходе на пятой операции  
 $A_{5,2} = K = 20_{-0,52}$ ;

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

$$Z_{5,2\min} = 10 + 30 + 30 + 0 = 70 \text{ мкм};$$

$$A_{5,1\min} = A_{5,2\max} + Z_{5,2\min} = 20 + 0,07 = 20,07 \text{ мм.}$$

$$A_{5,1\max} = A_{5,1\min} + TA_{5,1} = A_{5,1\min} + IT14 = 20,07 + 0,52 = 20,59 \approx 20,6 \text{ мм.}$$

$$A_{5,1\text{ пр}} = 20,6h14_{(-0,52)}.$$

4) Рассчитываем длину уступа  $A_{2,9}$  при обточке диаметра  $d_{2,9}$  на 5-й операции. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.7.4)

$$A_{2,9\min} = A_{5,1\text{ пр}\max} + Z_{5,1\min} = 20,6 + 0,27 = 20,87 \text{ мм,}$$

где  $Z_{5,1\min}$  после термообработки

$$2Z_{5,1\min} = 2 \times (20 + 100 + 100 + 50) = 540 \text{ мкм}; Z_{5,1}$$

$\min = 270 \text{ мкм.}$

$$A_{2,9\max} = A_{2,9\min} + TA_{2,9} = 20,87 + 0,52 =$$

21,39 мм;

$$A_{2,9\text{ пр}} = 21,4h14_{(-0,52)} \text{ мм};$$

5) Рассчитываем толщина буртика: При предыдущей обработке ( $A_{2,8}$ ,  $A_{2,7}$ ,  $A_{2,4}$ ,  $A_{2,3}$ ) прибавка  $\Delta$  к номинальному размеру последующего технологического размера с учётом минимального припуска 0,16 мм и допуска по 14 качеству 0,52 мм составит 0,67 мм, округляем до 0,7 мм.

$$A_{2,8\text{ пр}} = A_{2,9\text{ пр}} + \Delta = 21,4 + 0,7 = 22,1h14_{(-0,52)} \text{ мм};$$

$$A_{2,7\text{ пр}} = A_{2,8\text{ пр}} + \Delta = 22,1 + 0,7 = 22,8h14_{(-0,52)} \text{ мм};$$

$$A_{2,4\text{ пр}} = A_{2,7\text{ пр}} + \Delta = 22,8 + 0,7 = 23,5h14_{(-0,52)} \text{ мм};$$

$$A_{2,3\text{ пр}} = A_{2,4\text{ пр}} + \Delta = 23,5 + 0,7 = 24,4h14_{(-0,52)} \text{ мм};$$

$$A_{2,10.2\text{ пр}} = A_{2,9\text{ пр}} = 21,4h14_{(-0,52)} \text{ мм};$$

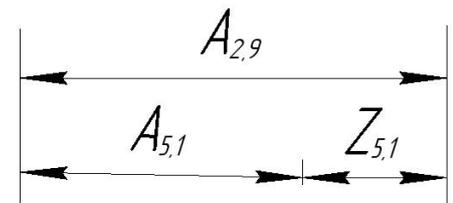


Рис. 1.7.4. Размерная цепь для расчета технологического размера  $A_{2,9}$ .

Рассчитываем размер буртика для штамповки. Сначала рассчитывается размер буртика после обточки торца во втором переходе первой операции:

$$A^{*}_{1.2 \min} = A_{2.3 \text{ пр max}} + Z_{1.2 \min} = 24,4 + 0,28 = 24,68 \text{ мм};$$

где  $Z_{1.2 \min}$  минимальный припуск на обработку торца во втором переходе первой операции (см. таблицу 1.5.1, черновая обточка торца А).

С учётом допуска на эту черновую обточку  $IT14 = 0,74 \text{ мм}$

$$A^{*}_{1.2 \max} = A_{1.2 \min} + TA_{1.2} = 24,68 + 0,74 = 25,42 \text{ мм};$$

$$A^{*}_{1.2 \text{ пр}} = 25,5 \text{ мм};$$

Затем рассчитывается условный размер буртика после обточки торца в первом переходе первой операции (см. таблицу 1.5.1, обдирка торца А), хотя размер буртика в первой операции не выдерживается:

$$A^{*}_{1.1 \min} = A_{1.2 \text{ пр max}} + Z_{1.1 \min} = 25,5 + 2,0 = 27,5 \text{ мм};$$

где  $Z_{1.1 \min}$  минимальный припуск на обдирку торца А во первом переходе первой операции (см. таблицу 1.5.1, черновая обдирка торца А).

С учётом допуска на эту обдирку  $IT15 = 1,9 \text{ мм}$

$$A^{*}_{1.1 \max} = A_{1.1 \min} + TA_{1.1} = 27,5 + 1,9 = 29,4 \text{ мм};$$

$$A^{*}_{1.1 \text{ пр}} = 29,4 \text{ мм};$$

С учётом припуска с противоположной стороны буртика под штамповку

$$A_{0.1 \min} = A^{*}_{1.1 \text{ пр max}} + Z_{2.3 \min} = 29,4 + 2,0 = 31,4 \text{ мм},$$

где  $Z_{2.3 \min}$  минимальный припуск на обработку торца во втором переходе первой операции, черновая обточка правого торца буртика со стороны цилиндрической (конической) поверхности, как и для стороны А у штамповки (см. таблицу 1.5.1.).

С учётом допуска на штамповку буртика размером 31,4 мм ( $IT16 = 1,6 \text{ мм}$ )

$$A^{*}_{0.1 \text{ пmax}} = A_{0.1 \min} + IT16 = 31,4 + 1,6 = 33 \text{ мм};$$

С учётом отклонений на штампованные изделия по ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные» (не по h толщина буртика у штамповки  $A_{0.1 \text{ пр}} = 31,9^{+1,1}_{-0,5} \text{ мм}$

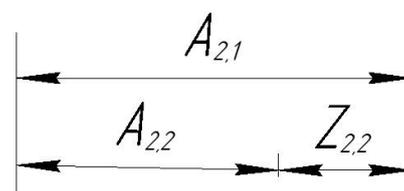


Рис. 1.7.6. Размерная цепь для расчета технологического размера  $A_{2,1}$ .

6) Рассчитываем размер  $A_{2,1}$ :

$A_{2,2}$  – размер совпадает с конструкторским размером.:

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

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

$$Z_{2,2cp} = Z_{2,2cp \min} + \frac{TA_{2,1} + TA_{2,2}}{2} = 0,28 + 0,97 = 1,25 \text{ мм};$$

$$A_{2,1cp} = A_{2,2cp} + Z_{2,2cp} = 75,36 + 1,25 = 76,61 \text{ мм}$$

Прием  $A_{2,1} = 76,88h15(-0,12)$  мм.

7) Рассчитываем размер  $A_{1,2}$ :

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

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

$$Z_{2,1cp} =$$

$$Z_{2,1cp \min} + \frac{TA_{1,2} + TA_{2,1}}{2} = 1 + 0,97 = 1,97 \text{ мм};$$

$$A_{1,2cp} = A_{2,1cp} + Z_{2,1cp} = 76,9 + 1,97 = 78,87 \text{ мм}$$

Прием  $A_{1,2} = 78,87h14(-0,74)$  мм

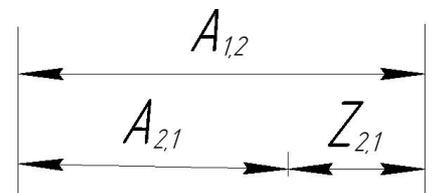


Рис. 1.7.7. Размерная цепь для расчета технологического размера  $A_{1,2}$ .

8) Рассчитываем размер  $A_{1,1}$ :

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

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

$$Z_{1,2cp} =$$

$$Z_{1,2cp \min} + \frac{TA_{1,1} + TA_{1,2}}{2} = 0,28 + 1,32 = 1,6 \text{ мм};$$

$$A_{1,1cp} = A_{1,2cp} + Z_{1,2cp} = 78,93 + 1,6 = 80,53$$

мм

Окончательно прием  $A_{1,1} = 80,53h15(-0,74)$  мм.

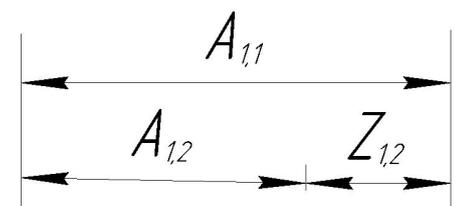


Рис. 1.7.8. Размерная цепь для расчета технологического размера  $A_{1,1}$ .

9) Рассчитываем размер  $A_{0,2}$ :

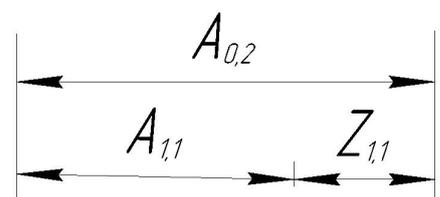


Рис. 1.7.9. Размерная цепь для расчета технологического размера  $A_{0,2}$ .

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

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

$$Z_{1,1cp} = Z_{1,1cp \min} + \frac{TA_{1,1} + TA_{0,2}}{2} = 2 + 1,95 = 3,95 \text{ мм};$$

$$A_{0,2cp} = A_{1,1cp} + Z_{1,1cp} = 80,55 + 3,95 = 84,45 \text{ мм}$$

Окончательно прием  $A_{0,2} = 84,45h16(-2) \text{ мм}$ .

10) Для  $Z_{1,5}$ :

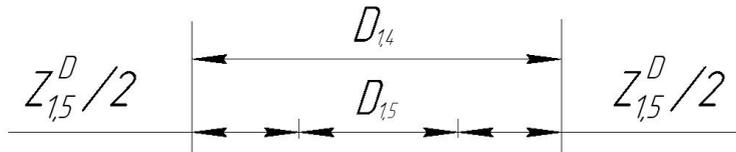


Рис. 1.7.10. Размерная цепь для припуска  $Z_{1,5}$

$$Z_{1,5}^D = D_{1,4} - D_{1,5};$$

$$Z_{1,5}^{D \ C} = Z_{1,5}^{min} + \frac{TD_{1,5} + TD_{1,4}}{2} = 0,19 + \frac{0,3 + 0,074}{2} = 0,377$$

При расчете номинального размера результат сохраняется с точностью до одного десятичного знака:

$$D_{1,5}^C = D_{1,4}^C - Z_{1,5}^{D \ C} = 70,57 - 0,377 = 70,19$$

Окончательно прием  $D_{1,5}^{ном} = 70,19^{+0,074} \text{ мм}$

11) Для  $Z_{1,8}$ :

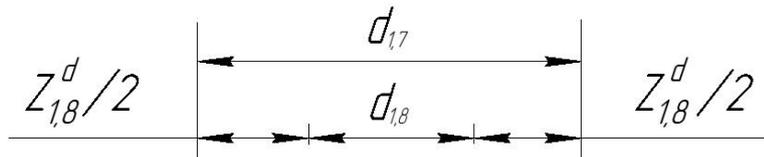


Рис. 1.7.11. Размерная цепь для припуска  $Z_{1,8}$ .

$$Z_{1,8}^d = d_{1,7} - d_{1,8};$$

$$Z_{1,8}^{d \ C} = Z_{1,8}^{min} + \frac{Td_{1,7} + Td_{1,8}}{2} = 0,28 + \frac{1,6 + 1}{2} = 1,58$$

При расчете номинального размера результат сохраняется с точностью до одного десятичного знака:

$$d_{1,8}^C = d_{1,7}^C - Z_{1,8}^d = 136,36 - 1,58 = 134,78$$

Окончательно прием  $d_{1,5}^{\text{НОМ}} = 134,78_{-1}$  мм.

12) Для  $Z_{2,5}$ :

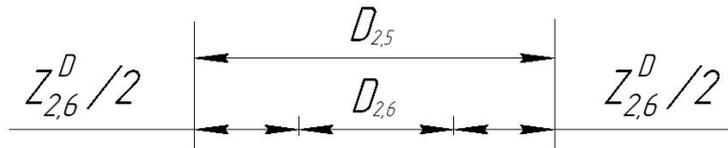


Рис. 1.7.12. Размерная цепь для припуска  $Z_{2,6}$ .

$$Z_{2,6}^D = D_{2,5} - D_{2,6};$$

$$Z_{2,6}^{D C} = Z_{2,6}^{\min} + \frac{TD_{2,5} + TD_{2,6}}{2} = 0,28 + \frac{1,2 + 0,74}{2} = 1,25$$

При расчете номинального размера результат сохраняется с точностью до одного десятичного знака:

$$D_{2,6}^C = D_{1,4}^C - Z_{1,5}^D = 65,37 - 1,25 = 64,12$$

Окончательно прием  $D_{1,5}^{\text{НОМ}} = 64,12^{+0.074}$  мм

13) Для  $Z_{2,8}$ :

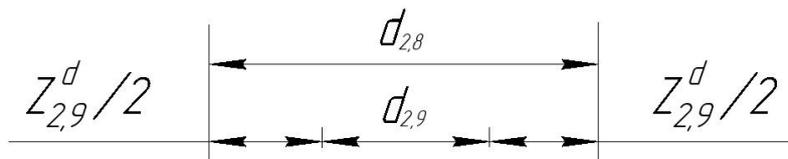


Рис. 1.7.13. Размерная цепь для припуска  $Z_{2,9}$ .

$$Z_{2,9}^d = d_{2,8} - d_{2,9};$$

$$Z_{2,9}^{d C} = Z_{2,9}^{\min} + \frac{Td_{2,9} + Td_{2,8}}{2} = 0,19 + \frac{0,087 + 0,35}{2} = 0,41$$

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

$$d_{2,9}^C = d_{2,8}^C - Z_{2,9}^d = 91,46 - 0,41 = 91,05$$

Прием  $d_{2,9}^{\text{НОМ}} = 91,05_{-0,087}\text{мм}$ .

14) Для  $Z_{5,1}$ :

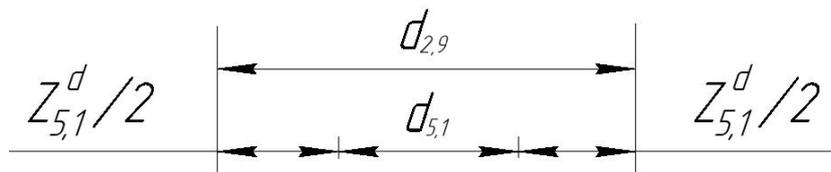


Рис. 1.7.14. Размерная цепь для припуска  $Z_{5,1}$ .

$$Z_{5,1}^d = d_{2,9} - d_{2,8};$$

$$Z_{2,9}^d = Z_{2,9}^{\text{min}} + \frac{Td_{2,9} + Td_{5,1}}{2} = 0,19 + \frac{0,087 + 0,054}{2} = 0,26$$

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

$$d_{5,1}^C = d_{2,9}^C - Z_{5,1}^d = 91,78 - 0,26 = 91,52$$

Окончательно прием  $d_{5,1}^{\text{НОМ}} = 91,05_{-0,054}\text{мм}$ .

15) Для  $Z_{5,2}$ :

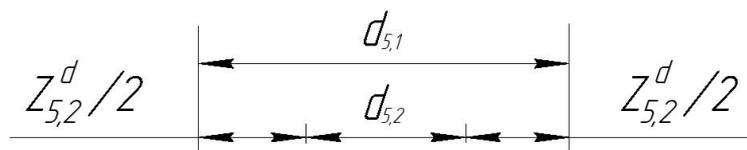


Рис. 1.7.15. Размерная цепь для припуска  $Z_{5,2}$ .

$$Z_{5,2}^d = d_{5,1} - d_{5,2};$$

$$Z_{5,2}^d = Z_{5,2}^{\text{min}} + \frac{Td_{5,2} + Td_{5,1}}{2} = 0,07 + \frac{0,035 + 0,054}{2} = 0,114$$

При расчете номинального размера результат сохраняется с точностью до одного десятичного знака:

$$d_{5,2}^C = d_{5,1}^C - Z_{5,2}^{d^C} = 90,167 - 0,114 = 90,053$$

Окончательно прием  $d_{5,1}^{\text{НОМ}} = 90,05_{-0,035}\text{мм}$

### 1.8. Выбор средств технологического оснащения

При выборе оборудования учитывайте тип производства и выпуска и укажите техническое оборудование для каждой операции процесса обработки детали.

1. Операция 1 и 2 : Токарная

#### Токарный станок с 16К20

Диаметр обработки над станиной, мм	400
Число ступеней частот обратного вращения шпинделя	12
Пределы частот обратного вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	19-2420 об/мин
Диаметр сквозного отверстия в шпинделе, мм	55
Число ступеней вращения шпинделя, шт.	23
Число ступеней частот обратного вращения шпинделя	12
Число ступеней рабочих подач - продольных	42
Число ступеней рабочих подач - поперечных	42
Наибольший крутящий момент, кНм	2
Наибольшее перемещение пиноли, мм	200
Наибольшее сечение резца, мм	25
Мощность электродвигателя главного привода	10 кВт
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	2 812 / 3 200 x 1 166 x 1 324

Таблица 5. Основные данные станка модели 16К20

2. Операция 3 : Сверлильная

## Вертикально-сверлильный станок 2А135

Таблица 6– Технические характеристики станка модели 2А135

Диаметр сверления наибольшего условного в стали	45мм
Поверхность стола рабочей	450*500мм
Максимальное число оборотов	1070 об/мин
Вылет шпинделя	190мм
Наибольший ход шпинделя	225мм
Сверлильной головки	300мм
Конус шпинделя	Морзе 4
Число скоростей шпинделя	9
Частота вращения шпинделя, об/мин	68—1100
Мощность электродвигателя привода главного	4,5кВт
Размеры габаритных(Д*Ш*В)	1240мм*810мм*2500мм
Масса	1300кг

### 3. Операция 5 и 6 : круглошлифовальная и внутришлифовальная

Технические характеристики:↵	↵
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм↵	400↵
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм↵	1000↵
Наименьший диаметр шлифования при изношенном круге, мм↵	50↵
Наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой в патроне, мм↵	250↵
Наибольшая длина шлифуемого отверстия, мм↵	125↵
Диаметр шлифуемого отверстия, мм↵	30..200↵
Электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки, кВт↵	7,5кВт↵
Электродвигатель внутришлифовального шпинделя, кВт↵	1,1↵
Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм↵	5900 x 2585 x 1982↵
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг↵	7530↵

### круглошлифовальный универсальный станок 3У142

## 1.9. Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания

При расчете режимов резания следует учитывать следующие факторы: тип и материал заготовки, тип и размер выбранного инструмента, а также материал режущей части и тип обрабатывающего станка.

### 1.9.1. Токарная обработка

Токарная обработка детали будет производиться твердосплавными СМП из Т15К6. Для 1-2 операции выбираем токарный станок 16К20.

#### 1. Подрезка торцев

1). Подрезка торца с размера 85,7h16мм, переход №1

Резец подрезается отогнутая с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73.

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

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

$$K_V = K_{Mv} \times K_{Iv} \times K_{Пv} \times K_{\phi v} \times K_{\phi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov},$$

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

Для стали 40Х:  $\sigma_B = 610$  МПа,  $K_{\Gamma} = 1$ ,  $n_v = 1$ ;

$K_{MP}$  - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости.

$K_{Iv}$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части. Для режущей пластинки из твердого сплава Т15К6  $K_{Iv} = 1$ ;

$K_{Пv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки на скорость резания. С коркой  $K_{Пv} = 0,6$ .

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

$K_{\gamma v} = 1$  - коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (передный угол в плане  $\gamma=10^\circ$ ).

$K_{\lambda v} = 1$  - коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца

$K_{r v} = 1$  - 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.

$K_p$  – коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов ( $K_p = K_{Mv} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{r p}$ ), учитывающих фактические условия резания.

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \cdot (750/\sigma_B)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2$$

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

$$K_v = K_{Mv} \times K_{Iv} \times K_{Пv} \times K_{\phi v} \times K_{\phi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} = 1,2 \times 1 \times 0,6 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,72$$

При  $Rz = 80$  мкм, подача:  $S = 0,52$  мм/об (по таблице 11)

Глубина резания:  $t = t_{\max} = z_{1.1 \max} = 5,4$  мм т.е. за 2 прохода: проход №1  $t = 3,5$  мм

(Подрезка торца с длины  $A_{0.2} = 84,2_{-0,7}^{+1,3}$ , на длину  $A_{1.1} = 81,5_{(-1,4)}$ , 1-ая операция, переход № 1. Наибольший припуск  $z_{A_{1.1 \max}} = A_{0.2 \max} - A_{1.1 \min} = 85,5 - 80,1 = 5,4$  мм. Т.к. припуск большой, то в первом переходе 1-й операции будем его удалять за 2 прохода: проход №1  $t = 3,5$  мм; затем проход №2  $t = 5,4 - 3,5 = 1,9$  мм.)

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,52^{0,35}} \cdot 0,72 = 115,07 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 115,07}{3,14 \cdot 141,4} = 259,17 \text{ об/мин}$$

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	1	1	1	1	0,85	2720,64
$P_y$	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1	1	1	0,85	
$P_x$	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1	1	1	0,85	

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

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,52^{0,75} \cdot 115,07^{-0,15} \cdot 0,8 = 2720,64 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2720,64 \cdot 115,07}{1020 \cdot 60} = 5,12 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 5,12 < 14;$$

2). Подрезка торца с размера  $A_{1,1} = 81,5h15_{(-1,4)}$  до размера  $A_{1,2} = 79,3h14_{(-0,74)}$  мм. Наибольший припуск  $z_{1,2\max} = 81,5 - 78,56 = 2,94$  мм – припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход, переход №2

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

Глубина резания: переход №2  $t_{\max} = 2,94$  мм.

Стойкость квадратной СМП с  $\varphi = 45^\circ$   $T = 20$  мин.

$$\text{Скорость резания: } v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{20^{0,2} \cdot 2,94^{0,15} \cdot 0,34^{0,35}} \cdot 1 = 238,6 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 239}{3,14 \cdot 141,4} = 538,29 \approx 540 \text{ об/мин (т.к.}$$

следующая частота вращения шпинделя 1250 об/мин).  $V_{\text{принятая}} = (\pi D n) / 1000 = 3,14 \cdot 79,3 \cdot 540 / 1000 = 143,46$  м/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	1	1	1	1	0,85	1563,12
$P_y$	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1	1	1	0,85	
$P_x$	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1	1	1	0,85	

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

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,9^1 \cdot 0,34^{0,75} \cdot 143,46^{-0,15} \cdot 0,85 = 1563,12 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } Ne = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1563,12 \cdot 143,46}{1020 \cdot 60} = 3,66 \text{ кВт}$$

$N_{ст\ треб} = Ne \cdot K_{запаса\ на\ износ} / K_{кпд} = 3,66 \cdot 1,5 / 0,8 = 6,86$  кВт.

Проверка по мощности:  $N_{ст\ треб} \leq N_{ст}; 6,86 < 11;$

## 2. Обработка отверстия Ø72H7

1). Обдирка отверстия с  $\varnothing 65,5^{+1,3}_{-0,7}$  на  $\varnothing 68,6H15$  в 3-м переходе 1-й операции.

Диаметр у торца  $\varnothing 65,5^{+1,3}_{-0,7}$ , но потом из-за штамповочного уклона  $\beta = 3^\circ$  диаметр будет уменьшаться на величину  $2\Delta$ :

$$2\Delta = 2 \cdot L \cdot \operatorname{tg} \beta \approx 2 \cdot (A_{0.2\max} - S_{\min}) \cdot \operatorname{tg} 3^\circ \approx 2 \cdot A_{1.3\max} \cdot \operatorname{tg} 3^\circ \approx 2 \cdot 70 \cdot 0,052 = 7,33 \text{ мм.}$$

Рассчитываем  $D_{0.1\min} = \varnothing 65,5 - 0,7 = 64,8$  мм, а его уменьшение за счёт штамповочного уклона ещё на 7,33 мм, т.е.  $D^*_{0.1\min} = 64,8 - 7,33 = 57,46$  мм.

Наибольший припуск при обдирке  $2Z_{\max\ 1.3} = D_{1.3\max} - D^*_{0.1\min} = 69,8 - 57,46 = 12,34$  мм,

где  $D_{1.3} = 68,6H15^{(+1,2)}$  мм и поэтому  $D_{1.3\max} = 68,6 + 1,2 = 69,8$  мм.

Наибольший припуск на сторону  $Z_{\max\ 1.3} = 12,34 / 2 = 6,17$  мм, т.е. его придётся удалять за 2 прохода: на проходе №1  $t_1 = 3,5$  мм, на проходе №2  $t_2 = 6,17 - 3,5 = 2,67$  мм.

Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане  $90^\circ$ .

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2; K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV} \times K_{\varphi V} \times K_{RV} \times K_{QV} \times K_{OV} = 1,2 \times 0,6 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,50$$

Подача:  $s = 0,6$  мм\об; (по таблице 12)

Глубина резания:  $t = 3,5$  мм

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

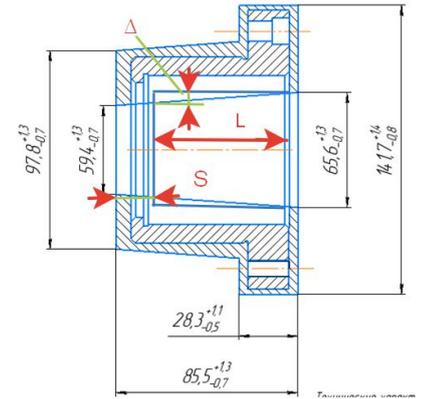


Рис. 1.8.1. Расчёт увеличения припуска за счёт штамповочного уклона  $\beta = 3^\circ$ .

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 3,5^{0.15} \cdot 0,6^{0.35}} \cdot 0,5 = 75,85 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 75,85}{3,14 \cdot 55,6} = 434,46 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Сила	$C_P$	$x$	$y$	$n$	$K_{M_p}$	$K_{\varphi_p}$	$K_{\gamma_p}$	$K_{\lambda_p}$	$K_{r_p}$	$K_P$	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
$P_z$	300	1	0,75	0,15	0,85	0,89	1	1	1	0,7565	2667,68
$P_y$	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	

$$K_{P_z} = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,7565$$

$$P_z = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 75,85^{-0,15} \cdot 0,7565 = 2667,68 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2808,73 \cdot 75,85}{1020 \cdot 60} = 3,48 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3,48 < 11;$$

2). Черновая расточка отверстия с  $D_{1.3} = \text{Ø}68,6\text{H}15^{(+1,2)}$  мм до  $D_{1.4} = 70,4\text{H}12^{(+0,3)}$  в 4-м переходе 1-й операции.

глубина резания:  $t = (70,7 - 68,6)/2 = 1,05$  мм; т.е. можно удалить за 1 проход.

Стойкость СМП  $T = 20$  мин;

$$K_V = K_{M_V} \times K_{П_V} \times K_{И_V} \times K_{\varphi_V} \times K_{R_V} \times K_{Q_V} \times K_{O_V} = 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{20^{0.2} \cdot 1,05^{0.15} \cdot 0,36^{0.35}} \cdot 0,84 = 230,77 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 230,77}{3,14 \cdot 70,4} = 1043,94 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Сила	$C_P$	$x$	$y$	$n$	$K_{M_p}$	$K_{\varphi_p}$	$K_{\gamma_p}$	$K_{\lambda_p}$	$K_{r_p}$	$K_P$	$P_{z,y,x}, \text{ Н}$
$P_z$	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1	1	1	0,7565	482,31
$P_y$	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	

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

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,05^1 \cdot 0,36^{0,75} \cdot 230,77^{-0,15} \cdot 0,7565 = 482,31 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{482,31 \cdot 230,77}{1020 \cdot 60} = 1,82 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 1,82 < 11;$$

3). Полуцистовая расточка отверстия с  $D_{1.4} = 70,4\text{H}12^{(+0,3)}$  мм до  $D_{1.5} = 71,1\text{H}9^{(+0,074)}$  в 5-м переходе 1-й операции.

Подача:  $s = 0,36 \text{ мм/об}$ ;

глубина резания:  $t = (71,1 - 70,4)/2 = 0,35 \text{ мм}$ ; т.е. можно удалить за 1 проход.

Стойкость СМП  $T = 20 \text{ мин}$ ;

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV} \times K_{\varphi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ = 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{20^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,36^{0,35}} 0,84 = 274,73 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 274,73}{3,14 \cdot 71,1} = 1230,57 \text{ об/мин}$$

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	158,83Н
$P_y$	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	

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

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^1 \cdot 0,36^{0,75} \cdot 274,73^{-0,15} \cdot 0,7565 = 158,83 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{158,83 \cdot 274,73}{1020 \cdot 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 0,71 < 11;$$

### 3. Обработка отверстия $\text{Ø}65\text{H}14$

1). Обдирка отверстия с  $D_{0.1.1}=\varnothing 60,1_{-0,7}^{+1,3}$  на  $D_{2.5}=\varnothing 63,2H15^{(+1,2)}$  во 5-м переходе 2-й операции.

Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 с углом в плане  $90^\circ$ .

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2; K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi V} \times K_{RV} \times K_{QV} \times K_{OV} \\ = 1,2 \times 0,6 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,50$$

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

Глубина резания:  $t=t_{\max} = z_{2,5 \max} = (64,44 - 59,5) \cdot 2 = 2,5 \text{ мм}$ , т.е. за 1 прохода:  $t = 2,47 \text{ мм}$

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,5 = 91,83 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 91,83}{3,14 \cdot 63,2} = 462,74 \text{ об/мин}$$

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	1429,44
$P_y$	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	

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

$$P_z = 10 C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \cdot 300 \cdot 2,47^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 91,83^{-0,15} \cdot 0,7565 = 1429,44 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1429,44 \cdot 91,83}{1020 \cdot 60} = 2,14 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}$ ;  $2,14 < 11$ ;

2). Черновая окончательная расточка отверстия с  $D_{2,5} = \varnothing 63,2H15^{(+1,2)}$  мм до  $D_{2,6} = \varnothing 65H14^{(+0,74)}$ , в 6-м переходе 2-й операции.

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

глубина резания:  $t = (65,74 - 63,24) / 2 = 1,25 \text{ мм}$ ;

Стойкость СМП  $T = 20 \text{ мин}$ ;

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ = 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{20^{0,2} \cdot 1,25^{0,15} \cdot 0,45^{0,35}} \cdot 0,84 = 203,31 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 203,31}{3,14 \cdot 65} = 996,15 \text{ об/мин}$$

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	702,13
$P_y$	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	

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

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,25^1 \cdot 0,45^{0,75} \cdot 203,13^{-0,15} \cdot 0,7565 = 702,13 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{702,13 \cdot 203,31}{1020 \cdot 60} = 2,333 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:  $N_{рез} \leq N_{ст}$ ;  $2,33 < 11$ ;

#### 4. Обработка наружной поверхности Ø135h14

1). Обработка наружной поверхности с  $\text{Ø } 140_{-0,8}^{+1,4}$  до  $\text{Ø } 137,2 \text{ h}15$ , в 7-м переходе 1-й операции.

Резец - из твердого сплава Т15К6 проходной прямой с режущей пластиной

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2; K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

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

Подача:  $s = 0,85 \text{ мм}\backslash\text{об}$ ; (по таблице 11)

Диаметр у торца  $\varnothing 140$ , но потом из-за штамповочного уклона  $\beta = 2^\circ$  диаметр будет увеличиваться на величину  $2\Delta$ :

$$2\Delta = 2 \cdot L \cdot \text{tg}\beta \approx 2 \cdot A_{1.1 \text{ max}} \cdot \text{tg}2^\circ \approx 2 \cdot 29,4 \cdot 0,035 = 2,06 \text{ мм.}$$

Рассчитываем  $d_{0.3 \text{ max}} = \varnothing 140 + 1,4 = 141,4 \text{ мм}$ , а его увеличиваем за счёт штамповочного уклона ещё на  $2,058 \text{ мм}$ , т.е.  $d^*_{0.3 \text{ max}} = 141,4 + 2,06 = 143,46 \text{ мм}$ .

Наибольший припуск при обдирке  $2Z_{\text{max } 0.3} = d^*_{0.3 \text{ max}} - d_{1.7 \text{ min}} = 143,46 - 135,56 = 7,9 \text{ мм}$ ,

где  $d_{0.3} = 140^{(+1,4, -0,8)} \text{ мм}$  и поэтому  $d_{0.3 \text{ min}} = 140 - 0,8 = 139,2 \text{ мм}$ .

Наибольший припуск на сторону  $Z_{\text{max } 0.3} = 7,9/2 = 3,95 \text{ мм}$ , т.е. его придётся удалять за 2 проход:  $t_1 = 2,5 \text{ мм}$ ,  $t_2 = 1,45 \text{ мм}$ .

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^{m_t} s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 2,5^{0.15} \cdot 0,85^{0.35}} \cdot 0,50 = 64,24 \text{ м}\backslash\text{мин}$$

$C_V = 340$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ;  $m=0,20$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 64,24}{3,14 \cdot 137,2} = 149,12 \text{ об}\backslash\text{мин}$$

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	1	1	1	1	0,85	3244,05
$P_y$	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1	1	1	0,85	
$P_x$	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1	1	1	0,85	

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

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 4,5^1 \cdot 0,85^{0,75} \cdot 64,24^{-0,15} \cdot 0,50 = 3244,05 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{3244,05 \cdot 64,24}{1020 \cdot 60} = 3,4 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3,4 < 11$ ;

2). Черновая предварительная обточка наружной поверхности с  $\varnothing 137,25h15$  до  $\varnothing 135h14$ , в 8-м переходе 1-й операции.

Подача:  $s = 0,36$  мм\об;

Глубина резания:  $t = (137,16 - 134) \cdot 2 = 1,59$  мм;

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T m_t^{x_s} s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 1,58^{0.15} \cdot 0,36^{0.45}} \cdot 0,50 = 114,36 \text{ м\мин}$$

$C_V = 340$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ;  $m=0,20$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 114,36}{3,14 \cdot 135} = 115,62 \text{ об\мин}$$

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	1	1	1	1	0,85	905,28
$P_y$	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1	1	1	0,85	
$P_x$	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1	1	1	0,85	

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

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,59^1 \cdot 0,36^{0,75} \cdot 114,36^{-0,15} \cdot 0,85 = 913,88 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{913,88 \cdot 114,36}{1020 \cdot 60} = 1712 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:  $N_{рез} \leq N_{ст}$ ;  $1,71 < 11$

## 5. Обработка наружной поверхности $\varnothing 90h7$

1). Обработка наружной поверхности с  $\varnothing 96,3_{-0,7}^{+1,3}$  до  $\varnothing 93,7h15$ , в 7-м переходе 2-й операции.

Резец - из твердого сплава Т15К6 проходной прямой с режущей пластиной

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,2; K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{\Pi V} \times K_{IV} \times K_{\varphi V} \times K_{RV} \times K_{QV} \times K_{OV} = 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,73 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,85$$

Подача:  $s = 0,7 \times 0,75 = 0,52$  мм\об;(по тоблице 11)

Глубина резания:  $t = t_{\max} = z_{2,7 \max} = (97,7 - 92,3) \sqrt{2} = 2,7$  мм , т.е.за 1прохода:

$t = 2,7$  мм

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 2,7^{0.15} \cdot 0,52^{0.45}} \cdot 0,85 = 88,6 \text{ м\мин}$$

$C_V = 340$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ;  $m=0,20$ (ПО ТОБЛИЦЕ)

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 88,6}{3,14 \cdot 93,7} = 288,73 \text{ об\мин}$$

Сила резания:

Сил а	$C_P$	$x$	$y$	$n$	$K_{M_p}$	$K_{\phi_p}$	$K_{\gamma_p}$	$K_{\lambda_p}$	$K_{r_p}$	$K_P$	$P_{z,y,x}$ , Н
$P_z$	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1	1	1	0,85	1633,28
$P_y$	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1	1	1	0,85	
$P_x$	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1	1	1	0,85	

$$K_{P_z} = K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85$$

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,7^1 \cdot 0,52^{0,75} \cdot 88,6^{-0,15} \cdot 0,50 = 1633,28 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1633,28 \cdot 84,95}{1020 \cdot 60} = 2,27 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}$ ;  $2,27 < 11$ ;

2). Обработка наружной поверхности с  $\varnothing 93,7$ h15 до  $\varnothing 91,7$ h12 в 8-м переходе 2-й операции.(для черновой)

Подача:  $s = 0,45$  мм\об;

Глубина резания:  $t = (93,7 - 91,35) \sqrt{2} = 1,18$  мм;

Стойкость:  $T = TK_{TH} = 15$  мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{15^{0.2} \cdot 1,18^{0.15} \cdot 0,45^{0.45}} \cdot 0,85 = 239,89 \text{ м\мин}$$

$C_V = 340$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ;  $m=0,20$ (ПО ТОБЛИЦЕ)

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 239,89}{3,14 \cdot 91,7} = 833,13 \text{ об\мин}$$

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	1	1	1	1	0,85	728,18
$P_y$	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1	1	1	0,85	
$P_x$	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1	1	1	0,85	

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

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,18^1 \cdot 0,45^{0,75} \cdot 239,89^{-0,15} \cdot 0,85 = 728,18 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{728,18 \cdot 239,89}{1020 \cdot 60} = 2,85 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 2,85 < 11;$$

3). Получистовая обточка наружной поверхности с  $\varnothing 91,7 \text{h}12$  до  $\varnothing 90,9 \text{h}9$  в 9-м переходе 2-й операции. (для получистовой)

$$\text{Подача: } s = 0,20 \text{ мм/об};$$

$$\text{Глубина резания: } t = (91,7 - 90,813) \sqrt{2} = 0,44 \text{ мм};$$

$$\text{Стойкость: } T = TK_{TH} = 15 \text{ мин};$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{15^{0,2} \cdot 0,44^{0,15} \cdot 0,20^{0,45}} \cdot 0,85 = 414,30 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 340; x=0,15; y=0,45; m=0,20 \text{ (ПО ТОБЛИЦЕ)}$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 414,30}{3,14 \cdot 90,9} = 1451,5 \text{ об/мин}$$

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	1	1	1	1	0,85	137,7
$P_y$	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1	1	1	0,85	
$P_x$	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1	1	1	0,85	

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

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,45^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 414,30^{-0,15} \cdot 0,85 = 137,7 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{137,7 \cdot 414,30}{1020 \cdot 60} = 0,93 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 0,93 < 11;$$

## 1.9.2. Сверлильная обработка

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

Для 3 операции мы выбираем такой сверлильный станок Модель 2A135

Сверление деталей из быстрорежущей стали Р6М5, производится спиральными сверлами.

Диаметр сверла:  $D=10\text{мм}$ ;

длина отверстия: 20 мм;

Подача:  $s=0,15\text{ мм/об}$  ( по таблице 25)

Стойкость инструмента:  $T=25\text{мин}$ , есть охлаждение. ( по таблице 30)

Поправочные коэффициенты:

$$K_v = K_{Mv} \times K_{uv} \times K_{lv} = 0,85 \times 1 \times 1 = 0,85$$

где  $K_{Mv}$  – коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала(см. табл.1-4) ;

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

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

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{610} \right)^{-0,9} = 0,85 \quad ; \quad K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} =$$

0,85

$K_{uv}=1$ ;  $K_{lv}=1$ .

Скорость резания, м/мин, при сверлении:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^{m_s y}} K_v = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 0,85 = 28,99 \text{ м/мин}$$

$C_v=7,0$  ;  $q=0,40$  ;  $y=0,70$ ;  $m=0,20$

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

Крутящий момент:

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

$C_M=0,0345$ ;  $q=2,0$ ;  $y=0,8$ ;  $K_p=K_{MP}=0,85$

$$\text{Сила резания: } P_o = 10 C_p D^q S^y K_p = 10 \times 68 \times 10^1 \times 0,15^{0,8} \times 0,85 = 126,7 \text{ Н}$$

$$C_p=68; q=1,0; y=0,7.$$

$$\text{Мощность: } Ne = M_{кр} \times n / 9750 = 6,43 \times 923,25 / 9750 = 0,61 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка мощности: } Z_{рез} \leq Z_{ст}; 0,61 < 4,5;$$

## 2. Зенкование 4-х отверстий поочередно на глубину 8 мм

Диаметр зенковки:  $D=13\text{мм}$ ; диаметр отверстия предварительно обработанного:  $d=10\text{мм}$ ; глубина резания:  $t = 0,5 (D - d) = 1,5 \text{ мм}$ .

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

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

Поправочные коэффициенты:

$$K_v = K_{Mv} \times K_{uv} \times K_{lv} = 0,85 \times 1 \times 1 = 0,85$$

Скорость резания, м/мин, при зенкерованием:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{16,3 \cdot 13^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 1,5^{0,2} \cdot 0,5^{0,5}} \cdot 0,85 = 14,04 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 14,04}{3,14 \cdot 13} = 343,95 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^{qt} s^y K_p = 10 \times 0,09 \times 13^1 \times 1,5^{0,9} \times 0,5^{0,8} \times 0,85 = 8,23 \text{ Н·м}$$

$$C_M=0,09; q=1,0; x=0,9; y=0,8; K_p=K_{mp}=0,85$$

$$\text{Сила резания: } P_o = 10 C_p D^{qt} s^y K_p = 10 \times 67 \times 13^0 \times 1,5^{1,2} \times 0,5^{0,65} \times 0,85 = 590,38 \text{ Н}$$

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

$$\text{Мощность: } Ne = M_{кр} \times n / 9750 = 8,23 \times 343,95 / 9750 = 0,29 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка мощности: } Z_{рез} \leq Z_{ст}; 0,29 < 4,5;$$

### 1.9.3. Шлифовальные операции

#### 1. Шлифовать наружную поверхность до диаметра $\varnothing 90h7$

Для данной операции выбираем круглошлифовальный станок 3У142. Выбор шлифовального круга (в маркировке круга 25А 50 СМ2 7К5): Белый

электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ2, структура 7, керамическая связка из К5

Вид шлифования: круглое наружное

Обрабатываемый материал: СЗН – сталь закаленная и незакаленная

Скорость вращения круга:  $v_k=30$  м/с.

Скорость вращения заготовки:  $v_z=15$  м/с.

Глубина шлифования:  $t=0,01$  мм.

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

Продольная подача:  $s=0,5b=7,5$  мм.

Поперечная подача:  $s_p=0,05$  мм

Частота вращения детали:  $n = \frac{1000 \cdot 15}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 15}{3,14 \cdot 90} = 53,08$  об/мин

Частота вращения круга:  $n = \frac{1000 \cdot 30}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 600} \cdot 60 = 955$  об/мин

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N v_z^x s^y p^q d^q b^z = 2,2 \times 15^{0,5} = 2,6 \text{ кВт}$$

Где  $d$ - диаметра круга  $d=600$  мм,  $b$ - ширина круга  $b=15$  мм.

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

Проверка мощности:  $Z_{рез} \leq Z_{ст}$ ;  $2,6 < 4$ ;

## 2. Внутреннее шлифование отверстия до диаметра Ø72Н7

Для данной операции выбираем внутришлифовальный станок 3У142.

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

Обрабатываемый материал: СЗ– сталь закаленная;

Скорость вращения круга:  $v_k=30$  м/с.

Скорость вращения заготовки:  $v_z=20$  м/мин.

Глубина шлифования:  $t=0,005$  мм.

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

Продольная подача:  $s=0,4b=12$  мм.

Поперечная подача:  $s_p = 0.05 \text{ мм}$

Частота вращения детали:  $n = \frac{1000 \cdot 20}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 72} = 88,5 \text{ об/мин}$

Частота вращения круга:  $n = \frac{1000 \cdot 30}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 32} \cdot 60 = 17914 \text{ об/мин}$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N v^r s^y p^q d^z = 0,36 \times 20^{0,35} \times 32^{0,3} = 2,9 \text{ кВт}$$

Где  $d$ - диаметра круга  $d=32 \text{ мм}$ ,  $b$ - ширина круга  $b=30 \text{ мм}$ .

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

Проверка мощности:  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}$ ;  $2,9 < 4$ ;

## 1.10. Нормирование технологических операций

### 1.10.1.

### Расчет основного времени

Основное время – это время резания, но более точно – это время включённой рабочей подачи  $s$ . Оно зависит от длины обрабатываемой поверхности заготовки  $l$  (её длины в направлении подачи), от длины установки режущего лезвия до обрабатываемой поверхности  $l_{сх}$  перед включением рабочей подачи и длины перехода  $l_{пл}$  после обработки для предотвращения образования заусенца на обработанной поверхности.

Иногда используется следующее условное обозначение:  $l_{сх}$  – расстояние установки режущего инструмента перед включением рабочей подачи (длина холостого хода – с.х., т.е. идёт рабочая подача, но ещё нет резания, или ход до врезания);  $l_{пл}$  – расстояние перемещения инструмента после окончания резания на рабочей подаче (перехода лезвия – п.л.);  $l_v$  – длина врезания зависит от глубины резания  $t_i$  (обычно используется наибольшая глубина резания  $t$  на данном проходе  $i$ ) и главного угла в плане  $\varphi$  режущего инструмента:  $l_{вр} = \frac{t_1}{\text{tg}\varphi}$ .

Основное время для токарных работ рассчитаем по формуле [2, с. 603]:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}$$

Где  $L$  – длина расчётной обработки, мм;

$i$  – число рабочих ходов;

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

$S$  – подача, мм/об или мм/мин.

Длина расчётной обработки [2, с. 610]:

$$L = l + l_{\text{в}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}};$$

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

$l_{\text{в}}$  – длина врезания резца, мм

$l_{\text{сх}}$  – длина схода резца, мм;

$l_{\text{пл}}$  – длина подвода режущего лезвия резца, мм.

При обработке на проход принимаем:  $l_{\text{сх}} = l_{\text{пл}} = 1$  мм; при обработке резцом с главным углом в плане  $\varphi = 90^\circ$  (при обработке в упор)  $l_{\text{сх}} = 0$  мм.

Врезания инструмента:

$$l_{\text{в}} = \frac{t}{\text{tg}\varphi},$$

Где  $t$  – глубина резания, мм ;  $\varphi$  – главный угол в плане,  $^\circ$ .

Так как формула для основного времени:

$$T_o = \frac{(l + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot i}{n \cdot S}$$

При выборе подачи  $s$  и частоты вращения шпинделя  $n$  необходимо использовать не рассчитанные и предварительно принятые их величины, а паспортные величины принятой модели станка. Токарные операции выполняются на станке 16К20, поэтому будем использовать следующие величины  $n$  (рис. 1.10.1) и подачи:

/min				
	1:32	1:8	1:2	1,25:1
1	12,5	50	200	500
2	16	63	250	630
3	20	80	315	800
4	25	100	400	1000
5	31,5	125	500	1250
6	40	160	630	1600

Рис. 1.9.1. Частоты вращения шпинделя  $n$  (об/мин) токарного станка 16К20

0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 7;

Рис. 1.9.2. Продольные подачи  $s$  (мм/об) токарного станка 16К20. Поперечные подачи автоматически будут в 2 раза меньше

## 1.10.2. Расчёт основного времени для токарной операции

### 1. Первая операция

Переход 1: подрезка торца за 2 прохода  $(l=d_{0,3} - D_{0,2})/2=(141,4-64,8)/2 = 38,3$  мм;

При настройке коробки подач на  $s = 1$  мм/об включение поперечной подачи даёт реальную подачу  $s = s_{\text{поп}} = 1/2 = 0,5$  мм/об (см. надпись рис. 1.10.2).

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot 1}{n \cdot s} = \frac{(38,3 + \frac{3,5}{\text{tg}45} + 1 + 1) \cdot 2}{250 \cdot 0,5} = 0,67 \text{ мин}$$

Переход 2: подрезка торца  $(l=d_{0,3}-D_{0,2}) /2=38,3$  мм

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot 1}{n \cdot s} = \frac{(38,3 + \frac{1,59}{\text{tg}45} + 1 + 1) \cdot 1}{630 \cdot 0,35} = 0,39 \text{ мин}$$

Переход 3: обдирка отверстия.  $(l= A_{1,3\text{max}} \approx 70)$

$A_{1,3} = A_{1,5,1} - A_{1,5,2} + 1$  мм =  $(70 \pm 0,37) - (2^{+0,25}) + 1 = 69^{+0,37}_{-0,62} \approx 70$  мм (для нормирования).

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot 2}{400 \cdot 0,6} = \frac{(70 + 0 + 1) \cdot 2}{400 \cdot 0,6} = 0,59 \text{ мин.}$$

Переход 4: растачивание отверстия.  $(l= A_{1,3\text{max}} \approx 70)$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot 1}{1049,94 \cdot 0,36} = \frac{(70 + 1 + 1) \cdot 1}{1043,94 \cdot 0,36} = 0,192 \text{ мин}$$

Переход 5: растачивание отверстия.  $(l= A_{1,3\text{max}} \approx 70)$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot 1}{1230,57 \cdot 0,35} = \frac{(70 + 1 + 1) \cdot 1}{1230,57 \cdot 0,35} = 0,163 \text{ мин}$$

Переход 6: расточить фаску

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot 1}{1250 \cdot 0,17} = \frac{(2 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{1250 \cdot 0,17} = 0,014 \text{ мин.}$$

Переход 7: обточить наружный диаметр буртика:

$l = A_{0,1} - (A_{0,2} - A_{1,2}) = 28,3^{+1,1}_{-0,5} - (84,2^{+1,3}_{-0,7} - 79,3^{-0,74})$ ;  $l_{\text{max}} = 29,4 - (83,5 - 79,3) = 25,2$  мм.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot 2}{160 \cdot 0,75} = \frac{(25,2 + 1 + 1) \cdot 2}{160 \cdot 0,75} = 0,453 \text{ мин.}$$

Переход 8: обточить наружный диаметр.  $(l=A_{0,1}=28,3)$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{250 \cdot 0,35} = \frac{(25,2 + 1 + 1) \cdot 1}{250 \cdot 0,35} = 0,31 \text{ мин.}$$

## 2. вторая операция

Переход 1: подрезка торца.  $l = (d_{0,2} - D_{0,1,1}) / 2 = 19,2 \text{ мм.}$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{250 \cdot 0,35} = \frac{(19,2 + \frac{2,02}{\text{tg}45} + 1 + 1) \cdot 1}{250 \cdot 0,35} = 0,27 \text{ мин.}$$

Переход 2: подрезка торца.  $l = (d_{0,2} - D_{0,1,1}) / 2 = 19,2 \text{ мм.}$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = \frac{(19,2 + \frac{1,22}{\text{tg}45} + 1 + 1) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = 0,18 \text{ мин.}$$

Переход 3: подрезка торца.  $l = (d_{1,8} - d_{0,2}) / 2 = 18,65 \text{ мм}$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = \frac{(18,65 + \frac{2,02}{\text{tg}45} + 1 + 1) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = 0,18 \text{ мин}$$

Переход 4: подрезка уступов  $l = (d_{1,8} - d_{0,2}) / 2 = 18,65 \text{ мм}$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = \frac{(18,65 + \frac{2,21}{\text{tg}45} + 1 + 1) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = 0,18 \text{ мин}$$

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

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{500 \cdot 0,4} = \frac{(6 + 1 + 1) \cdot 1}{500 \cdot 0,4} = 0,04 \text{ мин}$$

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

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{1000 \cdot 0,35} = \frac{(6 + 1 + 1) \cdot 1}{1000 \cdot 0,35} = 0,023 \text{ мин}$$

Переход 7: обдирка наружного поверхности. ( $l = A_{2,2} - A_{2,7} = 76 - 22,28 = 53,72 \text{ мм}$ )

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = \frac{(53,72 + 1 + 1) \cdot 1}{250 \cdot 0,5} = 0,446 \text{ мин}$$

Переход 8: обточка черная поверхность. ( $l = A_{2,2} - A_{2,8} = 76 - 21,58 = 54,52 \text{ мм}$ )

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{315 \cdot 0,4} = \frac{(54,52 + 1 + 1) \cdot 1}{315 \cdot 0,4} = 0,449 \text{ мин}$$

Переход 9: полустальная обточка поверхность. ( $l = A_{2,2} - A_{2,9} = 76 - 21,58 = 55,12 \text{ мм}$ )

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{315 \cdot 0,2} = \frac{(55,12 + 1 + 1) \cdot 1}{315 \cdot 0,2} = 0,907 \text{ мин}$$

Переход 10: обточка канавки .

$$l=(d_{2,8} - d_{2,9})/2=(91,7_{-0,35} - 88_{-0,87})/2=2,85 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{400 \cdot 0,1} = \frac{(2,285 + 0 + 1) \cdot 1}{400 \cdot 0,1} = 0,08 \text{ мин.}$$

Переход 11: расточка канавки шириной 2 мм с длиной хода  $l$

$$l=(D_{2,11} - D_{1,4})/2=(74^{+0,74} - 70,4^{+0,3})/2=2,17 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{400 \cdot 0,1} = \frac{(2,17 + 0 + 1) \cdot 1}{400 \cdot 0,1} = 0,05 \text{ мин.}$$

Переход 12 : расточка фаски ( $l=A_{2,12}=2 \text{ мм}$ )

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{462,74 \cdot 0,4} = \frac{(2 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{400 \cdot 0,1} = 0,05 \text{ мин.}$$

Переход 13 : растачивание фаски. ( $l=A_{2,13}=2 \text{ мм}$ )

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{400 \cdot 0,1} = \frac{(2 + 0 + 0 + 1) \cdot 1}{400 \cdot 0,1} = 0,05 \text{ мин}$$

**Основное время для 3 операции - вертикально-сверлильной операции**

Переход 1 : сверление на проход 4-х отверстий  $\varnothing 10H12$ .  $l=A_{2,9}=20 \text{ мм}$ .

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{923,25 \cdot 0,15} = \frac{(20 + \frac{5}{tg60} + 1 + 1) \cdot 4}{1000 \cdot 0,15} = 0,66 \text{ мин.}$$

Переход 2 : сверление на проход 4-х отверстий  $\varnothing 6,8^{+0,2}$  под резьбу М8-7Н.

$$l=A_{2,9}=20h14(-0,52) \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 1}{923,25 \cdot 0,15} = \frac{(20 + \frac{3,5}{tg60} + 1 + 1) \cdot 4}{1000 \cdot 0,15} = 0,64 \text{ мин.}$$

Переход 3: зенкерование 4-х отверстий на глубину  $l=8 \text{ мм}$ .

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 4}{300 \cdot 0,2} = \frac{(8 + 0 + 0 + 1) \cdot 4}{300 \cdot 0,2} = 0,6 \text{ мин.}$$

Переход 4 : нарезание резьбы в 4-х отверстиях. .  $l=A_{2,9}=20 \text{ мм}$ .

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + l_{зах} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 4}{343,95 \cdot 1,25} = \frac{(20 + 15 + 1 + 1) \cdot 4}{300 \cdot 1,25} = 0,39 \text{ мин.}$$

**Основное время для 4 термической обработки.**

Нагреваемое время и выдерживаемое время в печи и последующее охлаждение:

$t_{\text{цикла}} = 40$  (выдержка в печи) + 15 (охлаждение) = 55 минут. Затем отпуск  $t_{\text{цикла}} = 35$  минут., всего 90 минут (1,5 часа).

### Основное время для 5 операций - круглошлифовальной операции:

Переход 1: шлифование поверхности:  $l_{\text{max}} = A_{2,2} - A_{2,9} = 76_{-0,74} - 20_{-0,52} = 56,52$  мм. Рассчитываем число проходов

$$i = 2 \cdot z_{\text{max}} / (2 \cdot t) = 2 \cdot z_{\text{max}5.1} / (2 \cdot t_{5.1}) = (d_{1.5 \text{ max}} - d_{5.1 \text{ min}}) / (2 \cdot 0,05) = (90,9 - 90,146) / (2 \cdot 0,05) = 7,54 \approx$$

$\approx 8$  рабочих ходов.

где  $d_{1.5} = 90,9 \text{ h}9_{(-0,087)}$ ,  $d_{5.1} = 90,2 \text{ h}8_{(-0,054)}$ .

Ширина круга  $b = 30$  мм (0,3...0,5  $l_{\text{обаб.длины}}$ ); диаметр круга  $d = 600$  мм; отверстие  $D = 50$  мм;

Продольная подача:  $s = 0,8 \cdot b_{\text{кр}} = 0,8 \cdot 30 = 24$  мм/об.заг.

С учётом двух выхаживающих проходов общее число проходов  $i = 10$  шт.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{\text{tg}\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пл}}) \cdot 10}{53 \cdot 24} = \frac{(56,52 + 0 + 0 + 10) \cdot 10}{53 \cdot 24} = \frac{(56,52 + 0 + 0 + 10) \cdot 10}{53 \cdot 24} = 0,52$$

мин.

Необходимо учитывать  $2i$ , потому что абразивный круг происходит вывод из зоны резания и его обратное возвращение на той же подаче, поэтому общее основное время на первом переходе пятой операции  $T_{5.1 \text{ o}} = 1,04$  мин.

Переход 2: шлифование поверхности:  $l_{\text{max}} = A_{2,2} - A_{2,9} = 76_{-0,74} - 20_{-0,52} = 56,52$  мм.

Рассчитываем число проходов

$$i = 2 \cdot z_{\text{max}} / (2 \cdot t) = 2 \cdot z_{\text{max}5.2} / (2 \cdot t_{5.2}) = (d_{5.1 \text{ max}} - d_{5.2 \text{ min}}) / (2 \cdot 0,03) = (90,2 - 89,965) / (2 \cdot 0,03) = 3,92 \approx$$

$\approx 4$  рабочих хода.

$$d_{5.1} = 90,2h8_{(-0,054)}, \quad d_{5.2} = 90h7_{(-0,035)}.$$

С учётом двух выхаживающих проходов общее число проходов  $i = 6$  шт.

Ширина круга  $b=30$  мм; диаметр круга  $d=600$  мм; отверстие  $D=50$  мм;

Продольная подача:  $s=0,3 \cdot b_{кр}=0,3 \cdot 30=9$  мм/об.заг.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 6}{53 \cdot 9} = \frac{(56,52 + 0 + 0 + 10) \cdot 6}{53 \cdot 9} = 0,84 \text{ мин}$$

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  $T_{5.2.0} = 1,68$  мин.

### **Основное время для 6 операций - внутришлифовальной операции:**

Скорость вращения заготовки:  $v_3=20$  м/мин.

Глубина шлифования:  $t=0,02$ мм (поперечная подача на двойной ход).

Ширина круга  $b=20$  мм; диаметр круга  $d=32$  мм; отверстие  $D=10$  мм;

Продольная подача:  $s=0,4 \cdot b=8$  мм/об.заг.

Поперечная подача:  $s_p=0,02$  мм/дв.ход.

$$\text{Частота вращения детали: } n = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 72} = 88,46 \approx 90 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Частота вращения круга: } n = \frac{1000 \cdot 30}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 30 \text{ м/с}}{3,14 \cdot 32} 60 = 17914 \text{ об/мин.}$$

Переход 1: внутреннее шлифование отверстия длиной  $l_{\max} = A_{6.1}=70$ мм.

Рассчитываем число проходов

$$i = 2 \cdot z_{\max} / (2 \cdot t) = 2 \cdot z_{\max 5.1} / (2 \cdot t_{5.1}) = (D_{6.1 \max} - D_{1.5 \min}) / (2 \cdot 0,02) = (71,846 - 71,1) / (2 \cdot 0,02) = 18,65 \approx 19 \text{ рабочих ходов.}$$

С учётом трёх выхаживающих проходов для внутришлифовальных операций общее число проходов  $i = 22$  шт.

где  $D_{1.5} = 71,1H9^{(+0,074)}$ ,  $D_{6.1} = 71,8H8^{(+0,046)}$ .

Ширина круга  $b=20$  мм; диаметр круга  $d=32$  мм; отверстие  $D=10$  мм;

Продольная подача:  $s=0,3 \cdot b=6$  мм/об.заг.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 22}{90 \cdot 8} = \frac{(70 + 0 + 0 + 10) \cdot 22}{90 \cdot 8} = \frac{(70 + 0 + 0 + 10) \cdot 22}{90 \cdot 8} = 2,44 \text{ мин.}$$

Необходимо учитывать  $2i$ , потому что абразивный круг происходит вывод из зоны резания и его обратное возвращение на той же подаче, поэтому общее основное время на первом переходе пятой операции  $T_{6.1o} = 4,88$  мин.

Переход 2: внутреннее шлифование отверстия длиной  $l_{\max} = A_{6,1} = 70$  мм. Рассчитываем число проходов при принятой глубине шлифования:  $t = 0,01$  мм (поперечная подача на двойной ход).

$$i = 2 \cdot z_{\max} / (2 \cdot t) = 2 \cdot z_{\max 5.1} / (2 \cdot t_{5.1}) = (D_{6.2 \max} - D_{6.1 \min}) / (2 \cdot 0,01) = (72,03 - 71,8) / (2 \cdot 0,01) = 11,5 \approx$$

$\approx 12$  рабочих ходов.

где  $D_{6.1} = 71,8H8^{(+0,046)}$ ,  $D_{6.2} = 72H7^{(+0,03)}$ .

С учётом трёх выхаживающих проходов для внутришлифовальных операций общее число проходов  $i = 15$  шт.

Скорость вращения заготовки:  $v_3 = 20$  м/мин.

$$n_3 = (1000 \cdot v_3) / (\pi \cdot D_3) = (1000 \cdot 20) / (\pi \cdot 72) = 88,5 \approx 90 \text{ об/мин.}$$

Ширина круга  $b = 20$  мм; диаметр круга  $d = 32$  мм; отверстие  $D = 10$  мм;

Продольная подача:  $s = 0,3 \cdot b = 6$  мм/об.заг.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + \frac{t_1}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пл}) \cdot 15}{90 \cdot 6} = \frac{(70 + 0 + 0 + 10) \cdot 15}{90 \cdot 6} = \frac{(70 + 0 + 0 + 10) \cdot 15}{90 \cdot 6} = 1,94 \text{ мин.}$$

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  $T_{6.2o} = 3,89$  мин.

### 1.10.3. Определение штучно-калькуляционного времени

В единичном производстве определяют норма штучно-калькуляционного времени  $T_{шт.к}$

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт}$$

Определяем штучное время:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{o.o}$$

где  $T_0$ -основное время,мин

$T_B$ -вспомогательное время,мин

$T_{o.o}$ - время на обслуживание и отдых.

Определяем вспомогательное время:

$$T_{всп.} = T_{у.с} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из};$$

где  $T_{уст.}$ - время на установки и снятия детали;

$T_{з.о.}$ - время на закрепления и открепления детали;

$T_{уп}$ - время на управления станком;

$T_{из}$ - время на измерения детали;

(Обычно вспомогательное время определяется на переход от 0,1 до 0,4мин, которое связано с точностью обработки и сложностью деталей.)

Подготовительно-заключительное время  $T_{п.з}$  на переход от 20 до 40 мин.

$n$  - количество обрабатываемых деталей в партии,  $n=480$  шт. Расчёт партии деталей. Принимаем, что необходима работа без перенастройки на другую деталь для мелкосерийного производства не менее 4-х смен (двое суток без перенастройки).

$$\text{Партия деталей } n = 420 \text{ мин} \times 4 \text{ смены} / t_{шт-к ср.} = 420 \cdot 4 / 3,49 = 480 \text{ шт.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + \sum(T_0 + T_B) + T_{o.o} \text{ (мин).}$$

**Для первой операции**

$$T_0 = \sum t_0 = 2,782 \text{ мин.}$$

Общее время вспомогательного:

$$T_{у.с} + T_{з.о.} = 0,18 \text{ мин; } T_{уп} = 0,25 \text{ мин; } T_{изм} = 0,15 \text{ мин;}$$

$$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 0,18 + 0,25 + 0,15 = 0,58 \text{ мин;}$$

Время оперативного:

$$T_{опер.} = T_0 + T_{всп} = 3,411 + 0,58 = 3,991 \text{ мин} \approx 4 \text{ мин;}$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 5\% \cdot T_{\text{опер}} = 5\% \cdot 4 = 0,20 \text{ мин};$$

Время штучного:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_B + T_{o.o.} = 2,782 + 0,58 + 0,20 = 3,562 \text{ мин}$$

Время штучно-калькуляционного:

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{30}{480} + 3,562 = 3,6245 \approx 3,62 \text{ мин};$$

### Для второй операции

$$T_0 = \sum t_0 = 2,905 \text{ мин}$$

Общее время вспомогательного:

$$T_{y.c.} + T_{z.o.} = 0,5 \text{ мин}; T_{y.n.} = 0,65 \text{ мин}; T_{изм.} = 0,3 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = T_{y.c.} + T_{z.o.} + T_{y.n.} + T_{изм.} = 0,2 + 0,65 + 0,3 = 1,15 \text{ мин};$$

Время оперативного:

$$T_{\text{опер.}} = T_0 + T_{\text{всп}} = 2,905 + 1,15 = 4,055 \approx 4 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 5\% \cdot T_{\text{опер}} = 5\% \cdot 4 = 0,2 \text{ мин};$$

Время штучного:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_B + T_{o.o.} = 2,905 + 1,15 + 0,2 = 4,255 \text{ мин}$$

Время штучно-калькуляционного:

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{60}{480} + 4,255 = 4,38 \text{ мин};$$

### Для третьей операции

$$T_0 = \sum t_0 = 2,29 \text{ мин}$$

Общее время вспомогательного:

$$T_{y.c.} + T_{z.o.} = 0,04 \text{ мин}; T_{y.n.} = 0,06 \text{ мин}; T_{изм.} = 0,03 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = T_{y.c.} + T_{z.o.} + T_{y.n.} + T_{изм.} = 0,04 + 0,06 + 0,03 = 0,13 \text{ мин};$$

Время оперативного:

$$T_{\text{опер.}} = T_0 + T_{\text{всп}} = 2,29 + 0,13 = 2,42 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 5\% \cdot T_{\text{опер}} = 5\% \cdot 2,42 = 0,121 \text{ мин};$$

Время штучного:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_B + T_{o.o.} = 2,29 + 0,13 + 0,121 = 2,541 \approx 2,54 \text{ мин}$$

Время штучно-калькуляционного:

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{30}{480} + 2,54 = 2,6 \text{ мин};$$

### **Для пятой операции**

$$T_0 = \sum t_0 = 2,72 \text{ мин}$$

Общее время вспомогательного:

$$T_{y.c.} + T_{z.o.} = 0,15 \text{ мин}; T_{y.p.} = 0,2 \text{ мин}; T_{\text{изм}} = 0,1 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = T_{y.c.} + T_{z.o.} + T_{y.p.} + T_{\text{изм.}} = 0,15 + 0,2 + 0,1 = 0,45 \text{ мин};$$

Время оперативного:

$$T_{\text{опер.}} = T_0 + T_{\text{всп}} = 2,72 + 0,45 = 3,17 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 5\% \cdot T_{\text{опер}} = 5\% \cdot 3,17 \approx 0,16 \text{ мин};$$

Время штучного:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_B + T_{o.o.} = 2,72 + 0,45 + 0,16 = 2,88 \text{ мин}$$

Время штучно-калькуляционного:

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{60}{480} + 2,88 = 3,005 \approx 3 \text{ мин};$$

### **Для шестой операции**

$$T_0 = \sum t_0 = 8,77 \text{ мин}$$

Общее время вспомогательного:

$$T_{y.c.} + T_{z.o.} = 0,15 \text{ мин}; T_{y.p.} = 0,2 \text{ мин}; T_{\text{изм}} = 0,1 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = T_{y.c.} + T_{z.o.} + T_{y.p.} + T_{\text{изм.}} = 0,15 + 0,2 + 0,1 = 0,45 \text{ мин};$$

Время оперативного:

$$T_{\text{опер.}} = T_0 + T_{\text{всп}} = 8,77 + 0,45 = 9,22 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 5\% \cdot T_{\text{опер}} = 5\% \cdot 9,22 = 0,461 \text{ мин};$$

Время штучного:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{o.o.} = 8,77 + 0,45 + 0,461 = 9,681 \text{ мин}$$

Время штучно-калькуляционного:

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{60}{480} + 9,681 = 9,806 \approx 9,8 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт-к техпроц}} = \sum T_{\text{шт.к } i} = 23,4 \text{ мин.}$$

## 2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

В качестве технологической оснастки для второй операции выбираем кулачковую фланцевую разжимную оправку по ГОСТ 17531-72. Целью конструкторской части является разработка выбираемого приспособления для второй токарной операций, и расчет силы закрепления и диапазона зажима внутреннего отверстия детали.

### 2.1. Выбор принципа работы разжимной оправки.

Определяем присоединительные габаритной размер разжимной кулачковой фланцевой оправки по ГОСТ 17531-72, принимая во внимание

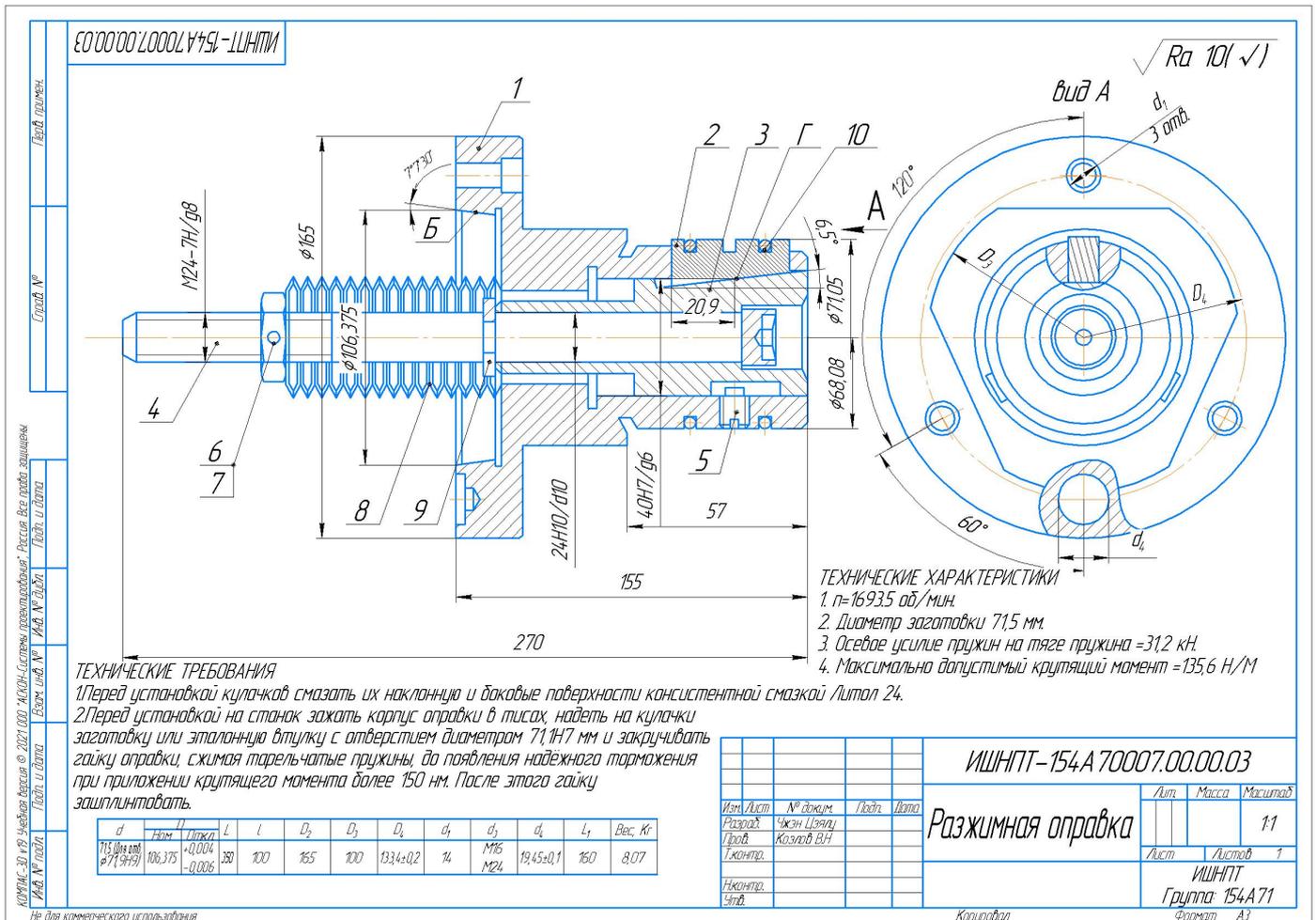


Рис.2.1. Эскиз разжимной оправки.

размеры шпинделя станка:

Таблица. 2.1 Размеры разжимной самоцентрирующей оправки

d	D		L	l	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	Вес, кг
	Ном.	Откл.										
71,05(для отв. Ø 71,1Н9)	106,375	+0,004 -0,006	350	100	165	100	133,4 ± 0,2	14	M16; M24	19,45 ±0,1	160	8,07

Оправка исполнения 1, размерами d = 71,5 мм, выберем D = 82,563 мм:

Оправка 7112-0201 ГОСТ 17531-72.

Назначаем посадочный диаметр  $d$  разжимной оправки под отверстие Ø71,1Н9 ( $^{+0,074}$ ):  $d_{max\ opr} = D_{max\ отв} = 71,174$  мм;  $d_{настр}$  до зажима = 71,08 мм, т.е. минимальный зазор  $S_{min} = D_{min\ отв} - d_{настр}$  до зажима = 71,1 - 71,08 = 0,02 мм позволит обеспечить достаточно лёгкую установку заготовки на разжимную оправку при сжатии её кулачков двумя пружинными кольцами до контакта с наклонной (конической) частью плунжера.

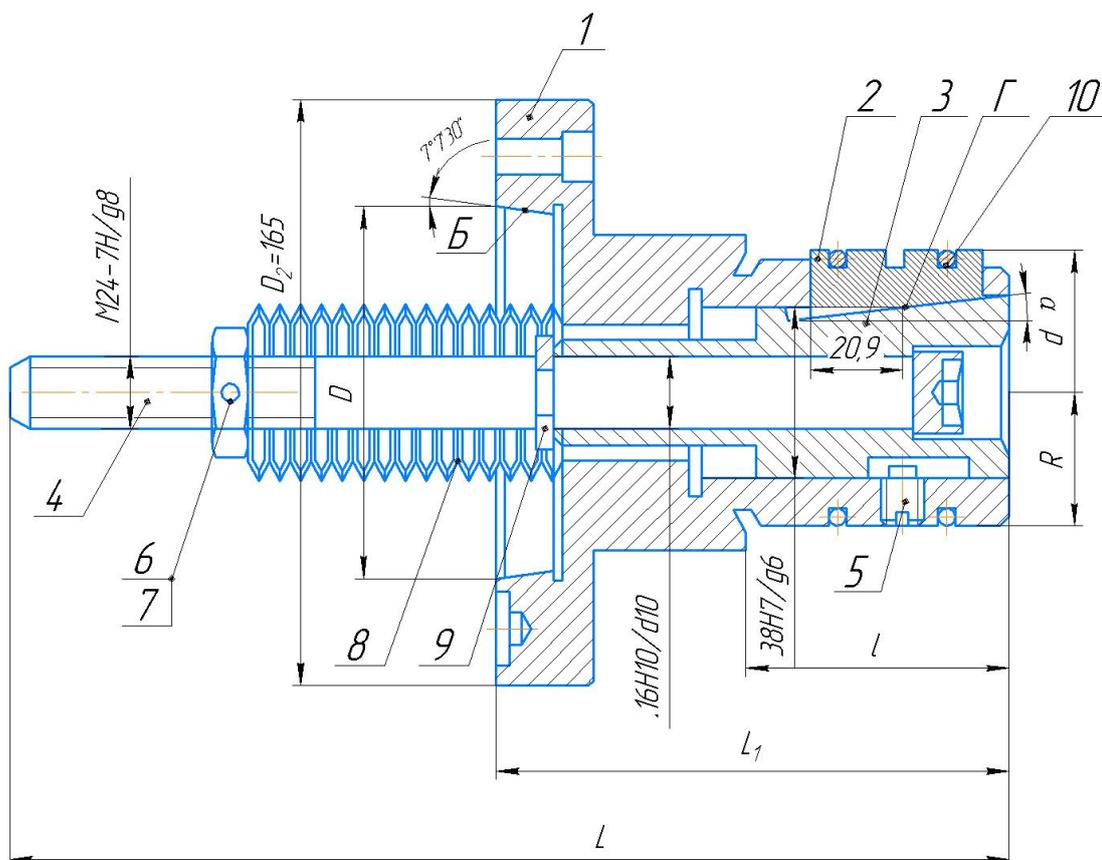


Рис. 2.2 – Разрез разжимной кулачковой оправки

1-корпус оправки; 2-кулачок; 3-плунжер 4-тяги плунжера; 5-винт; 6-гайка; 7-шплинт; 8-пружина тарельчатая; 9-стопорное кольцо; 10-кольцо пружинное; Г – коническая часть плунжера.

Требуемое наибольшее перемещение (ход) кулачков для закрепления заготовки за отверстие  $\varnothing 71,1H9^{(+0,074)}$ :  $\Delta_{\max} = (71,174 - 71,08)/2 = 0,047$  мм.

Оправка состоит из нескольких элементов: надо обеспечивать соосность посадочный конус Б и оправка 1 на коническую часть шпинделя токарного станка, и плунжер 3 перемещается вдоль по цилиндрическому отверстию. Кроме того должна быть хорошая соосность конической части Г плунжера с посадочным конусом Б корпуса оправки и обеспечивать размеры кулачков абсолютно одинаковыми, чтобы предотвратить один кулачок будет выступать по диаметру относительно других.

После сборки оправки и разжатия кулачков до контакта дна канавки посередине кулачков с цельным кольцом за счёт осевого перемещения плунжера 3, оправка устанавливается в шпиндель станка и обтачивается «по месту», чтобы устранить первоначальное биение кулачков, так как есть отклонение от соосности наружной поверхности кулачков соосью вращения шпинделя станка. Надо устанавливать жесткое кольцо (на рис.2.2 не показано) (1 шт.) перед обточкой, чтобы зажать кулачок между цельным кольцом и конической поверхностью плунжера, и он не болтался. После обточки (шлифовки) диаметр уменьшится. Для уменьшения сопротивления перемещению кулачков при зажиме заготовки устанавливаются менее жесткие разрезные пружинные кольца 4 (2 шт.).

При проектировании оправки надо обеспечить радиальное перемещение кулачков не более 0,03 мм, чтобы не увеличился ход кулачков и не уменьшилась точность центровки заготовки.

На рис 2.3. показаны две канавки для размещения в ней

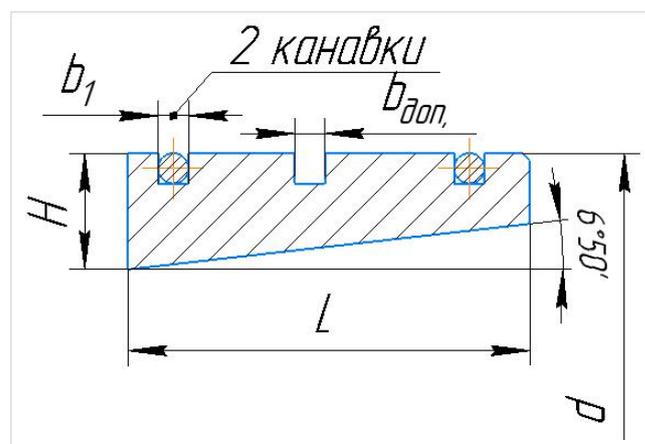


Рис. 2.3. Эскиз кулачка оправки. Дополнительная канавка посередине для размещения в ней цельного кольца при обточке по месту.

двух разрезных (пружинных) колец, чтобы кулачки не рассыпались. Глубина канавок должна быть 3 мм, чтобы кольца не выступали над поверхностью. 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 ( $H=24$  мм,  $L=75$  мм;  $b_{\text{ширина}}=16$  мм, эти размеры по ГОСТ 17528-72).

Для разжимной оправки лучше использовать диафрагменную пневмокамеру одностороннего действия (рис 2.4), которая применяется когда для разжима заготовки требуется сила, больше чем при её зажиме и нужно усилие только вправо (для раскрепления).

Пневмокамера включает корпуса 5 и крышки; между ними соединяют при винтах зажата тарельчатая резиноканевая диафрагма 6 и стальной диск 4

установленный на штоке 8. От распределительного крана сжатый воздух через штуцер 1 поступает в бесштоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму 6 с диском и штоком вправо. Диафрагма перемещается вправо и воздух из штоковой полости через отверстие “а” выбрасывается в атмосферу.

Заготовка устанавливается отверстием  $\text{Ø}D_{\text{отв}} = \text{Ø}71,1\text{H}9$  на кулачки и немного проворачивается на кулачках для обеспечения хорошего контакта с кулачками и прижима её левого торца к торцу буртика корпуса оправки.

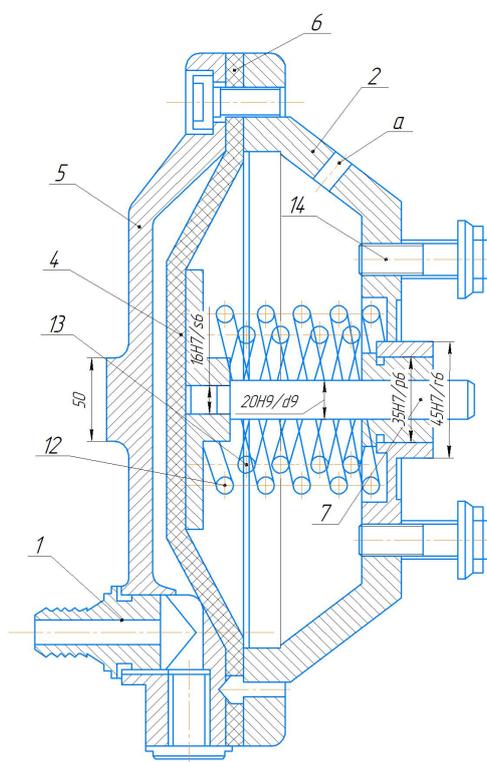


Рис.2.4. Нормализованная пневмокамера одностороннего действия

После этого рукоятка крана распределителя поворачивается оператором, чем перекрывается поступление воздуха в безштоковую зону. Одновременно с этим распределитель открывает выход в атмосферу из безштоковой зоны. Возвратные пружины 2 и 3 отводят (толкают) диафрагму с диском и штоком влево, в штоковой полости диафрагма перемещается влево и выталкивает воздух из безштоковой зоны в атмосферу через кран распределитель.

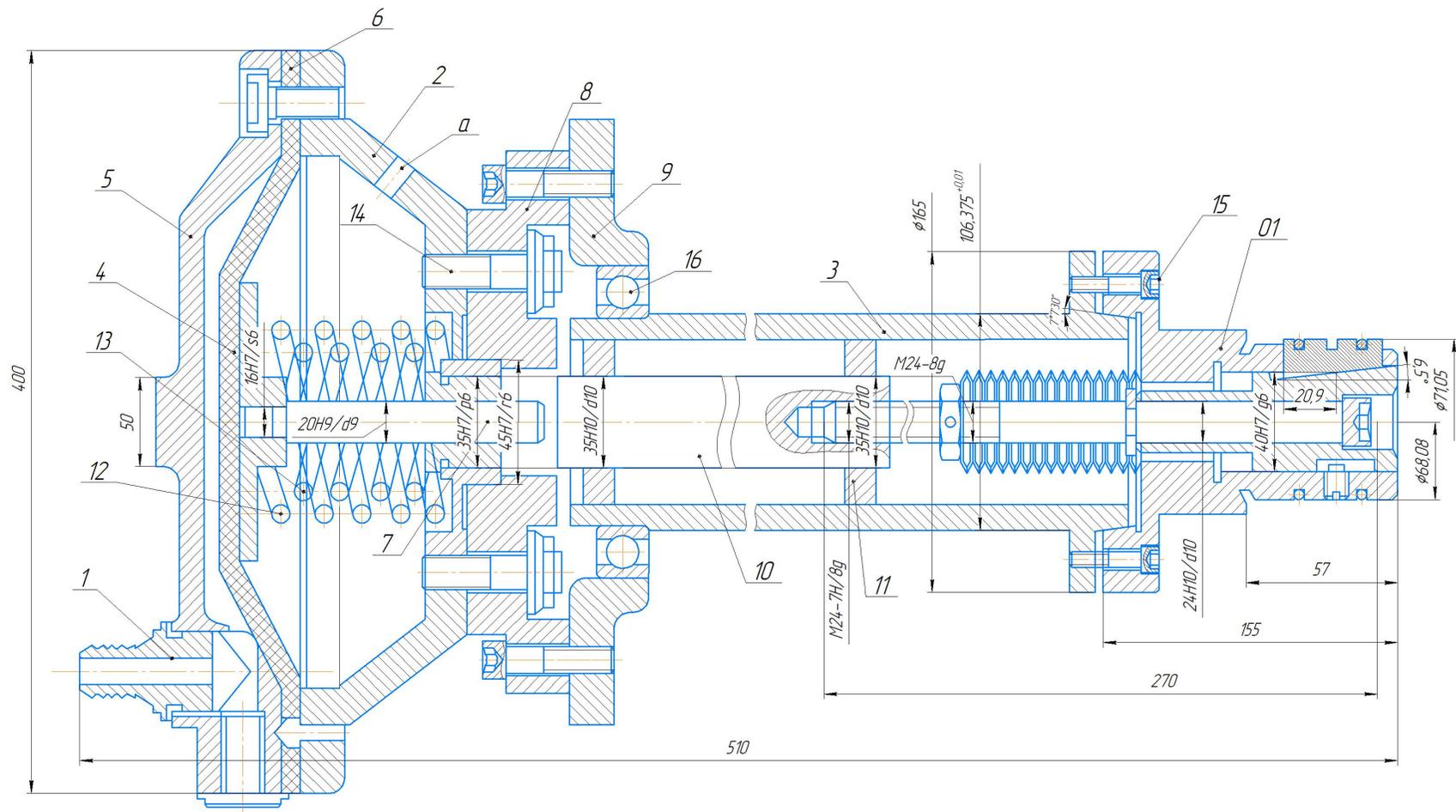


Рис.2.5. Эскиз разжимной фланцевой оправки смембранной пневмокамерой одностороннего действия. Показано крайнее левое положение штока камеры, достигаемое перед включением вращения шпиделя.

1-штуцер; 2-корпус камеры правый; 3-шпидель; 4-стальной диск; 5-крышка камеры; 6-тарельчатая резинотканевая диафрагма; 7-шток камеры; 8-фланцевый кронштейн; 9-корпус бабки; 10-удлинитель(толкатель); 11-пробка (2 шт.); 12и13--пружины; 14-шпилька; 15-болт; 16-подшипник. 17-гайка.

Т.к. сила, направленная вправо, от штока камеры уже отсутствует, то под действием тарельчатых пружин плунжер перемещается влево, выдавливая своими тремя наклонными поверхностями кулачки наружу. Происходит закрепление заготовки кулачками только за счёт усилия тарельчатых пружин. Т.к. перемещение штока камеры влево больше перемещения плунжера с толкателем на 5-8 мм, то между торцом штока и торцом толкателя всегда образуется зазор 5-8 мм, и во время вращения шпинделя нет трения между этими торцами. После этого оператор включает вращение шпинделя и начинается обработка заготовки.

После выполнения обработки в операции оператор отключает вращение шпинделя, поворачивает кран-распределитель и воздух поступает в безштоковую зону. От распределительного крана сжатый воздух через штуцер 1 поступает в бесштоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму 6 с диском и штоком вправо. Диафрагма перемещается вправо и воздух из штоковой полости через отверстие “а” выбрасывается в атмосферу. Шток камеры доходит до торца толкателя, толкает толкатель вправо и, преодолевая осевое усилие тарельчатых пружин, толкает плунжер вправо. Наклонные поверхности плунжера перемещаются вправо и образовавшийся зазор ликвидируется пружинными колцами на кулачках. Кулачки прижимаются к наклонной поверхности плунжера, диаметр оправки  $d$  уменьшается, что позволяет снять заготовку с оправки.

Пневмокамера крепится к корпусу передней бабки станка (задней части коробки скоростей) шпильками 7.

Материал корпуса и крышки камеры одностороннего действия обычно изготавливают из серого чугуна, алюминиевого сплава или штампуют из стали.

сила  $Q$  является основной величиной при определении работы пневмокамеры, на штоке и длина рабочего хода штока. Длина оптимальная хода штока ( $L_{\text{штока}}$ ) пневмокамеры одностороннего действия от исходного до конечного положения штока для тарельчатой резинотканевой диафрагмы

определяется по формуле:  $L_{\text{штока}} = (0,25-0,35) \cdot D = 80$  мм. Диаметр  $D$  диафрагмы рассчитывается по требуемому осевому усилию для закрепления заготовки. Предварительно выбираем  $D = 320$  мм.

Выбирают толщину диафрагмы  $h$  в зависимости от ее диаметра  $D$  ( $h=4-8$  мм). В данном случае  $h=4$  мм.

Диаметр  $d$  опорных дисков принимают для диафрагм  $d = 0,7 \cdot D = 56$  мм.

Длину оптимальную хода штока пневмокамеры можно рассчитать из диаметра  $D$  диафрагмы, ее толщины  $h$ , материала, формы и диаметра  $d$  опорного диска диафрагмы. (Из-за ограниченной эластичности мембраны, чем больше диаметр диафрагмы, тем больше возможное движение.),

Наибольший ход кулачков в радиальном направлении  $L_{\text{рад}}$  зависит от допустимого осевого хода плунжера  $L_{\text{плунжера}}$ , который может быть ограничен конструкцией оправки. Осевое расстояние от наклонной поверхности плунжера (т.к. это поверхность по уклону с шириной  $b = 16$  мм равной ширине кулачка, см. по эскизу кулачка оправки 2.3.) до передней стенки корпуса оправки обозначим  $L_{\text{плунжера}}$ .

Наибольшее увеличение диаметра наружной поверхности кулачков  $\Delta d_{\text{max}}$ , равно двойной величине радиального перемещения, которое рассчитываем исходя из наибольшего хода плунжера  $L_{\text{плунжера max}}$  и угла наклона сопрягаемых поверхностей кулачков и плунжера. По чертежу (рис. 2.5.) определяем, что  $L_{\text{плунжера max}} = 20,9$  мм

Рассчитываем наибольшее перемещение кулачков на диаметр:

$$\Delta d_{\text{max}} = 2L_{\text{рад}} = 2(\tan \alpha \times L_{\text{плунжера max}}) = 2(\tan 6,5 \times 20,9) = 4,8 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{кулачков min}} = D_{\text{заг min}} - 0,02 \text{ мм} = 70,1 - 0,02 = 70,08 \text{ мм.}$$

$$\text{При закреплении } d_{\text{кулачков max}} = 70,1 - 0,02 = 70,08 \text{ мм}$$

$$d_{\text{корпуса оправки max}} = d_{\text{кулачков min}} - 2 \text{ мм} = 70,08 - 2 = 68,08 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительный диаметр корпуса оправки  $d_{\text{оправки}} = 68,08 \cdot 0,974$  мм.

Рассчитывается наибольший возможный диаметр отверстия заготовки без переустановки кулачков:

$$D_{\text{заг возм max}} = d_{\text{кулачков min}} + \Delta d_{\text{max}} = 68,08 + 4,8 = 72,88 \text{ мм.}$$

Следовательно, использование набора кулачков в одной оправке теоретически может зажимать заготовки диаметром  $D_{\text{заг}}$  от 71,1 до 72,88 мм. Фактически, это можно сделать только после предварительной настройки «положения» кулачка. Это связано с тем, что погрешность установки увеличивается с увеличением хода кулачка.

При увеличении установочного диаметра более чем на 0,2 мм за счет перемещения кулачка отклонение соосности внешней обрабатываемой поверхности заготовки диаметром  $d_{\text{заг } i}$  относительно отверстия заготовки  $D_{\text{заг } i}$  возрастет.

Во избежание случайной подачи воздуха в правую камеру без заготовки на оправке кулачок разлетится, и предусмотрены две меры:

Регулируется пневмокамера, чтобы избежать большое радиальное перемещение кулачков, вызванного ходом штока  $L_{\text{плунжера max доп}}$ . Обычно максимально допустимое не более 1 мм, т.е.  $\Delta d_{\text{max доп}} = 1 \text{ мм}$ , чтобы разрезные кольца не слишком сильно раскрылись, и кулачок не выпал из оправки.

$$L_{\text{плунжера max доп}} = \Delta d_{\text{max доп}} / (2 \tan \alpha) = 1 / (2 \times \tan 6,5^\circ) = 1 / (2 \times 0,11) = 4,54 \text{ мм.}$$

1) Для предотвращения зазора разрезного кольца не был слишком большим, когда радиальное смещение  $\Delta d_{\text{max}}$  на кулачке максимально велико.

Наибольший ход штока пневмокамеры  $L_{\text{плунжера max}} = 20,9 \text{ мм}$ , т.е. наибольшее перемещение кулачков на диаметр  $\Delta d_{\text{max}} = 4,8 \text{ мм}$ .

Рассчитываем диаметр канавок в кулачках  $d_{\text{канавки}}$  :

$$d_{\text{канавки min}} = d_{\text{настр до зажима}} - 2 \cdot h_{\text{канавки}} = 70,08 - 2 \cdot 3 = 64,08 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший диаметр канавок при наибольшем разжиме кулачков:

$$d_{\text{канавки max}} = d_{\text{канавки min}} + \Delta d_{\text{max}} = 64,08 + 4,8 = 68,88 \text{ мм.}$$

Т.е. разрезные кольца не разожмутся сильно и не позволят кулачкам выпасть из оправки.

Зазор между штоком камеры и толкателем должен составлять 5-10 мм, а ход штока должен быть ограничен 10-15 мм. При закреплении отверстия  $D_{1,5} = \varnothing 71,1H9$

$$L_{\text{закр}} = L_{\text{плунжера}} \text{ max доп} = \Delta d_{\text{max доп}} / (2 \tan \alpha) = 1 / (2 \times \tan 6,5^\circ) = 1 / (2 \times 0,11) = 4,54 \text{ мм} \approx 5 \text{ мм}.$$

$$L_{\text{хода штока камеры}} = 4,54 \text{ мм} + 5-10 \text{ мм}.$$

## 2.2. Расчёт моментов сил резания и трения и усилия закрепления заготовки

При операции нужна обработка наружного диаметра детали и внутреннего диаметра, поэтому надо расчет момента силы резания будет производиться из максимальной силы резания  $P_Z$ :

1) При наружном точении:  $P_Z = 2776 \text{ Н}$ ;

2) При внутреннем точении:  $P_Z = 2808,7 \text{ Н}$ ;

3) При подрезке правого торца  $P_Z = 2682 \text{ Н}$   $P_x = 1089,2 \text{ Н}$

Для обработки детали, должно выполняться условие:

$$M_{\text{рез.}} \leq M_{\text{тре.}} \quad (1)$$

Момент силы резания рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{рез.}} = P_Z \frac{D_{\text{max}}}{2} \quad (2)$$

$$\text{где: } D_{\text{max}} = d_{0,2\text{max}} = 97,7 \text{ мм}; M_{\text{рез.}} = 2776 \times \frac{0,0977}{2} = 135,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Момент силы трения рассчитываем по формуле:

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

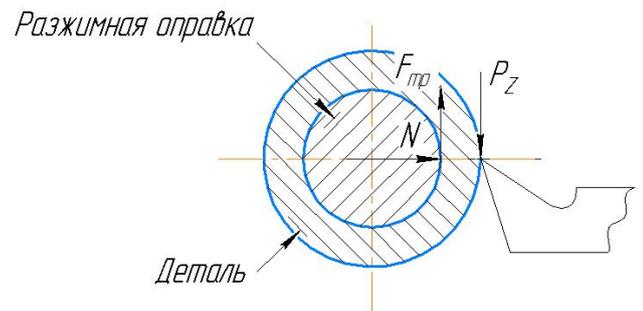


Рис.2.6. Схема сил, действующих при резании и закреплении заготовки



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  $\text{tg}\varphi = 0,15$ , тогда  $\varphi = 8^\circ$ ;  $\eta = 1,2$ ;  $n = 3$  шт. Рассчитываем осевое усилие для тарельчатых пружин:

$$Q = N \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi) \cdot n / \eta = 25,5 \cdot \text{tg}(6,5 + 8) \cdot 3 / 1,2 = 16,5 \text{ кН.}$$

Для обеспечения гарантированного закрепления используется коэффициент запаса  $K$ .

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 \quad (10)$$

Определяемые коэффициенты принимаем из [6]:

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

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

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

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

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

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

Поэтому получим,  $K = 1,8$ .

Рассчитываем окончательно требуемое осевое усилие для тарельчатых пружин:

$$Q = Q \times K = 16,5 \times 1,8 = 29,7 \text{ кН.}$$

Радиальное перемещение кулачков при закреплении от осевого перемещения  $\Delta L = L_{\text{закр}} = 4,5$  мм:  $\Delta d_{\text{max доп}} = 1$  мм – этого вполне достаточно, т.к. для закрепления нам потребуется перемещение кулачка на полу разность наибольшего диаметра отверстия заготовки ( $D_{\text{отв. max}} = 71,162$  мм) и начального диаметра по кулачкам перед установкой заготовки ( $d_{\text{настр}} = 71,08$  мм):

$$\Delta r_{\text{max}} = (D_{\text{отв. max}} - d_{\text{настр}})/2 = (71,162 - 71,08)/2 = 0,041 \text{ мм.}$$

Поэтому можно принять и меньший угол уклона  $\alpha$ , но при этом потребуется увеличить осевое усилие тарельчатых пружин.

Одна тарельчатая пружина № 053 (таблица 2.1) наружным диаметром 50 мм и внутренним диаметром 25 мм по ГОСТ 3057-90 создаёт усилие от 1,3 до 1585 Н в зависимости от степени её сжатия (деформации). Принимаем, что при раскреплении заготовки

допускается деформация  $0,8s_3$ ,

(необходима возможность деформировать пружины, чтобы

плунжер перемещался вправо),

тогда при деформации  $0,5s_3$  (при закреплении заготовки) одна

пружина создаёт усилие 1184 Н для

создания усилия 29,7 кН

потребуется не более 30 пружин

( $29,7/1,1 \approx 27$  пружин, но берём с небольшим запасом на случай увеличения крутящего момента при резании), или комплект из 15 сдвоенных пружин.

$Q_{30-0,5s_3} = 1,1 \times 30 = 33$  кН, что больше требуемого осевого усилия  $Q_{\text{треб}} = 29,7$  кН.

$$\text{Длина этого комплекта } L_{30} = l_0 \times n = 2,85 \times 30 = 85,5 \text{ мм.}$$

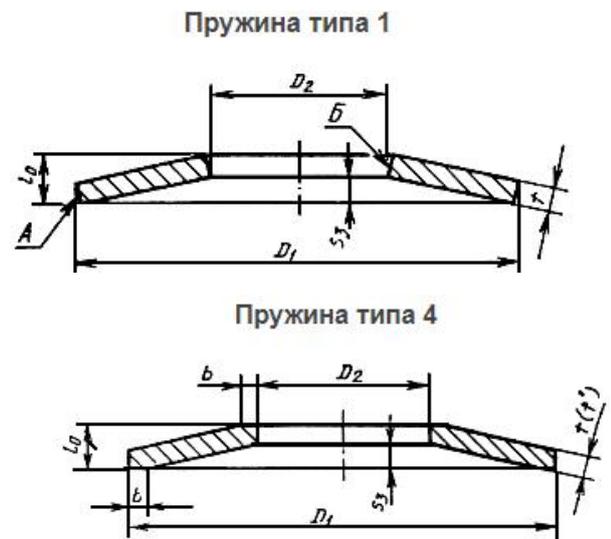


Таблица 2.1 – Выдержка из ГОСТ 3057-90

**ПРУЖИНЫ ТАРЕЛЬЧАТЫЕ Общие технические условия**

**Disk springs. General specifications**

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
064	2800	25,0	10,0	1,40	0,55	1,95	-	0,4	648	1253	1825	2375	0,0045
065		45,0	18,0	1,50	1,40	2,90	-	0,9	917	1598	2103	2489	0,0157
066		50,0	25,0	1,50	1,50	3,00	-	1,0	915	1575	2044	2385	0,0173
067		56,0	28,5	1,50	1,95	3,45	-	1,3	1237	2022	2470	2685	0,0215
077	4000	28,0	12,0	1,5	0,75	2,25	-	0,5	937	1780	2550	3273	0,0059
078		31,5	11,0	1,7	0,70	2,40	-	0,4	916	1765	2565	3330	0,0091
079		35,5	16,0	1,6	1,05	2,65	-	0,7	1120	2063	2874	3596	0,0099
080		45,0	25,0	1,6	1,40	3,00	-	0,9	1239	2190	2910	3490	0,0138
081		50,0	20,0	1,8	1,40	3,20	-	0,8	1132	2035	2767	3383	0,0233

Останавливаемся на 30 пружинах, при деформации  $0,5s_3$  потребуется предварительное сжатие (перемещение комплекта пружин гайкой при настройке). При максимальной деформации 1,6 мм потребуется сжатие на величину  $l_{сж} = 30 \times 1,6 = 48$  мм.

Начальная длина этого комплекта  $L_{26} = l_0 \times n = 2,85 \times 30 = 85,5$  мм, и длина резьбы на чертеже оправки под тарельчатые пружины должна обеспечить ход гайки не менее 58 мм с учётом толщины гайки.

На рис 2.8 в рассматриваемом случае расчёт на смещение заготовки вдоль оси оправки в левую сторону делать не надо, т.к. заготовка своим левым торцом упирается в буртик приспособления, и перемещаться не сможет.

Наибольшее усилие для дополнительной деформации пружин до  $0,6 s_3$  при раскреплении заготовки  $Q_{30-0,6s_3} = 1,45 \times 30 = 43,5$  кН. При этом перемещение плунжера вправо для раскрепления заготовки составит  $L_{\text{раскр}} = (0,6 - 0,5) \cdot 2,85 \cdot 30 = 8,55$  мм.

Для уменьшения диаметра кулачков на величину, соответствующую максимальному зазору между наибольшим диаметром отверстия  $\varnothing 71,174$  мм и минимальным диаметром кулачков 71,08 мм, чтобы обеспечить легкость установки заготовки с отверстием  $\varnothing 71,1H9^{(+0,074)}$  на оправку при её минимальном диаметре 71,1 мм, необходимо диаметральное изменение на  $S_{\text{max}} = 0,02 + 0,074 = 0,094$  мм.

Для раскрепления даже при наибольшем диаметре отверстия заготовки  $\varnothing 71,174$  мм потребуется осевое перемещение

$$L_{\text{max перемещ}} = (S_{\text{max}} / 2) / \tan \alpha = (0,094 / 2) / \tan 6,5^\circ = 0,413 \text{ мм.}$$

Т.е. перемещения плунжера вправо для раскрепления заготовки при дополнительной деформации тарельчатых всего на  $0,1 \cdot s_3$  будет вполне достаточно ( $L_{\text{раскр}} = 8,55$  мм).

Рассчитываем возможность раскрепления заготовки при включении пневмокамеры:

$$Q_{\text{штока камеры}} > 1,2 \times Q_{\text{пружин}} = 1,2 \times 33 = 39,6 \text{ кН.}$$

Определяем диаметр диафрагмы мембранного привода :

$$Q = \frac{\pi}{16} \times (D + d)^2 \times p - P_k, \quad (21)$$

где  $D$  – рабочий диаметр, мм;

$d = 0,7D$  – диаметр наружного опорного шайбы, мм;

$p = 0,5$  МПа – давление сжатого воздуха в пневмосети. Принимаем немного меньше номинального давления в пневмосети с учётом возможного уменьшения давления из-за потерь сети и работы других пневмоприводов;

$P_k = 100$  Н - сила возвратной пружины пневмокамеры;

Рассчитаем рабочий диаметр мембраны  $D$ :

$$37400 = \frac{\pi}{16} \times (1,7D)^2 \times 0,5 - 100; \quad D = \sqrt{\frac{37400+100}{0,5 \times \frac{\pi}{16} \times 1,7^2}} = 364 \text{ мм};$$

Для силового зажима используем разжимную кулачковую фланцевую оправку ГОСТ 17531-72 с мембранным приводом с рабочим диаметром мембраны  $D=400$  мм.

$$Q_{\text{осевое}} = \frac{\pi}{16} \times (400 + 0,7 \times 400)^2 \times 0,5 - 100 = 45273 \text{ Н} \approx 45,2 \text{ кН}$$

$$Q_{\text{расч треб}} = 37,4 \text{ кН} \leq Q_{\text{осевое}} = 45,2 \text{ кН}.$$

Для дополнительной упругой деформации тарельчатых пружин при раскреплении заготовки потребуется наибольшее усилие для дополнительной деформации пружин с  $0,5s_3$  до  $0,6s_3$   $Q_{30-0,6 s_3} = 1,45 \times 30 = 43,5 \text{ кН}$ .

Т.к.  $Q_{\text{штока камеры}} = 45,2 \text{ кН}$ , то заготовка усилием штока будет раскрепляться ( $Q_{\text{пружин}} = 33 \dots 43,5 \text{ кН}$ ).

### 3. Экономическая часть

#### Задание для раздела «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 154А71	ФИО Чжэн Цзялу
------------------	-------------------

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

#### 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. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Анализ конкурентных технических решений. 2. SWTO – анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ. Разработка графика ганта. Формирование бюджета затрат.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Описание потенциального эффекта.

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>
---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.2.2021г.
--	-------------

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Гатьяна Васильевна	к.э.н., доцент		20.04.2021г.

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154А71	Чжэн Цзялу		20.04.2021г.

## Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. 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.

Цель данной ВКР –Изучение «Разработка технологического процесса изготовления фланца»

### 3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о покрытиях различного состава:

1) Слой полимера. Фланец стальной с ПП покрытием обладает высокой устойчивостью к развитию коррозионных процессов.

2) Слой цинка. Фланец стальной оцинкованный характеризуется высокими антикоррозионными показателями, что положительно влияет на срок службы.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый тип сплав имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 3.1.1 показано сравнение разработок конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 3.1.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Актуальность исследования	0,10	5	2	4	0,5	0,4	0,3
3. Ударопрочность	0,14	4	3	5	0,56	0,42	0,70
4. Стабильность соединения с подложкой	0,2	4	5	3	0,8	1	0,6
5. Помехоустойчивость	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
6. Эффективность работы	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,20
7. Безопасность	0,1	4	3	4	0,3	0,4	0,4
8. Простота эксплуатации	0	5	4	5	0	0	0
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Цена сырья	0,12	4	5	5	0,48	0,56	0,6
2.Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	5	0,24	0,18	0,3
3. Функциональная мощность(предоставляемыевозможности)	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>41</b>	<b>43</b>	<b>4,2</b>	<b>4,03</b>	<b>4,02</b>

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (3.1)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  
 $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

### 3.1.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.1.2

Таблица 3.1.2 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Наличие бюджетного финансирования	Сл1. Развитие новых технологий.
С2. Наличие опытного руководителя	Сл2. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.
С3. Низкая цена исходного сырья.	Сл3. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Эксперимент необходимо повторить большое количество раз
С5. Квалифицированный персонал	Сл5. Вероятность получения брака.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области	У1. Появление новых технологий и сертификации программы.
В2. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН	У2. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.	
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы 91 возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.1.3–3.1.6.

Таблица 3.1.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>						
<b>Возможности проекта</b>		<b>С1</b>	<b>С2</b>	<b>С3</b>	<b>С4</b>	<b>С5</b>
<b>В1</b>		+	+	-	+	+
<b>В2</b>		-	+	+	0	0
<b>В3</b>		-	+	+	-	0
<b>В4</b>		+	-	0	0	0

Таблица 3.1.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4	СЛ5
	<b>В1</b>	+	+	-	-	-
	<b>В2</b>	-	-	-	-	-
	<b>В3</b>	-	-	-	-	-
	<b>В4</b>	-	-	0	0	-

Таблица 3.1.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	<b>У1</b>	+	+	-	-	-
	<b>У2</b>	+	+	-	-	-

Таблица 3.1.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	<b>У1</b>	+	+	-	-	-
	<b>У2</b>	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 3.1.7. Таблица 3.1.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С2. Наличие опытного руководителя</p> <p>С3. Низкая цена исходного сырья.</p> <p>С4. Экологичность технологии.</p> <p>С5. Квалифицированные</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Развитие новых технологий.</p> <p>Сл2. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.</p> <p>Сл3. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.</p> <p>Сл4. Эксперимент необходимо повторить большое количество раз</p> <p>Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Сотрудничество с зарубежными профессорами в</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p>1) Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции позволяет</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p>Использование новейшего оборудования для</p>

<p>этой области В2. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области. В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p>	<p>расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки.  2) Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции и экологичность технологии являются хорошим основанием для внедрения технологии в аэрокосмической области.  3) Низкая цена исходного сырья И высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p>	<p>удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку и пр</p>
<p><b>Угрозы</b>  У1. Появление новых технологий и сертификации программы.  У2. Снижение стоимости разработок конкурентов.</p>	<p><b>Угрозы развития</b>  Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития. Наши продукты обладают лучшими механическими свойствами, являются более привлекательными мировом рынке.</p>	<p><b>Уязвимости</b>  Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.</p>

SWOT-анализ позволил определить факторы отрицательно влияние на продвижение разработки на рынок. К таким факторам относится:

- 1) Разработка новых технологий требует больших человеческих и финансовых ресурсов, но получаемые экономические выгоды не гарантированы.
- 2) Конкуренция на рынке жесткая, и механические характеристики продукта необходимо постоянно улучшать.

Отрицательное влияние факторов возможно устранить с помощью внедрения и уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

### 3.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 3.2. Морфологическая матрица для фланца

	1	2	3	4	5
А.Материал исходной заготовки	Сталь 40	Сталь 40Х	Чугун	Сплав	Железо
Б.Метод разработки	Формовка	Поковка	Прокатка	Штамповка	
В.Тип производства	Мелкосерийный	среднесерийный	Массовое	Единичное	
Г.Применение	В промышленном	На заводе	В области аэрокосмической деятельности	В машине сборки	
Д. Договечность	Более 20 лет	20 -15 лет	15 – 10 лет	10- 5 лет	Менее 5 лет
Е.Стандарты производства	Китайский стандарт	Американский стандарт	Немецкий стандарт	Русский Стандарт	Японский стандарт

Выбрать наиболее желательных функционально конкретных решений.

Для данной матрицы это может быть А2Б3В2Г4Д3Е1.

### 3.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3.1 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.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1 – 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 документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки		Инженер

### 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (3.2)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (3.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$  – 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:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \times K_{kal} \quad (3.4)$$

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:

$$K_{kal.инж.} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.5)$$

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 обобщены в таблице 3.3.2. 1

Таблица 3.3.2.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , 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 3.3.2.2).

Таблица 3.3.2.2 – 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	Исп2	9				█									

№	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	
	образцов для эксперимента															
7	Проведение эксперимента	Исп2	25													
8	Обработка полученных данных	Исп2	18													
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5													
10	Составление пояснительной	Исп2	13													

Примечание:

 – Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

### 3.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- 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.

#### 3.4.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Таблица 3.4.1 материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	330	5	1200
Картридж для лазерного принтера	3 490	2	6980
Итого:			8180

### 3.4.2. Расчет амортизации специального оборудования для научных

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (3.6)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \times И}{12} \times м \quad (3.7)$$

где  $И$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $м$  – время использования, мес.

Таблица 3.4.2 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.	М <sub>В.ИЗ</sub> мес	H <sub>A</sub> %	A <sub>АМО</sub> .руб
1	ПЭВМ	1	3	50	50	0,6	33	4167
2	ПРИНТОР	2	4	15	30	0,7	25	1875
3	КСЕРОКС	1	7	32	32	0,7	14	1143
Итого								7185

Стоимость приобретенного специализированного оборудования составила 145165 руб.

### 3.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{\text{осн}}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (3.8)$$

где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{56000 \times 10,3}{246} = 2344 \text{ руб.}$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{35000 \times 11,2}{246} = 1593 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \times (1 + K_{\text{пр}} + K_d) \times K_p = 29000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 56550 \quad (3.9)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \times (1 + K_{\text{пр}} + K_d) \times K_p = 18000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 35100 \quad (3.10)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_{р}$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 3.4.3.1– Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 3.4.3.2 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}$ .руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ .руб	$Z_{дн}$ .руб	$T_{р}$ .раб.дн.	$Z_{осн}$ .руб
Руководитель	28000	0,3	0,2	1,3	56550	2344	14	32816
Инженер	18000	0,3	0,2	1,3	35100	1593	64,5	10255,5
Итого:								43071,5

#### 3.4.4. Основная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = K_{доп} \times Z_{осн} = 0,15 \times 32816 = 4922,4 \text{ руб} \quad (3.11)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = K_{доп} \times Z_{осн} = 0,15 \times 10255,5 = 1538,33 \text{ руб} \quad (3.12)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

#### 3.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (32816 + 4922,4) = 11321,52 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = K_{внеб} \times (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \times (10255,5 + 1538,33) = 3538,15 \text{руб}$$

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, 426 НК РФ).

#### **3.4.6. Накладные расходы**

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{накл} = \left( \frac{C_{су.}}{5} \right) \times K_{нр} = \left( \frac{345311}{5} \right) \times 0,2 = 13812,44$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

#### **3.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 3.4.7

Таблица 3.4.7 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	8680	6214	15964	Пункт 3.8.1
2	Затраты на специальное оборудование	145165	153826	178055	Пункт 3.8.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	43071,5	43071,5	43071,5	Пункт3.8.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14859,67	14859,67	14859,67	Пункт 3.8.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	44184,48	44184,48	44184,48	Пункт 3.8.5
6	Накладные расходы	13812,44	13812,44	13812,44	Пункт 3.8.6
Бюджет затрат НИР		269773,09	275968,09	309947,09	Сумма ст. 1- 6

### **3.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

1) Слой полимера. Фланец стальной с ПП покрытием обладает высокой устойчивостью к развитию коррозионных процессов.

2) Слой цинка. Фланец стальной оцинкованный характеризуется высокими антикоррозионными показателями, что положительно влияет на срок службы.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (3.13)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 269773,09 \text{ руб}; \Phi_{\text{исп.2}} = 275968,09 \text{ руб};$$

$$\Phi_{\text{исп.3}} = 309947,09 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{тех.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тех.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{269773,09}{309947,09} = 0,87$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{275968,09}{309947,09} = 0,89$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{309947,09}{309947,09} = 1 \quad (3.14)$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан 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 3.5.).

Таблица 3.5 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР.

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	5	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	3	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	5	4
ИТОГО	1	4,65	3,8	3,9

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^5 K_{\text{вес.}} \times T_{\text{пр/ис.}} \quad (3.15)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}}$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,65}{0,87} = 5,34 \quad I_{\text{исп.1}} = \frac{3,8}{0,89} = 4,27 \quad I_{\text{исп.1}} = \frac{3,9}{1} = 3,9$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 3.5.1).

Таблица 3.5.1 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	0,89	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,34	4,27	3,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,80	0,79

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

### **3.6. Выводы по разделу**

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 78 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 269773,09 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,87, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 3,9;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,34, по сравнению с 4,27 и 3,9, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154A71	Чжэн Цзялу

<b>ШКОЛА</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Материаловедения</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

**Тема дипломной работы: Разработка технологии изготовления детали "Корпус подшипника"**

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li><li>● организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li></ul>	Приводится перечень НТД, используемой в данном разделе.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Производственная безопасность</b> <b>Анализ показателей шума и вибрации</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● установление соответствие показателей нормативному требованию;</li></ul> <b>Анализ показателей микроклимата</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности.</li></ul> <b>Анализ освещенности рабочей зоны</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности;</li><li>● при расчете освещения указать схему размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету.</li></ul> <b>Анализ электробезопасности</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● наличие электроисточников, характер их опасности;</li><li>● установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления.</li><li>● при расчете заземления указать схему размещения заземлителя согласно проведенному расчету.</li></ul> <b>Анализ пожарной безопасности</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности.</li><li>● категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение.</li><li>● Разработать схему эвакуации при пожаре.</li></ul>	<b>Для всех случаев вредных и опасных факторов</b> на рабочем месте указать ПДУ, ПДД, допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений: <ul style="list-style-type: none"><li>● перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты;</li><li>● привести классы электроопасности помещений, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления,</li><li>● категорию пожароопасности помещения,</li><li>● марки огнетушителей, их назначение.</li></ul> При отклонении показателя предложить мероприятия.
<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>● защита селитебной зоны</li><li>● анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li><li>● анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li></ul>	Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали

<ul style="list-style-type: none"> <li>● анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>● разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов. Наличие радиоактивных отходов также требует разработки их утилизации.
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>● выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>● разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>● разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	Рассматриваются 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой; 2) техногенная – исключить несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (большая вероятность проведения диверсии). Предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>● организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	Приведены: <ul style="list-style-type: none"> <li>● перечень НТД, используемых в данном разделе,</li> <li>● схема эвакуации при пожаре,</li> <li>● схема размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету.</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.04.21 г.
--	-------------

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД ОБД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., профессор		26.04.21 г.

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Чжэн Цзялу		26.04.21 г.

## **Введение**

Объектом данной выпускной квалификационной работы является проектирование технологического процесса изготовления «Разработка технологического процесса изготовления корпуса подшипника», в работе будет рассмотрено воздействие вредных факторов на человека и окружающую среду в процессе производства детали.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с производственной безопасностью, экологической безопасностью, правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности и ситуации безопасности в чрезвычайных ситуациях.

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

При проектировании цеха следует обращать внимание на воздействие на окружающую среду, устранять радиоактивные выбросы и разрабатывать решения для обеспечения экологической безопасности.

В разделе также рассматриваются ситуации чрезвычайных, Например производственный цех находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз и может быть отключение электропитания. Поэтому надо разработать превентивные меры по предупреждению ЧС.

#### **4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности в связи с ней.

На рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов; признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности предприятий; установление единых нормативных требований по охране труда для предприятий всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности; установить разумные часы работы для защиты личной информации сотрудников. Особенности обязательного социального страхования и пенсионного обслуживания

Тезисно приводятся основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя, проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

#### **4.2. Производственная безопасность**

В данном пункте анализируются вредные и опасные 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».

Таблица 4.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгот овлен	Экспл уатац	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы. Например, требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[59].
2. Чрезмерный уровня шума		+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5. Электрический ток, вызываемым разницей электрических потенциалов, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
6.Ненужное механическое колебание твердых тел	+	+	+	
7.Вредное действие химикатов	+	+	+	

### 4.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания.

Например: Опасность и вредность воздействия газовых компонентов (включая пары), загрязняющих чистый природный воздух примесей, на организм работающего зависят от их содержания (концентрации) и токсичности, то есть химических свойств данных газов и паров.

Поэтому рабочие должны носить защитные маски при обработке деталей для предотвращения вдыхания пыли и вредных газов.

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуются:

- 1) повышенным уровнем общей вибрации;
- 2) повышенным уровнем локальной вибрации;

Механическая вибрация, создаваемая твердыми часами, увеличивает столкновение с поверхностью детали, что не способствует фиксации детали, и вызывает ее вылет и причинение вреда людям.

Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека. Например, на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса, связанные с тяжестью трудового процесса:

- чрезмерная физическая динамическая нагрузка;
- большая масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- длительная одиночная рабочая поза;

Поэтому надо принимать внимание физическое и психическое здоровье сотрудников, рабочее время должно быть регламентировано, а производственная среда работников должна быть улучшена.

#### **4.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)**

В данном подразделе, разрабатываются решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих. Также предлагаются мероприятия, обеспечивающие безопасность технологического процесса и эксплуатации оборудования.

Также необходимо рассмотреть требования безопасности, предъявляемые ко всем видам работ, установкам и устройствам, формирующим опасные факторы, в том числе и электротехническим установкам в соответствии с нормативно-технической документацией.

#### **4.5. Анализ условий труда на рабочем месте.**

Рабочее место располагается на 1 этаже (в цеху), помещение представляет собой комнату размером 10 м на 15 м, высотой 3,5 м, 4 окон выходящих на север, в помещении находится (12 единиц технологического оборудования, 25 людей). Остальное при анализе по разделам.

К числу опасных факторов следует отнести:

наличие оборудования с повышенной температурой поверхности;

присутствие механического оборудования;

присутствие вредных веществ, их класс опасности;

присутствие производственного шума;

электромагнитного загрязнения.

#### **4.6. Анализ показателей микроклимата**

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами: показатели температурные, скорости движения воздуха, относительная влажность воздуха и запыленности.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре кровеносные сосуды сужаются, кровоток замедляется, а теплоотдача снижается.

Параметры микро климата в производственном помещении на ООО «Металл Экспедиция» установлены в соответствии СанПиН 2.2.4.548-96 [19] в следующих пределах: температура воздуха в тёплое время года от +19 до +24, в холодное время года от +17 до +23, относительная влажность не более 60%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.1.1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Таблица 4.2 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 21	60- 40	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 22	60 - 40	≤ 0.2

Поэтому надо обеспечить надлежащий воздухообмен и отопление, тепловую изоляцию нагретые поверхности оборудования, воздухопроводы и гидротрубопроводы, чтобы оптимизировать микроклимат и состав воздуха в производственных помещениях.

#### 4.7. Анализ показателей шума и вибрации

Шум – упругие колебания в частотном диапазоне слышимости человека, распространяющиеся в виде волны в газообразных средах в диапазоне 16-16000 Гц, носящие беспорядочный, случайный характер.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, не должна более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа.

Таблица 4.3 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая Физическая нагрузка	средняя Физическая нагрузка	тяжелый труд 1-й степени	тяжелый труд 2-й степени	тяжелый труд 3-й степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1-й степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2-й степени	50	50	-	-	-

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ: 1) устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования; 2) изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; 3) применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения; 4) использование специальных материалов, например, мягкие материалы для изоляции. Их основу составляет вата, стекловата, войлок либо джут. Коэффициент поглощения – 70 %.

СИЗ: 1) применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

#### 4.8. Анализ освещенности рабочей зоны

Согласно СНиП 23-05-95 на производственном цехе должно быть не менее 200 Лк.

При работе на станках недостаточная освещенность рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей утомляемости рабочего.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где  $A$  – длина, м;  $B$  – ширина, м.

$$S = 15 \times 10 = 150 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор  $C=40\%$ , свежепобеленного потолка  $P=70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $KЗ = 1,2$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z= 1,1$ .

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен

$\Phi_{ЛД} = 2600$  Лм. Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-40Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 262 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda = 1,1$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,5$  м.

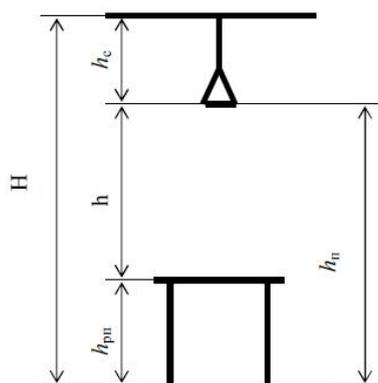


Рисунок 4.1. Основные расчетные параметры

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОД:  $h_n = 3,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:  $h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0$  м.

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:  $L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2 = 2,2$  м

Число рядов светильников в помещении:  $Nb = BL = 10 / 2,2 = 4,5 \approx 5$

Число светильников в ряду:  $Na = A / L = 15 / 2,2 = 6,8 \approx 7$

Общее число светильников:  $N = Na \cdot Nb = 5 \cdot 7 = 35$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:  $l = L / 3 = 2,2 / 3 \approx 0,7$  м

Размещаем светильники в 5 рядов. Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{15 \cdot 10}{2,0 \cdot (15 + 10)} = 3$$

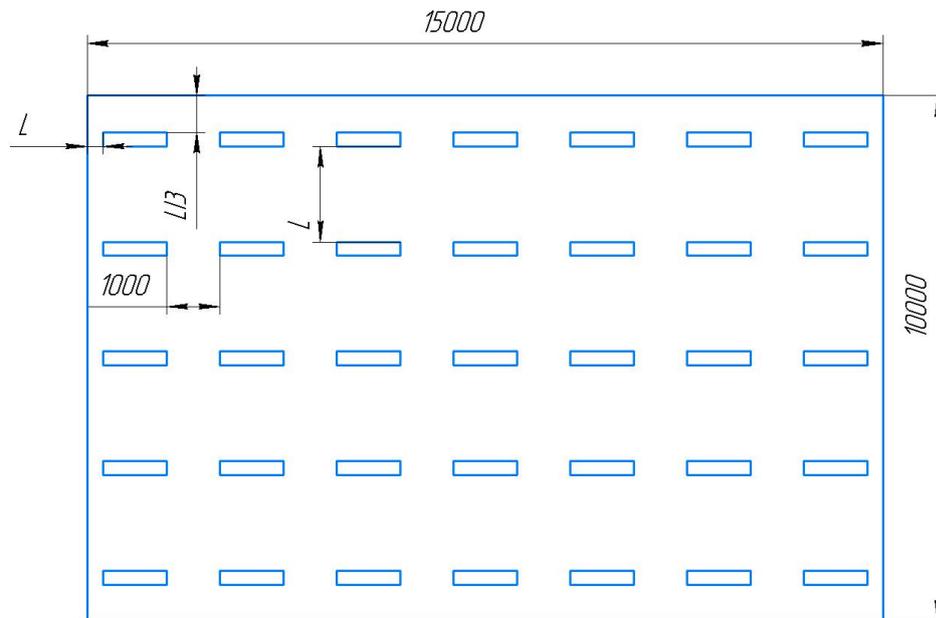


Рис.4.2 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 50\%$ ,  $\rho_{\text{С}} = 30\%$  и индексе помещения  $i = 3$ , равен  $\eta = 0,61$ .

Определяем необходимый световой поток одной лампы:

$$\Phi_{\text{П}} = \Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 15 \cdot 10 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{35 \cdot 0,61} = 2782 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условий:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2600 - 2782}{2600} \cdot 100\% = 7\%.$$

Таким образом:  $-10\% \leq 7\% \leq 20\%$ , необходимый световой поток.\

#### 4.9. Анализ электробезопасности

Электробезопасность : система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих от электрического тока и электрической дуги.

Согласно правил устройства электроустановок (ПУЭ) производственные цеха, торговые и бытовые помещения принято делить на три отдельных класса, характеризующих степень опасности.

Первый класс - "помещения без повышенной опасности": В данную категорию входят помещения, характеризующиеся пониженной влажностью воздуха (до 75%)

Второй класс - "помещения с повышенной опасностью": В данную категорию входят помещения, с относительной влажностью больше 75 % И помещения в которых температура постоянно превышает +350С И Т.Д.

Третий класс - "особо опасные помещения": относительная влажность близка к 100 %.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- 1) изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- 2) установки защитного заземления;
- 3) своевременный осмотр технического оборудования, изоляции;
- 4) Использование разделительных трансформаторов.

Безопасные номиналы:  $U = 12-36\text{В}$ ,  $I = 0,1\text{ А}$ ,  $R_{\text{заз}} = 4\text{ Ом}$ .

#### 4.10. Анализ пожарной безопасности

В машиностроении пожары серьезно угрожают личной безопасности и приводят к огромным имущественным потерям. Поэтому крайне важно исключить опасность пожара и обеспечить пожарную безопасность. Проблемы пожарной безопасности также регулируются национальными законами и постановлениями. присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории  $A_n$ ,  $B_n$ ,  $V_n$ ,  $G_n$  и  $D_n$ .

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характер.

Причины возможного возникновения пожара:

- 1) несоблюдение правил эксплуатации электроустановок и электросети;
- 2) нарушение режимов работы термонагревающего оборудования;
- 3) перегрев мест соединений токоведущих частей в результате образования высокого переходного сопротивления;
- 4) несоблюдение правил пожарной безопасности.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Чтобы предотвратить возгорание в лаборатории, необходимо соблюдать следующие правила:

а) Регулярно проводите техническое обслуживание контура, чтобы предотвратить утечку электричества и возгорание.

б) Проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;

г) Проведение учений по технике безопасности при пожаре.

д) Четко укажите места для курения.

К основным методам пожаротушения в лаборатории относятся:

огнетушитель ОУ-5, предназначенных для тушения пожаров на оборудовании, находящемся под напряжением;

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В рабочих мест на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Карта эвакуации зданий (рис 4.3)

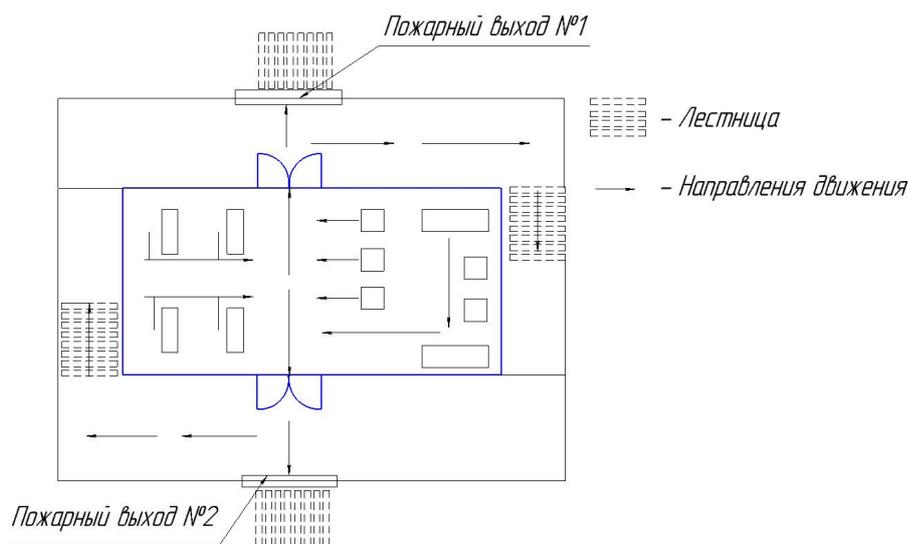


Рис 4.3. Пути эвакуации с 1 этажа производственного помещения.

#### 4.11. Экологическая безопасность

При обработке металла на станке образуются следующие материалы: металлическая стружка, отработанная смазочная жидкость (СОЖ), пыль. Жидкий пар и пыль выбрасываются в атмосферу через систему вентиляции, что может вызвать серьезное загрязнение воздуха. Кроме того, при очистке машин и деталей образуются промышленные отходы, вызывающие загрязнение воды.

В производственном цехе необходимо сортировать мусор, и есть разные контейнеры для разных производственных отходов: например, урны для рубанков, стекла, металлических деталей, пластика и т. Д.

Смазочно-охлаждающая жидкость должна обрабатываться через установку самоочищающегося барабанного фильтра (охлаждающая жидкость, используемая для очистки магнитных и немагнитных частиц, а также масла и эмульсии, также может очищаться).

е Используйте специальный химический метод для удаления фосфорсодержащих вредных компонентов из стеклянного материала и повторно используйте его после дальнейшей обработки.

Необходимо достичь соглашения с компанией по утилизации отходов, чтобы гарантировать, что разделенные отходы будут доставлены в компанию по переработке.

#### **4.12. Защита в ЧС.**

Производство находится в городе Томске с континентально-

циклоническим климатом, в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случаи обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случаи ЧС на них. Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта,

расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

#### 4.13. Вывод

В этой части ВКР, в соответствии с соответствующими требованиями Национального кодекса промышленной гигиены, кодекса промышленной безопасности и Кодекса охраны окружающей среды, предлагаются и решаются некоторые проблемы, которые могут возникнуть в цехе обработанных деталей в процессе механического производства. Основная цель этого раздела - обеспечить наилучшую рабочую среду для улучшения условий труда, защитить безопасность жизни и имущества рабочих, повысить производительность труда рабочих цеха и обеспечить комфортную рабочую среду во время производственного процесса. При проектировании рабочего места учитывайте влияние на людей освещения, температуры, шума и вредных веществ. При проектировании технологического процесса особое внимание следует уделять защите окружающей среды, обеспечению того, чтобы производственные отходы соответствовали требованиям к сбросу до их сброса, а также способам принятия соответствующих мер при возникновении аварийной ситуации.

#### **4.14. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

1. Справочник технолога машиностроителя. В двух томах. Том 1. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, А.М.Дальского и А.Г. Сулова.Пятое издание, исправленное. 2003.-912 с, илл.
2. Курсовое проектирование по технологии машиностроения:Учебное пособие для вузов.Горбацевич А.Ф.,Шкрел В.А.2015.-256 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. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
5. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процес-сов изготовления деталей: Учебное пособие. –Томск: Изд. ТПУ, 2006. -100 с.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. В разделе «технологическая часть» бал 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 проблему 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. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 (1985 г) Под ред. А.Г. Косиловой.
3. Горошкин А.К. 1979 Приспособления для металлорежущих станков.
4. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя Том 2. – Москва, 1961. – 892 с.
5. Белов Н.А. Безопасность жизнедеятельности – М.: Знание, 2000-364с
6. Ансеров М.А. Зажимные приспособления для токарных и круглошлифовальных станков. – Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, Москва, 1948. – 92с.
7. Горошкин А.К. 1979 Приспособления для металлорежущих станков.
8. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2018 г.
9. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2016.
10. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
11. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционного проекта без учета фактора времени.

**Приложение А**  
**(справочное)**  
**Эскиз шпинделя токарного станка**

При проектировании приспособления для второй (токарной) операции 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.

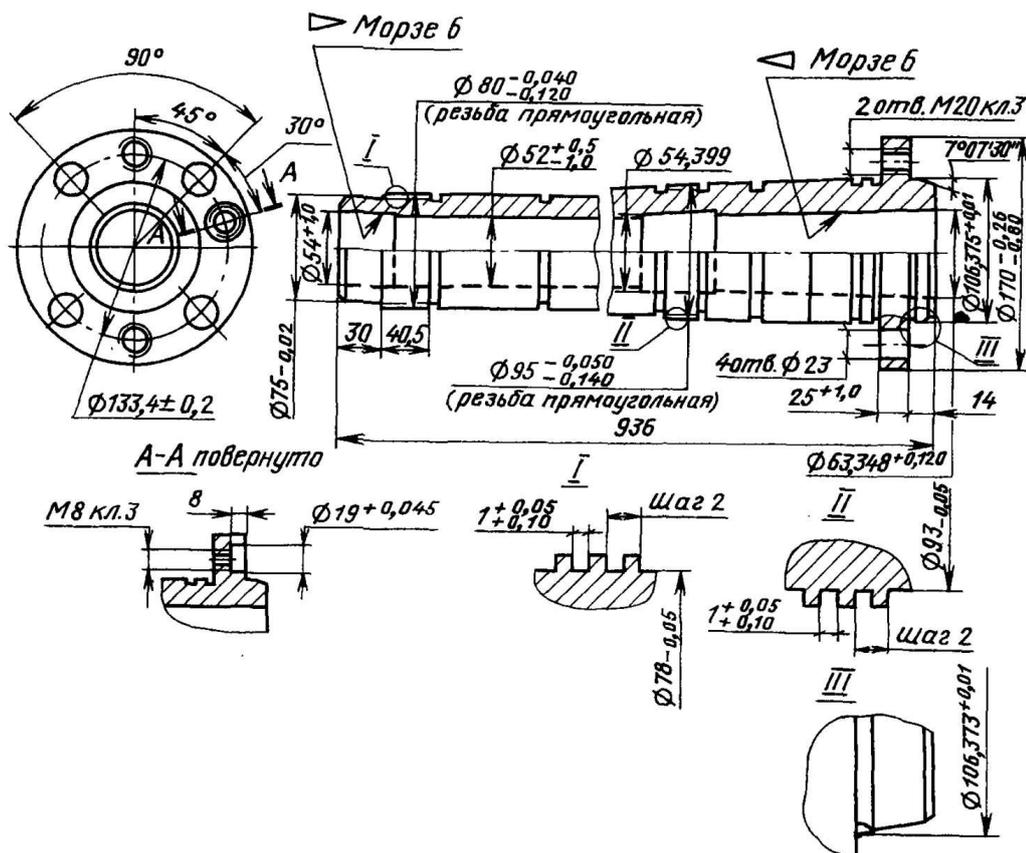
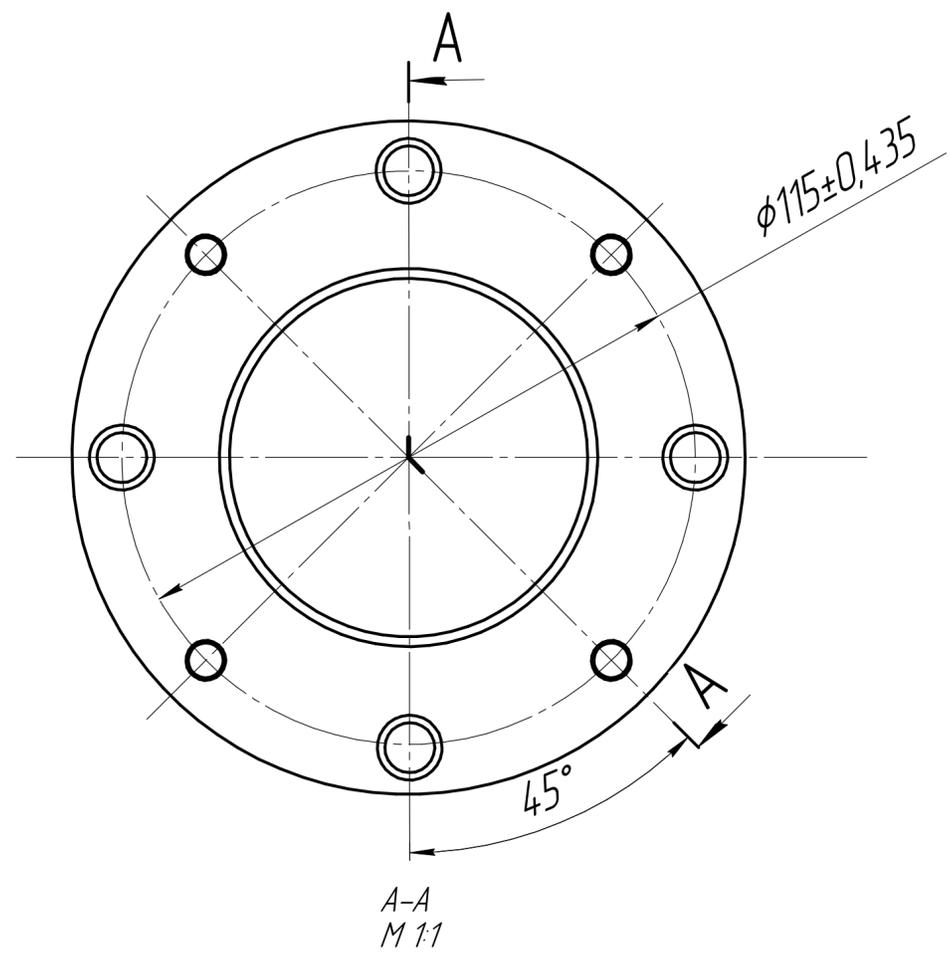
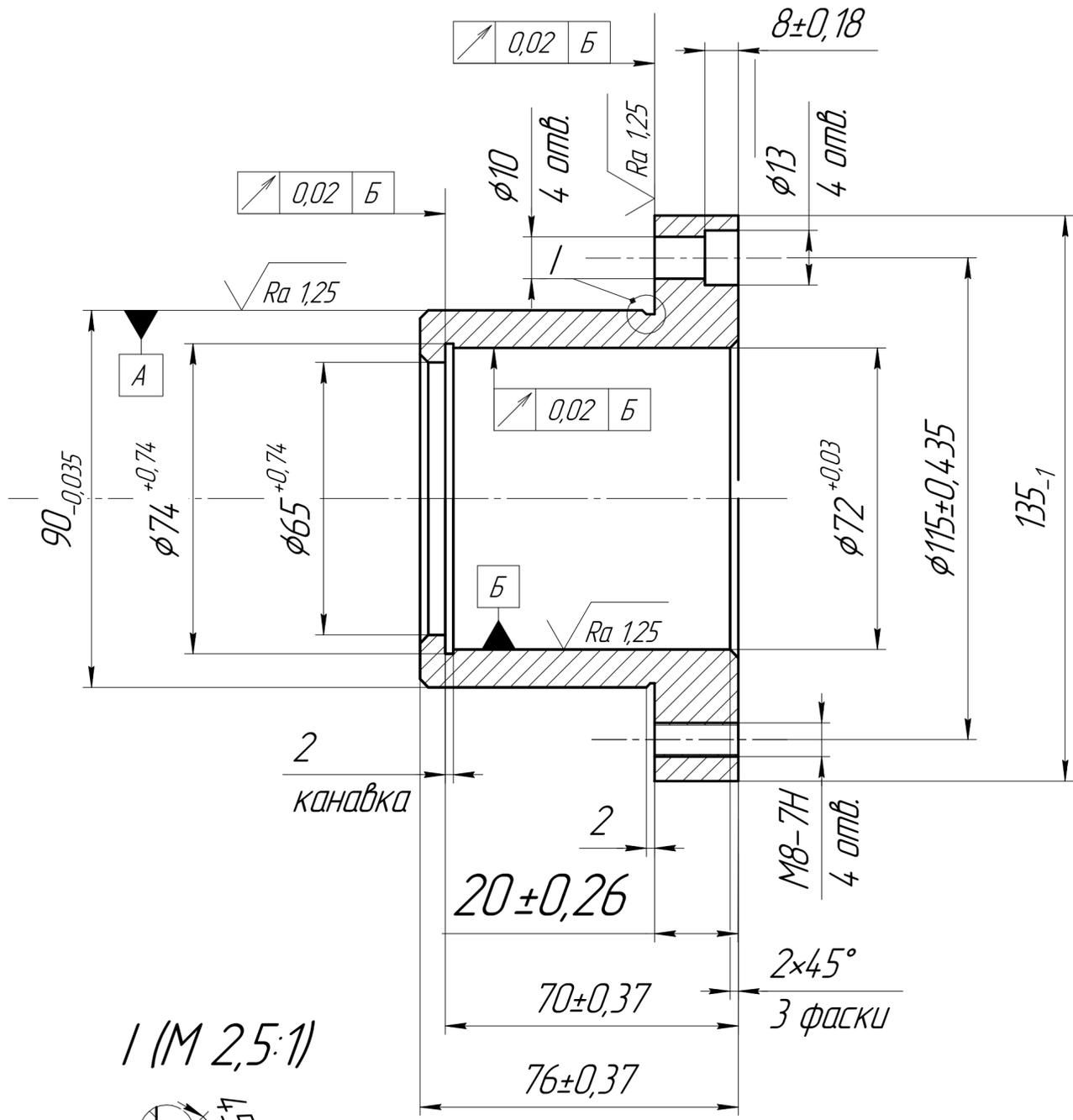


Рис. А1. Эскиз шпинделя токарного станка

Для установки двух пробок с центральным отверстием под толкатель (чтобы он не болтался в отверстиях 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.

**Приложение Б  
(обязательное)  
Чертёж детали**

✓ Ra 10(□)



Технические требования:  
 1. h14, H14, ±<sup>IT14</sup>/<sub>2</sub>;  
 2. 4 отв. φ10 располагаются под 90°±10';  
 3. HRC 42...46.

Справ. №  
 Перв. исполн.  
 КОМПАС-3D v19. Челябинск © 2021 ООО "АКРОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.  
 Инв. № подл. Подп. и дата  
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата  
 Н.контр. Чтв.

ИШНПТ-154А70007.00.00.01				Лист	Масса	Масштаб
Корпус подшипника					3,05	1:1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Листов	1
Разраб.	Чжэн Цзяли					
Пров.	Козлов В.Н.					
Т.контр.						
Н.контр.						
Чтв.						
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71				ИШНПТ зр.154А71		
Копировал				Формат А2		

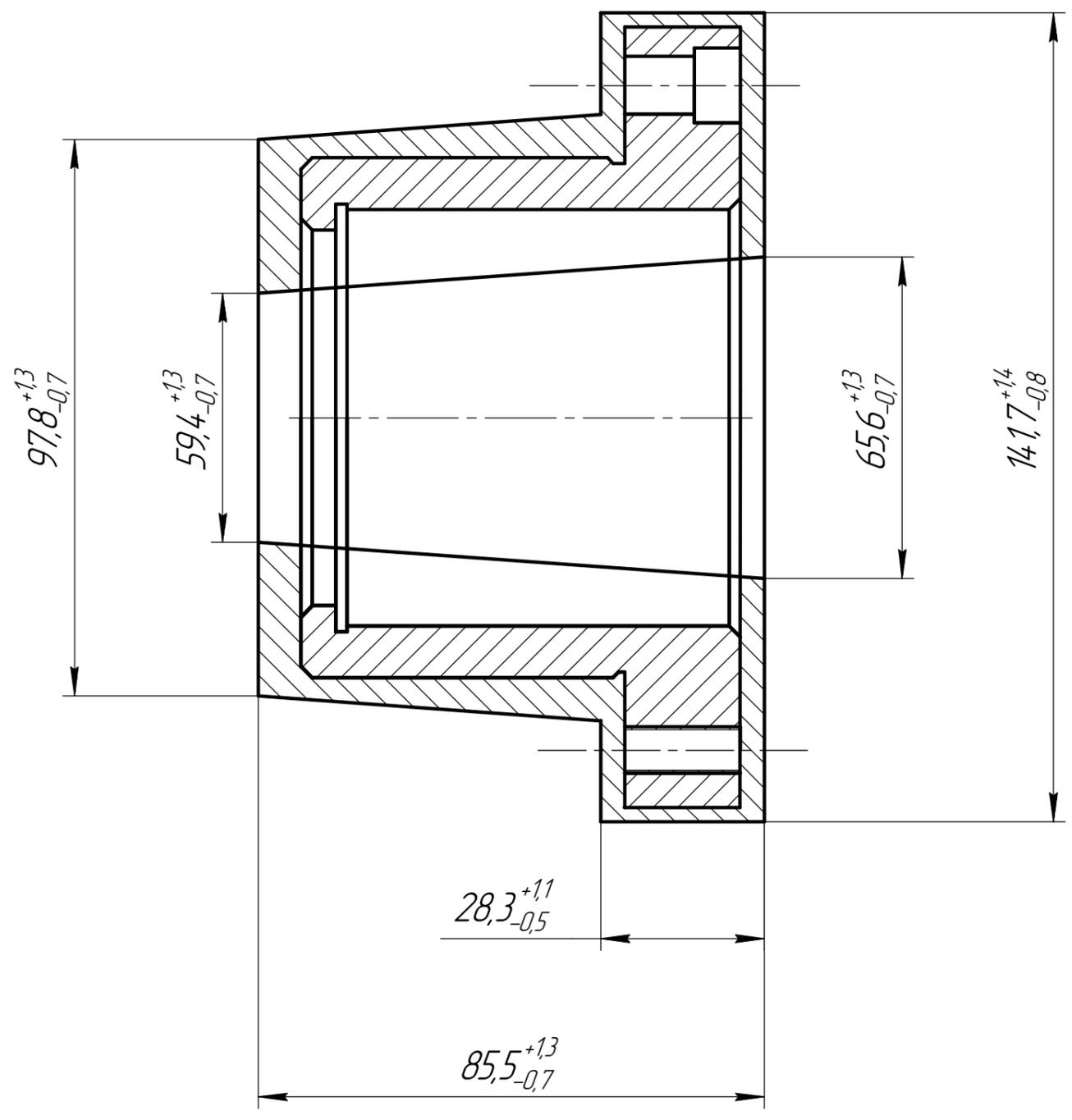
**Приложение В  
(обязательное)  
Чертёж заготовки**

КМУПАС-3D и 19 Учебная версия © 2021 ООО "АКЮН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № подл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № подл.	Подп. и дата

ИШНПТ-154А70007.00.00.02



- Технические характеристики
1. класс точности Т4;
  2. Группа сталь М2;
  3. Степень сложности С1;
  4. Исходный индекс 11;
  5. Уклоны наруж. и внутр. поверхностей  $2\pm 1^\circ$  и  $3\pm 1^\circ$ .

ИШНПТ-154А70007.00.00.02			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разраб.	Чжэнь Цзялу		
Проб.	Козлов.В.Н		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
Заготовка			Лит. Масса Масштаб
Лист			Листов 1
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			ИШНПТ Группа 154А71

**Приложение Г  
(обязательное)  
Граф технологических размеров.**



ЮРЛС-Э/19/ЧФК/ВЗР/01/2017-001/Службы технического обслуживания/Ремонт врезных зажимов  
 Вид, № докум. Подп. и дата. Вид, № докум. Подп. и дата.

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	мм/об	мм/мин	Частота об/мин	Скорость резания м/мин	То	Тос	Тпз	Тшт	Тшт.к	
																							14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	ИШНПТ-154А 70007.001	
	7	7. Обточить наружный диаметр (8) на проход. 8. Обточить наружный диаметр (9) на проход.				Резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	2	137,2	25,2	2,5	0,85	149,1	64,24	0,45							
	0	0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку.				Подрезной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73.	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	2	97,8	19,2	2,02	0,35	250	196	0,27							
	1	1. Обточить торец (1) предварительно выдерживая размер 77,5 <sub>-12</sub> .						1	1	97,8	19,2	1,22	0,5	250	259	0,18							
	2	2. Обточить торец (2) окончательно выдерживая размер 76 <sub>-0,74</sub> .																					
	3	3. Подрезать торец (3) до диаметра 93,7 <sub>-14</sub> предварительно выдерживая размер 24,4 <sub>-0,52</sub> .						1	1	135	18,65	2,02	0,5	250	282,3	0,18							
	4	4. Подрезать торец (4) до диаметра 93,7 <sub>-14</sub> окончательно выдерживая размер 23,5 <sub>-0,52</sub> .						1	1	135	18,65	2,21	0,5	250	294	0,18							
	5	5. Расточить отверстие (5) на проход.																					
	6	6. Расточить отверстие (6) на проход.						1	1	63,2	6	2,47	0,4	462,7	91,83	0,04							
	7	7. Обточить поверхность (7), выдерживая размер 22,8 <sub>-0,52</sub> .																					
	8	8. Обточить поверхность (8), выдерживая размер 22,1 <sub>-0,52</sub> .						1	1	93,7	53,72	2,7	0,52	288,7	88,6	0,45							
	9	9. Обточить поверхность (9), выдерживая размер 214 <sub>-0,52</sub> .						1	1	91,7	54,52	1,18	0,45	833,13	239,9	0,449							
	10	10. Обточить канавку (10), выдерживая размеры 2 <sub>-0,25</sub> и 214 <sub>-0,52</sub> .																					
	11	11. Расточить канавку (11), выдерживая размеры 2 <sub>-0,25</sub> и 20 <sub>-0,25</sub> .						1	1	88	2,85	2,82	0,1	400	134,4	0,08							
	12	12. Расточить фаску (12) выдерживая размер 2,45 <sub>-0,09</sub> <sup>+0,06</sup> .																					
	13	13. Обточить фаску (13), выдерживая размер 2,9 <sub>-0,08</sub> <sup>+0,05</sup> .						1	1	74	2,17	1,77	0,1	400	134,4	0,05							
								1	1	65	2,45	2,45	0,1	400	248	0,05							
								1	1	90,9	2,95	2,95	0,1	400	241,2	0,05							

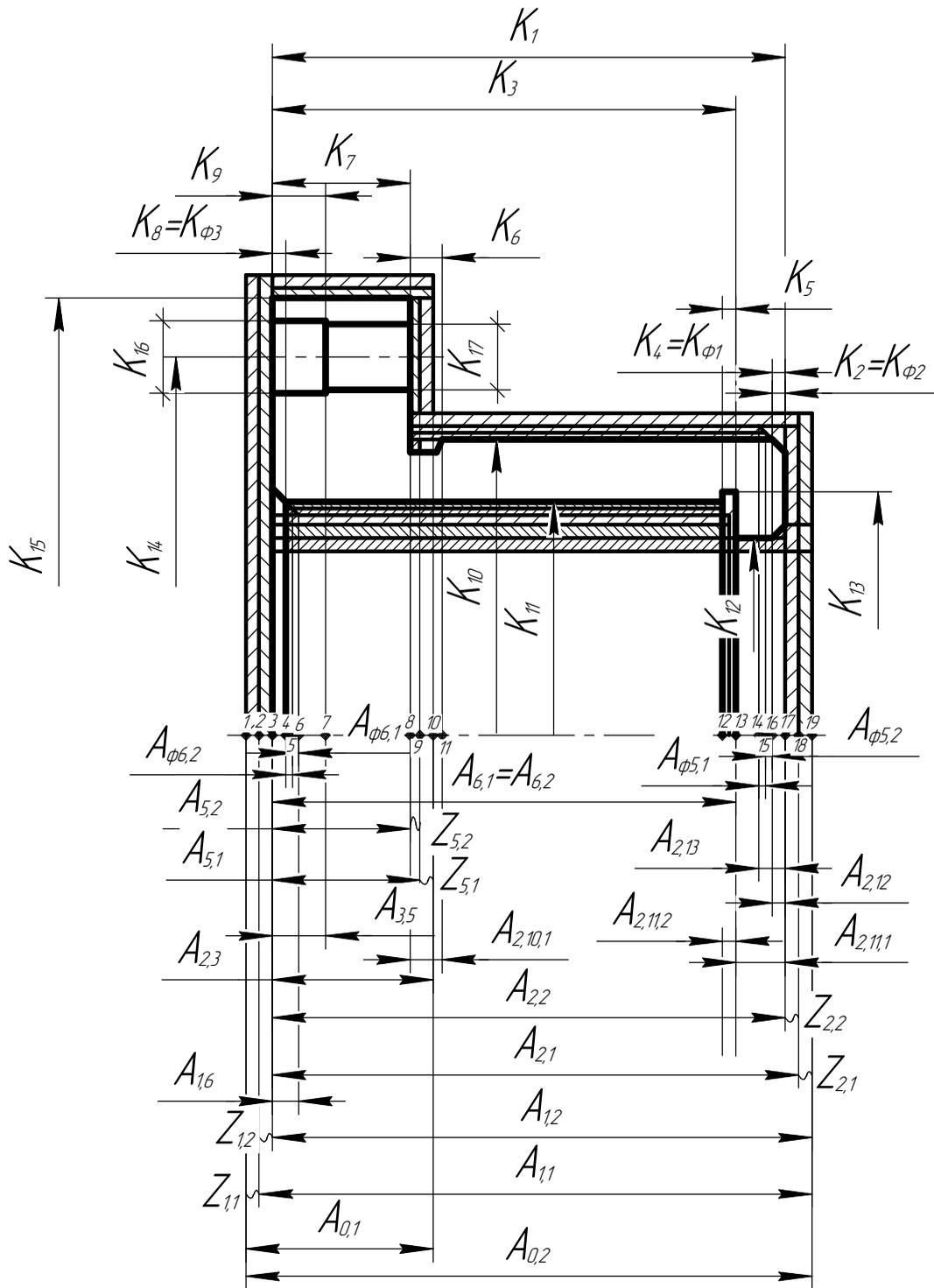
Токарный станок с 16К20

Разжимная самоцентрирующаяся оправка с пневмоприводом.



**Приложение Д  
(обязательное)  
Комплексная схема обработки**

ИШНПТ-154А70007.001



КОМАС-ЭД и 19 Учедная версия © 2021 ООО "АКЮН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Не для коммерческого использования

ИШНПТ-154А70007.001

Комплексная схема  
обработки

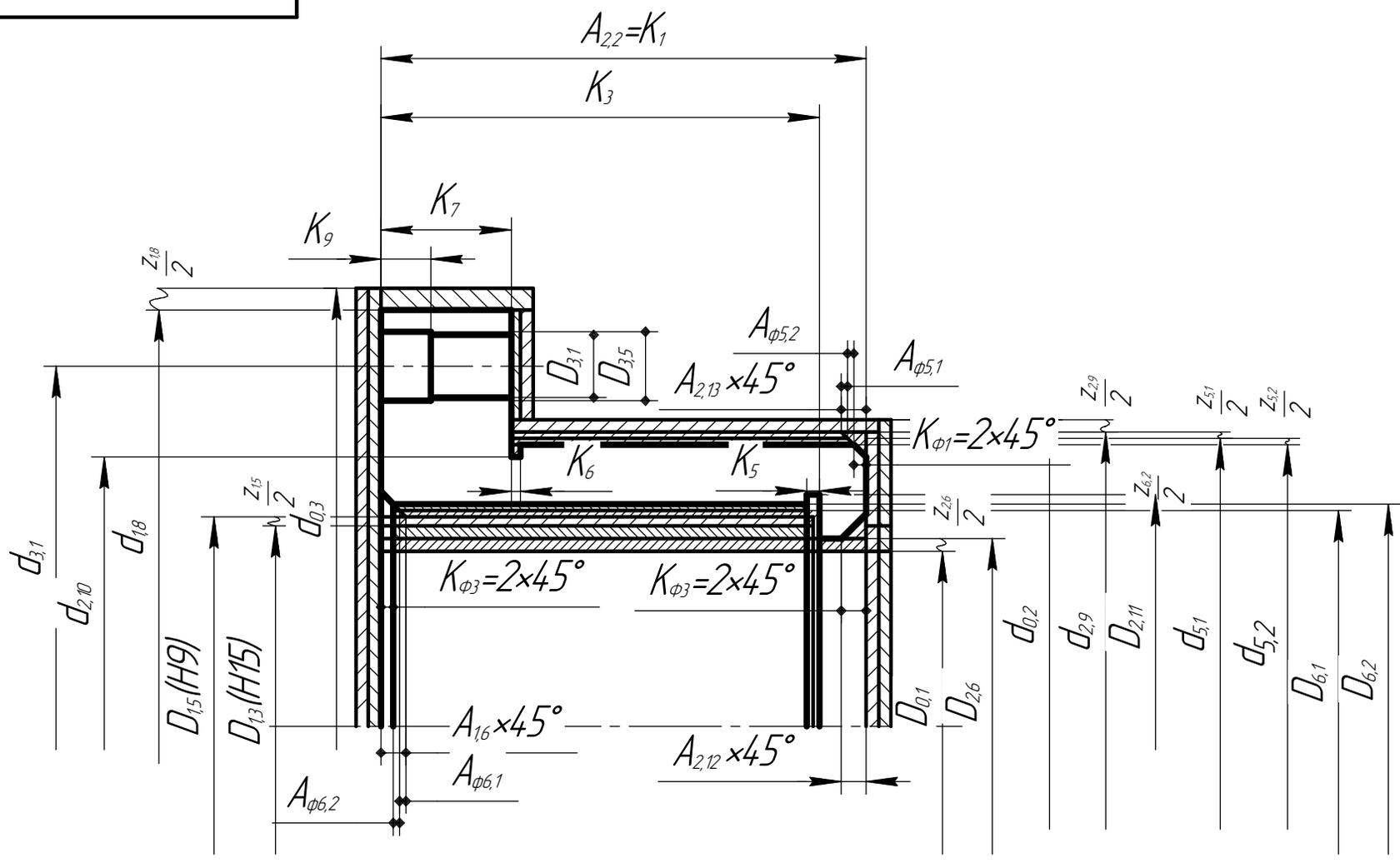
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 1	Листов 2	
ИШНПТ Группа: 154А71		
Формат А4		

Копировал

КОМАС-ЭД и 19 Учебная версия © 2021 ООО "АКОН-системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дробл.	Подп. и дата.

ИШНПТ-154А70007.001



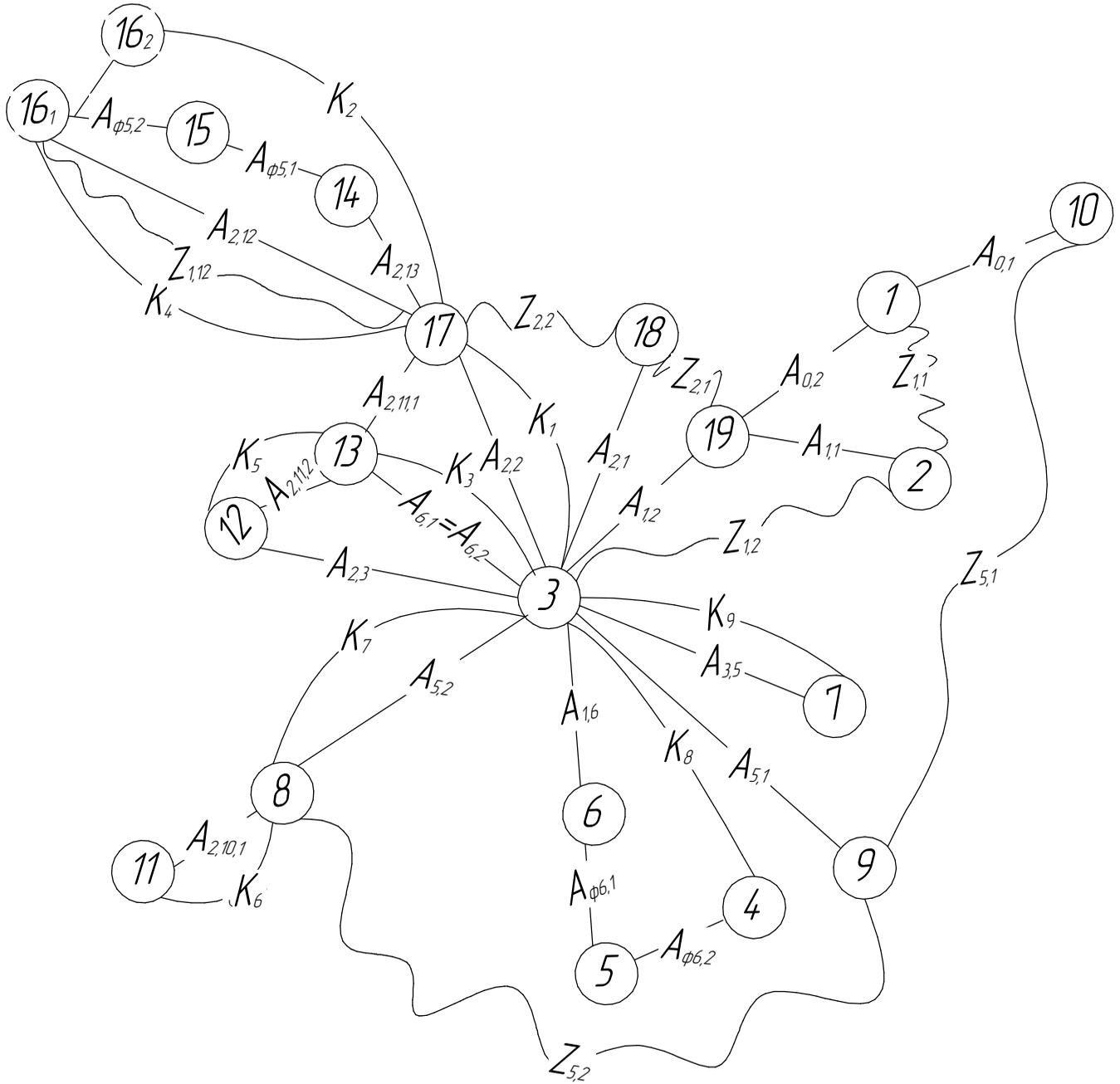
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИШНПТ-154А70007.001

Лист  
2

**Приложение Е**  
**(обязательное)**  
**Граф технологических размеров**

ИШНПТ-154А70007.002



КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Чжэн Цзялу		
Пров.		Козлов В.Н.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

**ИШНПТ-154А70007.002**

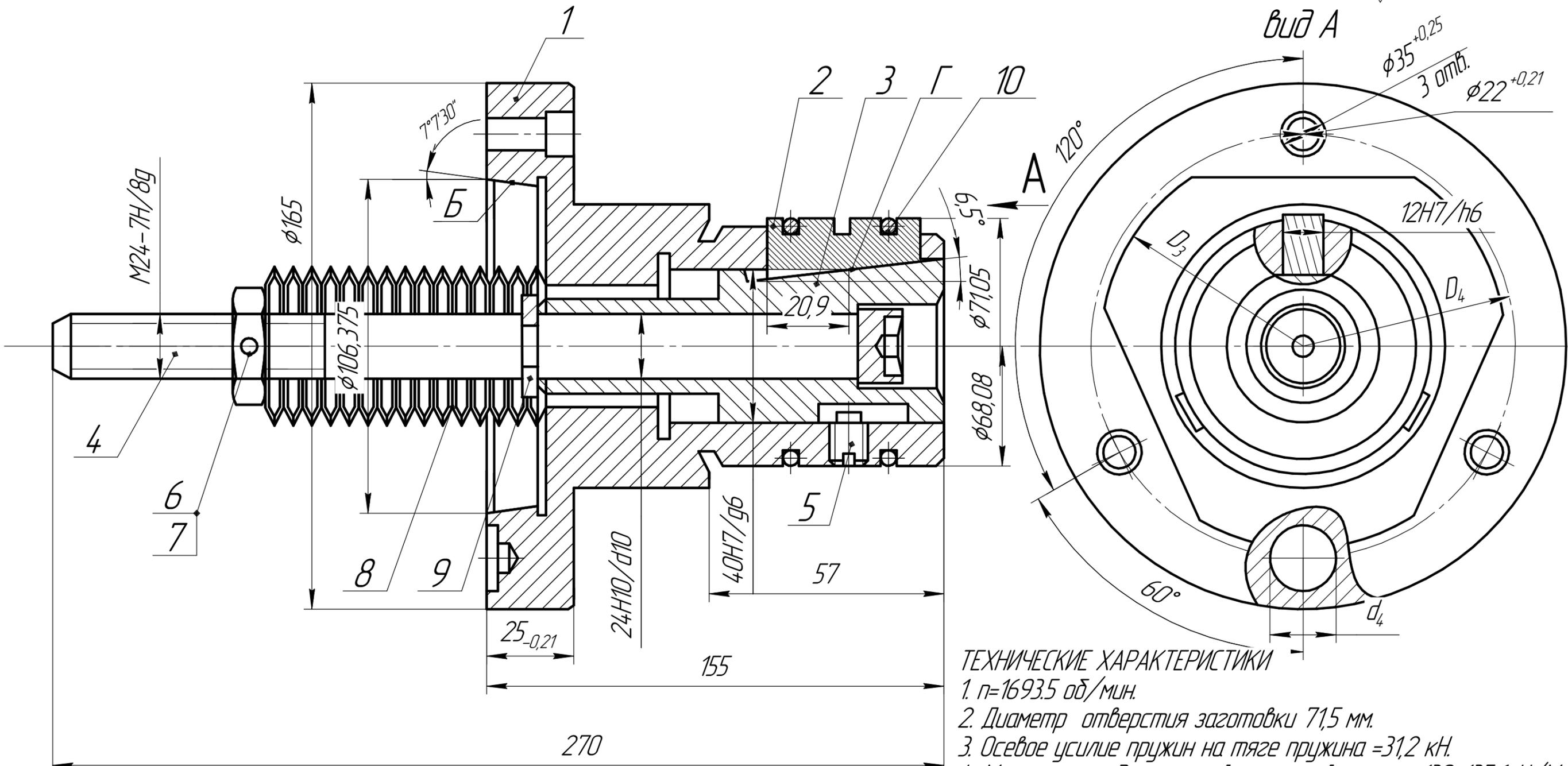
**Граф технологических размеров**

Лит.	Масса	Масштаб	
Лист		Листов	1
ИШНПТ			
Группа: 154А71			

**Приложение Ж**  
**(обязательное)**  
**Чертёж разжимной оправки**

ИШНПТ-154А70007.00.00.03.СБ

Ra 10(□)



- ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**
1.  $n=1693.5$  об/мин.
  2. Диаметр отверстия заготовки 71,5 мм.
  3. Осевое усилие пружин на тяге пружина =31,2 кН.
  4. Максимально допустимый крутящий момент 130-135,6 Н/М

**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 71,1H7 мм и закручивать гайку оправки, сжимая тарельчатые пружины, до появления надёжного торможения при приложении крутящего момента более 150 нм. После этого гайку зашплинтовать.

d	D		L	l	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	Вес, Кг
	Ном	Откл										
71,5 (для отв. φ71,9H9)	106,375	+0,004 -0,006	350	100	165	100	133,4±0,2	14	M16 M24	19,45±0,1	160	8,07

ИШНПТ-154А70007.00.00.03.СБ				Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата			
Разраб.	Чжэн Цзялю					1:1	
Проб.	Козлов В.Н						
Т.контр.					Лист	Листов 1	
Н.контр.					ИШНПТ		
Утв.					Группа: 154А71		

КОМПАС-3D 19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия Все права защищены  
 Имя, № подл. Подп. и дата  
 Взам. инв. № Инв. № докл. Подп. и дата  
 Справ. № Перв. примен.

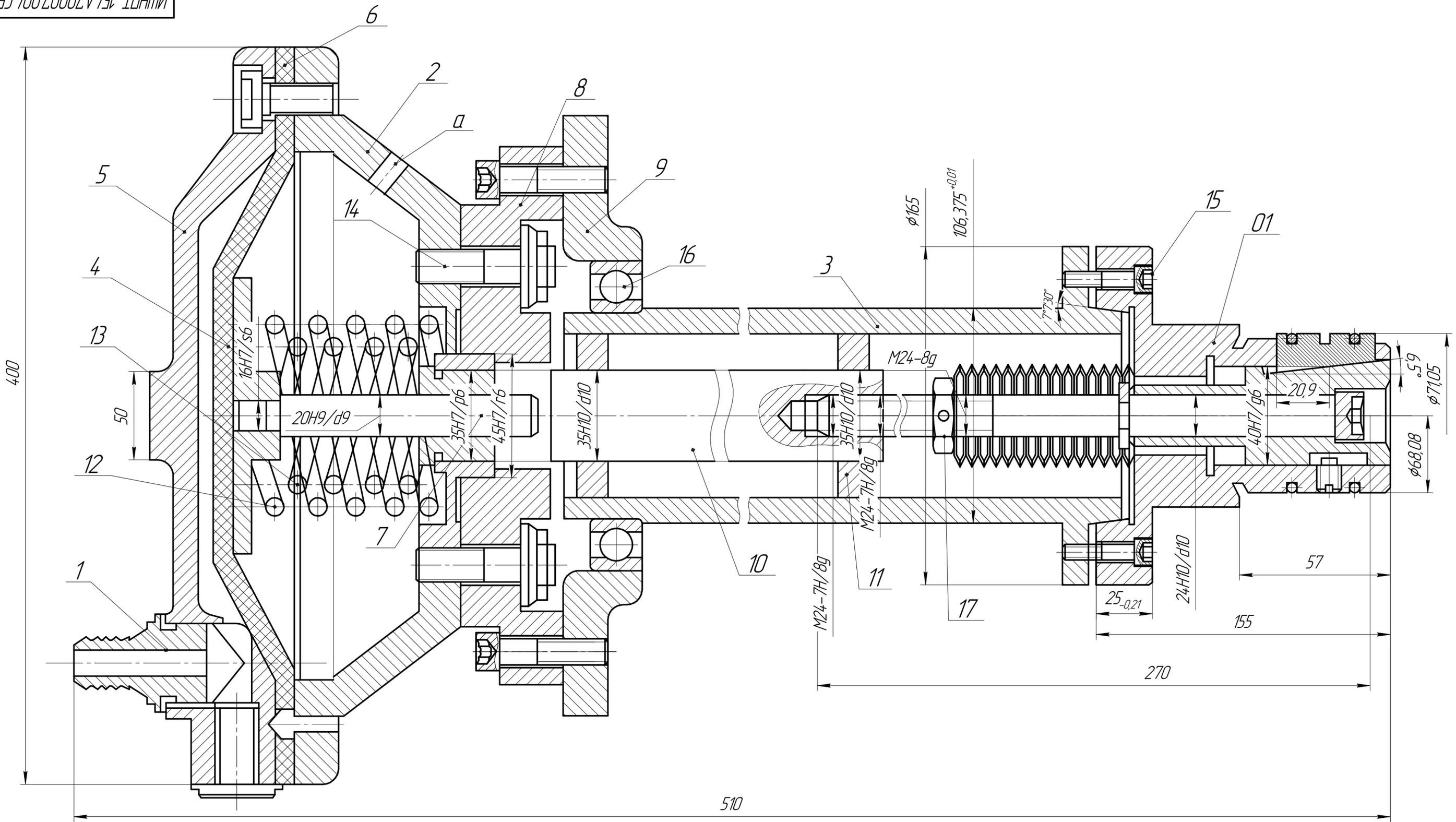
**Приложение И  
(обязательное)  
Спецификации**

КОМАС-ЭД и/9 Учедная версия © 2021 ООО "АКЮН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<i>Документация</i>		
		A3			ИШНПТ-154А 70007.01.00.00.СБ	Сборочный чертеж		
						<i>Детали</i>		
				1	ИШНПТ-154А 7007.00.00.01	Корпус оправки	1	
				2	ИШНПТ-154А 7007.00.00.02	Кулачок	3	
				3	ИШНПТ-154А 7007.00.00.03	Плунжер	1	
				4	ИШНПТ-154А 7007.00.00.04	Тяга плунжера	1	
				5	ИШНПТ-154А 7007.00.00.05	Винт	1	
						<i>Стандартные изделия</i>		
				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	
					<b>ИШНПТ-154А 70007.01.00.00.СП</b>			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.	Чжэн Цзялу				Лит.	Лист
		Проб.	Козлов.В.Н					Листов
		Н.контр.					1	
		Утв.					ИШНПТ Группа: 154А 71	

*Оправка разжимная*

**Приложение К**  
**(обязательное)**  
**Сборочный эскиз разжимной оправки с пневмокамерой**



**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 71H7 мм и закручивать гайку оправки, сжимая тарельчатые пружины, до появления надежного торможения при приложении крутящего момента более 150 нм. 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. Рабочий диаметр мембраны 400мм
2. Давление воздуха составляет 0,4 мПа
3. Усилие на штоке = 37,4 кН

				<b>ИШНПТ-154А70007.004.СБ</b>			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Разжимная оправка с пневмокамерной</b>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Чжэн Цзяли				Листов		1
Проб.	Козлов В.Н.			ИШНПТ			
Т.контр.				Группа: 154А71			
Н.контр.				Формат А2			
Утв.				Копировал			

КМУПАС-30 и 19 Чейден Ветер © 2021 ООО «ИОН-Системы проектирования», Россия. Все права защищены.  
 Имя, № подл. Подп. и дата. Имя, № подл. Подп. и дата. Имя, № подл. Подп. и дата. Имя, № подл. Подп. и дата.

**Приложение Л  
(обязательное)  
Спецификации**

КОМАС-ЭД и/9 Учедная версия © 2021 ООО "АКЮН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A2			ИШНПТ-154А70007.004.СБ	Сборочный чертеж		
						Сборочные единицы		
Справ. №		A3		01	ИШНПТ-154А70007.01.00.00	Оправка разжимная	1	
						Детали		
				1	ИШНПТ-154А70007.001	Штуцер	1	
				2	ИШНПТ-154А70007.002	Корпус камеры правый	1	
				3	ИШНПТ-154А70007.003	Шпиндель	1	
				4	ИШНПТ-154А70007.004	Стальной диск	1	
				5	ИШНПТ-154А70007.005	Крышка камеры	1	
				6	ИШНПТ-154А70007.006	Диафрагма	1	
				7	ИШНПТ-154А70007.007	Шток камеры	1	
				8	ИШНПТ-154А70007.008	Фланцевый кроштейн	1	
				9	ИШНПТ-154А70007.009	Корпус бабки	1	
				10	ИШНПТ-154А70007.0010	Удлинитель	1	
				11	ИШНПТ-154А70007.0011	Пробка	2	
						Стандартные изделия		
				12		Пружина 1086-1167 ГОСТ 18793-80	1	
				13		Пружина 1086-1111 ГОСТ 18793-80	1	
					ИШНПТ-154А70007.004.СП			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.		Разраб.	Чжэн Цзялу				Лит.	Лист
		Проб.	Козлов.В.Н					1
		Н.контр.					ИШНПТ	
		Утв.					Группа: 154А71	
Оправка разжимная с пневмокамерой								

