

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления детали «Цилиндр»

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Чэ Мяо		07.06.21

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов Виктор Николаевич	к.т.н., доцент		07.06.21

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	к.т.н., доцент		07.06.21

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД ОБД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., профессор		07.06.21

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 «Машиностроение»	Ефременков Е.А.	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
Общие по направлению подготовки (специальности)	
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
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
Специализация «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»	
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P12	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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
154A71	Чэ Мяо

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали «Цилиндр»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.04.2021 №111-35/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Чертёж детали «Цилиндр», годовая программа выпуска
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ чертежа и технологичности детали, разработка маршрута обработки, определение типа производства, 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 приспособления для одной операции. Разработка вопросов финансового менеджмента, ресурсоэффективности и

	ресурсосбережения, социальной ответственности
Перечень графического материала	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

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

Дата выдачи задания на выполнение работы по линейному графику	16.12.2020
--	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Чэ Мяо		16.12.2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 167 страниц пояснительной записки и 21 страниц приложения, 30 таблиц, 33 рисунка, 12 источников, 6 листов графического материала формата А1, 1 лист графического материала формата А2 и 2 листа графического материала формата А3.

Ключевые слова: цилиндр, технологический процесс изготовления, размерный анализ, режимы резания, самоцентрирующая оправка.

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

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

Объектом исследования является технология изготовления детали «Цилиндр».

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

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 167 pages of explanatory notes and 21 pages of appendix, 30 tables, 33 figures, 12 references, 6 sheets of graphic material in A1 format, 1 sheet of graphic material in A2 format and 2 sheets of graphic material in A3 format.

Key words: cylinder, technological process of manufacturing, 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 " Cylinder " in production using a device designed in the work.

The object of research is the manufacturing technology of part "The cylinder".

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

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

assigned, and the execution time for each operation is calculated.

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

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

Оглавление

Введение.....	14
1. Технологическая часть	16
1.1. Исходные данные	17
1.2. Анализ технологичности конструкции детали	18
1.3. Определение типа производства.....	19
1.4. Выбор исходной заготовки.....	24
1.5. Разработка технологии изготовления детали	29
1.6. Расчет припусков на обработку	37
1.7. Расчет технологических размеров.....	43
1.8. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.....	54
1.8.1 Определение допусков на технологические размеры	54
1.8.2. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров	55
1.8.3. Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно	56
1.9. Расчет режимов резания	67
1.9.1 Токарная обработка	69
1.9.2. Сверлильная обработка.....	92
1.9.3. Шлифовальные операции.....	97
2. Нормирование технологических операций	99
2.1.1 Расчет основного времени.....	99
2.1.2 Расчет вспомогательного времени.....	104

2.1.3 Расчет оперативного времени	105
2.1.4 Расчет времени на обслуживание рабочего места	106
2.1.5 Расчет времени на отдых	106
2.1.6 Расчет подготовительно-заключительного времени.....	107
2.1.7 Расчет штучного времени.....	108
2.1.8 Расчет штучно-калькуляционного времени.....	108
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	110
3.1. Выбор принципа работы разжимной оправки.	110
3.2. Расчёт моментов сил резания и трения.	117
3.3. Расчёт резьбы на тяге плунжера оправки и усилия закрепления заготовки	118
3.4. Расчёт условия самоторможения клина и внутреннего диаметра пневмокамеры	123
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	125
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	126
4.1. Общая информация.....	126
4.2. Потенциальные потребители результатов исследования	126
4.3. Анализ конкурентных технических решений	127
4.4. SWOT-анализ	129
4.5. Планирование научно-исследовательских работ	133
4.5.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	133
4.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	135

4.6. Бюджет научно-технического исследования	139
4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	144
4.8. Выводы по разделу	147
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	149
Введение	151
Описание рабочего места	151
5.1. Производственная безопасность.....	151
5.1.1 Анализ условий труда на рабочем месте.	151
5.1.2. Анализ показателей шума и вибрации	152
5.1.3. Анализ показателей микроклимата	153
5.1.4. Анализ освещенности рабочей зоны.....	155
5.1.5. Анализ электробезопасности	158
5.1.6. Анализ пожарной и взрывной безопасности.....	160
5.2. Экологическая безопасность	163
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	164
5.4. Выводы по разделу	165
Заключение.....	166
Список литературы	167
Приложение А (справочное)	169
Приложение Б (обязательное)	172
Приложение В (обязательное).....	174
Приложение Г (обязательное).....	180

Приложение Д (обязательное).....	184
Приложение Е (обязательное).....	188
Приложение Ж (обязательное).....	190

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 «Цилиндр» для последующего изготовления этой детали в серийном производстве. Цилиндр - 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

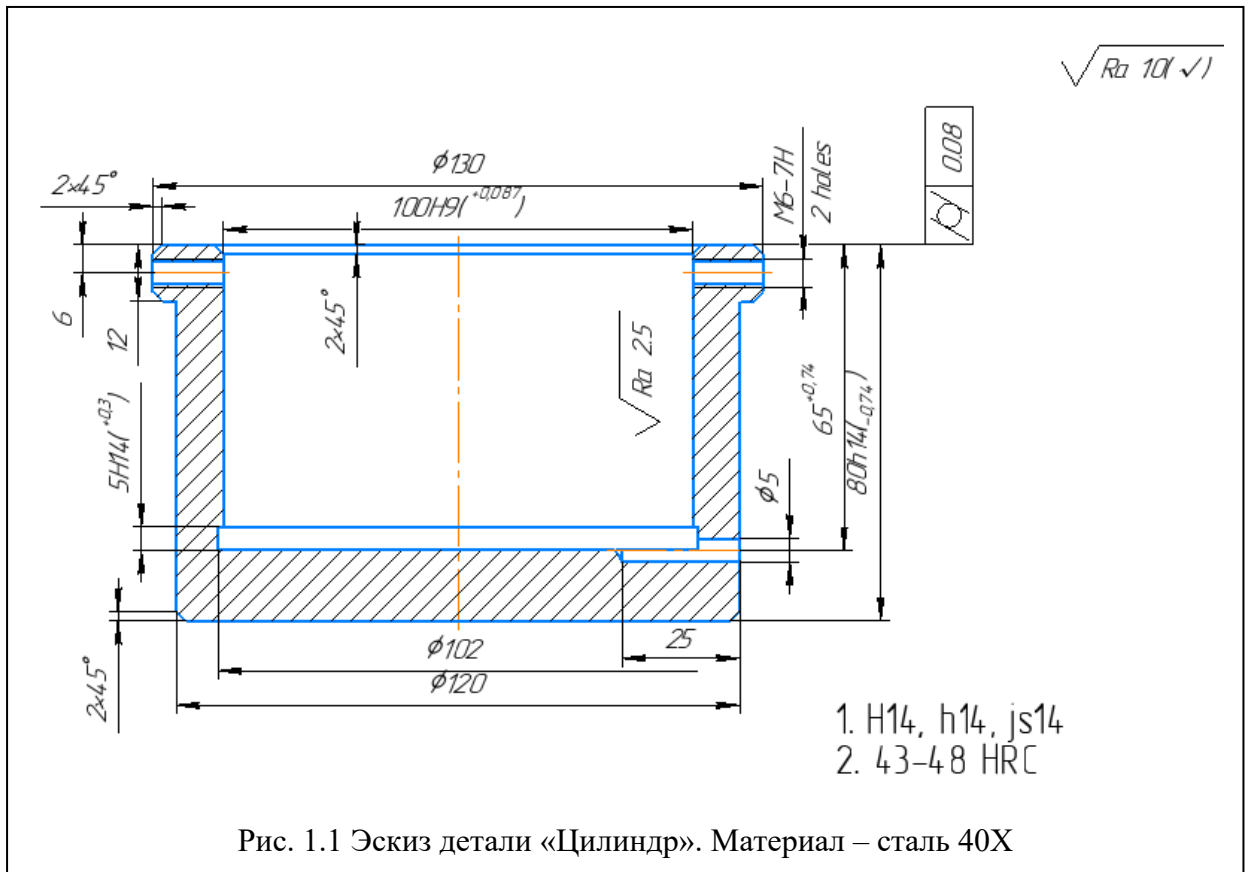
В дипломной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. Подробный технологический процесс разрабатывается для условий среднесерийного, крупносерийного и массового производства. Для каждой операции выполняется выбор оборудования с учётом возможности выполнения необходимых видов обработки, требуемой мощности, цены и доступности для приобретения.

При проектировании техпроцесса необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ чертежа и технологичности детали.
2. Определение типа производства и выбор исходной заготовки.
3. Разработка маршрута технологии изготовления детали.
4. Расчет припусков и допусков, продольных и диаметральных технологических размеров.
5. Выбор средств технологического оснащения.
6. Выбор режущих и измерительных инструментов, расчёт режимов резания для каждого перехода, требуемой мощности станка.
7. Расчёт времени на обработку для каждой операции.
8. В конструкторской части необходимо разработать принципиальную расчетную схему приспособления для второй операции, рассчитать требуемое усилие закрепления заготовки, спроектировать приспособление.

1.1. Исходные данные

Разработать технологический процесс изготовления детали «Цилиндр», эскиз которой представлен на рисунке 1.1. Годовая программа выпуска 8 000 шт.



1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Деталь «Цилиндр»— изготовлена из стали 40Х ГОСТ 4543-71. На эскизе детали имеются все необходимые размеры, указана их точность и требуемая шероховатость, которая соответствует указанной точности каждой поверхности. Указанные отклонения точных размеров соответствуют стандарту ISO.

Конструкция деталей довольно проста. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. В основном обрабатываются на токарном станке и сверлильном станке. Наличие отверстие $\varnothing 5H14^{(+0,3)}$ и два резьбового отверстия М6-7Н. Цилиндричность внутренней поверхности (т.е. центрального отверстия) не должна превышать 0,08 мм, поэтому необходимо шлифовать центральное отверстие после термообработки. Для уменьшения погрешности базирования и закрепления необходимо на этой внутришлифовальной операции закреплять заготовку в цанговом патроне, поэтому под него в качестве базы необходимо иметь наружную цилиндрическую поверхность не грубее 9 квалитета. На чертеже детали эту поверхность допускается изготавливать по 14 квалитету (h14), однако для использования её как технологическую базу надо обрабатывать по h9 во второй операции, при этом желательно использовать разжимную самоцентрирующую оправку для закрепления и базирования для уменьшения отклонения от соосности обрабатываемой и базовой поверхностей. Для использования самоцентрирующей оправки необходимо в первой операции расточить отверстие окончательно по 9 квалитету (по H9), т.е. придётся отойти от

принципа несовмещения черновой и получистовой обработки в одной операции.

Требуется термообработка заготовки (закалка и отпуск до HRC 42...48), поэтому после неё необходимо внутреннее шлифование отверстия Ø100H9. Параметр шероховатости для внутренней поверхностей $Ra \leq 2,5$ мкм, а для остальных $Ra \leq 10$ мкм. Можно использовать универсальные измерительные приборы. С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

1.3. Определение типа производства

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{з.о}$, который показывает отношение всех различных технологических операций, определяем по формуле [1, стр. 19]:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}}; \quad (1.1)$$

где $t_{в}$ – такт выпуска детали, мин.;

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

Такт выпуска детали определяем по формуле [1, стр. 21]:

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}}; \quad (1.2)$$

где $F_{г}$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{г}$ – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем при двухсменном режиме работы: $F_r = 4015$ ч.

Тогда

$$t_b = \frac{F_r}{N_r} = \frac{4015 \cdot 60}{8000} = 30,22 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к.}i}}{n} \quad (1.3)$$

где $T_{\text{ш.к.}i}$ – штучно калькуляционное время i - ой основной операции, мин.

n – количество основных операций.

Штучно-калькуляционное время [3.с147]

$$T_{\text{шк}} = \varphi_k T_0 \cdot 10^{-3} \quad (1.4)$$

где T_0 – основное технологическое время, мин.

φ_k – коэффициент i -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства.

1. Токарная операция: ($\Phi_{k.1} = 2,14$)

переход 1: обточить торец;

переход 2: обточить торец;

переход 3: расточить отверстие;

переход 4: расточить отверстие;

переход 5: расточить канавку;

переход 6: расточить отверстие;

переход 7: расточить фаску.

$$\begin{aligned} T_{\text{ШК.1}} &= \Phi_{k.1} \cdot T_0 \cdot 10^{-3} \\ &= 2,14 \\ &\cdot (0,17dl + 0,17dl + 0,18dl + 0,18dl + 0,17dl + 0,17dl + 0,17dl) \\ &\cdot 10^{-3} \\ &= 2,14 \\ &\cdot (0,17 \cdot 140,6 \cdot 11,5 + 0,17 \cdot 140,6 \cdot 2,3 + 0,18 \cdot 96,9 \cdot 60 + 0,18 \\ &\cdot 98,7 \cdot 60 + 0,17 \cdot 102 \cdot 5 + 0,17 \cdot 99,4 \cdot 60 + 0,17 \cdot 102 \cdot 2) \cdot 10^{-3} \\ &= 5,37 \text{ мин;} \end{aligned}$$

2. Токарная операция: ($\Phi_{k.2} = 2,14$)

переход 1: обточить торец;

переход 2: обточить торец;

переход 3: обточить поверхность;

переход 4: обточить поверхность;

переход 5: обточить поверхность;

переход 6: обточить поверхность;

переход 7: обточить поверхность;

переход 8: обточить фаску;

переход 9: обточить фаску;

переход 10: обточить фаску;

$$\begin{aligned}
T_{\text{ШК.2}} &= \Phi_{k.2} \cdot T_0 \cdot 10^{-3} \\
&= 2,14 \\
&\cdot (0,17dl + 0,17dl + 0,17dl + 0,17dl + 0,17dl + 0,17dl + 0,17dl \\
&+ 0,17dl + 0,17dl + 0,17dl) \cdot 10^{-3} \\
&= 2,14 \\
&\cdot (0,17 \cdot 130,5 \cdot 2,2 + 0,17 \cdot 130,5 \cdot 1,5 + 0,17 \cdot 122,7 \cdot 68 + 0,17 \\
&\cdot 120,7 \cdot 68 + 0,17 \cdot 120 \cdot 68 + 0,17 \cdot 132,2 \cdot 12 + 0,17 \cdot 130 \cdot 12 \\
&+ 0,17 \cdot 130 \cdot 2 + 0,17 \cdot 130 \cdot 2 + 0,17 \cdot 120 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 10,59 \text{ мин};
\end{aligned}$$

3. Сверлильная операция: ($\Phi_{k.3} = 1,72$)

переход 1: сверлить отверстие под резьбу М6-7Н;

переход 2: сверлить отверстие под резьбу М6-7Н;

переход 3: зенковать фаску.

$$\begin{aligned}
T_{\text{ШК.3}} &= \Phi_{k.3} \cdot T_0 \cdot 10^{-3} = 1,72 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} + 1,72 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} + 0,21dl \\
&= 1,72 \cdot 0,52 \cdot 6 \cdot 15 \cdot 10^{-3} + 1,72 \cdot 0,52 \cdot 6 \cdot 15 \cdot 10^{-3} + 1,72 \cdot 0,21 \\
&\cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,16 \text{ мин};
\end{aligned}$$

4. Сверлильная операция: ($\Phi_{k.7} = 1,72$)

переход 1: сверлить отверстие $\emptyset 5H14$ на проход.

$$\begin{aligned}
T_{\text{ШК.4}} &= \Phi_{k.4} \cdot T_0 \cdot 10^{-3} = 1,72 \cdot 0,52dl \cdot 10^{-3} = 1,72 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \\
&= 0,11 \text{ мин};
\end{aligned}$$

5. Сверлильная операция: ($\Phi_{k.5} = 1,72$)

переход 1: нарезать метчиком резьбу М6-7Н;

переход 2: нарезать метчиком резьбу М6-7Н.

$$T_{\text{шк.5}} = \Phi_{k.5} \cdot T_0 \cdot 10^{-3} = 1,72 \cdot 0,4 \text{dl} \cdot 10^{-3} = 1,72 \cdot 0,4 \cdot 6 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \\ = 0,06 \text{ мин};$$

7. Внутришлифовальная операция: ($\Phi_{k.7} = 1,72$)

переход 1: шлифовать отверстие.

$$T_{\text{шк.7}} = \Phi_{k.7} \cdot T_0 \cdot 10^{-3} = 1,72 \cdot 0,1 \text{dl} \cdot 10^{-3} = 1,72 \cdot 0,1 \cdot 100 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \\ = 1,032 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (1.3):

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_{\text{шк}i}}{n} = \frac{T_{\text{шк.1}} + T_{\text{шк.2}} + T_{\text{шк.3}} + T_{\text{шк.4}} + T_{\text{шк.5}} + T_{\text{шк.7}}}{6} = 2,887 \text{ мин};$$

Тип производства определяем по формуле 1.1:

$$K_{3,0} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{30,22}{2,887} = 10,47;$$

Так как $10 < K_{3,0} = 10,47 < 20$, то есть тип производства среднесерийный.

1.4. Выбор исходной заготовки

Так как тип производства среднесерийный, то 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: диаметр наружных поверхностей $\varnothing 130$ мм и $\varnothing 120$ мм и центрального отверстия большого диаметра $\varnothing 100H9$.

Небольшой перепад диаметров наружных поверхностей ($\varnothing 130$ и $\varnothing 120$) позволяет использовать более простую форму штамповки (рис. 1.4.1), но в целях экономии времени на мехобработку и металла, удаляемого в стружку, лучше использовать штамповку с буртиком (рис. 1.4.2.).

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 охватывающим или охватываемым поверхностям они относятся.

С учетом технологических свойств материала детали (Сталь 40Х ГОСТ 4543-71), её габаритов, требований к механическим свойствам, а также типа

производства (среднесерийный), выбираем в качестве исходной заготовки штамповку (рис. 1.4.2.).

Таблица 1.4.1- Химический состав в% стали 40X

Кремний (Si), %	0,17-0,37
Медь (Cu), % не более	до 0,30
Марганец (Mn), %	0,50-0,80
Никель (Ni), % не более	до 0,30
Фосфор (P), % не более	до 0,035
Хром (Cr), %	0,80-1,10
Сера (S), не более	0,035
Углерод (C), %	0,36-0,44
Железо (Fe), %	≈97

Таблица 1.4.2- Механические свойства стали 40X

$\sigma_{0,2}$, МПа	780
σ_B , МПа	600
δ_5 , %	10
ψ , %	45
КСУ, кДж/м ²	59

σ_B – временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении), МПа;

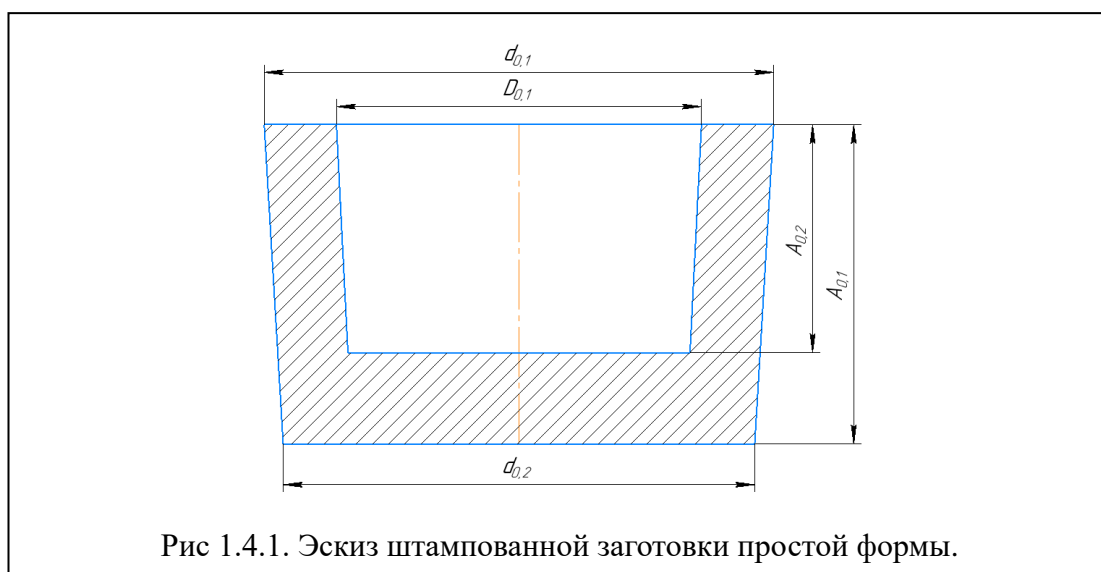
$\sigma_{0,2}$ –предел текучести условий, МПа;

δ_5 – относительно удлинение после разрыве, %;

ψ – относительное сужение, %;

КСУ– ударная вязкость, определенная на образце с концентраторами соответственно вида U и V, кДж/м².

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 1.4.1). По весу заготовки 3,9 кгс определяем исходный индекс – 11



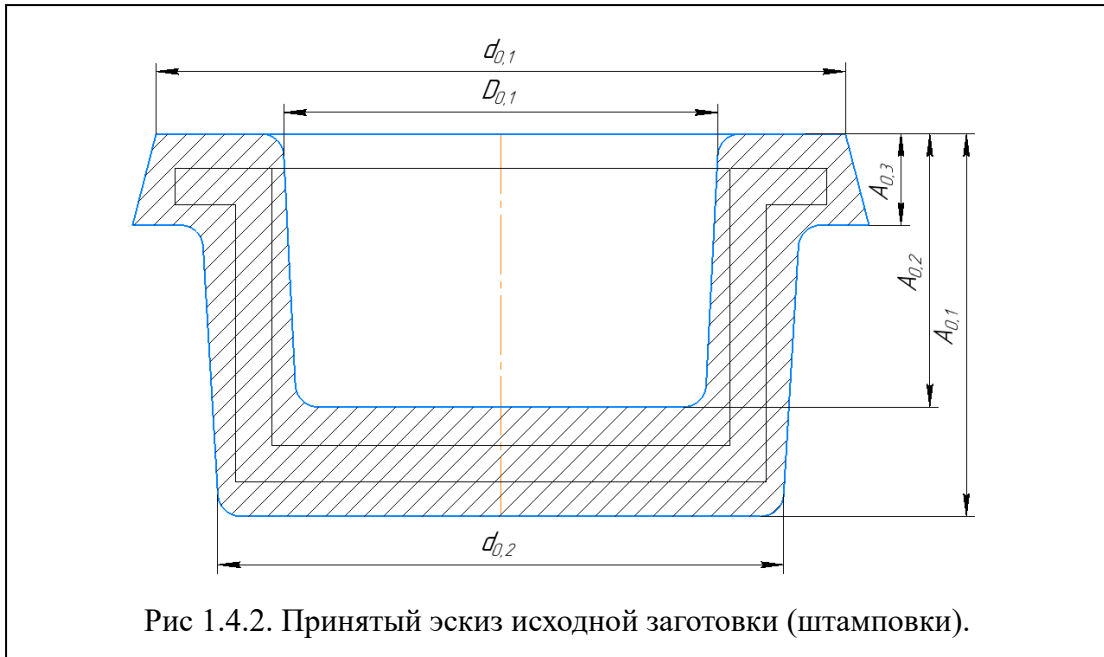


Рис 1.4.2. Принятый эскиз исходной заготовки (штамповки).

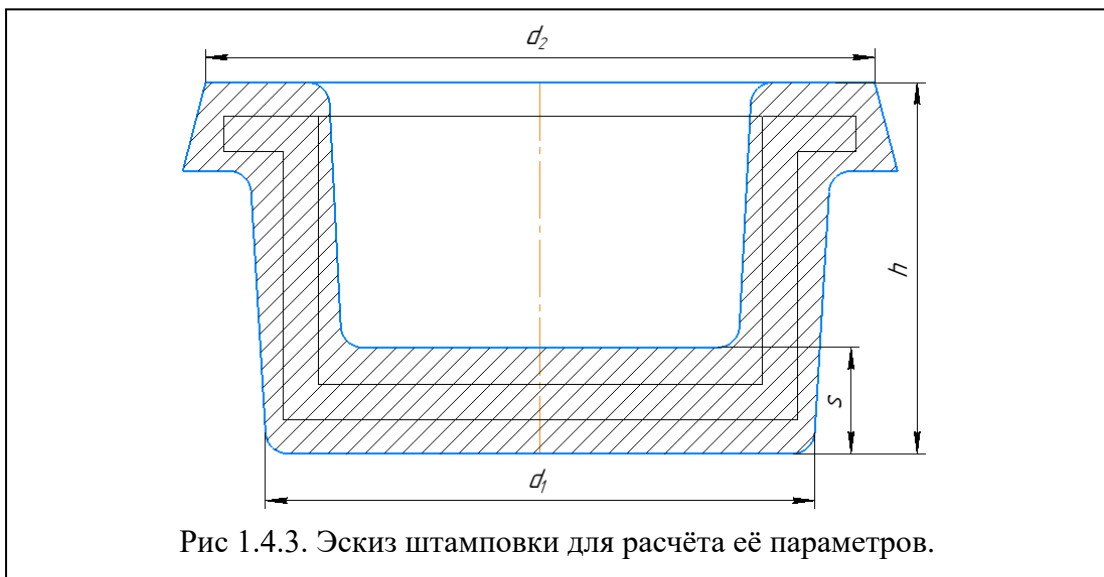


Рис 1.4.3. Эскиз штамповки для расчёта её параметров.

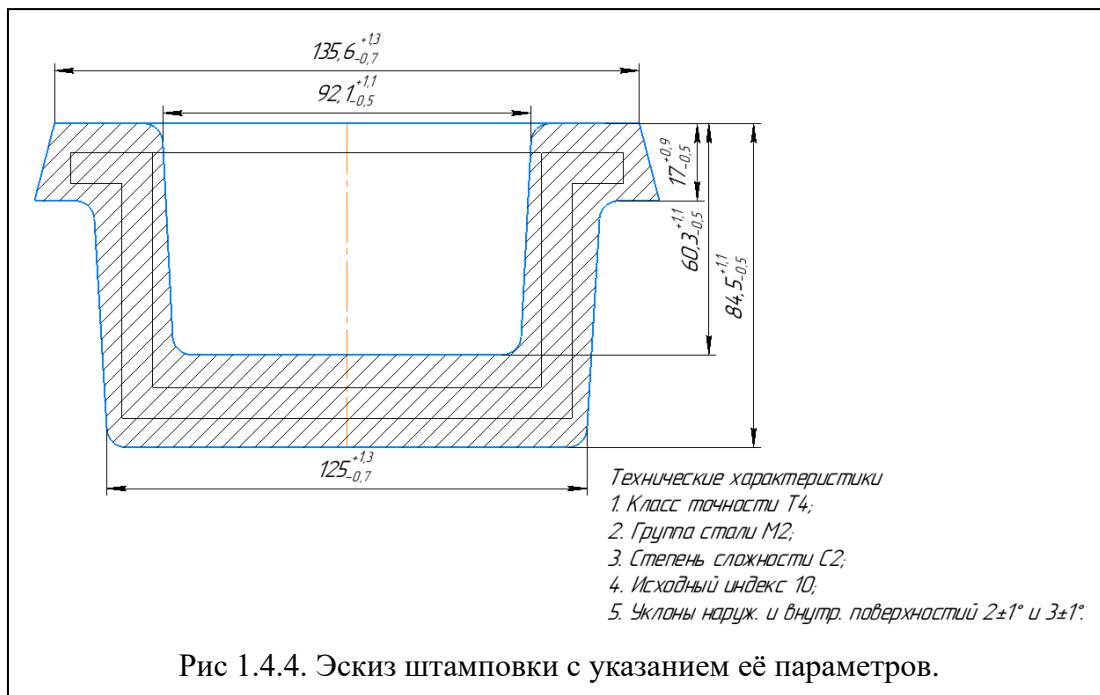


Рис 1.4.4. Эскиз штамповки с указанием её параметров.

Таблица 1.4.3 – Допуски и допускаемые отклонения исходной заготовки по ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные»

Класс точности	Группа стали	Степень сложности	Исходный индекс
T4	M2	C2	10
Номинальный размер		Допуски и допускаемые отклонения	
Длина (80h14) $A_{0.1} = 84,5$ мм		1,6	+1,1 -0,5
Наружный диаметр буртика (130h14) $d_{0.1} = \varnothing 135,6$ мм		2,0	+1,3 -0,7
Наружный диаметр (120h14) $d_{0.2} = \varnothing 125$ мм		2,0	+1,3 -0,7
Диаметр отверстия ($\varnothing 100H9$) $\varnothing D_{0.1} = \varnothing 92,1$ мм		1,6	+1,1 -0,5
Глубина штампованного отверстия $A_{0.2} = 60,3$ мм		1,6	+1,1 -0,5
Толщина $S = 24,2$ мм		1,4	+0,9 -0,5
Длина буртика $A_{0.3} = 17$ мм		1,4	+0,9 -0,5

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 β в зависимости от отношения длины заготовки L к её наибольшему диаметру D .

Таблица 1.4.4 – Минимальная величина уклонов для наружных поверхностей

L/D	До 0,3	Св.0,3до1,2	Св.1,2 до 2,2	Св.2,2 до 3,2	Св.3,2 до 4,2
β	0°	15'	30'	45'	1°

Т.к. $L/D=97,5/140,6=0,69$, то принимаем величину уклонов наружных поверхностей $\beta = 2\pm 1^\circ$, внутренних (отверстия) $\alpha = 3\pm 1^\circ$.

Объём мерного прутка под штамповку

$$V = l \times \pi d^2 / 4 = 60,3 \times 3,14 \times 92,1^2 / 4 = 0,4 \text{ м}^3.$$

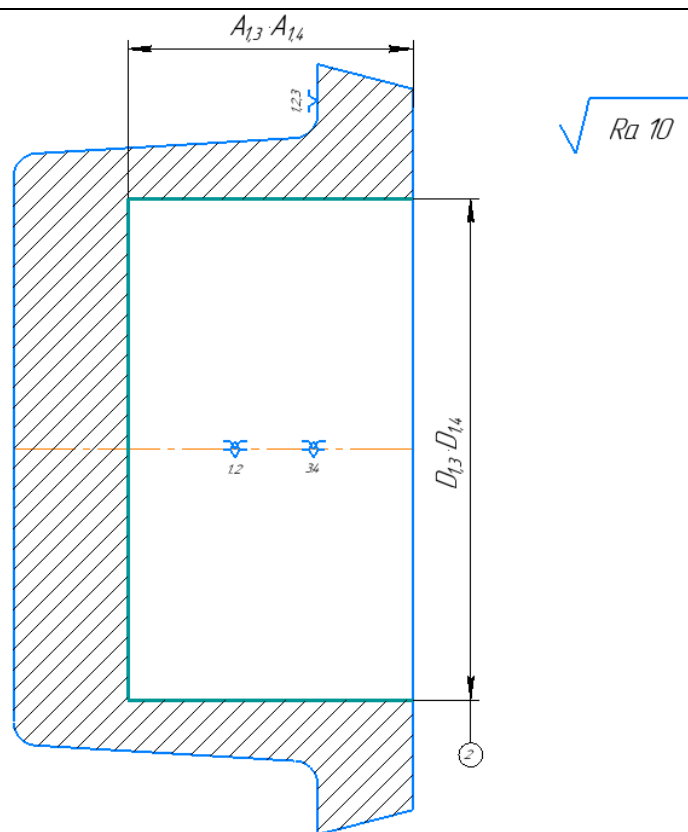
1.5. Разработка технологии изготовления детали

Маршрут технологии изготовления детали «Цилиндр» представлен в таблице 1.5.1. Предварительный маршрут включает в себя операционные эскизы, схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, а также описание переходов.

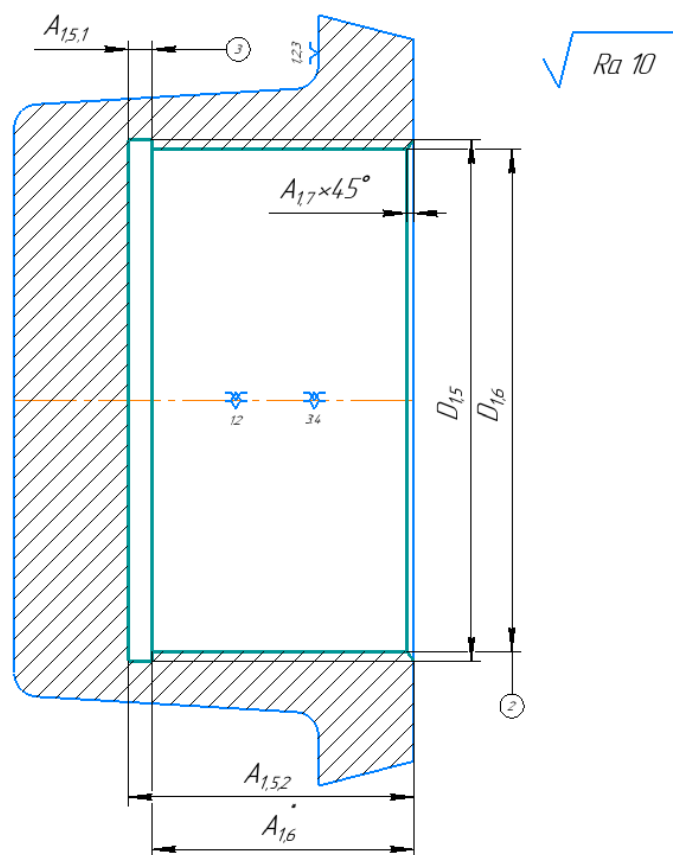
Таблица 1.5.1 – Маршрутная карта обработки детали

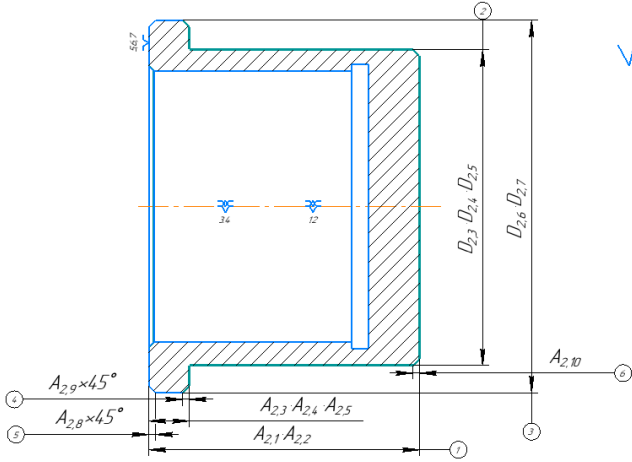
Номер опер	наименование операции, номер и содержание переходов	Операционный эскиз
000	<p>Заготовительная</p> <p>1. Штамповать заготовку согласно чертежу.</p>	
005 (1)	<p>Токарная</p> <p>0. Установить и закрепить заготовку в трёхкулачковый самоцентрирующий патрон;</p> <p>1. Обточить торец ① предварительно, выдерживая размер $A_{1,1}$ (h15).</p> <p>2. Обточить торец ① окончательно, выдерживая размер $A_{1,2}$ (h14).</p>	

3. Расточить отверстие ②
предварительно,
выдерживая размеры
 $\varnothing D_{1.3}$ (H15) и $A_{1.3}$ (H15).
4. Расточить отверстие ②
начерно, выдерживая
размеры $\varnothing D_{1.4}$ (H12) и
 $A_{1.4}$ (H14).

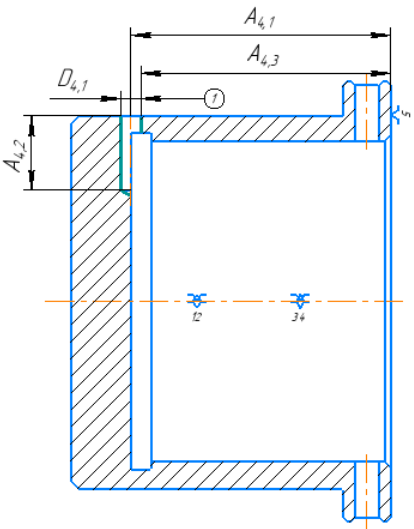
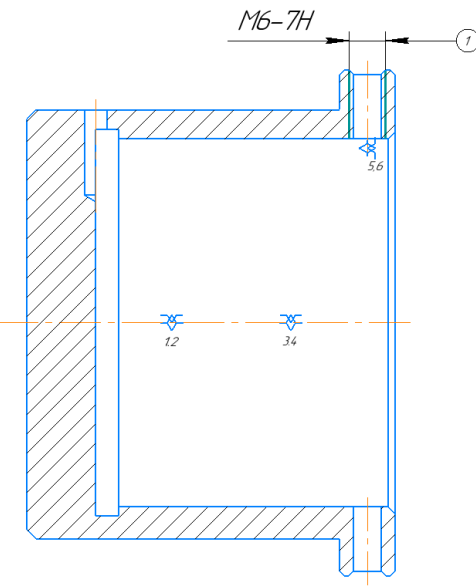


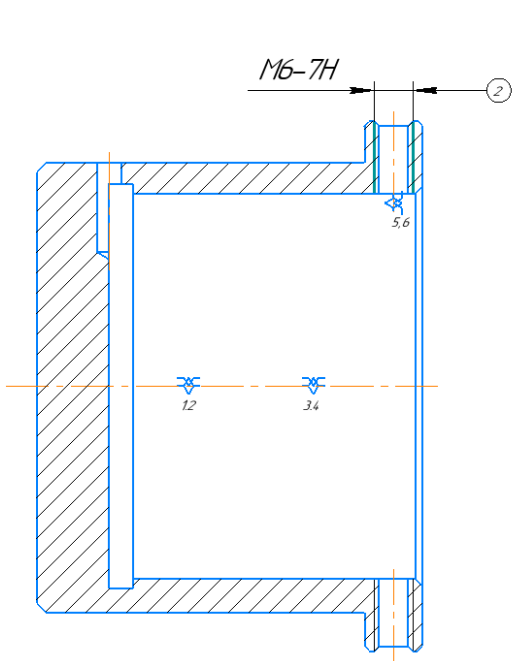
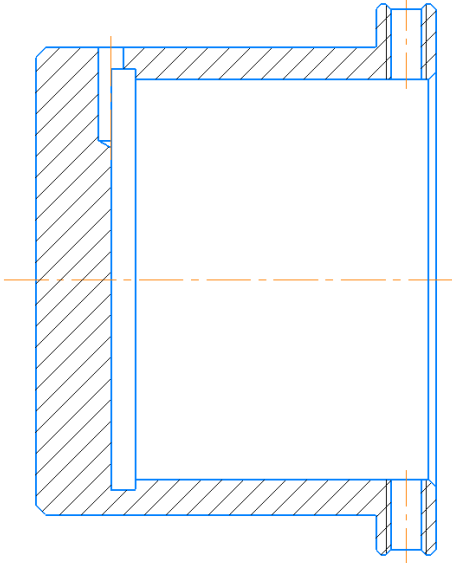
5. Расточить канавку ③,
выдерживая размеры
 $\varnothing D_{1.5}$ (H14), $A_{1.5.1}$ (H14)
и $A_{1.5.2}$ (H14).
6. Расточить отверстие ②
получисто, выдерживая
размеры $\varnothing D_{1.6}$ (H9) на
проход (для справки длина
 $A_{1.6}^*$ (h14)).
7. Расточить фаску,
выдерживая размер $A_{1.7}$.
8. Раскрепить и снять
заготовку.

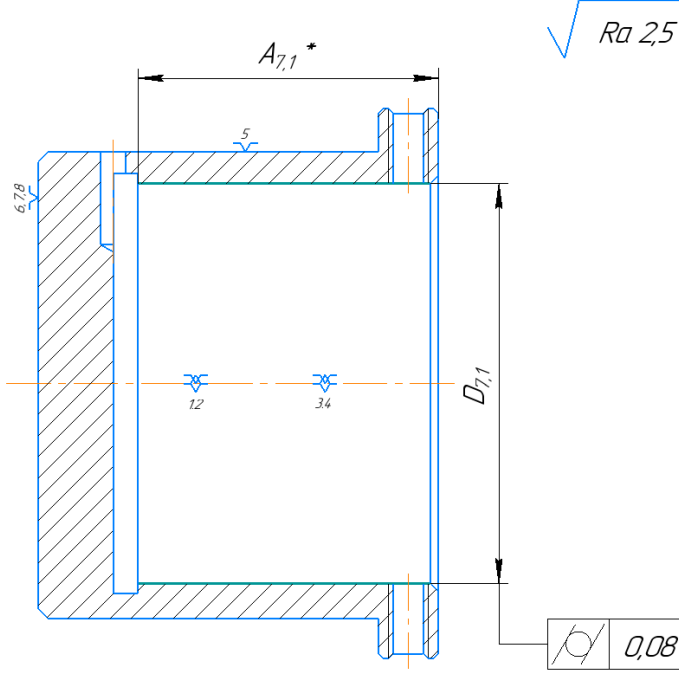
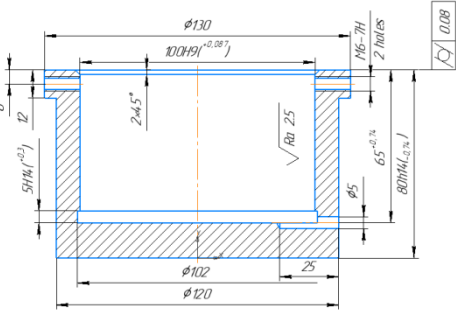


<p>010 (2)</p>	<p>Токарная 0. Установить и закрепить заготовку на разжимную оправку; 1. Обточить торец ①, выдерживая размер $A_{2.1}$; 2. Обточить торец ①, выдерживая размер $A_{2.2}$; 3. Обточить поверхность ②, выдерживая размеры $\varnothing D_{2.3}$ (h14) и $A_{2.3}$(h14); 4. Обточить поверхность ②, выдерживая размеры $\varnothing D_{2.4}$ (h12) и $A_{2.4}$(h14); 5. Обточить поверхность ②, выдерживая размеры $\varnothing D_{2.5}$ (h9) и $A_{2.5}$(h14) 6. Обточить поверхность ③ на проход, выдерживая размер $D_{2.6}$ (h15); 7. Обточить поверхность ③ на проход, выдерживая размер $D_{2.7}$ (h14); 8. Обточить фаску ④, выдерживая размер $A_{2.8}$(h14) $\times 45^\circ$; 9. Обточить фаску ⑤, выдерживая размер $A_{2.9}$ (h14)$\times 45^\circ$; 10. Обточить фаску ⑥, выдерживая размер $A_{2.10}$ (h14)$\times 45^\circ$; 11. Раскрепить и снять заготовку.</p>	 <p>The drawing shows a cross-section of a stepped shaft with the following features and dimensions:</p> <ul style="list-style-type: none"> Surface ①: Chamfered ends with dimensions $A_{2.1}$ and $A_{2.2}$. Surface ②: Three cylindrical sections with diameters $\varnothing D_{2.3}$, $\varnothing D_{2.4}$, and $\varnothing D_{2.5}$. Their axial positions are defined by $A_{2.3}$, $A_{2.4}$, and $A_{2.5}$. Surface ③: A central hole with diameters $D_{2.6}$ and $D_{2.7}$. Surface ④: Chamfered edge with dimension $A_{2.8} \times 45^\circ$. Surface ⑤: Chamfered edge with dimension $A_{2.9} \times 45^\circ$. Surface ⑥: Chamfered edge with dimension $A_{2.10} \times 45^\circ$. Surface texture: $Ra 10$ is indicated on the right.
--------------------	--	---

<p>015</p>	<p>Сверлильная</p> <p>Установ А</p> <p>0. Установить и закрепить заготовку на сверлильном приспособлении (призме). Установить кондукторную плиту;</p> <p>1. Сверлить отверстие ① на проход, выдерживая размеры $\varnothing D_{3.1}$ и $A_{3.1}$.</p>	
	<p>Установ Б</p> <p>0. Раскрепить заготовку и повернуть на 180°, закрепить заготовку;</p> <p>2. Сверлить отверстие ② на проход, выдерживая размеры $\varnothing D_{3.2}$, $A_{3.2}$, $A_{3.4}$, $A_{3.5}$.</p> <p>Установ В</p> <p>Отвести кондукторную плиту</p> <p>3. Зенковать фаску, выдерживая размеры $A_{3.3}$ $2 \times 45^\circ$ в двух отверстиях ① и ② поочередно.</p> <p>0. Раскрепить и снять заготовку.</p>	

<p>020</p>	<p>Сверлильная</p> <p>0. Установить и закрепить заготовку на сверлильном приспособлении (призме). Установить кондукторную плиту;</p> <p>1. Сверлить отверстие ①, выдерживая размеры $\varnothing D_{4.1}$, $A_{4.1}$, $A_{4.2}$ и $A_{4.3}$.</p> <p>0. Раскрепить и снять заготовку.</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 10}$</p>
<p>025</p>	<p>Сверлильная</p> <p>Установ А</p> <p>0. Установить заготовку на призме;</p> <p>1. Нарезать резьбовое отверстие ① на проход;</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 10}$</p>

	<p>Установ Б</p> <p>0. Повернуть заготовку на 180°;</p> <p>2. Нарезать резьбовое отверстие ② на проход;</p> <p>3. Снять заготовку.</p>	
<p>030</p>	<p>Термическая Закалить и отпустить до 43...48 HRC</p>	

<p>035</p>	<p>Внутришлифовальная 0. Установить и закрепить заготовку в цанговый патрон; 1. Шлифовать отверстие $\text{Ø}D_{7,1}(H9)$; Размер для справки $A_{7,1}^* = A_{1,4}$; 0. Раскрепить и снять заготовку.</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 2,5}$</p>
<p>040</p>	<p>Контрольная Контролировать размеры, шероховатость и отклонения формы согласно чертежу детали.</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 2,5}$</p> <p style="text-align: right;">1. H14, h14, js14 2. 43-48 HRC</p>

1.6. Расчет припусков на обработку

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей типа «тело вращения» производим, пользуясь основной формулой (учитывая малую вероятность совпадения направления погрешность заготовки из-за коробления ρ_{i-1} и погрешности установки ε_i):

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

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

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

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

ρ_{i-1} – погрешность заготовки из-за коробления (смещение) после предыдущей обработки, мкм;

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

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

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

Суммарное значение R_z и T_d , характеризующее качество поверхности заготовок из штамповки определяем по справочнике [3]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяем по справочнике [3].

Рассчитанные минимальные припуски и его составляющие записываем в табл. 1.6.1. После этого рассчитываем технологические размеры на обработку каждой поверхности, начиная от её конструкторского размера, результаты записываем в табл. 1.6.1. Округление величины технологического размера до десятых долей миллиметра выполняем в большую сторону для охватываемых размеров (валов), в меньшую – для охватывающих (отверстий).

Таблица 1.6.1 – Расчет минимальных припусков и технологических размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, МКМ				Расчетный припуск $2Z_{min}$, МКМ	Допуск T , МКМ	$d_{пр}$, мм	Предельный размер, мм	
	R_z , МКМ	$T_{деф}$, МКМ	ρ , МКМ	ε , МКМ				d_{min} , мм	d_{max} , мм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Обточка Ø130h14(-1)									
Штамповка (h16) $d_{0,1}$	150	200	500	0	-----	2500	137,4h16	134,9	137,4
						2000	$135,6^{+1,3}_{-0,7}$		
Обдирка(h15) $D_{2,6}$	80	100	100	500	$2 \cdot 1350 = 2700$	1600	132,2h15	130,6	132,2
Обточка окончательная (Ø130h14) $D_{2,7}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	1000	130 h14	129	130
Обточка Ø120h14(-0,87)									
Штамповка (h16) $d_{0,2}$	150	200	500	0	-----	2500	126,8h16	124,3	126,8
						2000	$125^{+1,3}_{-0,7}$		
Обдирка (h14) $D_{2,3}$	80	100	100	100	$2 \cdot 950 = 1900$ ($2Z_{2,3} min$)	1000	122,4h14	121,4	122,4
Обточка черновая (h12) $D_{2,4}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$ ($2Z_{2,4} min$)	400	120,8h12	120,4	120,8
Получистовая обточка (h9) $D_{2,5}$	10	30	30	30	$2 \cdot 190 = 380$ ($2Z_{2,5} min$)	87	120h9	119,91 3	120
Обработка отверстия Ø100H9(+0,087)									
Штампованное отверстие (H16) $D_{0,1}$	150	200	500	0	-----	2200	92,6H16	92,6	94,8
						1600	$92,1^{+1,1}_{-0,5}$		
Обдирка (H15) $D_{1,3}$	80	100	100	100	$2 \cdot 950 = 1900$	1400	96,7H15	96,7	98,1
Черновая расточка(H12) $D_{1,4}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	350	98,7H12	98,7	99,05
Получистовая расточка (H9) $D_{1,6}$	10	30	30	30	$2 \cdot 190 = 380$	87	99,4H9	99,4	99,487
Термическая (закалка) HRC 43...48	20	100	100		$2 \cdot 70 = 140$	-----	-----	-----	-----
Черновое шлифование после закалки (H9) $D_{7,1} = \text{Ø}100H9$	10	30	30	50	$2 \cdot 270 = 540$	87	Ø100H9	100	100,08 7

Продолжение таблицы 1.6.1									
Обточка торцов для выдерживания длины буртика 12h14 _(-0,43)									
Сторона А Штамповка (торец А) (h16) A _{0,3}	150	200	200	0	-----	1100	17,75h16	16,35	17,45
						1400	17 ^{+0,9} _{-0,5}		
Обдирка торца А (h15) A _{1,1}	80	100	100	200	750	700	15,6h15	14,88	15,58
Обточка торца А окончательная (h14) A _{1,2}	40	60	60	0	280	430	14,6h14	14,15	14,58
Сторона Б Штамповка (торец Б) (h16) A _{0,3}	150	200	200	0	-----	-----	-----	-----	-----
Обдирка торца Б (h14) A _{2,3}	80	100	100	200	750	430	13,4h14	12,98	13,41
Обточка торца Б (h14) A _{2,4}	80	100	100	0	280	430	12,7h14	12,28	12,71
Обточка торца Б окончательная (h14) A _{2,5}	40	60	40	0	280	430	12h14	11,57	12
Обточка торцов для выдерживания длины детали 80h14 _(-0,74)									
Сторона А Штамповка (торец А) (h16) A _{0,1}	150	200	200	0	-----	2200	88,2h16	85,95	88,15
						1600	86,5 ^{+1,1} _{-0,5}		
Обдирка торца А (h15) A _{1,1}	80	100	100	200	750	1400	85,2h15	83,78	85,18
Обточка торца А окончательная (h14) A _{1,2}	40	60	60	0	280	740	83,5h14	82,75	83,49
Сторона Б Штамповка (торец Б) (h16) A [*] _{0,1}	150	200	200	200	750	2200	84,95h16 напрямую размер не выдерживается	82,75	84,95
Обдирка торца Б (h15) A _{2,1}	80	100	100	200	750	1400	82h15	80,28	81,68
Обточка окончательная (h14) A _{2,2} =80h14	40	60	60	0	280	740	80h14	79,26	80

Расчет минимального припуска на обработку наружной поверхности

Ø130h14(-0,1)

При окончательной обточке по 14 качеству в седьмом переходе 2-й операции:

$$2Z_{2.7 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) =$$

560 мкм.

$$\begin{aligned} 2Z_{2.6 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (150 + 200 + 500 + 500) \\ &= 2700 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Расчёт минимальных припусков на обработку Ø120h14(-0,87)

Под обдирку (по 14 качеству):

$$\begin{aligned} 2Z_{2.3 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (150 + 200 + 500 + 100) \\ &= 1900 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Под обточку черновую (по 12 качеству):

$$2Z_{2.4 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм.}$$

Под получистовую обточку (по 9 качеству):

$$\begin{aligned} 2Z_{2.5 \min.i} &= 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40 + 60 + 60 + 30) \\ &= 380 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Расчёт минимальных припусков на обработку Ø100H9(+0,087)

Под обдирку (по 15 качеству):

$$\begin{aligned} 2Z_{1.3 \min.i} &= 2 \cdot (2R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (150 + 200 + 500 + 100) \\ &= 1900 \text{ мкм;} \end{aligned}$$

Под обточку черновую (по 12 качеству):

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

Под полустружковую обточку (по 9 качеству):

$$2Z_{1.6 \min.i} = 2 \cdot (2R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40 + 60 + 60 + 30) \\ = 380 \text{ мкм};$$

Под черновое шлифование (по 9 качеству):

$$2Z_{7.1 \min.i} = 2 \cdot (2R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (20 + 100 + 100 + 50) \\ = 540 \text{ мкм.}$$

Расчет минимальных припусков при обработке детали по длине 80h14_(-0,74)

Под обдирку (по 15 качеству):

$$2Z_{1.1 \min.i} = 2 \cdot (2R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (150 + 200 + 200 + 200) \\ = 1500 \text{ мкм};$$

Под обточку окончательную (по 14 качеству):

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

Под обдирку (по 15 качеству):

$$2Z_{2.1 \min.i} = 2 \cdot (2R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (150 + 200 + 200 + 200) \\ = 1500 \text{ мкм};$$

Под обточку окончательную (по 14 качеству):

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

1.7. Расчет технологических размеров

Расчет технологических размеров, получаемых напрямую (без использования размерных цепей с несколькими технологическими размерами)

Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}130\text{h}14_{(-0,1)}$

Расчет технологических размеров выполняем исходя из размерного анализа технологического процесса обработки, для чего составляем размерные цепи.

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\text{Ø}130\text{h}14_{(-0,1)}$ (рис. 1.7.1) и записываем в таблицу 1.6.1. Технологический размер A_2 должен быть равен конструкторскому K , т.е.: $D_{2,7}=A_2 = K = \text{Ø}130\text{h}14_{(-0,1)}$ мм.

Находим технологический размер A_1 , используя размерную цепь №1:

$$\begin{aligned} D_{2,6 \min} &= A_{1 \min} = A_{2 \max} + 2z_{2 \min} \\ &= D_{2,7 \max} + 2z_{2,7 \min} = 130 + 0,56 \\ &= 130,56 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{2,6 \max} &= A_{1 \max} = A_{1 \min} + T_{d1} = D_{2,6 \min} + T_{d2,6} \\ &= 130,56 + 1,6 = 132,16 \text{ мм;} \end{aligned}$$

Принятый технологический размер

$$D_{2,6 \text{ пр}} = 132,2\text{h}15_{(-1,6)} \text{ мм.}$$

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

$$\begin{aligned} d_{0,1 \min} &= A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2z_{1 \min} = D_{2,6 \text{ пр. max}} + 2z_{2,6 \min} = 132,2 + 2,7 \\ &= 134,9 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$d_{0,1 \max} = A_{0 \max} = A_{0 \min} + T_{d0} = D_{0,1 \min} + T_{d0,1} = 134,9 + 2,5 = 137,4 \text{ мм;}$$



Предварительно принимаем $d_{0,1 пр} = 137,4h16(-2,5)$ мм. Учитывая отклонения по стандарту на штамповку ($\begin{smallmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$) и поэтому необходимость уменьшения допуска с 2,5 мм (по IT16) до 2 мм, окончательно принимаем $d_{0,1 пр} = 135,6^{+1,3}_{-0,7}$.

Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}120h14(-0,87)$

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\text{Ø}120h9(-0,087)$ (рис. 1.7.2) и записываем в таблицу. 1.6.1 Технологический размер A_3 должен быть равен конструкторскому K , т.е.: $D_{2,5}=A_3 = K = \text{Ø}120h9(-0,087)$ мм.

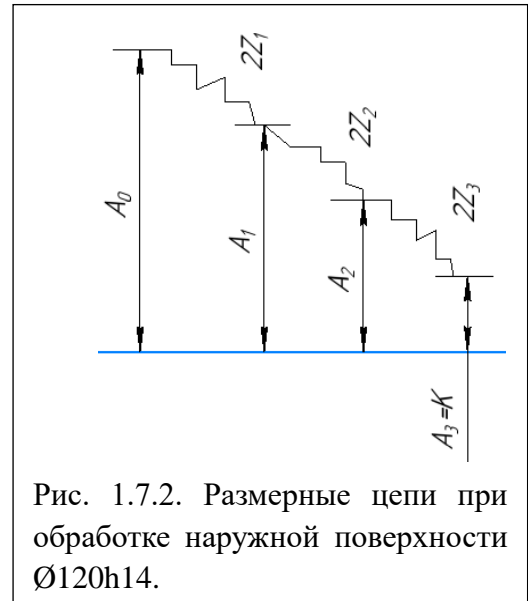


Рис. 1.7.2. Размерные цепи при обработке наружной поверхности $\text{Ø}120h14$.

Находим технологический размер $D_{2,4}=A_2$, используя размерную цепь:

$$D_{2,4 \min} = A_{2 \min} = A_{3 \max} + 2z_{3 \min} = D_{2,5 \max} + 2z_{2,5 \min} = 120 + 0,38 = 120,38 \text{ мм};$$

$$D_{2,4 \max} = A_{2 \max} = A_{2 \min} + T_{d2} = D_{2,4 \min} + T_{d2,4} = 120,38 + 0,4 = 120,78 \text{ мм};$$

Принятый технологический размер $D_{2,4 пр} = 120,8 h12(-0,4)$ мм.

Находим технологический размер $D_{2,3}=A_1$, используя размерную цепь:

$$D_{2,3 \min} = A_{1 \min} = A_{2 \max} + 2z_{2 \min} = D_{2,4 \max} + 2z_{2,4 \min} = 120,8 + 0,56 = 121,36 \text{ мм};$$

$$D_{2,3 \max} = A_{1 \max} = A_{1 \min} + T_{d1} = D_{2,3 \min} + T_{d2,3} = 121,36 + 1 = 122,36 \text{ мм};$$

Принятый технологический размер $D_{2,3 пр} = 122,4 h14(-1)$ мм.

Находим технологический размер $d_{0,2}=A_0$, используя размерную цепь:

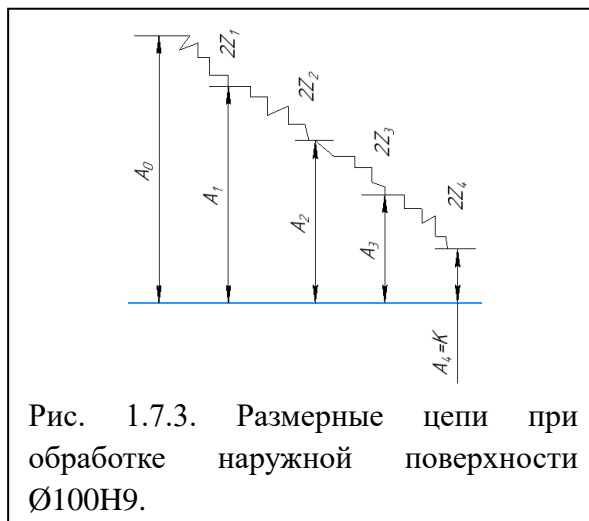
$$d_{0,2 \min} = A_{0\min} = A_{1\max} + 2z_{1\min} = D_{2,3\max} + 2z_{2,3\min} = 122,4 + 1,9 = 124,3 \text{ мм};$$

$$d_{0,2 \max} = A_{0\max} = A_{0\min} + T_{d0} = d_{0,2 \min} + T_{d0,2} = 124,3 + 2,5 = 126,8 \text{ мм};$$

Предварительно принимаем $d_{0,2 \text{ пр}} = 126,8\text{h}16(-2,5)$ мм. Учитывая отклонения по стандарту на штамповку ($\begin{smallmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$) и поэтому необходимость уменьшения допуска с 2,5 мм (по IT16) до 2 мм, окончательно принимаем $d_{0,2 \text{ пр}} = 125_{-0,7}^{+1,3}$.

Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø}100\text{H}9(+0,087)$

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\text{Ø}100\text{H}9(+0,087)$ (рис. 1.7.3) и записываем в таблицу 1.6.1 Технологический размер A_4 должен быть равен конструкторскому K , т.е.: $D_{7,1} = A_4 = K = \text{Ø}100\text{H}9(+0,087)$ мм.



Находим технологический размер $D_{1,6} = A_3$, используя размерную цепь:

$$D_{1,6 \max} = A_{3\max} = A_{4\min} - 2z_{4\min} = D_{7,1\min} - 2z_{7,1\min} = 100 - 0,54 = 99,46 \text{ мм};$$

$$D_{1,6 \min} = A_{3\min} = A_{3\max} - T_{d3} = D_{1,6\max} - TD_{1,6} = 99,46 - 0,087 = 99,373 \text{ мм};$$

Принятый технологический размер $D_{1,6 \text{ пр}} = 99,4\text{H}9(+0,087)$ мм.

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

$$D_{1,4 \max} = A_{2\max} = A_{3\min} - 2z_{3\min} = D_{1,6\min} - 2z_{1,6\min} = 99,4 - 0,38 \\ = 99,02 \text{ мм};$$

$$D_{1,4 \min} = A_{2\min} = A_{2\max} - T_{d2} = D_{1,4\max} - TD_{1,4} = 99,02 - 0,35 = 98,67 \text{ мм};$$

Принятый технологический размер $D_{1,4 \text{ пр}} = 98,7\text{H}12^{(+0,35)}$ мм.

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

$$D_{1,3 \max} = A_{1\max} = A_{2\min} - 2z_{2\min} = D_{1,4\min} - 2z_{1,4\min} = 98,7 - 0,56 \\ = 98,14 \text{ мм};$$

$$D_{1,3 \min} = A_{1\min} = A_{1\max} - T_{d1} = D_{1,3\max} - TD_{1,3} = 98,14 - 1,4 = 96,74 \text{ мм};$$

Принятый технологический размер $D_{1,3 \text{ пр}} = 96,7\text{H}15^{(+1,4)}$ мм.

Находим технологический размер $d_{0,1} = A_0$, используя размерную цепь:

$$D_{0,1 \max} = A_{0\max} = A_{1\min} - 2z_{1\min} = D_{1,3\min} - 2z_{1,3\min} = 96,7 - 1,9 \\ = 94,8 \text{ мм};$$

$$D_{0,1 \min} = A_{0\min} = A_{0\max} - T_{d0} = d_{0,1\max} - Td_{0,1} = 94,8 - 2,2 = 92,6 \text{ мм};$$

Предварительно принимаем $D_{0,1 \text{ пр}} = 92,6\text{H}16^{(+2,2)}$ мм. Учитывая отклонения по стандарту на штамповку ($\begin{smallmatrix} +1,1 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$) и поэтому необходимость уменьшения допуска с 2,2 мм (по IT16) до 1,6 мм, окончательно принимаем $D_{0,1 \text{ пр}} = 92,1_{-0,5}^{+1,1}$.

Расчет технологических размеров при обработке канавки по $\text{Ø}102\text{H}14^{(+0,87)}$

Технологический размер $D_{1,5}$ должен быть равен конструкторскому K , т.е.: $D_{1,5} = K_{11} = \text{Ø}102\text{H}14^{(+0,87)}$ мм.

Принятый технологический размер $D_{1,5 \text{ пр}} = 102\text{H}14^{(+0,87)}$ мм.

Для расчёта осевых технологических размеров, которые получаются не напрямую, составляем комплексную схему обработки (рис. 1.7.4).

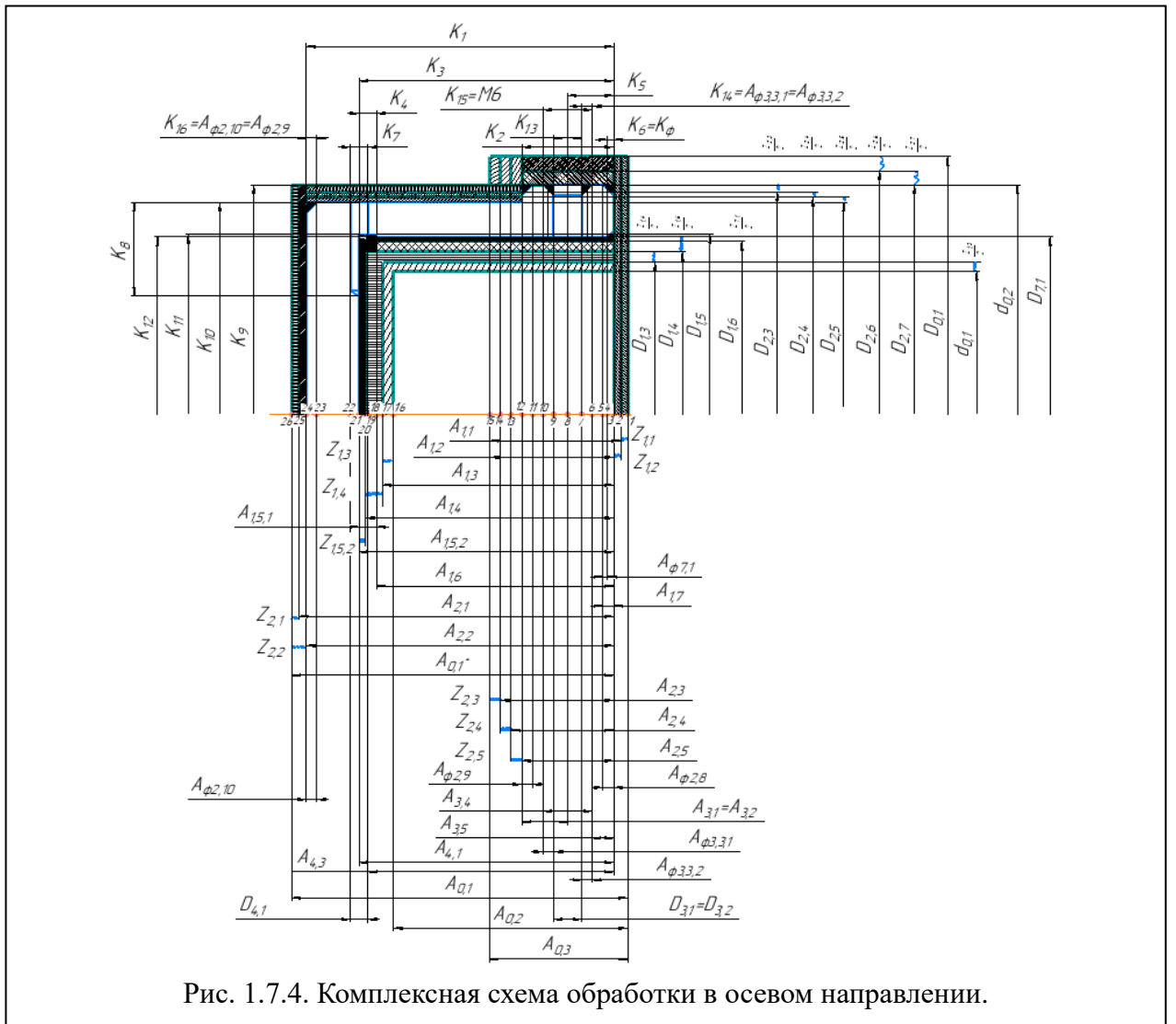


Рис. 1.7.4. Комплексная схема обработки в осевом направлении.

Расчет технологических размеров при обработке буртика по длине

12h14(-0,43)

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке цилиндра по длине 12h14(-0,43) (рис.1.7.5).

Технологический размер $A_{2,5}$ должен быть равен конструкторскому K_2 , т.е.:

$$A_{2,5} = K_2 = 12h14(-0,43) \text{ мм.}$$

Находим технологический размер $A_{2,4}$, используя размерную цепь:

$$Z_{2,5 \text{ min}} = A_{2,4 \text{ min}} - A_{2,5 \text{ max}};$$

При этом учитываем, что $A_{2,5} = 12h14(-0,43)$ мм – обточка окончательная.

Рассчитываем минимальный припуск при обточке поверхности (по 14 качеству):

$$Z_{2,5 \text{ min}} = R_{z,i-1} + T_{\text{деф},i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 80 + 100 + 100 + 0 = 280 \text{ мкм};$$

$$A_{2,4 \text{ min}} = A_{2,5 \text{ max}} + Z_{2,5 \text{ min}} = 12 + 0,28 = 12,28 \text{ мм};$$

$$A_{2,4 \text{ max}} = A_{2,4 \text{ min}} + TA_{2,4} = 12,28 + 0,43 = 12,71 \text{ мм};$$

где $TA_{2,4} = 0,43$ мм (допуск 14 качества.).

Принимаем $A_{2,4 \text{ пр}} = 12,7h14$ мм.

Находим технологический размер $A_{2,3}$, используя размерную цепь. Для этого рассчитываем минимальный припуск при обточке поверхности (по 14 качеству):

$$Z_{2,4 \text{ min}} = R_{z,i-1} + T_{\text{деф},i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 80 + 100 + 100 + 0 = 280 \text{ мкм};$$

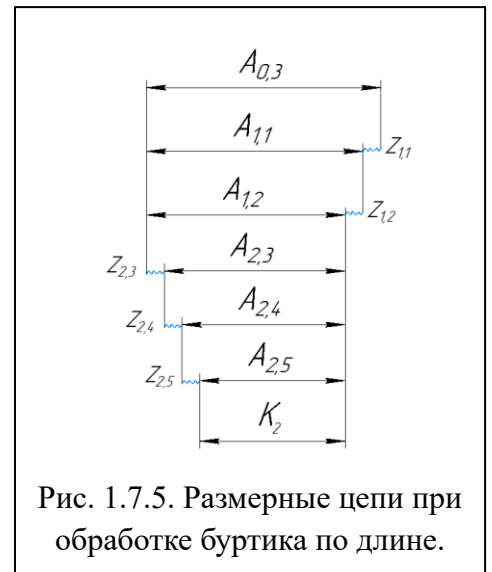


Рис. 1.7.5. Размерные цепи при обработке буртика по длине.

$$A_{2,3\min} = A_{2,4\max} + Z_{2,4\min} = 12,7 + 0,28 = 12,98 \text{ мм};$$

$$A_{2,3\max} = A_{2,3\min} + TA_{2,3} = 12,98 + 0,43 = 13,41 \text{ мм};$$

где $TA_{2,3}=0,43\text{мм}$ (допуск 14 качества.).

Принимаем $A_{2,3\text{пр}} = 13,4\text{h}14 \text{ мм}$.

Находим технологический размер $A_{1,2}$, используя размерную цепь. Для этого рассчитываем минимальный припуск при обточке поверхности (по 14 качеству):

$$Z_{2,3\min} = R_{z,i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 80 + 100 + 100 + 0 = 750 \text{ мкм};$$

$$A_{1,2\min} = A_{2,3\max} + Z_{2,3\min} = 13,4 + 0,75 = 14,15 \text{ мм};$$

$$A_{1,2\max} = A_{1,2\min} + TA_{1,2} = 14,15 + 0,43 = 14,58 \text{ мм};$$

где $TA_{1,2}=0,43\text{мм}$ (допуск 14 качества.).

Принимаем $A_{1,2\text{пр}} = 14,6\text{h}14 \text{ мм}$.

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

$$A_{1,1\min} = A_{1,2\max} + Z_{1,2\min} = 14,6 + 0,28 = 14,88 \text{ мм};$$

$$A_{1,1\max} = A_{1,1\min} + TA_{1,1} = 14,88 + 0,7 = 15,58 \text{ мм};$$

где $TA_{1,1}=0,7\text{мм}$ (допуск 15 качества.).

Принимаем $A_{1,1\text{пр}} = 15,6\text{h}15 \text{ мм}$.

Находим технологический размер $A_{0,3}$, используя размерную цепь:

$$A_{0,3\min} = A_{1,1\max} + Z_{1,1\min} = 15,6 + 0,75 = 16,35 \text{ мм};$$

$$A_{0,3\max} = A_{0,3\min} + TA_{0,3} = 16,35 + 1,1 = 17,45 \text{ мм};$$

где $TA_{0,3}=1,1\text{мм}$ (допуск 16 качества.).

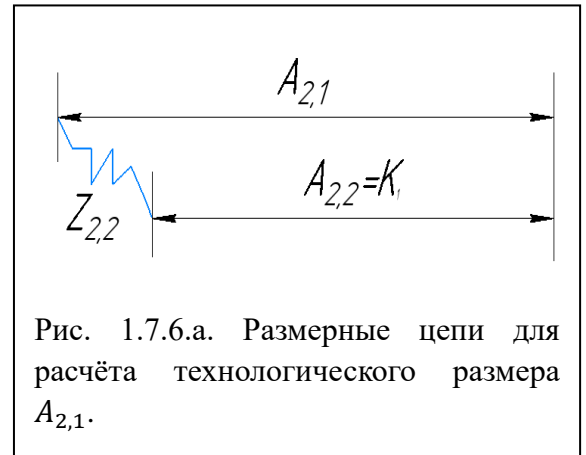
Предварительно принимаем $A_{0,3} = 17,5h16$ мм. Учитывая отклонения по стандарту на штамповку ($\begin{smallmatrix} +0,9 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$) и поэтому необходимо увеличение допуска с 1,1 мм (по IT16) до 1,4 мм, окончательно принимаем $A_{0,3 пр} = 16,9_{-0,5}^{+0,9} \approx 17_{-0,5}^{+0,9}$.

Расчет технологических размеров при обработке цилиндра по длине

80h14(-0,74)

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

Технологический размер $A_{2,2}$ должен быть равен конструкторскому K_1 , т.е.:



$$A_{2,2} = K_1 = 80h14(-0,74) \text{ мм.}$$

Находим технологический размер $A_{2,1}$, используя размерную цепь: (рис. 1.7.6.а.)

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

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

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

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

где $TA_{2,1} = 1,4$ мм (допуск 15 качества).

Принимаем $A_{2,1 пр} = 82h15$ мм.

Находим технологический размер $A_{0,1}^*$, используя размерную цепь

(Рис. 1.7.6.б)

$$A_{0,1}^* \min = A_{2,1} \max + Z_{2,1} \min = 82 + 0,75$$

$$= 82,75 \text{ мм};$$

$$A_{0,1}^* \max = A_{0,1}^* \min + TA_{0,1}^*/2$$

$$= 82,75 + 1,1 = 83,85 \text{ мм};$$

где $TA_{0,1}^* = 2,2 \text{ мм}$ (допуск 16

квалитета.).

Принимаем $A_{0,1}^* = 83,85 \text{ h} 16 \text{ мм}$.

Находим технологический размер $A_{0,1}$, используя размерную цепь: (Рис.

1.7.6.б)

$$A_{0,1} \min = A_{0,1}^* \max + Z_{1,1} \min + Z_{1,2} \min + \frac{IT14}{2} = 83,85 + 0,75 + 0,28 + 0,215$$

$$= 85,095 \text{ мм};$$

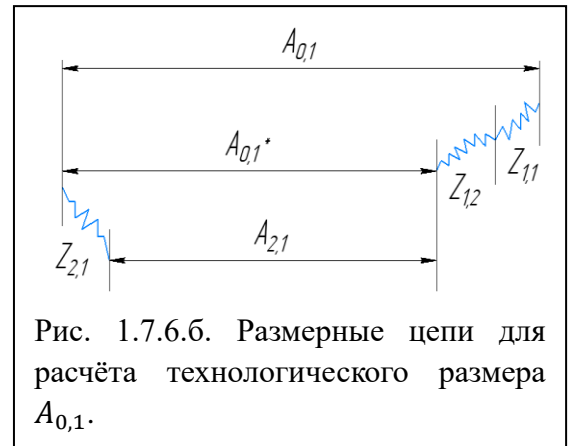
$$A_{0,1} \max = A_{0,1} \min + TA_{0,1}/2 = 85,095 + 1,1 = 86,195 \text{ мм};$$

где $TA_{0,1} = 2,2 \text{ мм}$ (допуск 16 квалитета.).

Предварительно принимаем $A_{0,1} = 86,2 \text{ h} 16 \text{ мм}$. Учитывая отклонения по

стандарту на штамповку ($\begin{smallmatrix} +1,1 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$) и поэтому возможность уменьшения допуска с

2,2 мм (по IT16) до 1,6 мм, окончательно принимаем $A_{0,1} \text{ пр} = 84,5_{-0,5}^{+1,1} \text{ мм}$.



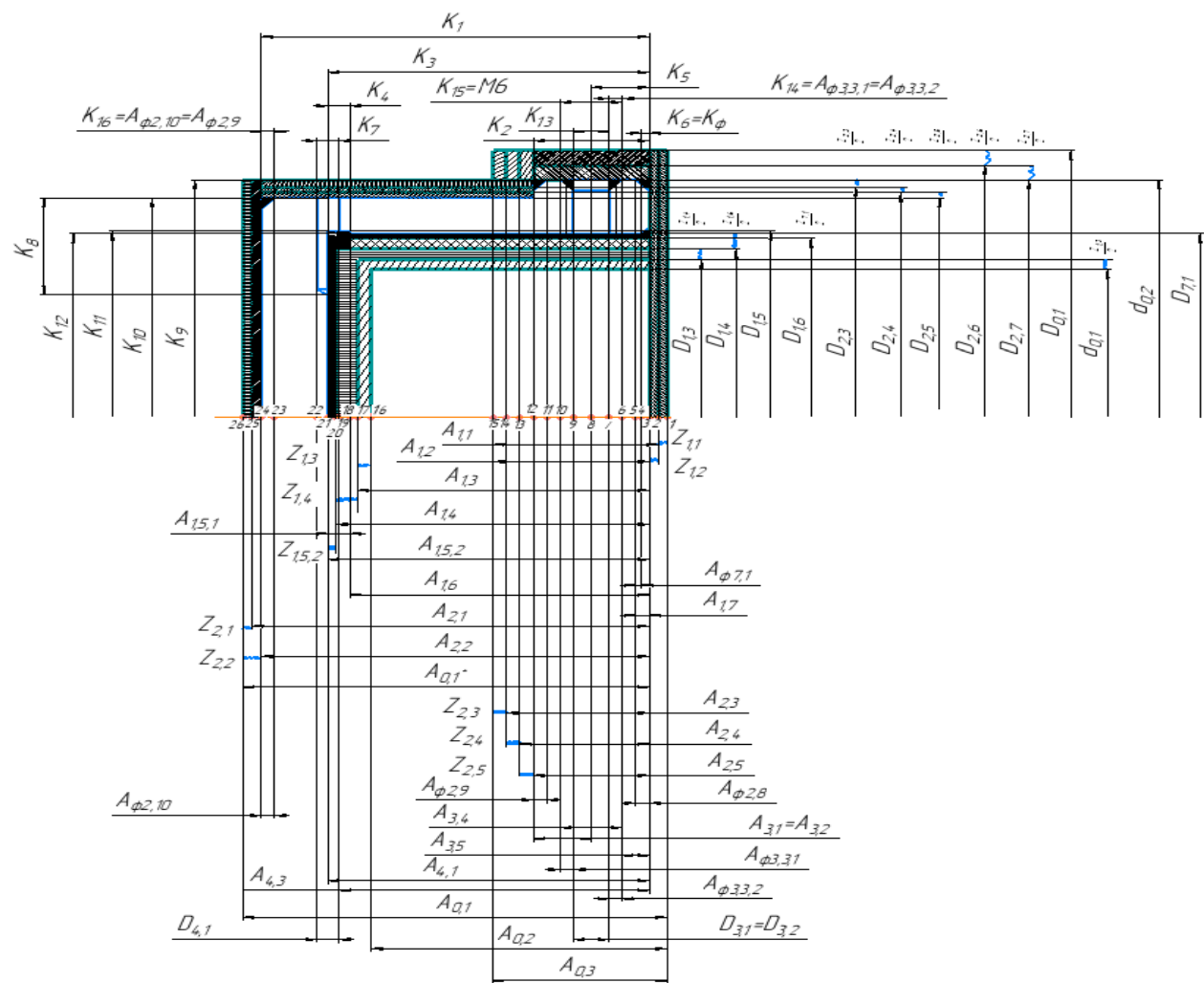


Рис. 1.7. а. Комплексная схема обработки детали.

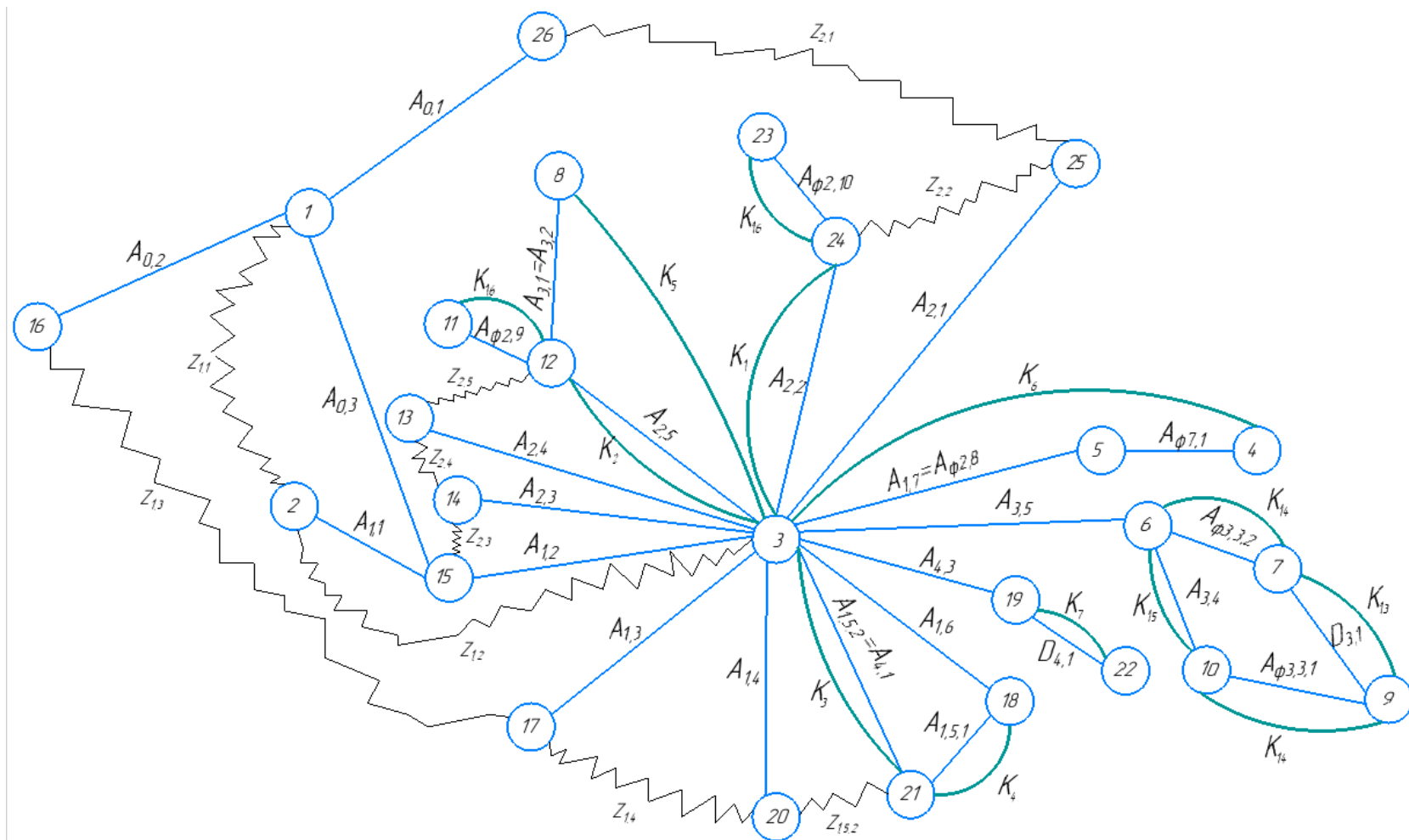


Рис. 1.7. б. Граф технологических размеров.

1.8. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали

1.8.1 Определение допусков на технологические размеры

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

Конструкторские осевые размеры и их допуски:

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

$$K_2 = 12js14\text{мм}; TK_2 = 0,215\text{мм};$$

$$K_3 = 65h14\text{мм}; TK_3 = 0,74\text{мм};$$

$$K_4 = 5H14\text{мм}; TK_4 = 0,3\text{мм};$$

$$K_5 = 6js14\text{мм}; TK_5 = 0,15\text{мм};$$

$$K_6 = K_{14} = K_{16} = K_\phi = 2 js14\text{мм}; TK_6 = TK_{14} = TK_{16} = 0,125\text{мм};$$

$$K_7 = \emptyset 5H14\text{мм}; TK_7 = 0,3\text{мм};$$

$$K_8 = 5js14\text{мм}; TK_8 = 0,26\text{мм};$$

$$K_9 = \emptyset 130h14\text{мм}; TK_9 = 1\text{мм};$$

$$K_{10} = \varnothing 120h14\text{мм}; TK_{10} = 0,87\text{мм};$$

$$K_{11} = \varnothing 102H14\text{мм}; TK_{11} = 0,87\text{мм};$$

$$K_{12} = \varnothing 100H9\text{мм}; TK_{12} = 0,087\text{мм};$$

$$K_{13} = \varnothing 6H7\text{мм}; TK_{13} = 0,012\text{мм}; K_{15} = M6;$$

1.8.2. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

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

Конструкторские осевые размеры, выдерживаемые непосредственно при выдерживании окончательных технологических размеров:

$$K_1 = A_{2,2} = 80h14(-0,74) \text{ мм};$$

$$K_2 = A_{2,5} = 12js14(\pm 0,215) \text{ мм};$$

$$K_3 = A_{1,5,2} = A_{4,1} = 65H14(+0,74) \text{ мм};$$

$$K_4 = A_{1,5,1} = 5H14(+0,3) \text{ мм};$$

$$K_7 = D_{4,1} = \varnothing 5H14(+0,3) \text{ мм};$$

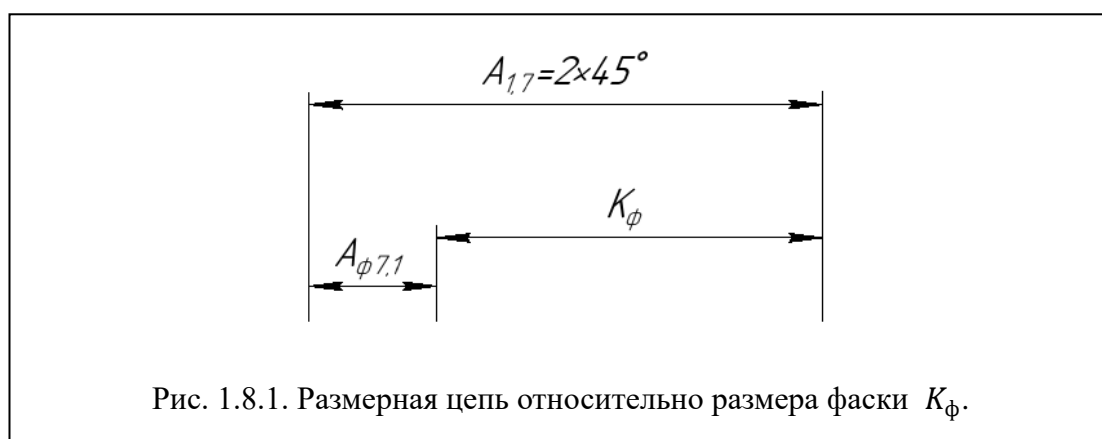
$$K_8 = A_{4,2} = 25js14(\pm 0,26) \text{ мм};$$

$$K_{13} = \varnothing 6H7(+0,012) \text{ мм}; K_{15} = M6;$$

Для каждого конструкторского размера K_i , который непосредственно не выдерживается при выполнении техпроцесса, в комплексной схеме обработки детали (рис. 1.7. б) выявляем размерную цепь, в которую он входит. Эта размерная цепь должна содержать минимально возможное количество составляющих звеньев. Вычерчиваем размерную цепь, содержащую этот один конструкторский размер, и проверяем возможность решения размерной цепи, руководствуясь правилом, что при расчете размерных цепей методом максимума-минимума допуск исходного звена должен быть равен или больше суммы допусков составляющих звеньев

1.8.3. Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно

1) Для выдерживания размера фаски $K_6 = K_\phi = 2 \text{ H}14 \text{ }^{+0,25} \times 45^\circ$ выявляем размерную цепь из комплексной схемы обработки (рис. 1.7 б) и вычерчиваем её отдельно (рис. 1.8.1):



Основное уравнение размерной цепи для определения технологических размеров относительно конструкторского размера K_ϕ (размера фаски):

$$K_\phi = A_{1,7} - A_{\phi 7,1};$$

где K_ϕ – конструкторский размер фаски, $K_\phi = 2 \text{ H}14 \text{ }^{(+0,25)} \times 45^\circ$;

$A_{\phi 7,1}$ – изменение фаски после внутреннего круглого шлифования на операции 7 в переходе 1 при получении $\phi D_{7,1} = \phi 100 \text{ H}9 \text{ }^{(+0,087)}$.

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

$$A_{\phi 7,1} = \frac{2z_{i,j}}{2} = \frac{2z_{7,1}}{2} = \frac{(D_{7,1} - D_{1,6})}{2} = \frac{(100 \text{ H}9 - 99,4 \text{ H}9)}{2} = \\ = (100^{+0,087} - 99,4^{+0,087})/2 = 0,3^{+0,0435}_{-0,0435} = 0,3 \pm 0,0435 \text{ мм};$$

Допуск $T_{A_{\phi 7,1}}$, а правильнее, половина максимального изменения припуска $2z_{i,j} = 2z_{7,1}$ (т.к. рассматриваем только в радиальном направлении):

$$T_{A_{\phi 7,1}} = B_{A_{\phi 7,1}} - H_{A_{\phi 7,1}} = [+0,0435 - (-0,0435)] = 0,087 \text{ мм}.$$

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

$$T_{K_\phi} = 0,25 \geq \sum T_{A_{i,j}} = T_{A_{\phi 7,1}} + T_{A_{1,7}} = 0,087 + T_{A_{1,7}} \text{ мм};$$

Рассчитываем допуск, с которым (не более которого) должны обтачивать фаску размером $A_{1,7}$;

$$0,25 = 0,087 + T_{A_{1,7}};$$

$$T_{A_{1,7}} = 0,25 - 0,087 = 0,163 \text{ мм};$$

Определяем квалитет, по которому надо обтачивать фаску размером $A_{1,7}$. При номинальном размере фаски более 2 мм, но менее 3 мм максимальный допуск 0,163 мм соответствует приблизительно 13 квалитету (IT13=0,14 мм, IT14=0,25 мм), т.е. обточить фаску по 13 квалитету можно без особых проблем.

Рассчитываем номинальный размер и отклонение размера $A_{1,7}$:

Из рис. 1.8.1 при известных составляющих звеньях размер цепи $A_{\phi 7,1} = 0,3^{+0,0435}_{-0,0435}$ мм и исходном звене $K_{\phi} = 2^{+0,25}$ мм рассчитываем номинальный размер фаски $A_{1,7}$:

$$K_{\phi} = A_{1,7} - A_{\phi 7,1};$$

$$2 = A_{1,7} - 0,3;$$

Номинальный размер фаски $A_{1,7}$:

$$A_{1,7} = 2 + 0,3 = 2,3 \text{ мм};$$

Рассчитываем верхнее отклонение фаски $A_{1,7}$:

$$B_{K_{\phi}} = B_{A_{1,7}} - H_{A_{\phi 7,1}};$$

$$+0,25 = B_{A_{1,7}} - (-0,0435);$$

$$B_{A_{1,7}} = +0,25 - 0,0435 = +0,2065 \text{ мм}.$$

Рассчитываем нижнее отклонение фаски $A_{1,7}$:

$$H_{K\phi} = H_{A_{1,7}} - B_{A\phi_{7,1}};$$

$$0 = H_{A_{1,7}} - (+0,0435);$$

$$H_{A_{1,7}} = 0 + 0,0435 = +0,0435 \text{ мм.}$$

Рассчитываем допуск фаски $A_{1,7}$:

$$T_{A_{1,7}} = B_{A_{1,7}} - H_{A_{1,7}} = +0,2065 - (+0,0435) = 0,163 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K\phi} = 0,25 \geq \sum T_{A_{i,j}} = T_{A\phi_{7,1}} + T_{A_{1,7}} = 0,087 + 0,163 = 0,25 \text{ мм.}$$

$T_{K\phi} = \sum T_{A_{i,j}}$, т.е. расчёты были выполнены правильно.

Рассчитанный размер фаски $A_{1,7}$: $2,3^{+0,2065}_{-0,0435}$ мм. Выдерживать тысячные доли миллиметра при обточке фаски сложно, поэтому округляем верхнее отклонение до ближайшего меньшего числа ($B_{A_{1,7} \text{ прин}} = +0,2065 \approx +0,2$ мм), а нижнее – до ближайшего большего числа с учётом знака ($H_{A_{1,7} \text{ прин}} = -0,0435 \approx -0,04$ мм), т.е. исполнительный размер фаски $A_{1,7}$:

$$A_{1,7 \text{ прин}} = 2,3^{+0,2}_{-0,04} \text{ мм.}$$

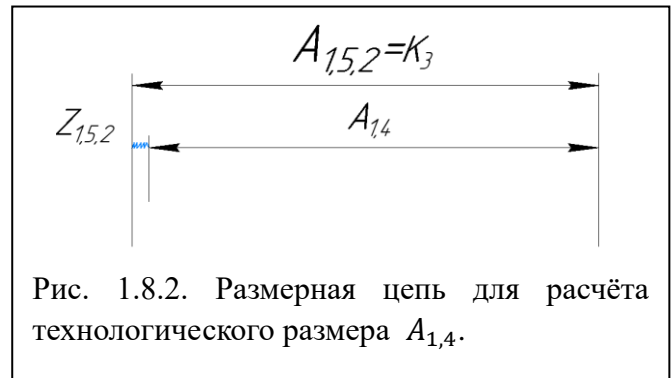
У принятого размера фаски $A_{1,7 \text{ прин}}$ рассчитываем допуск $T_{A_{1,7}} = +0,2 - (-0,04) = 0,25$ мм, что соответствует 14 качеству ($IT_{14} = 0,25$ мм), т.е. обточить фаску $A_{1,7 \text{ прин}} = 2,3^{+0,21}_{-0,04}$ можно без особых проблем.

2) Рассчитываем длину отверстия $A_{1,4}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.8.2).

Технологический размер $A_{1,5,2}$ должен быть равен конструкторскому K_3 , т.е.:

$$A_{1,5,2} = K_3 = 65H14(+0,74) \text{ мм.}$$

Рассчитываем



минимальный припуск при расточке отверстия:

$$Z_{1,5,2 \min} = R_{z,i-1} + T_{\text{деф},i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 80 + 100 + 100 + 0 = 280 \text{ мкм}$$

$$= 0,28 \text{ мм;}$$

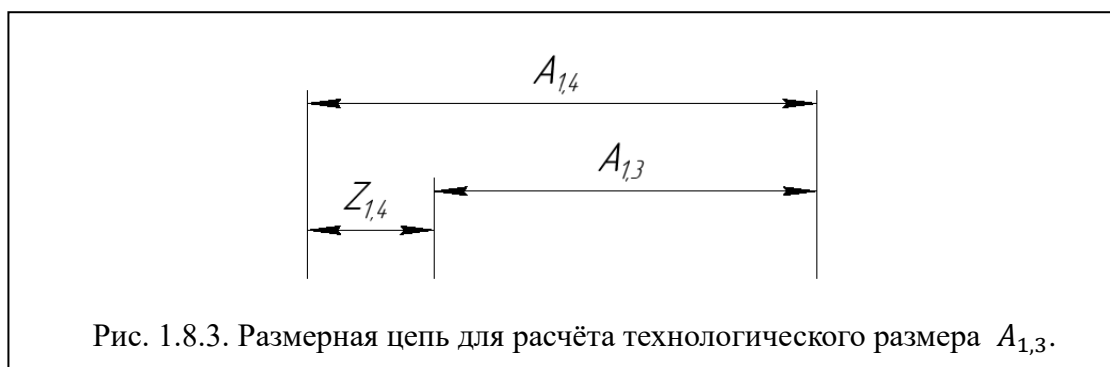
$$A_{1,4 \max} = A_{1,5,2 \min} - Z_{1,5,2 \min} = 65 - 0,28 = 64,72 \text{ мм.}$$

При определении допуска размера $A_{1,4}$ используем 14 квалитет (IT14=0,74 мм):

$$A_{1,4 \min} = A_{1,4 \max} - TA_{1,4} = 64,72 - 0,74 = 63,98 \text{ мм.}$$

Принимаем $A_{1,4} = 64H14(+0,74) \text{ мм.}$

3) Рассчитываем длину отверстия $A_{1,3}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.8.3).



Рассчитываем минимальный припуск при расточке отверстия:

$$Z_{1,4 \min,i} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 80 + 100 + 100 + 0 = 280 \text{ мкм};$$

$$A_{1,3 \max} = A_{1,4 \min} - Z_{1,4 \min} = 64 - 0,28 = 63,72 \text{ мм.}$$

При определении допуска размера $A_{1,3}$ используем 15 квалитет (IT15=1,2 мм):

$$A_{1,3 \min} = A_{1,3 \max} - TA_{1,3} = 63,72 - 1,2 = 62,52 \text{ мм.}$$

Принимаем $A_{1,3}=62,5\text{H}15^{(+1,2)}$ мм.

4) Рассчитываем глубину на штамповке $A_{0,2}$ (см. табл.1.4.3 и рис.1.8.4).

Вычерчиваем размерную цепь для расчёта размера $A_{0,2}$:

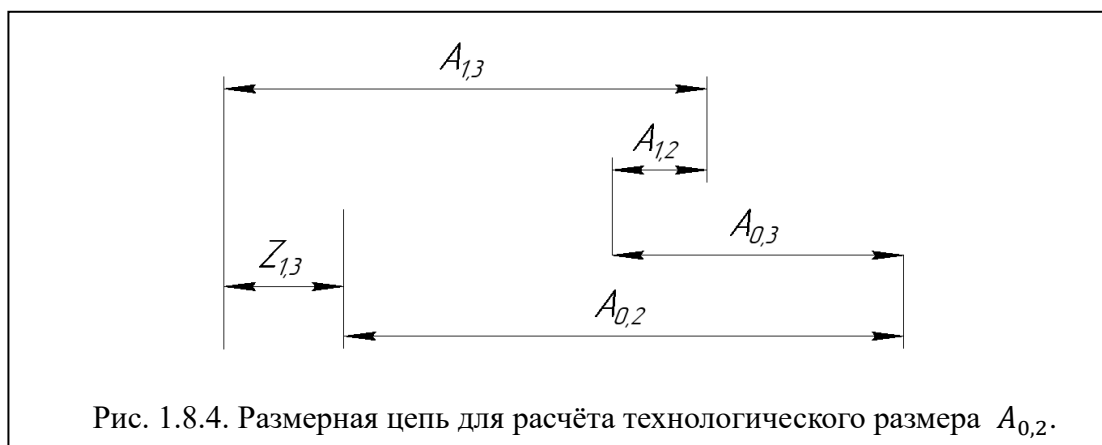


Рис. 1.8.4. Размерная цепь для расчёта технологического размера $A_{0,2}$.

Рассчитываем минимальный припуск при расточке отверстия:

$$Z_{1,3 \min,i} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 150 + 200 + 500 + 100 = 950 \text{ мкм};$$

$$Z_{1,3} = A_{1,3} + A_{0,3} - A_{1,2} - A_{0,2};$$

$$A_{0,2 \max} = A_{1,3 \min} + A_{0,3 \min} - A_{1,2 \max} - Z_{1,3 \min} = 62,5 + 16,5 - 14,6 - 0,95 = 63,45 \text{ мм};$$

При определении допуска размера $A_{0,2}$ используем 16 квалитет (IT16=1,9 мм):

$$A_{0,2min} = A_{0,2max} - TA_{0,2} = 63,45 - 1,9 = 61,55 \text{ мм.}$$

Принимаем $A_{0,2пр} = 61,5H16$ мм.

С учётом отклонений по ГОСТ для штамповки $A_{0,2пр} = 60,3_{-0,5}^{+1,1}$ мм.

5) Рассчитываем размер $A_{1,6}^*$. Выделяем размерную цепь для этого звена

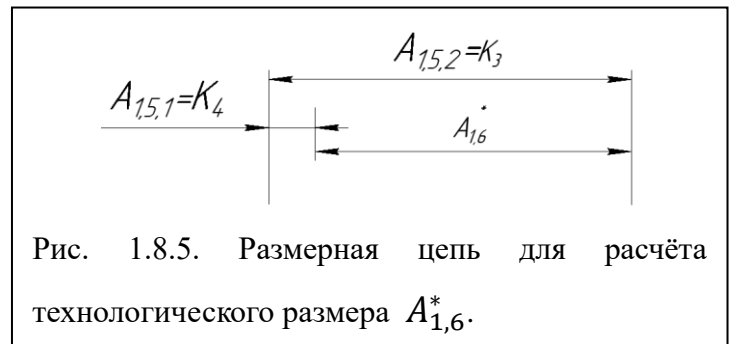
(рис. 1.8.5). Основное

уравнение размерной цепи:

$$K_4 = A_{1,5,2} - A_{1,6}^*;$$

$$A_{1,5,2} = K_3 = 65H14^{(+0,74)}$$

мм; $A_{1,5,1} = K_4 = 5H14^{(+0,3)}$ мм;



Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_{K_4} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,5,2}} + T_{A_{1,6}^*};$$

$$0,3 \geq 0,74 + T_{A_{1,6}^*};$$

Видим, что сумма допусков технологических и конструкторского размеров $(0,74 + TA_{1,6}^*)$ больше допуска исходного звена (конструкторского размера K_4) $TK_4 = 0,3$ мм. Т.е. при принятой точности обработки (принятом квалитете) не будет выдерживаться размер. Необходимо уменьшить квалитет размера $A_{1,5,2}$ до IT11: $TA_{1,5,2}^* = 0,19$ мм.

Т.к. необходимо уменьшить допуск технологического размера $A_{1,5,2}$, то в техпроцессе необходимо записать изменённый размер $A_{1,5,2}^* = 65H11^{(+0,19)}$, т.е. $A_{1,5,2}^* \neq K_3 = 65H14^{(+0,74)}$, но поле допуска нового технологического размера входит в поле допуска конструкторского размера K_3 , т.е. конструкторский

размер будет выдерживаться, и даже с некоторым запасом. Если в дальнейшем будут рассматриваться размерные цепи, в которые входит размер $A_{1,5,2}$, то необходимо будет оперировать новым исполнительным размером $A^*_{1,5,2} = 65H11(+0,19)$.

Записываем основное уравнение размерной цепи с новым принятым значением размера $A^*_{1,5,2}$:

$$K_4 = A^*_{1,5,2} - A^*_{1,6};$$

Рассчитываем номинальный размер звена $A^*_{1,6}$ при известном составляющем звене размерной цепи $A^*_{1,5,2} = 65H11(+0,19)$, и исходном звене $K_4 = 5H14(+0,3)$ мм:

$$A^*_{1,6} = A^*_{1,5,2} - K_4 = 65 - 5 = 60 \text{ мм};$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{3,1}$:

$$V_{K_4} = V_{A^*_{1,5,2}} - N_{A^*_{1,6}};$$

$$N_{A^*_{1,6}} = V_{A^*_{1,5,2}} - V_{K_4} = +0,19 - (+0,3) = -0,11 \text{ мм};$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{3,1}$:

$$N_{K_4} = N_{A^*_{1,5,2}} - V_{A^*_{1,6}};$$

$$V_{A^*_{1,6}} = N_{A^*_{1,5,2}} - N_{K_4} = 0 - 0 = 0 \text{ мм};$$

Рассчитываем допуск размера $A^*_{1,6}$:

$$T_{A^*_{1,6}} = V_{A^*_{1,6}} - N_{A^*_{1,6}} = 0 - (-0,11) = 0,11 \text{ мм}.$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_4} = 0,3 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = T_{A^*_{1,5,2}} + T_{A^*_{1,6}} = 0,19 + 0,11 = 0,3 \text{ мм};$$

$$T_{K_4} = \sum A_{i,j}, \text{ т. е. расчёты были выполнены правильно.}$$

Принимаем $A^*_{1,6} = 60(-0,11)$ мм.

б) Рассчитываем размер $A_{3,1}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис.1.8.6).



Основное уравнение размерной цепи:

$$K_5 = A_{2,5} - A_{3,1};$$

$$K_5 = 6js14(\pm 0,15) \text{ мм}; A_{2,5} = K_2 = 12h14(-0,43) \text{ мм};$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_{K_5} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{2,5}} + T_{A_{3,1}};$$

$$0,3 \geq 0,43 + T_{A_{3,1}};$$

Видим, что сумма допусков технологических и конструкторского размеров $(0,43 + T_{A_{3,1}})$ больше допуска исходного звена (конструкторского размера K_5) $T_{K_5} = 0,3$ мм. Т.е. при принятой точности обработки (принятом качестве) не будет выдерживаться размер. Необходимо уменьшить качество размера $A_{2,5}$ до IT12: $T_{A_{2,5}^*} = 0,18$ мм.

Т.к. необходимо уменьшить допуск технологического размера $A_{2,5}$, то в техпроцессе необходимо записать изменённый размер $A_{2,5}^* = 12h12(-0,18)$, т.е. $A_{2,5}^* \neq K_2 = 12h14(-0,43)$, но поле допуска нового технологического размера входит в поле допуска конструкторского размера K_2 , т.е. конструкторский

размер будет выдерживаться, и даже с некоторым запасом. Если в дальнейшем будут рассматриваться размерные цепи, в которые входит размер $A_{2,5}$, то необходимо будет оперировать новым исполнительным размером $A_{2,5}^* = 12h12_{(-0,18)}$.

Записываем основное уравнение размерной цепи с новым принятым значением размера $A_{2,5}^*$:

$$K_5 = A_{2,5}^* - A_{3,1};$$

Рассчитываем номинальный размер звена $A_{3,1}$ при известном составляющем звене размерной цепи $A_{2,5}^* = 12h12_{(-0,18)}$, и исходном звене $K_5 = 6js14_{(\pm 0,15)}$ мм:

$$A_{3,1} = A_{2,5}^* - K_5 = 12 - 6 = 6 \text{ мм};$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{3,1}$:

$$V_{K_5} = V_{A_{2,5}^*} - H_{A_{3,1}};$$

$$H_{A_{3,1}} = V_{A_{2,5}^*} - V_{K_5} = 0 - (+0,15) = -0,15 \text{ мм};$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{3,1}$:

$$H_{K_5} = H_{A_{2,5}^*} - V_{A_{3,1}};$$

$$V_{A_{3,1}} = H_{A_{2,5}^*} - H_{K_5} = -0,18 - (-0,15) = -0,03 \text{ мм};$$

Рассчитываем допуск размера $A_{3,1}$:

$$T_{A_{3,1}} = V_{A_{3,1}} - H_{A_{3,1}} = -0,03 - (-0,15) = 0,12 \text{ мм}.$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_5} = 0,3 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{2,5}^*} + T_{A_{3,1}} = 0,18 + 0,12 = 0,3 \text{ мм};$$

$$T_{K_5} = \sum A_{i,j}, \text{ т. е. расчёты были выполнены правильно.}$$

Принимаем $A_{3,1} = A_{3,2} = 6_{-0,15}^{-0,03}$ мм.

Записываем все рассчитанные технологические размеры.

Технологические размеры

- | | |
|--|--|
| 1) $A_{0,1} = 84,5_{-0,5}^{+1,1}$ мм | 18) $A_{1,1} = 15,6h15_{(-0,7)}$ мм |
| 2) $A_{0,2} = 60,3_{-0,5}^{+1,1}$ мм | 19) $A_{1,2} = 14,6h14_{(-0,43)}$ мм |
| 3) $A_{0,3} = 17_{-0,5}^{+0,9}$ мм | 20) $A_{1,3} = 62,5H15_{(+1,2)}$ мм |
| 4) $A_{1,4} = 64H14_{(+0,74)}$ мм | 21) $d_{0,1} = 135,6_{-0,7}^{+1,3}$ мм |
| 5) $A_{1,5,1} = 5H14_{(+0,3)}$ мм | 22) $d_{0,2} = 125_{-0,7}^{+1,3}$ мм |
| 6) $A_{1,5,2} = 65H14_{(+0,74)}$ мм | 23) $D_{0,1} = 92,1_{-0,5}^{+1,1}$ мм |
| 7) $A_{1,6}^* = 60_{(-0,11)}$ мм | 24) $D_{1,3} = 96,7H15_{(+1,4)}$ мм |
| 8) $A_{1,7} = 2,3_{-0,04}^{+0,21}$ мм | 25) $D_{1,4} = 98,7H12_{(+0,35)}$ мм |
| 9) $A_{2,1} = 82h15_{(-1,4)}$ мм | 26) $D_{1,5} = 102H14_{(+0,87)}$ мм |
| 10) $A_{2,2} = 80h14_{(-0,74)}$ мм | 27) $D_{1,6} = 99,4H9_{(+0,087)}$ мм |
| 11) $A_{2,3} = 13,4h14_{(-0,43)}$ мм | 28) $D_{2,3} = 122,4 h14_{(-1)}$ мм |
| 12) $A_{2,4} = 12,7h14_{(-0,43)}$ мм | 29) $D_{2,4} = 120,8 h12_{(-0,4)}$ мм |
| 13) $A_{2,5} = 12h14_{(-0,43)}$ мм | 30) $D_{2,5} = 120 h9_{(-0,087)}$ мм |
| 14) $A_{3,1} = 6_{-0,15}^{-0,03}$ мм | 31) $D_{2,6} = 132,2h15_{(-1,6)}$ мм |
| 15) $A_{3,2} = 6_{-0,15}^{-0,03}$ мм | 32) $D_{2,7} = 130h14_{(-1)}$ мм |
| 16) $A_{4,1} = 65H14_{(+0,74)}$ мм | 33) $D_{7,1} = 100H9_{(+0,087)}$ мм |
| 17) $A_{4,2} = 25js14_{(\pm 0,26)}$ мм | 34) $D_{4,1} = 5H14_{(+0,3)}$ мм |

1.9. Расчет режимов резания

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

После предварительного выбора модели станка назначаются и рассчитываются элементы режима резания в следующем порядке:

1. глубина резания t (назначается исходя из максимального припуска на переход и количества проходов);

2. подача s (по жёсткости заготовки или расточного резца, по требуемой шероховатости обработанной поверхности и назначенной величины радиуса при вершине) с учётом принятой формы СМП и геометрии режущей части (угла φ для токарного резца);

3. скорость резания v исходя из принятой стойкости инструмента T , глубине резания t и подачи s с учётом состояния поверхности заготовки перед обработкой.

4. рассчитывается число оборотов шпинделя n исходя из диаметра обрабатываемой поверхности или диаметра инструмента (для свёрл и фрез);

5. рассчитывается фактическая скорость резания исходя из принятой частоты вращения шпинделя;

6. рассчитывается главная составляющая силы резания P_z ;

4. рассчитывается мощность резания $N_{рез}$ и мощность станка $N_{ст}$ с учётом КПД привода и износа инструмента;

5. выбор модели станка по мощности главного привода движения;
6. уточнение подач и частоты вращения шпинделя (соответствие их величине паспортным данным выбранной модели станка).

1.9.1 Токарная обработка

Токарная обработка детали будет производиться твердосплавными СМП из Т15К6. Для 1-2 операции выбираем 16К20Ф3 станок с ЧПУ.

Таблица.1.9.1. 16К20Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ

Технические характеристики:	
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Мощность двигателя	11
Количество рабочих скоростей шпинделя	22
Центр шпинделя передней бабки по ГОСТ 13214-67	7032-0043 Морзе №6
Диапазон скоростей продольных подач, мм/мин	3..2000
Диапазон скоростей поперечных подач, мм/мин	3..2000
Количество позиций на поворотной резцедержке (число инструментов в револьверной головке)	6
Масса станка с ЧПУ, кг	5000

Обработка (обточка) наружной поверхности Ø130h14

Обдирка поверхности с размера $\text{Ø}135,6_{-0,7}^{+1,3}$ мм до размера $\text{Ø}132,2\text{h}15$ мм

на 2-ой операции, переход №6

Резец – проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73. [2]

Выбор подачи: При $Rz=80$ мкм: $s = 0,52 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ [1]. При такой большой допустимой шероховатости можно увеличить подачу до 0,52 мм/об.

Длина у торца $\text{Ø}135,6_{-0,7}^{+1,3}$, но потом из-за штамповочного уклона поверхности буртика $\beta = 2^\circ$ диаметр будет увеличиваться на величину 2Δ :

$$2\Delta = 2 \cdot L \cdot \tan \beta \approx 2 \cdot A_{0,3 \max} \cdot \tan 2^\circ = 2 \cdot 17,9 \cdot 0,035 = 1,253 \text{ мм.}$$

Рассчитываем $d_{0,1 \max} = \text{Ø}135,6 + 1,3 = 136,9$ мм, а его увеличение за счёт штамповочного уклона ещё на 1,253 мм, т.е.:

$$d_{0,1 \max}^* = 136,9 + 1,253 = 138,153 \text{ мм.}$$

Наибольший припуск при обдирке (сначала рассчитываем его, а потом назначаем число проходов и глубину резания):

$$2z_{2,6 \max} = d_{0,1 \max}^* - D_{2,6 \min} = 138,153 - 130,6 = 7,553 \text{ мм.}$$

где $D_{2,6} = 132,2\text{h}15_{(-1,6)}$ мм и поэтому $D_{2,6 \min} = 132,2 - 1,6 = 130,6$ мм.

$$\text{Наибольший припуск на сторону: } z_{2,6 \max} = \frac{7,553}{2} = 3,7765 \text{ мм}$$

Т.к. припуск небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

Глубина резания: $t = t_{\max} = z_{2,6 \max} \approx 3,8$ мм [см. табл. 1.6.1].

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^{m_t} x_{sy}} K_V$$

Поправочные коэффициенты:

Коэффициент, учитывающий состояние поверхности материал заготовки (сталь 40X) и его прочность $K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,2$.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия на скорость резания.

K_V - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания [3].

$$K_V = K_{Mv} \times K_{Иv} \times K_{Пv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi_{1v}} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov};$$

где $K_{Mv} = K_r \cdots \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv}$ – коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на скорость резания. Для стали 40X предел прочности на растяжение $\sigma_B = 610$ Мпа, $K_r = 1$, $nv = 1$;

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

$K_{Пv} = 0,6$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

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

$K_{\varphi_{1v}} = 0,94$ – коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (вспомогательный угол в плане $\varphi_1=45^\circ$);

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

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

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

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

$$= 1,2 \times 0,6 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,68$$

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{60^{0,2} \times 3,8^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 0,68 = 108 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 108}{3,14 \times 138,153} = 249 \text{ об/мин}$$

Расчёт силы резания при черновой обточке буртика **Ø132,2h15**

Поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих влияние геометрии резца условия резания на силу резания.

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

Сила резания:

КомпONENTА	C_P	x	Y	n	K_{MP}	$K_{\varphi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	2940
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 3,8^1 \times 0,52^{0,75} \times 108^{-0,15} \times 0,85 = 2940 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{2940 \times 108}{1020 \times 60} = 5,2 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 5,2 < 11;$$

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

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

Обточка поверхности с размера $\varnothing 132,2h15$ мм до размера $\varnothing 130h14$ мм на

2-ая операция, переход №7

Подача: $s = 0,34$ мм\об;

Глубина резания: $t = t_{max} = z_{2,7max} = 1,6$ мм [см. табл. 1.6.1].

Наибольший припуск при обточке:

$$2z_{2,7max} = D_{2,6max} - D_{2,7min} = 132,2 - 129 = 3,2 \text{ мм.}$$

Наибольший припуск на сторону: $z_{2,7max} = \frac{3,2}{2} = 1,6$ мм.

Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

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

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,13. \end{aligned}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{60^{0.2} \times 1,6^{0.15} \times 0,34^{0.35}} \times 1,13 = 237 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 237}{3,14 \times 132,2} = 571 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

Сила резания:

Комп онент а	C_p	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	800
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,6^1 \times 0,34^{0,75} \times 237^{-0,15} \times 0,85 = 800 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{800 \times 237}{1020 \times 60} = 3,1 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 3,1 < 11;$$

Обточка торца 12h14

Обдирка торца с размера $17_{-0,5}^{+1,1}$ мм до размера 15,6h15 мм на 1-ая

операция, переход №1

Резец: подрезной отогнутый с режущей пластиной – квадратная негативная СМП с отштампованным профилем на передней поверхности, материал - твердый сплав Т15К6 ГОСТ18880-73 с покрытием PVD TiN [2]. Геометрические параметры режущей части: главный угол в плане $\phi = 45^\circ$, вспомогательный угол в плане $\phi_1 = 45^\circ$, радиус при вершине $r = 0,8$ мм, главный передний угол $\gamma = 7^\circ$, главный задний угол $\alpha = 7^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,52$ мм/об;

Глубина резания: $t = t_{max} = z_{1,1max} = 3$ мм [см. табл. 1.6.1].

Наибольший припуск: $z_{1,1max} = A_{0,3max} - A_{1,1min} = 17,9 - 14,9 = 3$ мм. Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 20 \times 1 = 20$ мин [1].

Поправочные коэффициенты:

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

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

$$\begin{aligned} K_V &= K_{Mv} \times K_{Иv} \times K_{Пv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 1 \times 0,6 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,68. \end{aligned}$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{20^{0,2} \times 3^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 0,68 = 139,4 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 139,4}{3,14 \times 135,6} = 327 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

Комп онент а	C_P	x	Y	n	K_{MP}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	2234
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 3^1 \times 0,52^{0,75} \times 139,4^{-0,15} \times 0,85 = 2234 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{2234 \times 139,4}{1020 \times 60} = 5,1 \text{ кВт}$$

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

**Обточка торца с размера 15,6h15 мм до размера 14,6h14 мм на 1-ая
операция, переход №2**

Подача: $s = 0,34$ мм/об;

Глубина резания: $t = t_{max} = z_{1,2max} = 1,43$ мм; [см. табл. 1.6.1].

Наибольший припуск: $z_{1,2max} = A_{1,1max} - A_{1,2min} = 15,6 - 14,17 = 1,43$ мм. Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

Стойкость: $T = TK_{TH} = 20 \times 1 = 20$ мин;

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} = 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,13$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_V}{T m t^x s^y} K_V = \frac{350}{20^{0,2} \times 1,43^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 1,13 = 300 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 300}{3,14 \times 136} = 703 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

Комп онен та	C_P	x	Y	n	K_{M_p}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	690
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,43^1 \times 0,34^{0,75} \times 300^{-0,15} \times 0,85 = 690 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{690 \times 300}{1020 \times 60} = 3,4 \text{ кВт}$$

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

Обдирка торца с размера 14,6h14 мм до размера 13,4h14 мм на 2-ая операция, переход №3

Подача: $s = 0,52$ мм/об; Глубина резания: $t = t_{max} = z_{2,3max} = 1,63$ мм [см. табл. 1.6.1].

Наибольший припуск: $z_{2,3max} = A_{1,2max} - A_{2,3min} = 14,6 - 12,97 = 1,63$ мм. Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

Стойкость: $T = TK_{ТН} = 20 \times 1 = 20$ мин [1].

Поправочные коэффициенты:

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

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

$$\begin{aligned} K_V &= K_{Mv} \times K_{Иv} \times K_{Пv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 1 \times 0,6 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,68. \end{aligned}$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{20^{0,2} \times 1,63^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 0,68 = 152,7 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 152,7}{3,14 \times 136} = 358 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

Компонента	C_p	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	1197
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,63^1 \times 0,52^{0,75} \times 152,7^{-0,15} \times 0,85$$

$$= 1197 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{1197 \times 152,7}{1020 \times 60} = 3,0 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 3,0 < 11.$$

Обточка торца с размера 13,4h14 мм до размера 12,7h14 мм на 2-ая

операция, переход №4

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

$$\text{Глубина резания: } t = t_{\max} = z_{2,4\max} = 1,13 \text{ мм; [см. табл. 1.6.1].}$$

Наибольший припуск: $z_{2,4\max} = A_{2,3\max} - A_{2,4\min} = 13,4 - 12,27 = 1,13$ мм. Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

$$\text{Стойкость: } T = TK_{Th} = 20 \times 1 = 20 \text{ мин;}$$

$$K_v = K_{Mv} \times K_{Pv} \times K_{Iv} \times K_{\phi v} \times K_{\phi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

$$= 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,13$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{20^{0,2} \times 1,13^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 1,13 = 311 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 311}{3,14 \times 136} = 728 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

КомпONENTА	C_p	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	713
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,13^1 \times 0,34^{0,75} \times 311^{-0,15} \times 0,85 = 542 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{542 \times 311}{1020 \times 60} = 2,8 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 2,8 < 11.$$

Обточка торца с размера 12,7h14 мм до размера 12h14 мм на 2-ая операция, переход №5

Подача: $s = 0,34$ мм/об;

Глубина резания: $t = t_{\max} = z_{2,5\max} = 1,13$ мм; [см. табл. 1.6.1].

Наибольший припуск: $z_{2,5\max} = A_{2,4\max} - A_{2,5\min} = 12,7 - 11,57 = 1,13$ мм. Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 20 \times 1 = 20$ мин;

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,13 \end{aligned}$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{20^{0.2} \times 1,13^{0.15} \times 0,34^{0.35}} \times 1,13 = 311 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 311}{3,14 \times 136} = 728 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

Компонента	C_p	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{\rho p}$	K_p	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	713
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,13^1 \times 0,34^{0,75} \times 311^{-0,15} \times 0,85 = 542 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{542 \times 311}{1020 \times 60} = 2,8 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 2,8 < 11.$$

Обточка торца 80h14

Обдирка торца с размера $84,5^{+1,1}_{-0,5}$ мм до размера 82h15 мм на 2-ая

операция, переход №1

Подача: $s = 0,52$ мм/об;

Наибольший припуск: $z_{2,1max} = A_{0,1max}^* - A_{2,1min} = 84,95 - 80,6 = 4,35$ мм. Т.к. припуск большой, поэтому его можно удалить за 2 проход: на проходе №1 $t_1 = 2,35$ мм, на проходе №2 $t_2 = 4,35 - 2,35 = 2$ мм

Глубина резания: $t = t_{max} = z_{2,1max} = 4,35$ мм [см. табл. 1.6.1].

Стойкость: $T = TK_{T_H} = 20 \times 1 = 20$ мин [1].

Проход №1:

Поправочные коэффициенты:

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

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

$$\begin{aligned} K_V &= K_{Mv} \times K_{Иv} \times K_{Пv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 1 \times 0,6 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,68. \end{aligned}$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{20^{0,2} \times 2,35^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 0,68 = 144,6 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 144,6}{3,14 \times 125} = 368 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

КомпONENTА	C_P	x	Y	n	K_{MP}	$K_{\varphi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	1740
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$\begin{aligned} P_z &= 10C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 2,35^1 \times 0,52^{0,75} \times 144,6^{-0,15} \times 0,85 \\ &= 1740 \text{ Н.} \end{aligned}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{1740 \times 144,6}{1020 \times 60} = 4,1 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 4,1 < 11.$$

**Обточка торца с размера 82h15 мм до размера 80h14 мм на 2-ая операция,
переход №2**

Подача: $s = 0,34$ мм/об;

Глубина резания: $t = t_{max} = z_{2,2max} = 2,74$ мм; [см. табл. 1.6.1].

Наибольший припуск: $z_{2,2max} = A_{2,1max} - A_{2,2min} = 82 - 79,26 = 2,74$ мм. Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

Стойкость: $T = TK_{TH} = 20 \times 1 = 20$ мин;

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} = 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,13$$

Скорость резания v :

$$v = \frac{C_V}{T m t^x s^y} K_V = \frac{350}{20^{0,2} \times 2,74^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 1,13 = 272 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 272}{3,14 \times 125,5} = 690 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

КомпONENTА	C_p	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	1342
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 2,74^1 \times 0,34^{0,75} \times 272^{-0,15} \times 0,85 = 1342 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{1342 \times 272}{1020 \times 60} = 5,96 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}$; $5,96 < 11$.

Обработка (обточка) наружной поверхности $\text{Ø}120\text{h}14$

Обдирка поверхности с размера $\text{Ø}125_{-0,7}^{+1,3}$ мм до размера $\text{Ø}122,4\text{h}14$ мм
на 2-ая операция, переход №3

Резец – проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 ГОСТ18880-73. [2]

Выбор подачи: При $Rz=80$ мкм: $s = 0,52$ мм/об [1] При такой большой допустимой шероховатости можно увеличить подачу до $0,52$ мм/об.

Длина у торца $\text{Ø}125,5_{-0,7}^{+1,3}$, но потом из-за штамповочного уклона поверхности буртика $\beta = 2^\circ$ диаметр будет увеличиваться на величину 2Δ :

$$\begin{aligned} 2\Delta &= 2 \cdot L \cdot \tan \beta = 2 \cdot (A_{0,1 \max} - A_{0,3 \min}) \cdot \tan 2^\circ \approx 2 \cdot (85,6 - 16,5) \cdot \tan 2^\circ \\ &= 2 \cdot 69,1 \cdot 0,035 = 4,837 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Рассчитываем $d_{0,2 \max} = \text{Ø}125 + 1,3 = 126,3$ мм, а его увеличение за счёт штамповочного уклона ещё на $4,837$ мм, т.е.:

$$d_{0,2 \max}^* = 126,3 + 4,837 = 131,137 \text{ мм.}$$

Наибольший припуск при обдирке:

$$2z_{2,3 \max} = d_{0,2 \max}^* - D_{2,3 \min} = 131,137 - 121,4 = 9,737 \text{ мм.}$$

где $D_{2,3} = 122,4\text{h}14_{(-1)}$ мм и поэтому $D_{2,3 \min} = 122,4 - 1 = 121,4$ мм.

$$\text{Наибольший припуск на сторону: } z_{2,3 \max} = \frac{9,737}{2} = 4,8685 \text{ мм}$$

Т.к. припуск большой, поэтому его нужно удалить за 2 проход: на проходе №1 $t_1 = 2,5$ мм, на проходе №2 $t_2 = 4,9 - 2,5 = 2,4$ мм

Глубина резания: $t = t_{\max} \approx 2,5$ мм [см. табл. 1.6.1].

Стойкость: $T = TK_{Th} = 60 \times 1 = 60 \text{ мин [1]}$.

Проход №1:

Поправочные коэффициенты:

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

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ = 1,2 \times 0,6 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,68$$

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{60^{0,2} \times 2,5^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 0,68 = 115 \text{ м/мин}$$

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

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 115}{3,14 \times 131,137} = 279 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компонента	C_P	x	Y	n	K_{MP}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	1916
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_P t^x s^y v^n K_P = 10 \times 300 \times 2,5^1 \times 0,52^{0,75} \times 115^{-0,15} \times 0,85 = 1916 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{1916 \times 115}{1020 \times 60} = 3,6 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 3,6 < 11$$

Черновая обточка поверхности с размера $\varnothing 122,4h14$ мм до размера $\varnothing 120,8h12$ мм на 2-ая операция, переход №4

Подача: $s = 0,34$ мм\об;

Глубина резания: $t = t_{max} = z_{2,4max} = 1$ мм [см. табл. 1.6.1].

Наибольший припуск при обточке:

$$2z_{2,4max} = D_{2,3max} - D_{2,4min} = 122,4 - 120,4 = 2 \text{ мм.}$$

Наибольший припуск на сторону: $z_{2,4max} = \frac{2}{2} = 1$ мм.

Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

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

$$K_V = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ = 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,13.$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{60^{0,2} \times 1^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 1,13 = 254,4 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 254,4}{3,14 \times 122,4} = 662 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

Сила резания:

КомпONENTА	C_P	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	495
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1^1 \times 0,34^{0,75} \times 254,4^{-0,15} \times 0,85 = 495 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_{zv}}{1020 \times 60} = \frac{495 \times 254,4}{1020 \times 60} = 2,1 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 2,1 < 11$$

Получистовая обточка поверхности с размера $\varnothing 120,8h12$ мм до размера $\varnothing 120h9$ мм на 2-ая операция, переход №5

$$\text{Подача: } s = 0,11 \text{ мм/об;}$$

Наибольший припуск при обточке:

$$2z_{2,5max} = D_{2,4max} - D_{2,5min} = 120,8 - 119,913 = 0,887 \text{ мм.}$$

$$\text{Наибольший припуск на сторону: } z_{2,5max} = \frac{0,887}{2} = 0,4435 \text{ мм.}$$

Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

$$\text{Глубина резания: } t = t_{max} = z_{2,5max} \approx 0,45 \text{ мм [см. табл. 1.6.1].}$$

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

$$\begin{aligned} K_V &= K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} \\ &= 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,13. \end{aligned}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{60^{0,2} \times 0,45^{0,15} \times 0,11^{0,35}} \times 1,13 = 426,6 \text{ м/мин.}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 426,6}{3,14 \times 120,8} = 1125 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Сила резания:

Компонента	C_p	x	Y	n	K_{MP}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	87,1
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1	1,0	1,0	1,0	0,85	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,45^1 \times 0,11^{0,75} \times 426,6^{-0,15} \times 0,85 = 87,1 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{87,1 \times 426,6}{1020 \times 60} = 0,6 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 0,6 < 11$$

Обработка отверстия Ø100H9 (расточка штампованного отверстия)

Обдирка отверстия с размера Ø92,1^{+1,1}_{-0,5} мм до размера Ø96,7H15 мм на

1-ая операция, переход №3

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

Поправочные коэффициенты:

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

$$K_V = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV} \times K_{\phi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov} = 1,2 \times 0,6 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,504$$

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

Длина у торца Ø92,1^{+1,1}_{-0,5}, но потом из-за штамповочного уклона поверхности буртика $\beta = 3^\circ$ диаметр будет уменьшиться на величину 2Δ :

$$2\Delta = 2 \cdot L \cdot \tan \beta = 2 \cdot (A_{0,1 \max} - S_{\min}) \cdot \tan 3^\circ = 2 \cdot A_{0,2 \max} \cdot \tan 3^\circ \\ \approx 2 \cdot 61,4 \cdot \tan 3^\circ = 2 \cdot 61,4 \cdot 0,052 = 6,3856 \text{ мм.}$$

Рассчитываем $D_{0,1 \min} = \emptyset 92,1 - 0,5 = 91,6$ мм, а его уменьшение за счёт штамповочного уклона ещё на 6,3856 мм, т.е.:

$$D_{0,1 \min}^* = 91,6 - 6,3856 = 85,2144 \text{ мм.}$$

Наибольший припуск при обдирке:

$$2z_{1,3 \max} = D_{1,3 \max} - D_{0,1 \min}^* = 98,1 - 85,2144 = 12,8856 \text{ мм.}$$

где $D_{1,3} = 96,7\text{H}15^{(+1,4)}$ мм и поэтому $D_{1,3 \max} = 96,7 + 1,4 = 98,1$ мм.

$$\text{Наибольший припуск на сторону: } z_{1,3 \max} = \frac{12,8856}{2} = 6,4428 \text{ мм}$$

Т.к. припуск большой, поэтому его нужно удалить за 2 проход: на проходе №1 $t_1 = 3,5$ мм, на проходе №2 $t_2 = 6,4 - 3,5 = 2,9$ мм

Подача: $s = 0,52$ мм/об.

Глубина резания: $t = t_{\max} = z_{1,3 \max} \approx 6,4$ мм [см. табл. 1.6.1].

Стойкость: $T = TK_{ТН} = 15 \times 1 = 15$ мин [1].

Проход №1:

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_V = \frac{350}{15^{0,2} \times 3,5^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 0,504 = 106,9 \text{ м/мин.}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 106,9}{3,14 \times 85,2144} = 400 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компонента	C_p	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}$ Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1	1	1	0,7565	2414
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	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 3,5^1 \times 0,52^{0,75} \times 106,9^{-0,15} \times 0,7565$$

$$= 2414 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{2414 \times 106,9}{1020 \times 60} = 4,2 \text{ кВт}$$

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

Черновая расточка отверстия с размера $\varnothing 96,7H15$ мм до размера $\varnothing 98,7H12$ мм на 1-ая операция, переход №4

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПВ} \times K_{ИВ} \times K_{\phi v} \times K_{Rv} \times K_{Qv} \times K_{Ov}$$

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

Подача: $s = 0,34$ мм\об;

Глубина резания: $t = t_{max} = z_{1,4max} = 1,175$ мм [см. табл. 1.6.1].

Наибольший припуск при расточке:

$$2z_{1,4max} = D_{1,4max} - D_{1,3min} = 99,05 - 96,7 = 2,35 \text{ мм.}$$

Наибольший припуск на сторону: $z_{1,4max} = \frac{2,35}{2} = 1,175$ мм.

Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

$$\text{Стойкость: } T = TK_{T_H} = 15 \times 1 = 15 \text{ мин}$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{15^{0,2} \times 1,175^{0,15} \times 0,34^{0,35}} \times 0,84 = 243,6 \text{ м/мин.}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 243,6}{3,14 \times 96,7} = 802,3 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

Компонента	C_P	x	Y	n	K_{M_p}	K_{ϕ_p}	K_{γ_p}	K_{λ_p}	K_{r_p}	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1	1	1	0,7565	521
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	

$$P_Z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,175^1 \times 0,34^{0,75} \times 243,6^{-0,15} \times 0,7565 = 521 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_Z v}{1020 \times 60} = \frac{521 \times 243,6}{1020 \times 60} = 2,1 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка по мощности: } N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; \quad 2,1 < 11$$

Полуцистовая расточка отверстия с размера $\varnothing 98,7H12$ мм до размера $\varnothing 99,4H9$ мм на 1-ая операция, переход №6

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

Подача: $s = 0,11$ мм\об; При ($Ra \leq 2,5$ мкм), радиус при вершине $r=0,8$ мм.

$$\text{Глубина резания: } t = t_{\max} = z_{1,6\max} = 0,3935 \text{ мм [см. табл. 1.6.1].}$$

Наибольший припуск при расточке:

$$2z_{1,6\max} = D_{1,6\max} - D_{1,4\min} = 99,487 - 98,7 = 0,787 \text{ мм.}$$

Наибольший припуск на сторону: $z_{1,6max} = \frac{0,787}{2} = 0,3935$ мм.

Т.к. припуск относительно небольшой, поэтому его можно удалить за 1 проход.

Стойкость: $T = TK_{TH} = 15 \times 1 = 15$ мин

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{15^{0,2} \times 0,3935^{0,15} \times 0,11^{0,35}} \times 0,84 = 426 \text{ м/мин.}$$

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

Частота вращения: $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 426}{3,14 \times 98,7} = 1375$ об/мин

Сила резания:

Компонента	C_P	x	Y	n	K_{Mp}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	K_P	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,85	0,89	1	1	1	0,7565	69
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,85	0,50	1	1	1	0,425	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,85	1,17	1	1	1	0,9945	

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,3935^1 \times 0,11^{0,75} \times 426^{-0,15} \times 0,7565 = 69 \text{ Н.}$$

Мощность резания: $N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{69 \times 426}{1020 \times 60} = 0,5$ кВт

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

1.9.2. Сверлильная обработка

Сверление 2-х отверстий поочередно диаметром 6 мм на проход

Для 3 операции выбираем сверлильный станок Модель 2Н125.

Таблица.1.9.2. Станок вертикальный сверлильный 2Н125.

Наибольший условный диаметр сверления в стали	25
Рабочая поверхность стола	400×450
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола	700
Вылет шпинделя	250
Наибольший ход шпинделя	200
Наибольшее вертикальное перемещение:	
сверлильной головки	170
стола	270
Конус Морзе отверстия шпинделя:	3
Число скоростей шпинделя	12
Частота вращения шпинделя, об/мин	45 – 2000
Число подач шпинделя	9
Подача шпинделя, мм/об	0,1-1,6
Мощность электродвигателя, кВт	2,2
Габаритные размеры:	
Длина	915

Ширина	785
Высота	2350
Масса	880

Сверление деталей производится спиральными сверлами из быстрорежущей стали Р6М5.

Диаметр сверла: $D=6\text{мм}$; длина отверстия: $l_g = A_{2,5}^{max} = 12\text{мм}$

Глубина резания: $t = 0,5D = 3\text{мм}$; Подача: $s=0,20\text{ мм/об}$ [3]

Стойкость инструмента: $T=25\text{мин}$, есть охлаждение.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2; \quad K_{IV} = 1 \quad K_{LV} = 1$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{LV} = 1,2 \times 1 \times 1 = 1,2$$

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V D^q}{T^m s^y} K_v = \frac{7,0 \times 6^{0,4}}{25^{0,2} \times 0,2^{0,7}} \times 1,2 = 28 \text{ м/мин}$$

$$C_V = 7,0; \quad m=0,20; \quad y=0,70; \quad q=0,40;$$

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 28}{3,14 \times 6} = 1486,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p = 10 \times 0,0345 \times 6^2 \times 0,2^{0,8} \times 0,85 = 2,9 \text{ Н} \times \text{м}$$

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

Сила резания:

$$P_o = 10C_p D^q s^y K_p = 10 \times 68 \times 6^1 \times 0,2^{0,7} \times 0,85 = 1124,1 \text{ Н}$$

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

$$\text{Мощность: } N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{2,9 \times 1124,1}{9750} = 0,33 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 0,33 < 2,2$$

Сверление отверстия Ø5H14(+0,3)

$$\text{Диаметр сверла: } D=5\text{мм; длина отверстия: } l_g = A_{4,2}^{max} = 25,26\text{мм}$$

$$\text{Глубина резания: } t = 0,5D = 2,5\text{мм; Подача: } s=0,15 \text{ мм/об [3]}$$

Стойкость инструмента: T=15мин, есть охлаждение.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^{0,9} = 1,2; K_{IV} = 1 \quad K_{IV} = 0,75$$

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

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

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v = \frac{7,0 \times 5^{0,4}}{15^{0,2} \times 0,15^{0,7}} \times 1,2 = 35 \text{ м/мин}$$

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

$$\text{Частота вращения: } n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 35}{3,14 \times 5} = 2229,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y K_p = 10 \times 0,0345 \times 5^2 \times 0,15^{0,8} \times 0,85 = 1,6 \text{ Н} \times \text{м}$$

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

Сила резания:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \times 68 \times 5^1 \times 0,15^{0,7} \times 0,85 = 765,9\text{Н}$$

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

$$\text{Мощность: } N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{1,6 \times 765,9}{9750} = 0,13 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; 0,13 < 2,2$$

Нарезание резьбы М6-7Н (М6×1-7Н)

При нарезании резьбы глубина резания равна высоте профиля резьбы.

Подача S при нарезании метчиком равна шагу резьбы 1 мм, т.е. осуществляется самоподача.

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4,стр.116] – Р6М5

Определяем скорость резания V (м/мин) при нарезании:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости для метчика из быстрорежущей стали,

$T=35$ мин.

$$C_v=64,8; y=0,5; m=0,9; q=1,2.$$

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 1$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 1 * 1 = 1$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_{sv}}} K_v = \frac{64,8 * 6^{1,2}}{35^{0,9} * 1^{0,5}} * 1 = 22,68 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя n:

$$n = 1000 * v / (\pi * d) = 1000 * 22,7 / (3,14 * 6) = 1205 \text{ об/мин.}$$

Нарезать резьбу с такой большой частотой вращения опасно из-за поломки метчика, т.к. время реакции оператора не позволяет вовремя прекратить вращение при самоподаче 1 мм/об. И нежелательно сделать резьбу со слишком меньшей частотой вращения, т.к. чем меньше скорость, тем больше сила резания. Поэтому принимаем $n = 250$ об/мин.

Мощность станка рассчитывать не требуется, т.к. при нарезании резьбы метчиком такого малого диаметра она будет небольшая.

1.9.3. Шлифовальные операции

Внутреннее черновое шлифование отверстия после закалки с размера

Ø99,4H9 мм до размера Ø100H9^(+0,087) на 7-ая операция, переход №1

Для данной операции выбираем внутришлифовальный станок.

Таблица 1.9.3. –Станок JAGURA. Серия JAG-3JAW (-AL1/-AAL1)

Технические характеристики:	
Диаметр внутреннего шлифования	1,5-80 мм
Диаметр зажимаемой заготовки	2,5-200 мм
Максимальная длина зажимаемой заготовки	240 мм
Частота вращения круга	55000 об/мин
Мощность шлифовального шпинделя	3750 Вт

Выбор шлифовального круга: Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ1-С1, структура 7, керамическая связка из К5

Скорость вращения круга: $v_k = 35 \text{ м\csc}$;

Скорость вращения заготовки: $v_z = 30 \text{ м\ммин}$;

Глубина шлифования: $t = 0,02 \text{ мм}$;

Ширина круга $B=30 \text{ мм}$; диаметр круга $D=32 \text{ мм}$; отверстие $d=10 \text{ мм}$;

Продольная подача: $s_B = 0,6B = 18 \text{ мм/об}$;

Поперечная: $s_t = 0,02 \text{ мм/дв. ход}$

Частота вращения детали: $n = 180 \text{ об\ммин}$;

Частота вращения круга:

$$n = \frac{v_k \times 60 \times 1000}{\pi \times D_k} = \frac{35 \times 60 \times 1000}{3,14 \times 32} = 20899,7 \text{ об/мин};$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \times V_3^r \times t^X \times s^Y \times d^q$$

где значение коэффициента C_N и показателей степени по таблице

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

Тогда:

$$\begin{aligned} N &= C_N \times V_3^r \times t^X \times s^Y \times d^q = 0,36 \times 30^{0,35} \times 0,02^{0,4} \times 18^{0,4} \times 100^{0,3} \\ &= 3,1 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3,1 < 3,75$

Таблица 1.9.4. – Печь камерного типа ПКМ 4.8.4

Макс. температура	1150/1250°C
Мощность	21кВт
Вес, кг	650
Внешние размеры, мм, Д-Ш-В	2100-1500-2000
Внутренние размеры, мм, Д-Ш-В	800-400-400

2. Нормирование технологических операций

2.1.1 Расчет основного времени

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

[4]

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

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_b + l_{cx} + l_{пд},$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_b – величина врезания инструмента, мм;

l_{cx} – величина схода инструмента, мм;

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

При обработке на проход принимаем: $l_{cx} = l_{пд} = 1$ мм.

При обработке упорным резцом ($\varphi = 90^\circ$) и **при обточке торца без центрального отверстия** принимаем: $l_{cx} = 0$ мм; $l_{пд} = 1$ мм.

Величина врезания инструмента:

$$l_{\text{вр}} = t/\text{tg}\phi,$$

где t – глубина резания, мм;

ϕ – главный угол в плане.

Тогда формула для определения основного времени:

$$T_o = (l + t/\text{tg}\phi + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \times i/(n \times S);$$

Основное время для первой токарной операции:

Переход 1: обточка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(22 + \frac{3}{\text{tg}45^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(327 \times 0,52)} = 0,16 \text{ мин},$$

Переход 2: окончательная обточка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(22 + \frac{1,43}{\text{tg}45^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(703 \times 0,34)} = 0,11 \text{ мин},$$

Переход 3: обдирка отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(65 + \frac{2,74}{\text{tg}90^\circ} + 0 + 1 \right) \times \frac{2}{(400 \times 0,52)} = 0,63 \text{ мин},$$

Переход 4: черновое растачивание отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(65 + \frac{1,175}{\text{tg}90^\circ} + 0 + 1 \right)}{(802,3 \times 0,34)} = 0,24 \text{ мин},$$

Переход 5: расточить канавку

$$T_o = (l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(5 + 0 + 1)}{(431 \times 0,07)} = 0,2 \text{ мин},$$

Переход 6: полуступовое растачивание отверстия

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(65 + 0 + 1 + 1)}{(1375 \times 0,11)} = 0,44 \text{ мин},$$

Переход 7: расточить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{нд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2,3 + \frac{2,3}{\operatorname{tg}45^\circ} + 0 + 1 \right)}{(800,98 \times 0,07)} = 0,1 \text{ мин,}$$

Основное время для второй токарной операции:

Переход 1: обточка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{нд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(62,5 + \frac{4,35}{\operatorname{tg}45^\circ} + 0 + 1 \right) \times \frac{2}{(368 \times 0,52)} = 0,71 \text{ мин,}$$

Переход 2: обточка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{нд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(62,5 + \frac{2,74}{\operatorname{tg}45^\circ} + 0 + 1 \right) \times \frac{1}{(690 \times 0,34)} = 0,28 \text{ мин,}$$

Переход 3: обдирка наружной поверхности 2

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{нд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left((80 - 12) + \frac{4,9}{\operatorname{tg}90^\circ} + 0 + 1 \right) \times \frac{2}{(279 \times 0,52)} \\ = 0,95 \text{ мин,}$$

Переход 4: черновая обточка наружной поверхности 2

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{нд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = (68 + 0 + 0 + 1) \times \frac{1}{(358 \times 0,52)} = 0,37 \text{ мин,}$$

Переход 5: полуступенчатая обточка наружной поверхности 2

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{нд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{(68 + 0 + 0 + 1)}{(1125 \times 0,11)} = 0,56 \text{ мин,}$$

Переход 6: обдирка наружной поверхности 3

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{нд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(12 + \frac{3,8}{\operatorname{tg}90^\circ} + 0 + 1 \right)}{(249 \times 0,52)} = 0,1 \text{ мин,}$$

Переход 7: окончательная обточка наружной поверхности 3

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\phi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{нд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(12 + \frac{1,6}{\operatorname{tg}90^\circ} + 0 + 1 \right)}{(571 \times 0,34)} = 0,07 \text{ мин,}$$

Переход 8: обточить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2,3 + \frac{2,3}{tg45^\circ} + 0 + 1 \right)}{(800,98 \times 0,07)} = 0,1 \text{ мин,}$$

Переход 9: обточить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2,3 + \frac{2,3}{tg45^\circ} + 0 + 1 \right)}{(800,98 \times 0,07)} = 0,1 \text{ мин,}$$

Переход 10: обточить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \frac{\left(2,3 + \frac{2,3}{tg45^\circ} + 0 + 1 \right)}{(800,98 \times 0,07)} = 0,1 \text{ мин,}$$

Основное время для 3 операции - вертикально-сверлильной операции:

Переход 1: сверление на проход 2 отверстий

$$l_{вр} = 0,3D = 0,3 \times 6 = 1,8$$

$$T_o = (l + l_{вр} + l_{cx} + l_{нд}) \times i / (n \times S) = (12 + 1,8 + 1 + 1) / (1486 \times 0,2) = 0,05 \text{ мин}$$

Для 2 отверстия: $T_o = 0,05 \times 2 = 0,1 \text{ мин}$

Основное время для 4 операции - вертикально-сверлильной операции:

Переход 1: сверление отверстия $\varnothing 5H14^{(+0,3)}$

$$l_{вр} = 0,3D = 0,3 \times 5 = 1,5$$

$$T_o = (l + l_{вр} + l_{cx} + l_{нд}) \times i / (n \times S) = (25 + 1,5 + 1 + 1) / (2230 \times 0,15) = 0,09 \text{ мин}$$

Основное время для 5 операции -нарезать резьбовое отверстие:

Переход 1: нарезать резьбовое отверстие на проход

$$l_{вр} = 0,3D = 0,3 \times 6 = 1,8$$

$$T_o = (l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \times i / (n \times S) = (12 + 1,8 + 1 + 1) / (1205 \times 1) \\ = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 2: нарезать резьбовое отверстие на проход

$$l_{вр} = 0,3D = 0,3 \times 6 = 1,8$$

$$T_o = (l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пд}) \times i / (n \times S) = (12 + 1,8 + 1 + 1) / (1205 \times 1) \\ = 0,01 \text{ мин}$$

Основное время для 6 термической операций:

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

$$T_o = 20 \text{ мин}$$

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

$$T_o = 1,33 \text{ мин};$$

Основное время для 7 операций - внутришлифовальной операции:

Переход 1: шлифование отверстия

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times \frac{2i}{n \times S} = (60 + 1 + 1) \times 2 \times \frac{17}{18} \times 180 = 0,65 \text{ мин.}$$

2.1.2 Расчет вспомогательного времени

При обработке на станке с ЧПУ вспомогательное время затрачивается в основном для измерения обработанных поверхностей заготовки ($\approx 0,02 - 0,3$ мин в зависимости от требуемой точности обработки, т.к. измерения делаются не у каждой заготовки, а каждой 5-й или 10-й. Обычно для измерения диаметра + осевого размера при обработке одной поверхности требуется $0,2 - 0,4$ мин), установка и снятие заготовки (в пределах $0,1 - 0,3$ мин в зависимости от механизации приспособления). Смена инструмента, подвод к заготовке и настройка на размер по программе ЧПУ выполняются очень быстро.

При обработке на обычных станках:

$$T_B = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм},$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятие детали;

$T_{упр}$ – время на управление станком;

$T_{изм}$ – время измерения детали.

Сверлильная:

$$T_B = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0,3 + 0,18 + 0,2 = 0,68 \text{ мин};$$

Сверлильная (нарезать резьбовое отверстие):

$$T_B = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0,1 + 0,18 + 0,2 = 0,48 \text{ мин};$$

Термическая:

$$T_B = 0,06 \text{ мин};$$

Внутришлифовальная:

$$T_B = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм} = 0,3 + 0,4 + 0,4 = 1,1 \text{ мин};$$

2.1.3 Расчет оперативного времени

$$T_{оп} = T_{осн} + T_B.$$

1. Токарная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_B = 1,88 + 0,9 = 2,78 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_B = 3,34 + 1,3 = 4,64 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_B = 0,12 + 1,16 = 1,28 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_B = 1,33 + 0,06 = 1,39 \text{ мин};$$

5. Внутришлифовальная:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_B = 0,65 + 1,1 = 1,75 \text{ мин};$$

2.1.4 Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}},$$

где α – процент от оперативного времени.

1. Токарная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 2,78 = 0,06 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 4,64 = 0,09 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,28 = 0,05 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 1,39 = 0,07 \text{ мин};$$

5. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 1,75 = 0,09 \text{ мин};$$

2.1.5 Расчет времени на отдых

$$t_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}}$$

Где, β - процент от оперативного времени.

1. Токарная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 2,78 = 0,11 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 4,64 = 0,19 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,28 = 0,05 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,39 = 0,06 \text{ мин};$$

5. Внутришлифовальная операция:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,75 = 0,07 \text{ мин};$$

2.1.6 Расчет подготовительно-заключительного времени

1. Токарная: $T_{\text{пз}} = 10$ мин (трёхкулачковый патрон для станка для черновых операций практически не снимается).

2. Токарная: $T_{\text{пз}} = 30$ мин (установка и настройка разжимной оправки с пневмоприводом, обточка кулачков «по месту»).

3. Сверлильная: $T_{\text{пз}} = 5$ мин.

4. Термическая: $T_{\text{пз}} = 4$ мин.

5. Внутришлифовальная: $T_{\text{пз}} = 30$ мин (установка и настройка цангового патрона с пневмоприводом).

2.1.7 Расчет штучного времени

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}}$$

1. Токарная:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 2,95 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 4,92 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 1,38 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 1,52 \text{ мин};$$

5. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 1,91 \text{ мин};$$

2.1.8 Расчет штучно-калькуляционного времени

$$T_{\text{шт.к}} = \sum T_{\text{шт}} + \frac{\sum T_{\text{пз}}}{n};$$

1. Токарная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 2,951 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 4,921 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,381 \text{ мин};$$

4. Термическая:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,521 \text{ мин};$$

5. Внутришлифовальная:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,911 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт-к техпроц}} = \Sigma T_{\text{шт.к } i} = 12,685 \text{ мин.}$$

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

В качестве технологической оснастки для второй операции выбрана кулачковая фланцевая разжимная оправка по ГОСТ 17531-72.

Целью конструкторской части является разработка данного приспособления для второй токарной операций, определения силы закрепления и диапазона зажима внутреннего отверстия детали.

3.1. Выбор принципа работы разжимной оправки.

Определяем присоединительные габаритные размеры разжимной кулачковой фланцевой оправки по ГОСТ 17531-72, принимая во внимание размеры шпинделя станка:

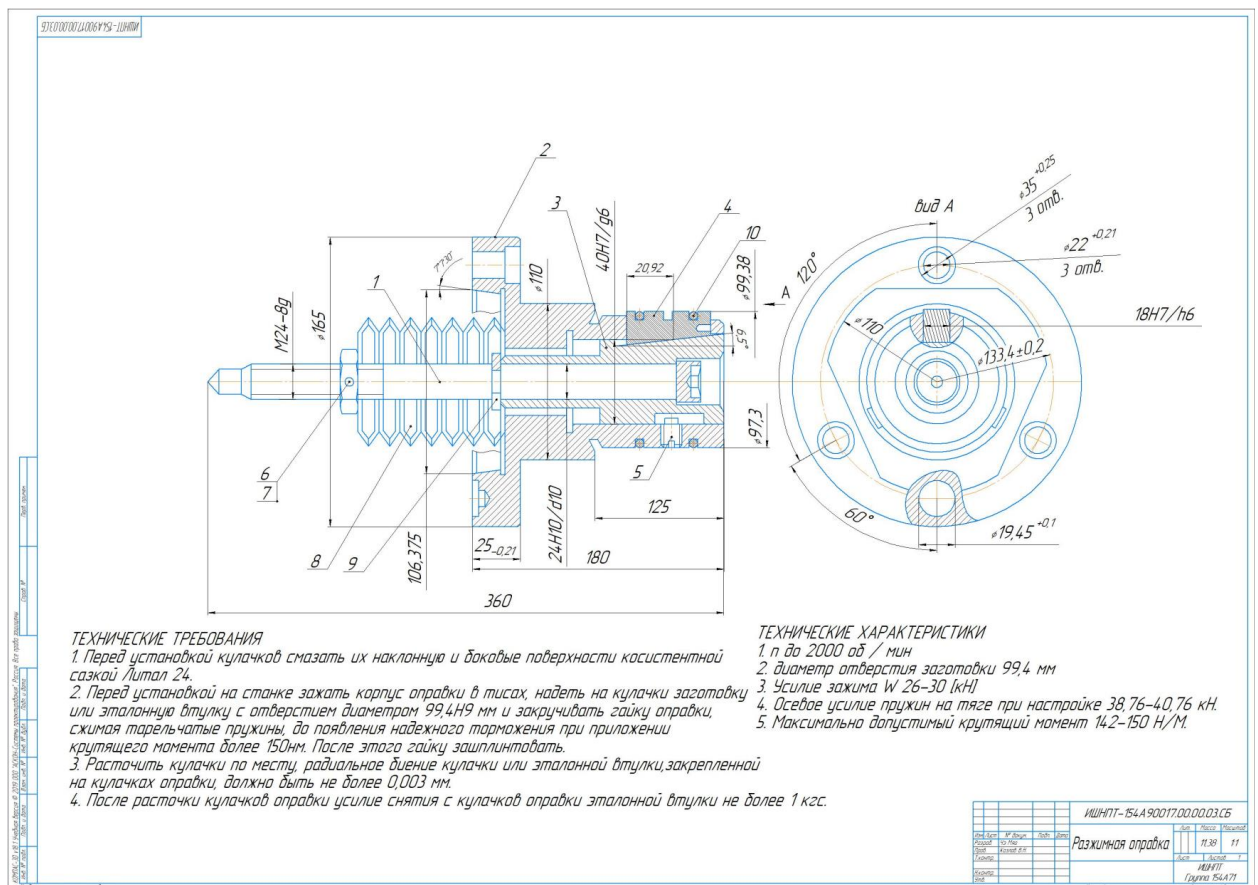


Рис.2.1. Чертеж разжимной оправки.

Таблица. 2.1. Размеры разжимной самоцентрирующей оправки

d	D		L	l	D ₂	D ₃	D ₄	d ₁	d ₃	d ₄	L ₁	Вес, кг.
	Ном	Откл.										
99,35 (для отв. Ø99,4Н9)	106,3 75	+0,004 -0,006	360	125	165	110	133,4 ±0,2	14	M20; M24	19,45 ±0,1	180	11,38

Оправка исполнения 1, размерами d от 90 до 100 мм, $D = 106,375$:

Оправка 7112-0207 ГОСТ 17531-72.

Назначаем посадочный диаметр d разжимной оправки под отверстие Ø99,4Н9(+0,087):

$$d_{max} = D_{max} = 99,487 \text{ мм}; d_{настр \text{ до разжима}} = 99,38 \text{ мм.}$$

Требуемое наибольшее перемещение (ход) кулачков для закрепления заготовки за отверстие Ø99,4Н9: $\Delta_{max} = (99,487 - 99,38)/2 = 0,054 \text{ мм.}$

Оправка состоит из нескольких элементов, трудно добиться идеального

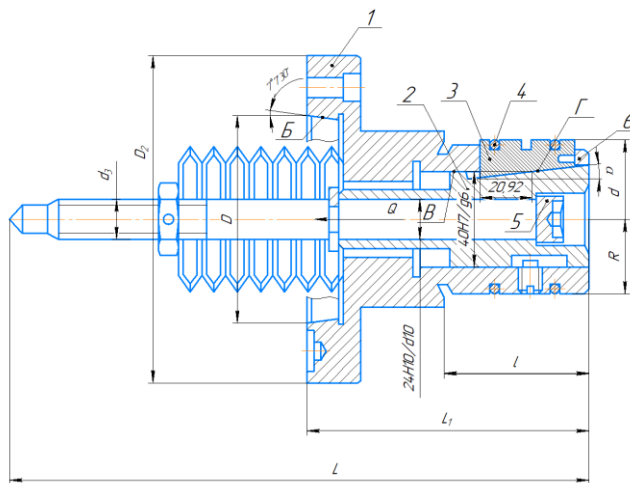


Рис. 2.2. Разрез кулачковой самоцентрирующей оправки.

положения кулачков даже при точной обработке всех составляющих элементов: корпуса оправки (должна быть хорошая соосность посадочного конуса Б корпуса оправки 1 на коническую часть шпинделя токарного станка и цилиндрического отверстия В корпуса, вдоль которого перемещается плунжер 2), также должна быть хорошая соосность

конической части Г плунжера с посадочным конусом Б корпуса оправки; размеры кулачков 3 должны быть абсолютно одинаковыми (иначе один кулачок будет выступать по диаметру относительно других).

Поэтому после сборки оправки и предварительного настроя кулачков на размер, который выполняем за счёт осевого перемещения плунжера 2 вращением гайки, оправка устанавливается в шпиндель станка и обтачивается

«по месту», чтобы устранить первоначальное биение кулачков, т.е. отклонение от соосности наружной поверхности кулачков с осью вращения шпинделя станка. Перед обточкой устанавливаются достаточно жёсткое кольцо, чтобы кулачки были плотно прижаты к конической части плунжера за счёт тарельчатых пружин и не болтались. После обточки (шлифовки) диаметр немного уменьшится. Разрезные пружинные кольца 4 (2 шт.) не дадут распастыся кулачкам после установки на станке, не дадут разлететься кулачкам при подаче давления в мембранную камеру без заготовки по ошибке оператора.

Задача при настройке оправки заключается в том, чтобы кулачки позволяли устанавливать на них заготовку с отверстием $D_i = D_{\min} = \varnothing 99,4$ мм без особых сложностей, поэтому в этом случае зазор S должен быть не менее 0,02 мм ($d^*_{\min} = 99,38$ мм), но для уменьшения радиального перемещения кулачков и не более 0,03 мм, чтобы в целом не увеличился ход кулачков и не уменьшилась точность центровки заготовки.

На рис 2.3. показана дополнительная канавка для размещения в ней цельного жёсткого кольца перед установкой в 2-х остальных канавках разрезных колец перед обточкой по месту, чтобы кулачки не рассыпались, и чтобы не надо было их придерживать перед установкой жёстких колец. Эта дополнительная канавка располагается посередине кулачков. Глубина всех канавок должна быть 3 мм, чтобы кольца не выступали над поверхностью кулачков. Толщина разрезных (пружинных) колец тоже 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.

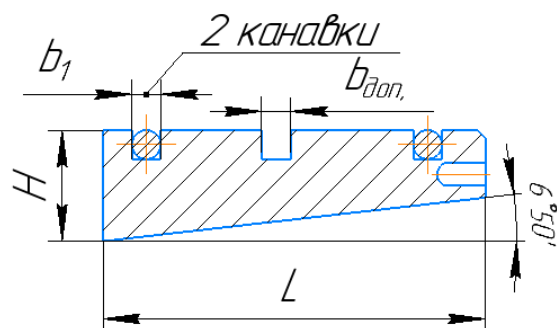


Рис. 2.3. Эскиз кулачка оправки. Показана дополнительная канавка посередине для размещения разрезного кольца при обточке по месту

Для этой разжимной оправки в качестве привода лучше использовать пневмокамеру одностороннего действия (рис 2.4), т.к. нам нужно усилие только вправо для сжатия тарельчатых пружин и раскрепления заготовки [7].

Пневмокамера мембранного типа состоит из корпуса и крышки, между которыми зажата мембрана 6 тарельчатой формы из прорезиненной ткани. Сжатый воздух поступает в камеру через штуцер 1, давит на мембрану и перемещает диск 4 со штоком 9.

На резьбовой конец штока может навинчиваться толкатель, воздействующий на зажимной механизм приспособления. В предлагаемой конструкции пневмокамеры резьбовая часть на штоке не нужна, т.к. шток будет толкать, а не тянуть (рис. 2.5).

При выпуске сжатого воздуха в атмосферу шток под действием пружин 2 и 3 вместе с диском и мембраной возвращается в исходное положение влево.

Пневмокамера закрепляется на корпусе приспособления шпильками 8. Отверстие 7 служит для выхода воздуха из правой полости при рабочем ходе штока.

Корпус и крышка отливаются из серого чугуна или штампуются из малоуглеродистой стали. Могут быть изготовлены также из алюминиевого сплава АЛ9В, АЛ10В и из пластмассы волокнит.

Наибольший ход (выдвижение) кулачков в радиальном направлении $L_{\text{рад}}$ зависит от 2-х факторов:

1) от наибольшего перемещения штока пневмокамеры, которое зависит от диаметра камеры (см. рис. 2.5) (чем диаметр больше, тем больше возможное

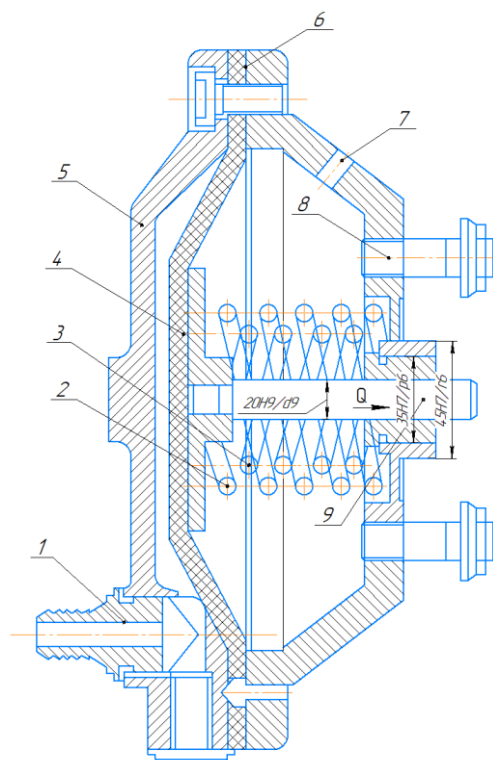


Рис. 2.4. Эскиз пневмокамеры одностороннего действия.

перемещение из-за ограниченной эластичности мембраны) и диаметра шайб, стягивающие (прижимающих) мембраны друг к другу (чем больше диаметр шайб, тем меньше осевое перемещение).

Длина хода штока ($L_{\text{штока}}$) зависит от материала мембран, диаметра (D) и толщины мембраны (t): $L_{\text{штока}}=(0,18...1,45)D$, поэтому при $\varnothing 320$ мм $L_{\text{штока}}=58$ мм.

2) от допустимого осевого хода плунжера $L_{\text{плунжера}}$, который может быть ограничен конструкцией оправки. В нашей конструкции это осевое расстояние от наклонной поверхности плунжера (т.к. это не коническая поверхность по всему диаметру, а уклон с шириной $b = 10$ мм равной ширине кулачка, см. по чертежу оправки в разрезе рис. 2.1) до передней стенки корпуса оправки $L_{\text{плунжера}}$ (рис. 2.2), если диаметр отверстия $\varnothing D_{\text{отв}}$ меньше или равен диаметру наклонной поверхности плунжера $\varnothing D_{\text{кон плунж.}}$

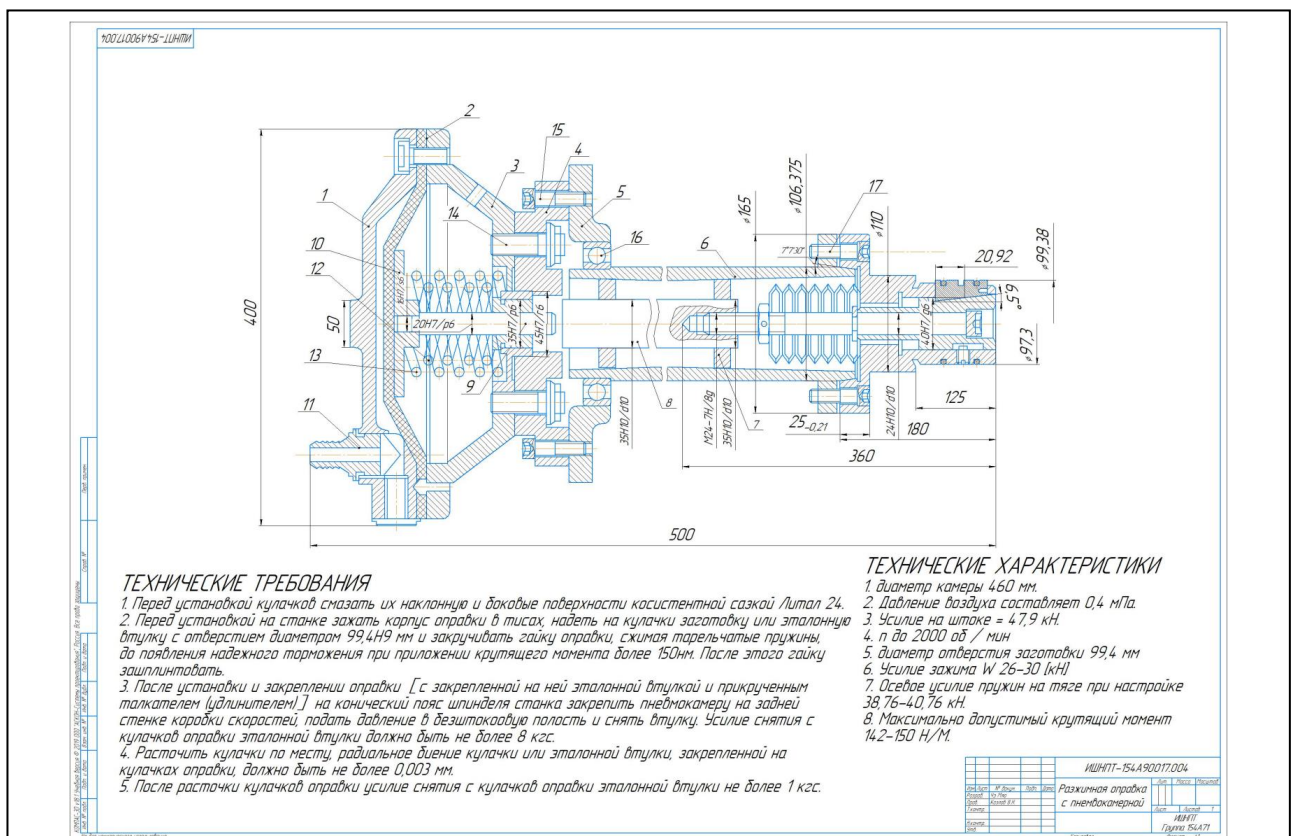


Рис 2.5. Чертеж разжимной фланцевой оправки смембранной пневмокамерой одностороннего действия. Показано крайнее левое положение штока камеры, достигаемое перед включением вращения шпинделя.

1 – Крышка камеры; 2 – Диафрагма; 3 – Корпус камеры правый; 4 – Фланцевый кронштейн; 5 – Корпус бабки; 6 – Шпиндель; 7 – Пробка (2 шт.); 8 – Удлинитель; 9 – Шток камеры; 10 – Стальной диск; 11 – Штуцер; 12 и 13 – пружины; 14 – Шпилька; 15 – болт; 16 – подшипник; 17 – Винт

Поэтому сначала на чертеже проводим линию от пов. $\varnothing D_{\text{отв}}$ до наклонной поверхности плунжера, а затем по чертежу с учётом его масштаба определяем допустимый осевой ход плунжера $L_{\text{плунжера max}}$, считая, что при крайнем правом положении штока плунжер тоже находится в крайнем правом положении (положение «Разжато»). Наибольшее диаметральное перемещение кулачков, т.е. наибольшее увеличение диаметра наружной поверхности кулачков Δd_{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 определяем, что $L_{\text{плунжера max}} = 20,92$ мм. Рассчитываем наибольшее перемещение кулачков на диаметр:

$$\Delta d_{\text{max}} = 2L_{\text{рад}} = 2(\tan \alpha \times L_{\text{плунжера max}}) = 2(\tan 6,5 \times 20,92) = 4,8 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{кулачков min}} = D_{\text{заг min}} - 0,02 \text{ мм} = 99,4 - 0,02 = 99,38 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{оправки max}} = d_{\text{кулачков min}} - 2 \text{ мм} = 99,38 - 2 = 97,38 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительный диаметр корпуса оправки $d_{\text{оправки}} = 97,3h9_{(-0,087)}$ мм.

Рассчитывается наибольший возможный диаметр отверстия заготовки без переустановки кулачков: $D_{\text{заг возм max}} = d_{\text{кулачков min}} + \Delta d_{\text{max}} = 99,38 + 4,8 = 104,18$ мм.

Таким образом с одним комплектом кулачков в одной и той же оправке теоретически можно закреплять заготовки с диаметром отверстия $D_{\text{заг}}$ от 99,4 до 104,18 мм. Практически сделать это можно только после предварительной тонкой обточки кулачков «по месту». Это связано с увеличением погрешности установки при увеличении хода кулачков.

Если из-за перемещения кулачков установочный диаметр будет увеличиваться больше, чем на 0,2 мм, то увеличится погрешность отклонения от соосности наружной обрабатываемой поверхности заготовки диаметром $d_{\text{заг } i}$ относительно базового отверстия заготовки $D_{\text{заг } i}$.

Для того, чтобы при случайной подаче воздуха в правую камеру без заготовки на оправке кулачки не разлетелись, предусматриваются две меры:

1) Настраивается пневмокамера так, чтобы ход её штока $L_{\text{плунжера max доп}}$ не допустил слишком большого радиального перемещения кулачков. Обычно это не более максимально допустимого $\Delta d_{\text{max доп}} = 1$ мм, чтобы разрезные кольца не разжались слишком сильно и кулачки не выпали из оправки.

$$L_{\text{плунжера max доп}} = \Delta d_{\text{max доп}} / (2 \tan \alpha) = 1 / (2 \times \tan 6,5^\circ) = 1 / (2 \times 0,11) = 4,54 \text{ мм.}$$

Эта настройка возможна при соответствующем присоединении (привинчивании) удлинителя (толкателя) к тяге плунжера оправки.

2) Выполняется расчёт предотвращения слишком большого зазора разрезных колец при наибольшем возможном радиальном перемещении кулачков Δd_{max} . Наибольший ход штока пневмокамеры $L_{\text{плунжера max}} = 20,92$ мм, при этом увеличение диаметра наружной поверхности канавок в кулачках будет не более $\Delta d_{\text{max}} = 4,8$ мм. Поэтому при достаточно большом диаметре канавок в кулачках равном $d_{\text{канавок}} = 99,38 - 6 = 93,38$ мм разрезные кольца не разожмутся слишком сильно и не позволят кулачкам выпасть из оправки.

Зазор между штоком камеры и толкателем должен быть 5 – 10 мм, а ход штока должен быть ограничен 10 – 15 мм. Наибольший ход пружин оправки при закреплении отверстия $D_{1.5} = \phi 99,4\text{H}9$ ($L_{\text{закр}} = 4,54 \text{ мм} + 5 - 10 \text{ мм}$).

$$L_{\text{закр}} = L_{\text{плунжера max доп}} = \Delta d_{\text{max доп}} / (2 \tan \alpha) = 1 / (2 \times \tan 6,5^\circ) = 1 / (2 \times 0,11) = 4,54 \text{ мм} \approx 5 \text{ мм.}$$

Из справочника определяем, что комплект из 6 тарельчатых мембран (пружин) с наружным диаметром 50 мм и отверстием 30 мм создаёт силу 13 000 Н. Но нам нужно $Q_{\text{пружины}} = 1,2 \times 32300 = 38760$ Н (см. расчёт усилия закрепления далее в разделе 2.3. и 2.4), т.е. потребуется 14 пружин (рис. 2.2 и 2.5). Чем больше пружин, тем больше наибольшее осевое перемещение. Достоинства стальных мембран (тарельчатых пружинных мембран) – большое усилие при небольших размерах. Недостаток - небольшой ход. В приведённом выше случае всего 6 мм, но для разжимной оправки этого достаточно.

3.2. Расчёт моментов сил резания и трения.

Так как на данной операции будет производиться обработка наружного диаметра детали и внутреннего диаметра, то последующий расчет момента силы резания будет осуществляться по максимальной силе резания P_Z :

- 1) При наружном точении: $P_Z = 1916 \text{ Н}$;
- 2) При внутреннем точении: $P_Z = 2414 \text{ Н}$;
- 3) При подрезке правого торца $P_Z = 2264 \text{ Н}$; $P_x = 800 \text{ Н}$.

Для обработки детали, должно выполняться условие:

$$M_{\text{рез.}} \leq M_{\text{тре.}} \quad (1)$$

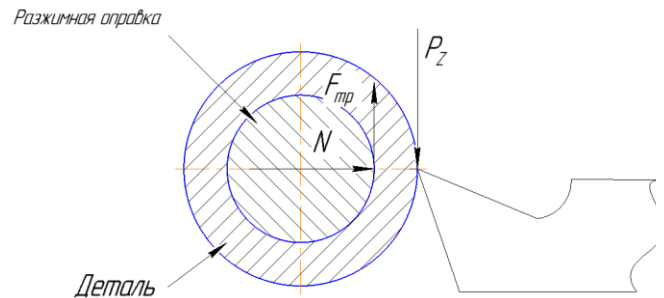


Рис. 2.6. Схема сил, действующих при резании и закреплении заготовки

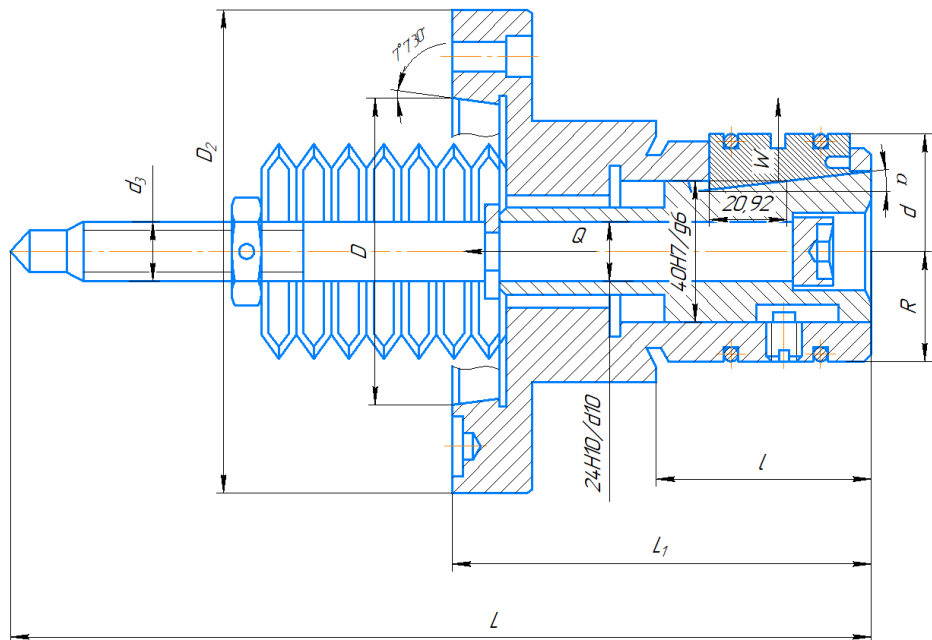


Рис. 2.7. Схема для определения требуемого усилия зажима при обработке в разжимной оправке

Момент силы резания рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{рез.}} = P_z \frac{D_{\text{max}}}{2} \quad (2)$$

где: $D_{\text{max}} = d_{0.2\text{max}} = 125 \text{ мм}$; $M_{\text{рез.}} = 2264 \times \frac{0,125}{2} = 141,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

Момент силы трения рассчитываем по формуле:

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

Найдем силу трения и реакции опоры по формулам:

$$F_{\text{ТР}} = N \times f; \quad N = P_z \frac{d_{0.2}}{d_{\text{опраки}} \times f} \quad (4-5)$$

где f – коэффициент трения (при трении сталь по стали $f=0,15$).

Рассчитываем реакцию опоры по формуле (5):

$$N = 2264 \times \frac{0,125}{0,06115 \times 0,15} = 30,9 \text{ кН};$$

Рассчитываем силу трения по формуле (4):

$$F_{\text{ТР}} = 30,9 \times 0,15 = 4,635 \text{ кН};$$

Рассчитываем момент силы трения по формуле (3):

$$M_{\text{ТР}} = 4635 \times \frac{0,06115}{2} = 141,72 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Условие выполняется (1): $141,5 \leq 141,72$

3.3. Расчёт резьбы на тяге плунжера оправки и усилия закрепления заготовки

Прочность резьбового соединения тяга-гайка на срез при действии усилия пружин $W = 38,76 \text{ кН}$ при отключении воздуха в камере:

$$\tau = \frac{W}{\frac{\pi}{4} \times d_1^2} = \frac{38760}{\frac{\pi}{4} \times 14,4^2} = 238 \text{ мПа} \leq [\tau_{\text{м}}] \quad (6)$$

где d_1 – внутренний диаметр винта. В первом приближении приняли резьбу М20;

$[\tau_{\text{м}}]$ – допускаемое напряжение материала винта (сталь 35) на срез. $[\tau_{\text{м}}] = 200 \text{ мПа}$.

при включении воздуха:

$$\tau = \frac{W}{\frac{\pi}{4} \times d^2} = \frac{46500}{\frac{\pi}{4} \times 14,4^2} = 285,7 \text{ МПа} \leq [\tau_m]$$

допускаемое напряжение на растяжение:

$$[\sigma] = 80 - 100 \text{ МПа}$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4W}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 38760}{\pi \times 100}} = 22 \text{ мм} \quad (7)$$

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4W}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 46500}{\pi \times 100}} = 24 \text{ мм.}$$

Поэтому нам нужен винт не менее 24 мм по наружному диаметру, принимаем M24-8g.

Для расчёта требуемого осевого усилия на штоке пневмокамеры из схем, приведенных на рис. 2.6 и 2.7, находим:

$$W_{\text{СУМ}} \times f \times R = K \times M_{\text{РЕЗ}} \quad (8)$$

Отсюда:

$$W_{\text{СУМ}} = \frac{K \times M_{\text{РЕЗ}}}{f \times R}; \quad W = \frac{W_{\text{СУМ}}}{Z}; \quad (9.1-9.2)$$

где $M_{\text{рез.}} = 141,5 \text{ Н} \times \text{м}$ - момент силы резания;

$W_{\text{СУМ}}$ - суммарная сила зажима всеми кулачками;

W - сила зажима одним кулачком;

$Z=3$ – число кулачков;

$R = \frac{D_{1.5}}{2} = \frac{99,4}{2} = 49,7 \text{ мм}$ - радиус отверстия заготовки;

$f=0,15$ - коэффициент трения;

K – коэффициент запаса.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 \quad (10)$$

Указанные коэффициенты принимаем из [6]:

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

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

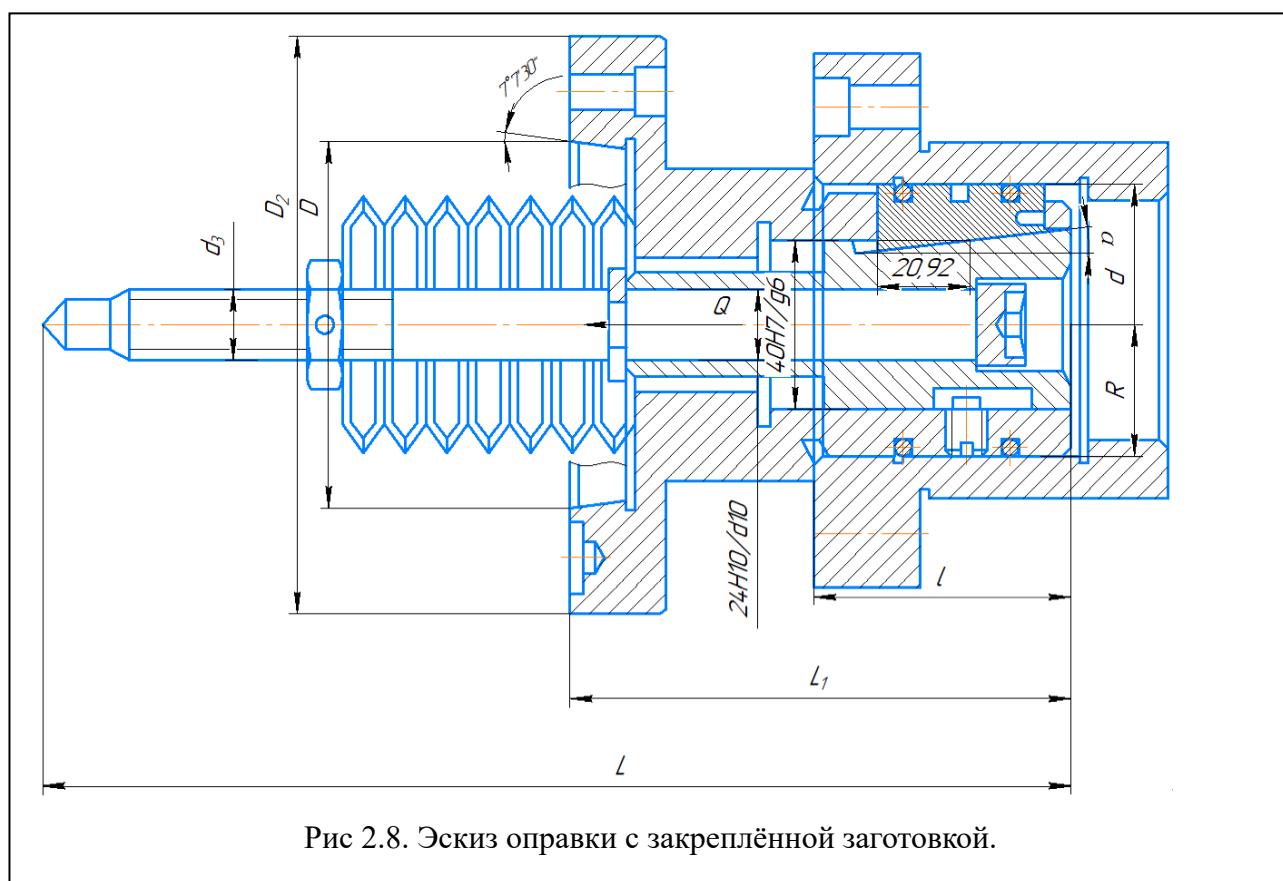
K_2 - коэффициент учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента (выбираем по таблице в зависимости от метода обработки и материала заготовки: $K_2 = 1$;

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

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

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

Таким образом, $K = 2,34$. Принимаем $K=2,5$.



Рассчитываем суммарную силу зажима по формуле (9.1):

$$W_{\text{СУМ}} = \frac{2,5 \times 141,5}{0,15 \times 0,0306} = 77 \text{ кН};$$

Рассчитываем зажим на 1 кулачок:

$$W = \frac{77}{3} = 26 \text{ кН};$$

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

$$W_{\text{СУМ}} \times f \geq K \times P_X \quad (11)$$

Где $P_X = 800 \text{ Н}$ - осевая сила резания;

$$77000 \times 0,15 \geq 2,5 \times 800 \rightarrow 11550 \geq 2000$$

Условие отсутствия осевого сдвига выполняется.

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.

Усилие на штоке мембранного привода рассчитываем по формуле:

$$Q = W_{\text{СУМ}}(tg\alpha + 2tg\varphi) \quad (20)$$

$$Q_{\text{штока}} = 77 \times (0,12 + 2 \times 0,15) = 32,3 \text{ кН}.$$

Рассчитываем необходимую осевую силу пружин:

$$Q_{\text{пружи.}} = 1,2 \times 32,3 = 38,76 \text{ кН};$$

Рассчитываем необходимую осевую силу на штоке, чтобы преодолеть усилие тарельчатых пружин оправки:

$$Q_{\text{штока треб}} > 1,2 \times Q_{\text{пружи.}} = 1,2 \times 38,76 = 46,5 \text{ кН}.$$

Рассчитаем диаметр диафрагмы мембранного привода:

$$Q_{\text{штока}} = \frac{\pi}{16} \times (D + d)^2 \times \rho - P_k, \quad (21)$$

где D – рабочий диаметр резиноканевой мембраны, мм;

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

$\rho = 0,4$ МПа – минимальное давление сжатого воздуха в сети.
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 :

$$Q_{\text{штока треб}} = \frac{\pi}{16} \times (1,7D)^2 \times 0,4 - 100;$$

$$46500 = \frac{\pi}{16} \times (1,7D)^2 \times 0,4 - 100;$$

$$D = \sqrt{\frac{46500 + 100}{0,4 \times \frac{\pi}{16} \times 1,7^2}} = 453 \text{ мм};$$

В качестве силового зажима будем использовать разжимную кулачковую фланцевую оправку ГОСТ 17531-72 с мембранным приводом с рабочим диаметром мембраны $D=460$ мм.

$$Q_{\text{осевое}} = \frac{\pi}{16} \times (460 + 0,7 \times 460)^2 \times 0,4 - 100 = 47905 \text{ Н} \approx 47,9 \text{ кН}$$

$$Q_{\text{расч треб}} = 32,3 \text{ кН} \leq Q_{\text{осевое}} = 47,9 \text{ кН}$$

Рассчитываем возможность раскрепления заготовки при включении пневмокамеры:

$$Q_{\text{штока камеры мин}} > 1,2 \times Q_{\text{пружин}} = 1,2 \times 38,76 = 46,5 \text{ кН.}$$

Т.к. $Q_{\text{штока камеры}} = 47,9$ кН, то заготовка усилием штока будет раскрепляться ($Q_{\text{пружин}} = 38,76$ кН).

3.4. Расчёт условия самоторможения клина и внутреннего диаметра пневмокамеры

Для того, чтобы при прекращении осевого усилия из-за отключения подачи воздуха не произошло самопроизвольное раскрепление заготовки, необходимо выполнить условие самоторможения клина. В нашем случае этого можно не делать, т.к. закрепление осуществляется под действием силы пружин. Но выполним этот анализ на случай поломки одной или нескольких пружин, потери их упругости от времени или повышенной температуры.

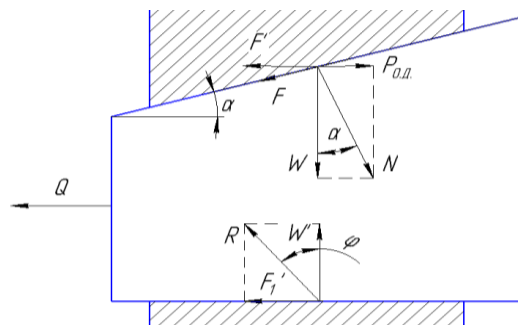


Рис. 2.9. Схема для выяснения условия самоторможения клина

На рис. 2.9 показана схема сил, действующих на зажатый односкосый клин с трением на двух поверхностях. При любом угле скоса α зажатый клин стремится вытолкнуть сила обратного действия $P_{0.д.}$, представляющая собой горизонтальную направляющую нормальной реакции N ; W – ее вертикальная составляющая.

Условие равновесия клина:

$$F' + F \geq P_{0.д.} \quad (12)$$

Из схемы, сила трения клина:

$$F = N \times f = W \frac{tg\varphi}{\cos \alpha} \quad (13)$$

Находим горизонтальную составляющую силы трения по формуле:

$$F' = W \times f \quad (14)$$

Величина нормальной реакции на основании клина:

$$W' = W \times (1 + tg\alpha \times tg\varphi) \quad (15)$$

Сила трения на основании клина:

$$F_1' = W' \times tg\varphi \quad (16)$$

Сила обратного действия:

$$P_{0,д.} = W \times tg\alpha \quad (17)$$

Условие самоторможения клина:

$$\alpha < 2\varphi \quad (18)$$

Коэффициент запаса клина:

$$K = \frac{2tg\varphi}{tg\alpha} \quad (19)$$

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

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

$$\alpha = arctg(0,12) = 0,12 = 6^\circ 50'.$$

Определим силу трения клина по формуле (13):

$$F = W \frac{tg\varphi}{\cos \alpha} = 26 \times \frac{0,15}{\cos 6^\circ 50'} = 3,9 \text{ кН};$$

Отсюда находим силу реакции опоры:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{3,9}{0,15} = 26 \text{ кН};$$

Сила обратного действия по формуле (11):

$$P_{0,д.} = W \times tg\alpha = 26 \times 0,12 = 3,12 \text{ кН};$$

Сила трения горизонтальной составляющей клина по формуле (14):

$$F' = W \times f = 26 \times 0,15 = 3,9 \text{ кН};$$

Величина нормальной реакции на основании клина:

$$W' = W \times (1 + tg\alpha \times tg\varphi) = 26 \times (1 + 0,12 \times 0,15) = 26,5 \text{ кН};$$

Сила трения на основании клина:

$$F'_1 = W' \times tg\varphi = 26,5 \times 0,15 = 3,975 \text{ кН};$$

Проверяем условие равновесия клина по формуле (12):

$$F' + F'_1 \geq P_{0,д.} \rightarrow 3,9 + 3,975 \geq 3,12 \rightarrow 7,875 \geq 3,12.$$

Условие выполняется.

Проверяем условие самоторможения клина по формуле (18):

$$\alpha < 2\varphi \rightarrow 6^\circ 50' < 2 \times 8^\circ 31'; \quad 6^\circ 50' < 17^\circ$$

Условие самоторможения клина выполняется.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154A71	Чэ Мяо

Школа	ИШПНТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Анализ конкурентных технических решений. 2. SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Планирование работ. 2. Разработка графика Ганта. 3. 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):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	Канд. экон. наук		01.02.2021г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Чэ Мяо		01.02.2021г.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Общая информация

Тема данной ВКР – Разработка технологии изготовления детали «Цилиндр».

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы.

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.

4.2. Потенциальные потребители результатов исследования

Используя метод сегментирования, разделим потребителей разработки. Сегментировать рынок потребителей предложенной разработки будем по следующим критериям: вид работ (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка потребителей услуги по разработке цилиндра.

		Вид работ	
		Разработка технологического процесса	Изготовление детали
Размер компании	ОАО «ТЭМЗ»	+	+
	ООО «СМК»	-	+
	ООО «ТМЗ»	+	-

Как показано в таблице 4.1, ОАО «ТЭМЗ» задействована во всех сегментах рынка, поэтому она является наиболее перспективной.

4.3. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. В настоящий момент в Томске можно выделить три наиболее влиятельных предприятий-конкурентов в области производства детали «Цилиндр»: ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева», ООО «Сибирская

машиностроительная компания» и ООО «Томский машиностроительный завод».

В таблице 4.2 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства детали.

Таблица 4.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Ф	К _{К1}	К _{К2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Производительность	0,14	4	5	4	0,5	0,7	0,5
2. Срок службы	0,14	4	4	5	0,55	0,55	0,55
3.Энергоэкономичность	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
4.Надежность	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5.Безопасность	0,09	5	4	5	0,5	0,35	0,35
6. Простота эксплуатации	0,12	4	5	4	0,5	0,6	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
2.Уровень проникновения на рынок	0,11	4	5	3	0,6	0,55	0,35
3. Финансирование научной разработки	0,1	4	4	4	0,4	0,3	0,4
Итого:	1	39	38	37	4,45	4,15	3,85

Представим расчет конкурентоспособности научных разработок по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i-го показателя.

Разработка:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i = 39 \cdot 4,45 = 173,55$$

Конкуренты:

$$K1 = \sum B_i \cdot Б_i = 38 \cdot 4,15 = 157,7$$

$$K2 = \sum B_i \cdot Б_i = 37 \cdot 3,85 = 142,45$$

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

4.4. 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 4.3.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT-анализа

<p>Сильные стороны проекта: С1. Высокое качество получаемой продукции С2. Широкая область применения. С3. Низкая стоимость производства. С4. Квалифицированный персонал С5. Актуальность проекта</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований. Сл2. Отсутствие квалифицированного персонала Сл3. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования. Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности. Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p>Возможности: В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ. В2. Появление потенциального спроса на новые разработки. В3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж. В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях. У2. Снижение стоимости разработок конкурентов. У3. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.4–4.7.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	+	-	-
	B2	-	+	-	+	+
	B3	+	+	+	-	+
	B4	+	+	-	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	-	+	+	+
	B3	-	-	-	-	-
	B4	+	+	+	+	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	+	-	+
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	+	+	-	-

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	+	+	+
	У2	+	+	+	+	+
	У3	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>C1. Высокое качество получаемой продукции</p> <p>C2. Широкая область применения.</p> <p>C3. Низкая стоимость производства.</p> <p>C4. Квалифицированный персонал</p> <p>C5. Актуальность проекта</p>	<p>Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.</p> <p>Сл2. Отсутствие квалифицированного персонала</p> <p>Сл3. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.</p> <p>Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.</p> <p>Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ.</p> <p>V2. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>V3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p> <p>V4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Направления развития:</p> <p>V1C1C2C3. Использование высококачественного оборудования для удовлетворения требований исследований.</p> <p>V2C2C4C5. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки.</p> <p>V3C1C2C3C5. Низкая цена исходного сырья и высокая трещиностойкость и ударопрочность и высокое качество продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p> <p>V4C1C2. Высокое качество и широкая область применения продукции может повышать стоимости конкурентных</p>	<p>Сдерживающие факторы:</p> <p>V2Cл3Cл4Cл5.</p> <p>Недостаток продукции в использовании способствует появлению потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>V4Cл1Cл2Cл3Cл4. Отсутствие квалифицированного персонала и материалов для соответствующих научных исследований влияет стоимости конкурентных разработок.</p>

	разработок.	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях.</p> <p>У2. Снижение стоимости разработок конкурентов.</p> <p>У3. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>	<p>Угрозы развития:</p> <p>У1С1С2С3С5. Более точные результаты исследования по сравнению с другими технологиями и более свежие результаты по сравнению с зарубежными аналогами.</p> <p>У3С2С3. Наши продукты обладают лучшими механическими свойствами, являются более привлекательными мировом рынке.</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У1Сл2Сл3Сл4Сл5. Из-за сложности подготовки и больших ошибок, которые могут быть вызваны различными операциями, эксперимент имеет большие ошибки и неточности.</p> <p>У2Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.5. Планирование научно-исследовательских работ

4.5.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- 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 4.9.

Таблица 4.9 – 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

4.5.2. 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:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5},$$

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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i},$$

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:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \times K_{kal}$$

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:

$$K_{kal.инж.} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

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 4.10.














Таблица 4.10 – 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 4.11).

Таблица 4.11 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4														
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	 													
3	Обзор научной литературы	Исп2	11														
4	Выбор методов исследования	Исп2	6														
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			 											
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9														
7	Проведение эксперимента	Исп2	25														
8	Обработка полученных данных	Исп2	18														
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5									 					
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13														

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),



– Исп. 2 (инженер)

4.6. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. Представим результаты расчета потребности в материалах на НТИ в таблице 4.12.

Таблица 4.12- Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы Z_m , руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	5	350	1 750
Картридж для лазерного принтера	2	3500	7000
Итого, руб.			8750

Представим результаты расчета потребности в оборудовании. 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:

$$H_A = \frac{1}{n}$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \times И}{12} \times m$$

где $И$ – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 4.13 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.	М _{В.ИЗ.} мес.	$H_A = \frac{1}{n}$ %	A _{АМО.} .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.

Представим расчет потребности в трудовых ресурсах для научных (экспериментальных) работ. Для этого рассчитаем заработную плату инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{55000 \times 10,3}{246} = 2303 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_{\text{д}}$ – 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):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{34000 \times 11,2}{246} = 1548 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \times (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \times K_{\text{р}} = 29000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 56550$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \times (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \times K_{\text{р}} = 18000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 35100$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Представим результаты расчетов основной заработной платы в итоговой таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}$ ·руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m ·руб	$Z_{дн}$ ·руб	T_p ·раб. дн.	$Z_{осн}$ ·руб
Руководитель	29000	0,3	0,2	1,3	56550	2303	13,5	31090,5
Инженер	18000	0,3	0,2	1,3	35100	1548	68,5	106038
Итого:								137128,5

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = K_{доп} \times Z_{осн} = 0,15 \times 31090,5 = 4663,6 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = K_{доп} \times Z_{осн} = 0,15 \times 106038 = 15905,7 \text{ руб}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

Представим расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления). Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (31090,5 + 4663,6) = 10726,23 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (106038 + 15905,7) = 36583,11 \text{ руб}$$

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).

При расчете накладных расходов будем учитывать прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

На основе представленных выше результатов расчета потребности в ресурсах составим бюджет проекта (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Бюджет затрат на проектирование

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	8750	6214	15964
2	Затраты на специальное оборудование	145165	153826	178055
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	137128,5	128070,9	128070,9
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20569,3	20569,3	20569,3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	47309,34	47309,34	47309,34
6	Накладные расходы	57427,54	57427,54	57427,54
Бюджет затрат НИР		416349,68	413417,08	447396,08

Рассчитанная величина бюджета затрат проекта выступает нижним пределом затрат на разработку научно-технической продукции и учитывается при формировании договора с заказчиком.

4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования представим расчет интегрального показателя 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.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 416349,68$ руб; $\Phi_{\text{исп.2}} = 413417,08$ руб; $\Phi_{\text{исп.3}} = 447396,08$

руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тех.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тех.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{416349,68}{447396,08} = 0,93$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{413417,08}{447396,08} = 0,92$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{447396,08}{447396,08} = 1$$

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_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – 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	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^5 K_{\text{вес.}} \times T_{\text{пр/ис.}}$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}}$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,65}{0,93} = 5; \quad I_{\text{исп.2}} = \frac{3,8}{0,92} = 4,13; \quad I_{\text{исп.3}} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,93	0,92	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5	4,13	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

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.

4.8. 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 календарных дней для выполнения работ составляет 102 дня; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 416349,68 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,93, 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 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5, по сравнению с 4,13 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что

техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154A71	Чэ Мяо

ШКОЛА	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01Машиностроение

Тема дипломной работы: Разработка технологии изготовления детали «Цилиндр».

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; • организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Приводится перечень НТД, используемой в данном разделе.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>Анализ показателей шума и вибрации</p> <ul style="list-style-type: none"> • установление соответствие показателей нормативному требованию; <p>Анализ показателей микроклимата</p> <ul style="list-style-type: none"> • показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности. <p>Анализ освещенности рабочей зоны</p> <ul style="list-style-type: none"> • типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности; • при расчете освещения указать схему размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету. <p>Анализ электробезопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • наличие электроисточников, характер их опасности; • установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления. • при расчете заземления указать схему размещения заземлителя согласно проведенному расчету. <p>Анализ пожарной безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • присутствие горючих материалов, тем самым, 	<p style="text-align: center;">Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указать ПДУ, ПДД, допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты; • привести классы электроопасности помещений, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления, • категорию пожароопасности помещения, • марки огнетушителей, их назначение. <p>При отклонении показателя предложить мероприятия.</p>

<p>присутствие повышенной степени пожароопасности.</p> <ul style="list-style-type: none"> • категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение. • Разработать схему эвакуации при пожаре. 	
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • защита селитебной зоны • анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); • анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); • анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); • разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.</p> <p>Наличие радиоактивных отходов также требует разработки их утилизации.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • выбор наиболее типичной ЧС; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Рассматриваются 2 ситуации ЧС:</p> <p>1) природная – сильные морозы зимой;</p> <p>2) техногенная – исключить несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (большая вероятность проведения диверсии).</p> <p>Предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; • организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Приведены:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень НТД, используемых в данном разделе, • схема эвакуации при пожаре, • схема размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.21 г.
--	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД ОБД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., профессор		01.02.21 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Чэ Мяо		01.02.21 г.

Введение

Описание рабочего места

В данной работе рассмотрен производственный цех и находящееся оборудование.

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

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

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

5.1. Производственная безопасность

5.1.1 Анализ условий труда на рабочем месте.

Рабочее место располагается на 1 этаже в цеху, помещение представляет собой комнату размером 15 м на 20 м, высотой 3,5 м, окно выходящих на север, в помещении находится (13 единиц технологического оборудования, 25 людей). Остальное при анализе по разделам.

К числу вредных факторов следует отнести:

- присутствие некомфортных метеоусловий;
- присутствие вредных веществ;
- присутствие производственного шума;
- недостаточной освещенности;
- электромагнитного загрязнения.

5.1.2. Анализ показателей шума и вибрации

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ:

Устранение источника шума или эффективное его ослабление во время его распространения;

Изолирование источника шума от окружающей среды посредством звуко- и виброизоляции;

Использование средств для уменьшения распространения шума и вибрации по пути их распространения;

Использование специальных материалов, например, мягкие изоляционные материалы. В их основе - вата, стекловата, фетр или джут. Коэффициент поглощения 70%.

СИЗ:

применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

5.1.3. Анализ показателей микроклимата

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

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

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

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

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.1.1 [ГОСТ 12.1.005-88].

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

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 5.1.3.

Таблица 5.1.3 - Требования к микроклимату

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

5.1.4. Анализ освещенности рабочей зоны.

Согласно СНиП 23-05-95 на производственном цехе должно быть не менее 600 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки не должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 20$ м, ширина $B = 15$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 500 Лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения: $S = A \times B = 15 \times 20 = 300 \text{ м}^2$,

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{\text{П}} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп

$Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛХБ-80, световой поток которой равен $\Phi_{лд} = 5000$ Лм и светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-80. (две лампы мощностью 80 Вт, длина – 1531 мм, ширина – 266 мм).

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,3$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОД: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по

$$\text{формуле: } h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле: $L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 2 = 2,6$ м

$$\text{Число рядов светильников в помещении: } Nb = \frac{B}{L} = \frac{15}{2,6} = 6$$

$$\text{Число светильников в ряду: } Na = \frac{A}{L} = \frac{20}{2,6} = 8$$

$$\text{Общее число светильников: } N = Na \cdot Nb = 6 \cdot 8 = 48$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле: $l = \frac{L}{3} = \frac{2,6}{3} = 0,8$ м

Размещаем светильники в 8 рядов. На рисунке 5.1.4 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{15 \cdot 20}{2,0 \cdot (15 + 20)} = 4,3$$

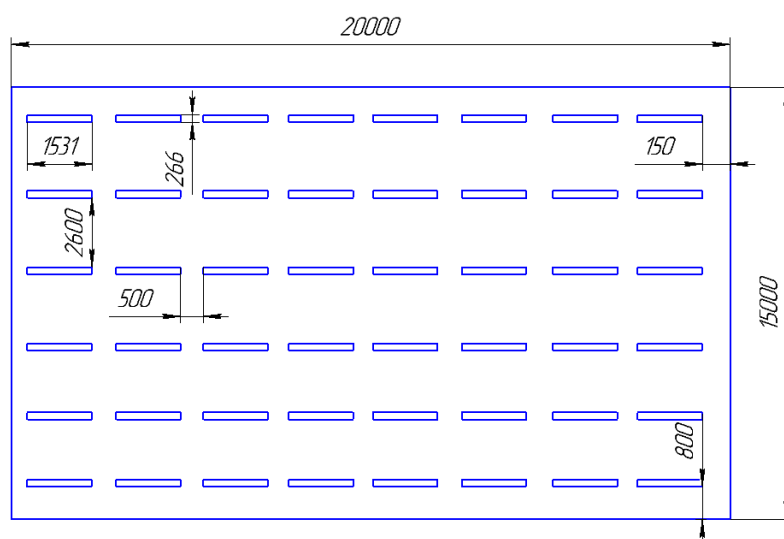


Рис.5.1.4 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{л} = 70 \%$, $\rho_{с} = 50\%$ и индексе помещения $i = 4,3$ равен $\eta = 0,68$.

Потребный световой поток люминесцентной лампы светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{600 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{48 \cdot 0,68} = 5200 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условий:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% = \frac{5000 - 5200}{5000} \cdot 100\% = -4\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq -4\% \leq 20\%$, необходимый световой поток.

5.1.5. Анализ электробезопасности

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Классификация помещений по опасности поражения электрическим током (ПУЭ)

Категория помещения: Особо опасные помещения. Присутствует один из следующих признаков:

- постоянно 100 % влажность (особо сырое помещение);
- наличие химически активной среды;
- либо: наличие более 2 факторов помещения повышенной опасности.

Категория помещения: Помещения повышенной опасности поражения электрическим током. Присутствует один из следующих факторов:

- повышенная температура воздуха ($t = + 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$);
- повышенная влажность ($> 75 \%$);
- наличие токопроводящей пыли;
- наличие токопроводящих полов;
- возможности прикосновения одновременно и к электроустановке и к заземлению или к двум электроустановкам одновременно.

Категория помещения: Мало опасные помещения. Отсутствуют признаки и факторы, характерные для двух предыдущих классов.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- 1) изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- 2) установки защитного заземления; 3) наличие общего рубильника;
- 4) своевременный осмотр технического оборудования, изоляции;
- 5) Использование разделительных трансформаторов.

Безопасные номиналы: $U = 12\text{-}36\text{В}$, $I = 0,1 \text{ А}$, $R_{\text{заз}} = 4 \text{ Ом}$.

5.1.6. Анализ пожарной и взрывной безопасности

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_n , Γ_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 производственный цех относится к категории В - Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара из-за электрических и неэлектрических характер.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- в) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- г) курение в строго отведенном месте;
- д) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В 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 5.1.6)

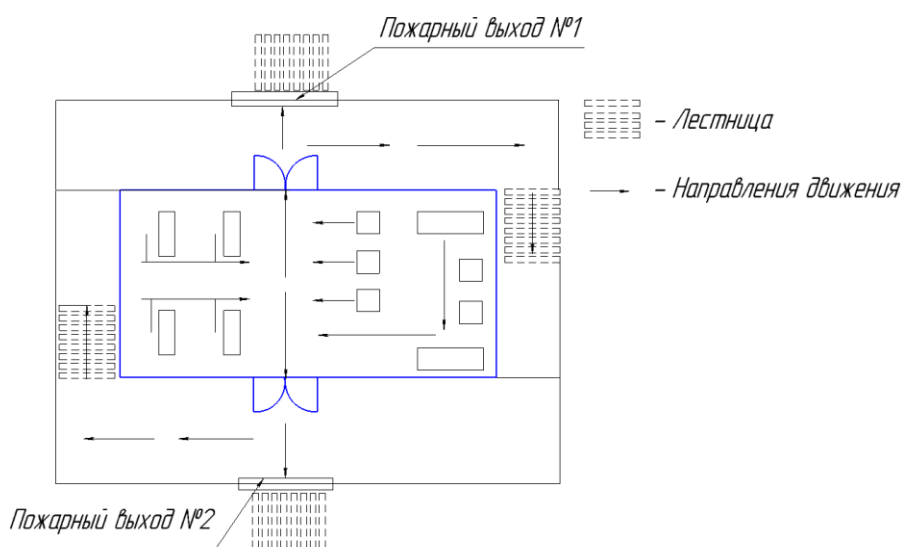


Рис 5.1.6 Пути эвакуации с 1 этажа производственного помещения.

5.2. Экологическая безопасность

Механическая обработка металлов на станках сопровождается образованием: металлической стружки, отработанной смазочноохлаждающей жидкости (СОЖ), пыли. Пары эмульсии и пыль через вентиляционную систему поступают из помещений в атмосферу. Помимо этого имеется и промышленный мусор. Загрязнение гидросферы металлорежущими станками может произойти при чистке станков и его узлов. В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, которые наблюдают за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

В производственном цехе необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для стружки, стекла, металлических частей, пластика.

Фильтрация смазочно-охлаждающей жидкости будет производиться путем установки самоочищающегося барабанного фильтра (для очистки СОЖ, чистого масла и водных эмульсий, от магнитных и немагнитных частиц).

Специальный химический раствор позволяет полностью удалить все опасные компоненты люминофорного слоя со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно, как впрочем, и само стекло, и цоколи.

Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Производство находится в Томске, городе с континентальным циклоническим климатом.

В этом случае нештатная ситуация, которая может возникнуть на заводе, может заключаться в сильном морозе и повреждении. Для Сибири зима - типичный морозный сезон. Достижение экстремально низких температур вызовет обрушение системы отопления и системы жизнеобеспечения, остановку работы, обморожение и даже приведет к несчастным случаям. В случае замерзания трубопровода необходимо предусмотреть запасной газовый обогреватель с каталитическим нейтрализатором. Их количество и мощность должны быть достаточными, чтобы производство не остановилось. Чтобы внезапные отключения электроэнергии не повлияли на производство, необходимо предусмотреть аварийные генераторы, которые будут использоваться для электрических нагревателей и другого оборудования. Точно так же нам нужно обеспечить водой сотрудников и технические нужды. Подпишите договор с транспортной компанией, которая передаст им ответственность в экстренных случаях.

Чрезвычайные ситуации, вызванные разрушениями, становятся все более распространенными. Конечно, этих угроз обычно не бывает. Но чтобы минимизировать возможность повреждений, компании должны быть оснащены системами видеонаблюдения, всепогодными системами безопасности, системами доступа, надежными системами связи и изоляцией связанных систем

безопасности. Руководители должны быть знакомы с расположением оборудования на объекте, расстановкой персонала, механизмом работы систем безопасности и сигнализаций, а также местами их установки и количеством. Чтобы обеспечить осведомленность персонала о безопасности, необходимо каждые шесть месяцев проводить учения по аварийной эвакуации.

5.4. Выводы по разделу

В разделе «Социальная ответственность» анализируем некоторые факторы в производственном цехе, рассматриваем возможные опасности и принимаем превентивные меры для обеспечения безопасной и упорядоченной работы цеха.

Заключение

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. В разделе «Технологическая часть» был выполнен анализ чертежа и технологичности детали, определён тип производства и выбрана исходная заготовка, разработан технологический процесс и выполнен размерный анализ техпроцесса (проектирование и проверка допуска). Выбрано оборудование, рассчитаны режимы резания и произведено нормирование операций.

В разделе «Конструкторская часть» было спроектировано приспособление, рассчитаны сила зажима и решена проблема установки приспособления на шпиндель станка и пневмокамеры на заднюю стенку коробки скоростей.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен расчет конкурентоспособности, разработан график проведения исследования, рассчитан бюджет стоимости НИ и определена его ресурсоэффективность.

В разделе «Социальная ответственность» были проанализированы некоторые факторы в производственном цехе, рассмотрены возможные опасности и приняты превентивные меры для обеспечения безопасной и упорядоченной работы цеха.

Список литературы

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 (1985 г) Под ред. А.Г. Косиловой.
4. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя Том 2. – Москва, 1961. – 892 с.
5. 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.
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. Сущность методики FAST в области ФСА.

11. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционного проекта без учета фактора времени.

12. Белов Н.А. Безопасность жизнедеятельности – М.: Знание, 2000-364с.

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.

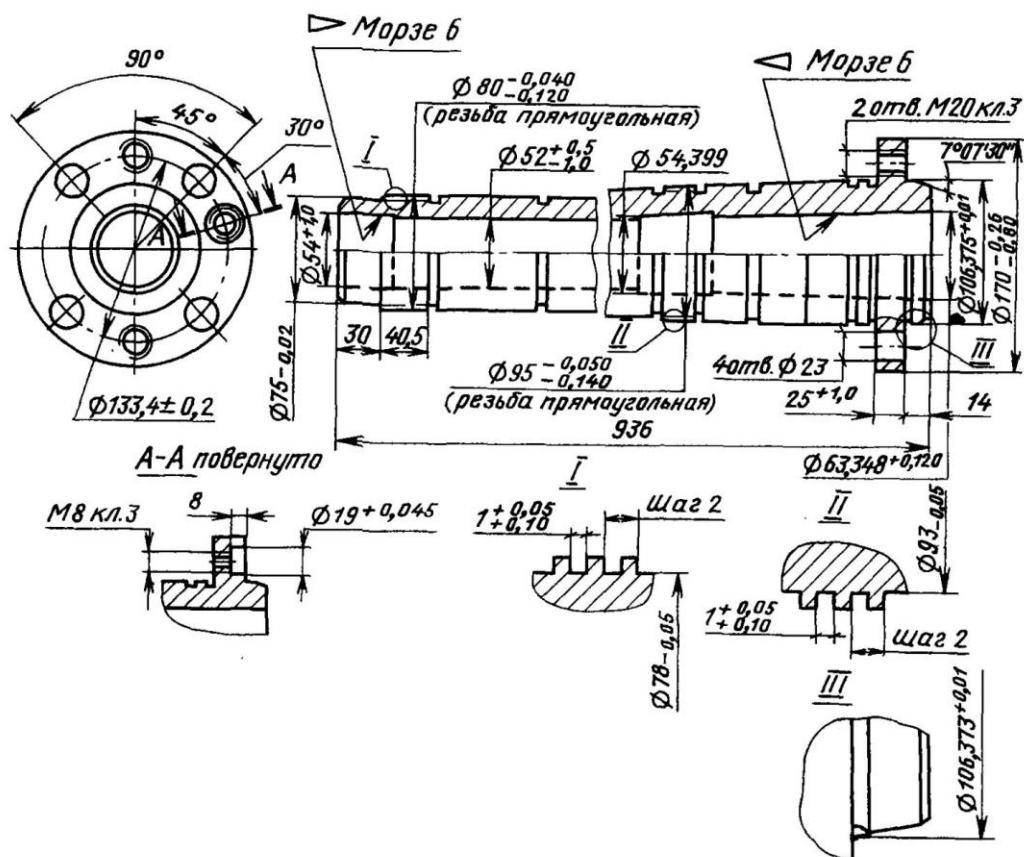


Рис. А1. Эскиз шпинделя токарного станка

Для установки двух пробок с центральным отверстием под толкатель (чтобы он не болтался в отверстии шпинделя) и наружной конической поверхностью для установки пробок в шпинделе с натягом необходимо знать внутренний конус в передней части шпинделя (Морзе 6) и в задней части (Морзе 6). Посадка по конической поверхности обеспечит высокую точность расположения центрального отверстия пробок относительно оси отверстия шпинделя и не допустит перекоса толкателя.

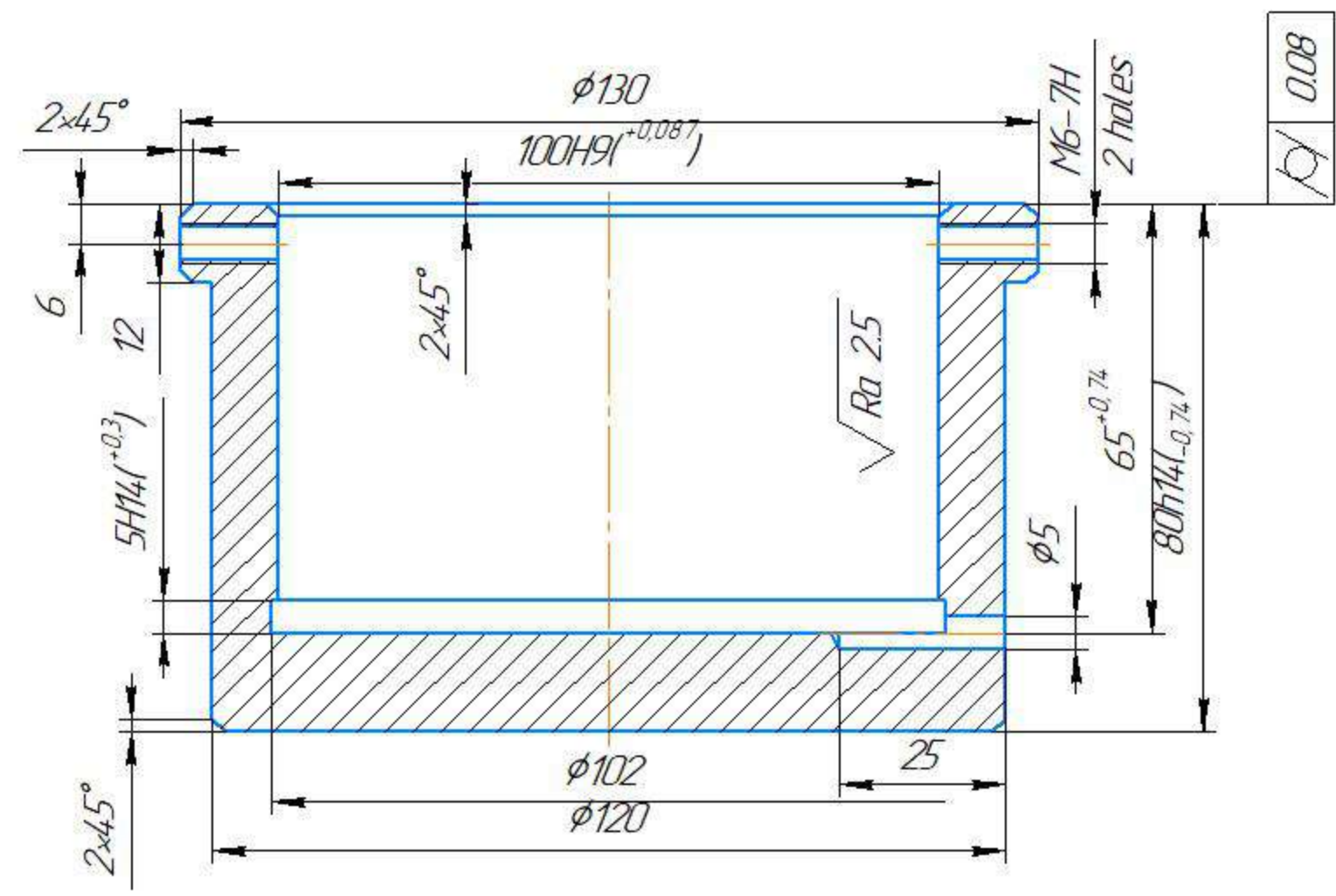
Приложение Б

(обязательное)

Чертёж детали

ИШНПТ-154А90017.00.00.01

Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № докл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



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

1. H14, h14, js14
2. 43-48 HRC

ИШНПТ-154А90017.00.00.01			
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата
Разраб.	Чз Мяс		
Проб.	Козлов В.Н		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
Цилиндр			Лит. Масса Масштаб
			0,39кг 1:1
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			Лист Листов 1
			ИШНПТ
			Группа 154А71
Копировал			Формат А3

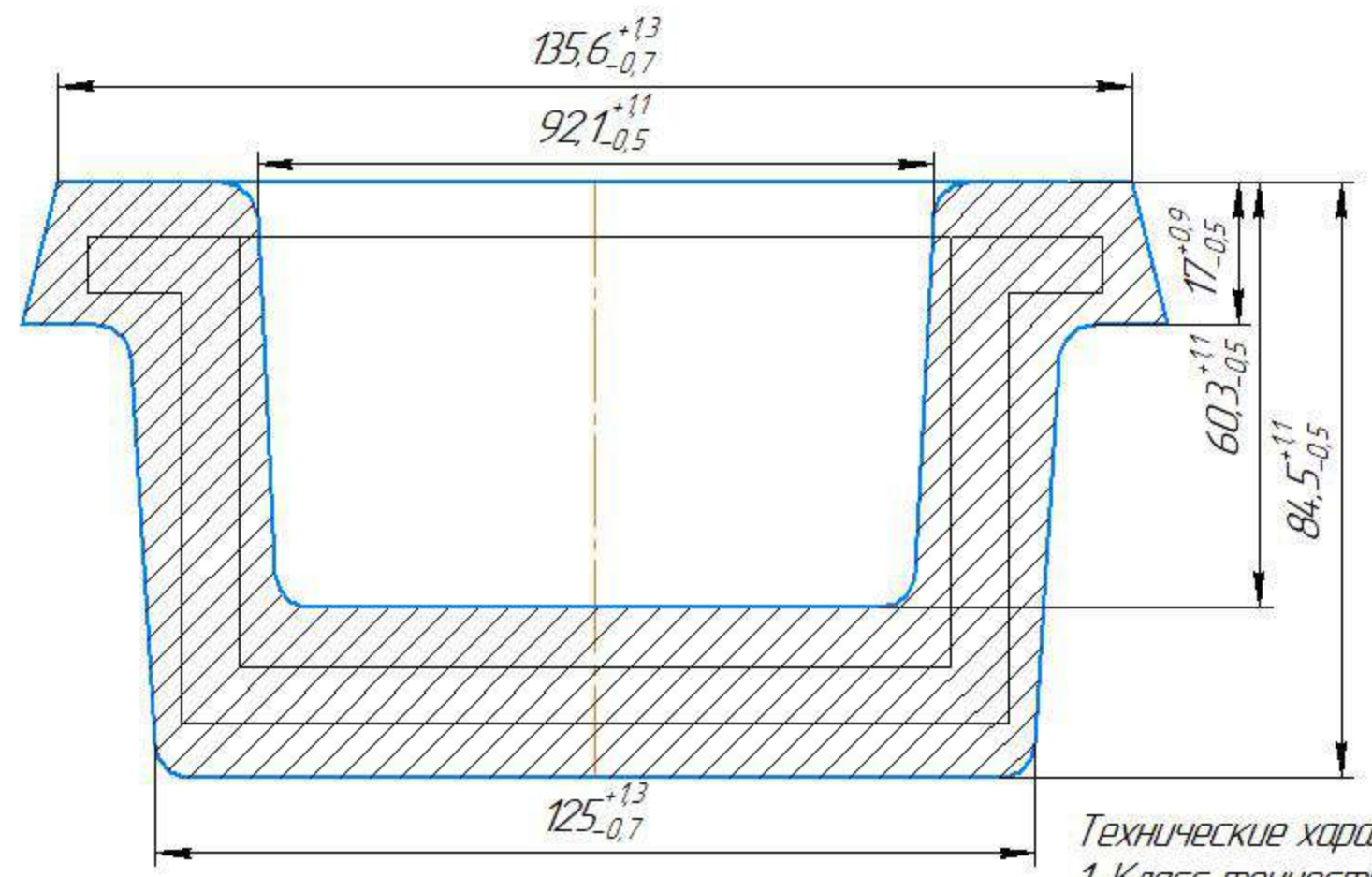
Приложение В

(обязательное)

Чертёж заготовки

ИШНПТ-154А90017.00.00.02

$\sqrt{Rz 150}$



- Технические характеристики
1. Класс точности Т4;
 2. Группа стали М2;
 3. Степень сложности С2;
 4. Исходный индекс 10;
 5. Уклоны наруж. и внутр. поверхностей 2±1° и 3±1°.

				ИШНПТ-154А90017.00.00.02		
				Заготовка		
				Лит.	Масса	Масштаб
					3,9кг	1:1
				Лист	Листов 1	
				ИШНПТ		
				Группа 154А71		
				Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		
				Формат А3		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
		Чз Мяо		
		Козлов В.Н		

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

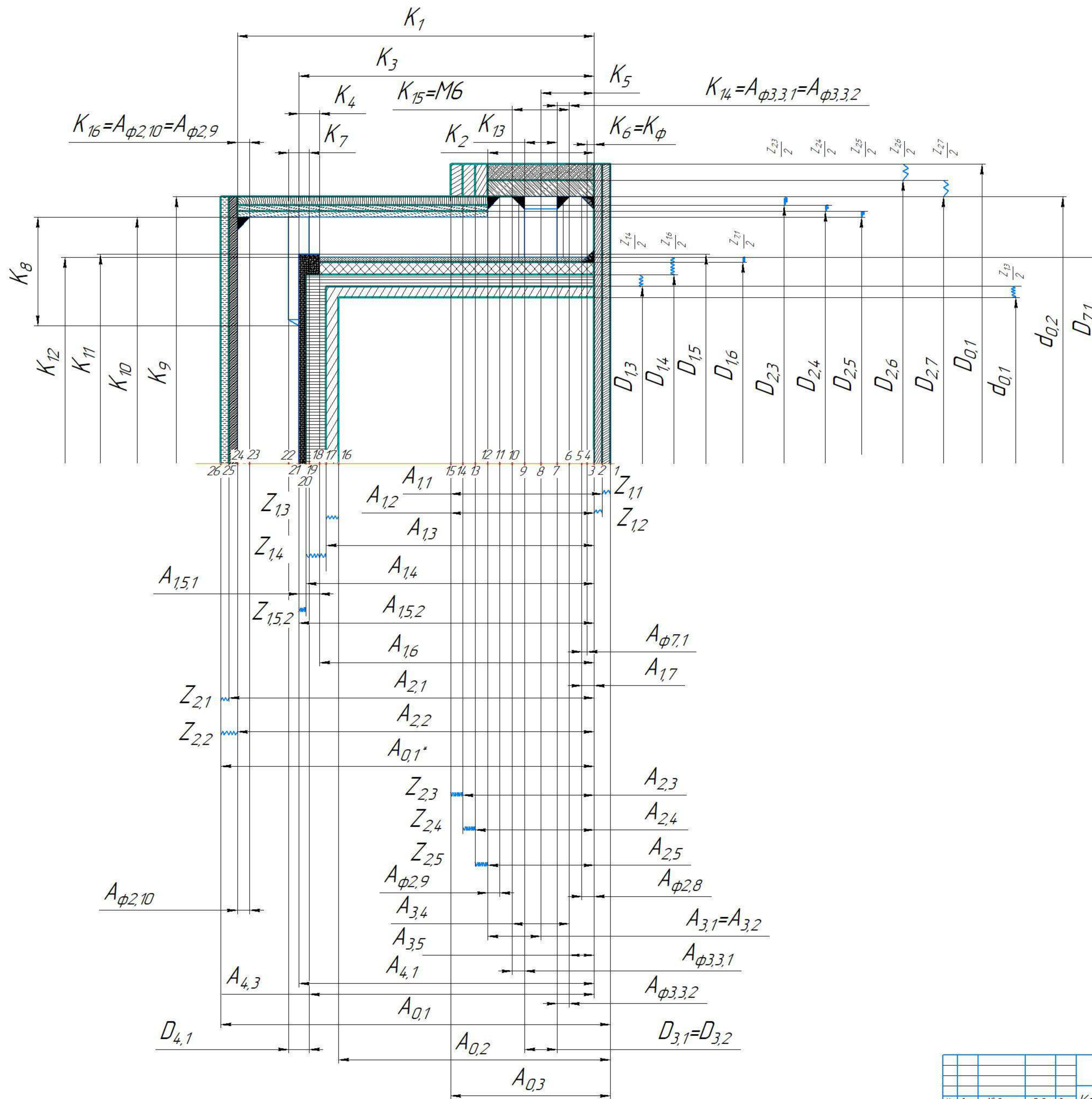
Подп. и дата

Инд. № подл.

Приложение Г

(обязательное)

Комплексная схема обработки



ИШНПТ-154А90017.001				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Комплексная схема обработки	
Разраб.	Чз	Мяв			Лист	Листов 1
Проб.	Козлов	Б.Н.			ИШНПТ	
Т.контр.					Группа 154А71	
И.контр.					Формат А1	
Утв.					Копировал	

КМПТАС-ЭД 1871 шефская версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Не для коммерческого использования

Справ. №

Лист

Листов

№

ИШНПТ

Группа

154А71

Формат

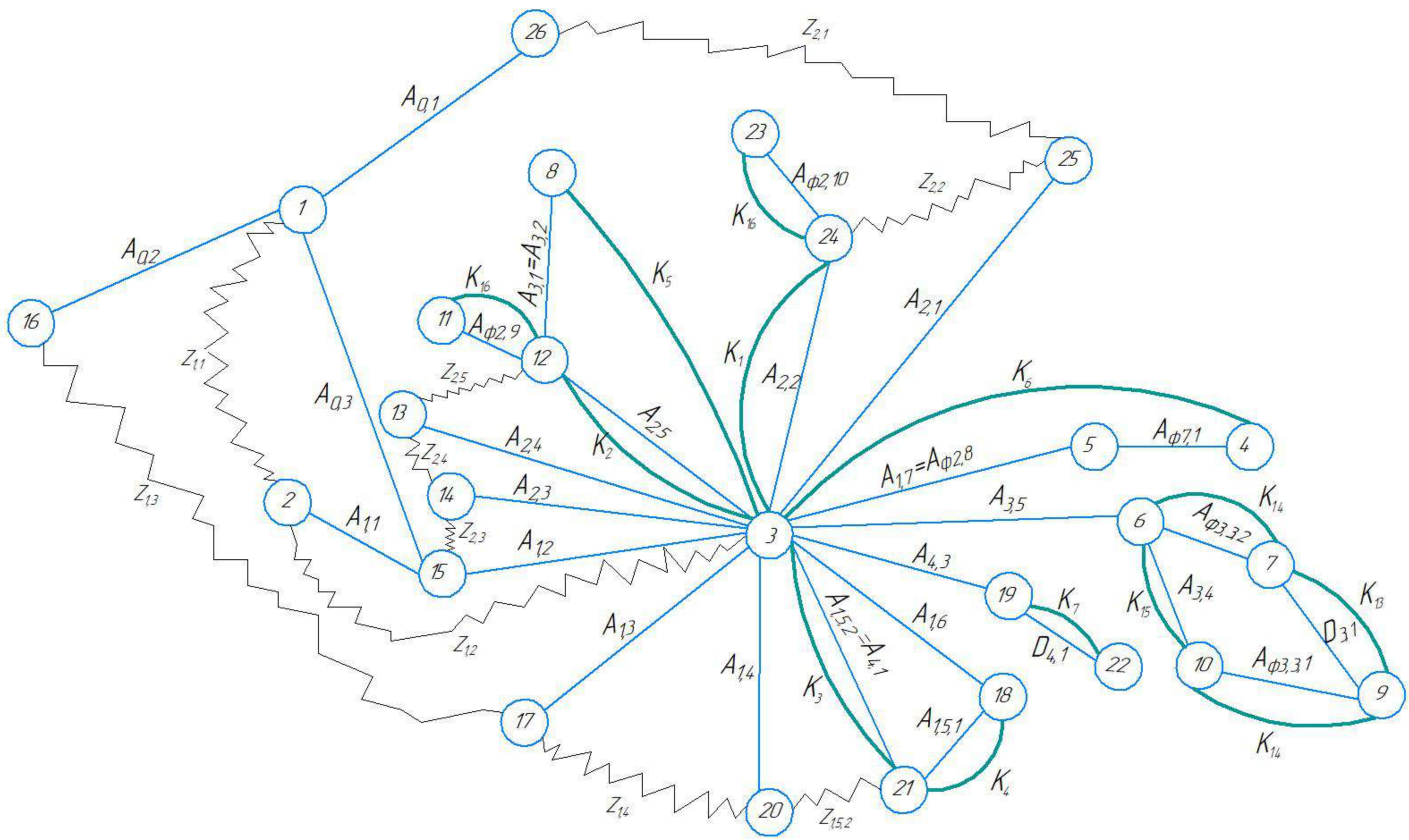
А1

Копировал

Приложение Д

(обязательное)

Граф технологических размеров



ИШНПТ-154А90017.002
 КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-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.
 Справ. №. Перв. примен.

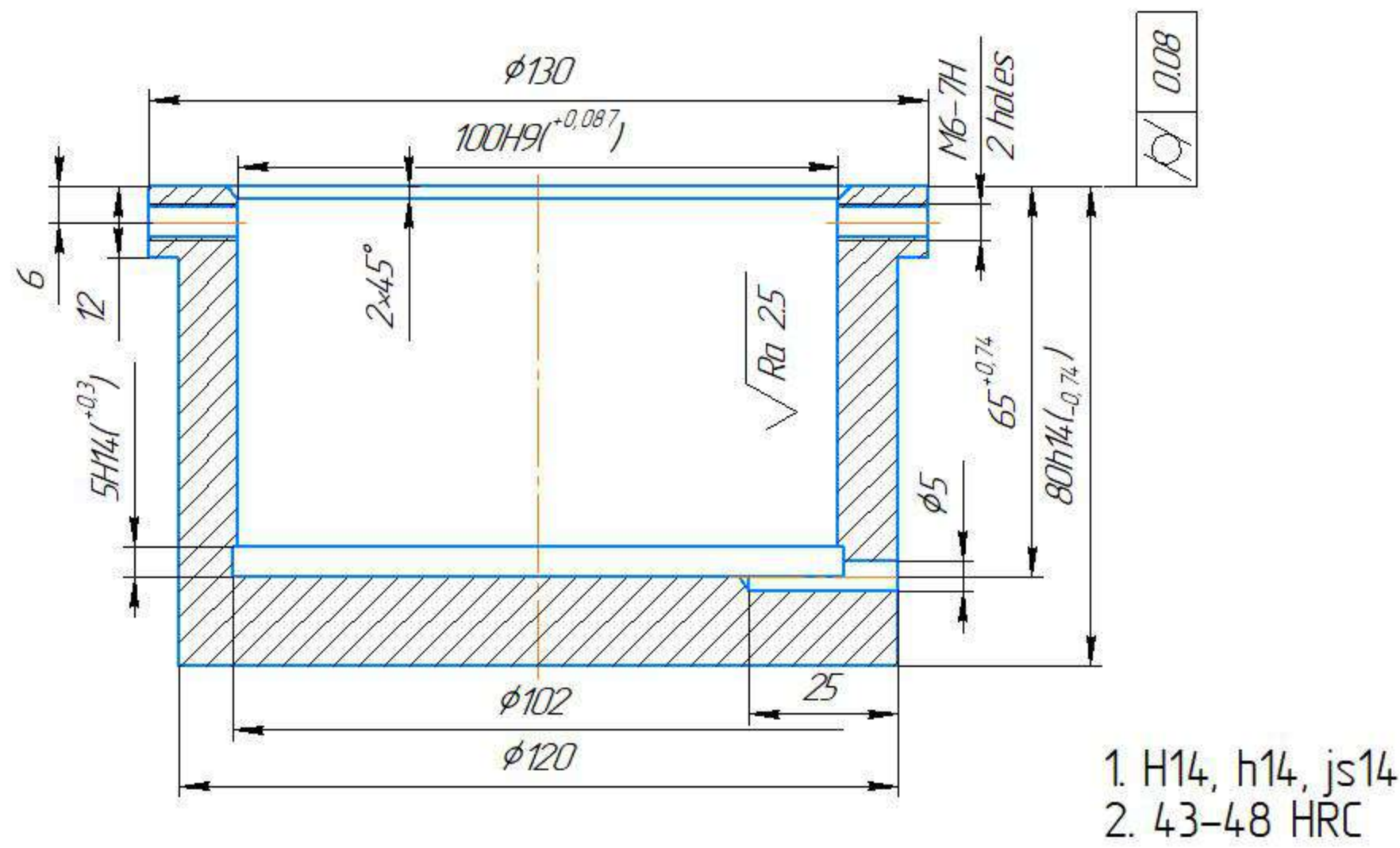
				ИШНПТ-154А90017.002				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Граф технологических размеров	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Чз	Мяо				Лист	Листов	1
Проб.	Козлов	В.Н.			ИШНПТ Группа 154А71			
Т.контр.					Копировал Формат А2			
Н.контр.								
Утв.								

Приложение Е

(обязательное)

Карта технологического процесса

Карта технологического процесса



Материал	Код вкл. величины	Масса детали, кг	Заготовка				
			Код и вид	Профиль Размеры	Кол.	Масса кг	
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		0,39	Штамповка		8000		

Номер операции	перехода	Наименование и содержание операций и переходов	Операционный ЭКСиЗ	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					Разряд работы				
						Режущий	Измерительный						mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	То	Тос	Тпз	Тшт	Тшт.к					
000	A	Операция 0 (заготовительная) 1. Штамповать заготовку штамповочные уклоны: на наружных поверхностей 2°±1°; на внутренних поверхностей 3°±1°.																								
005	A	Операция 1 (Токарная с ЧПУ) 0. Установить и снять заготовку. 1. Обточить торец (1) предварительно выдерживая размер 15,6 ^{-0,7} . 2. Обточить торец (2) окончательно выдерживая размер 14,6 ^{-0,43} .		Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-15									1	1	135,6	22	3	0,52	327	139,4	0,16					
	O	3. Расточить отверстие (2) выдерживая размер 62,5 ^{-0,12} . 4. Расточить отверстие (2) выдерживая размер 64 ^{+0,74} .											1	2	96,7	65	274	0,52	400	106,9	0,63					
	2	5. Расточить канавку (3) выдерживая размер 102 ^{+0,87} , 5 ^{+0,3} и 65 ^{+0,74} . 6. Расточить отверстие (2) выдерживая размер 99,4 ^{+0,087} и на длину 60 ^{-0,11} .												1	1	98,7	65	1175	0,34	802,3	24,36	0,24	0,9	10		
	3	7. Расточить фаску выдерживая размер 23 ^{+0,21} , 0,04 ^{-0,04} .												1	1	99,4	23	23	0,07	800,98	426	0,1			2,95	2,951

Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-15
Трехшпиндельный самоцентрирующий патрон ГОСТ 24351-80

Подрезной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава T15K6 ГОСТ 18880-73.
Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,01 ГОСТ 166-89
Индикаторный нутромер НИ 50-160
Резец расточной с режущей пластиной из твердого сплава T15K6 с углом в плане 90°.
Индикаторный нутромер НИ 50-160, штангенциркуль и шаблон для фасок.

ИШНПТ-154А90017.003			
Лист	1	Листов	3
ИШНПТ			
Группа 154А71			
Формат А1			

ИЗМ. Лист № док. Подп. Дата
Разраб. Чз Мяо
Проб. Козлов В.Н.
Технтр.
Утв.

Копировал

КОМПАС-3D и В1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Изм. № подл. Взам. инв. №. Инв. № докум. Подп. и дата.

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный ЭСКИЗ	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Режимы обработки					Нормы времени													
операции	перехода					Резущий	Измерительный	Наименование абразивной отрядки, сторона	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Поддача			То	Твс	Тпз	Тшт	Тшт.к						
													мм/об	мм/мин	Частота од/мин						Скорость резания м/мин					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
010	A	Операция 2 (Токарная с ЧПУ) 0. Установить и снять заготовку на разжимную оправку. 1. Обточить торец (1) выдерживая размер 82 _{-0,14} . 2. Обточить торец (1) выдерживая размер 80 _{-0,74} .		Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-15	Разжимная самоцентрирующая оправка с пневмоприводом.	Подрезной отогнутый с режущей пластиной из твердого сплава T15K6 ГОСТ 18880-73.	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89	1	2	125	625	4,35	0,52	368	144,6	0,71										
	1							1	125	625	2,74	0,34	690	272	0,28											
	A							3. Обточить поверхность (2) выдерживая размер 13,4 _{-0,43} и 122,4 ₋₁ .		1	2	122,4	68	2,5	0,52	279	115	0,95								
	0							4. Обточить поверхность (2) выдерживая размер 12,7 _{-0,43} и 120,8 _{-0,4} .		1	1	120,8	68	1	0,52	358	254,4	0,37								
2	5. Обточить поверхность (2) выдерживая размер 12 _{-0,43} и 120 _{-0,087} .	1	1	120	68	0,45	0,11	1125		426,6	0,56															
015	A	Операция 3 (Сверлильная) Установ А 0. Установить и закрепить заготовку на сверлильном приспособлении (призме). Установить кондукторную плиту. 1. Сверлить отверстие (1) на проход, выдерживая размеры $\phi 6^{+0,012}$ и $6_{-0,15}$.		Вертикально-сверлильный станок Модели 2Н125	Кондукторная плита	Сверло $\phi 6$ мм, Р6М5; Сверло $\phi 10$ мм, Р6М5.	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89 калибр-пробка $\phi 6$ Н12 ПР и НЕ ГОСТ 14.810-69.	1	1	6	15	3	0,2	1500	28	0,05										
	0							Установ Б 0. Раскрепить заготовку и повернуть на 180°, закрепить заготовку.	1	1	6	15	3	0,2	1500	28	0,05									
	0							2. Сверлить отверстие (2) на проход, выдерживая размеры $\phi 6^{+0,012}$ и $6_{-0,15}$.	1	1	6	15	3	0,2	1500	28	0,05									
	2							Установ В 0. Вести кондукторную плиту. 3. Зенковать фаску, выдерживая размеры $2,3_{-0,04}^{+0,21} \times 45^\circ$ в отверстиях (1) и (2) поочередно.	1	1	120	23	2,3	0,07	800,98	426	0,1									
020	A	Операция 4 (Сверлильная) 0. Установить и закрепить заготовку на сверлильном приспособлении (призме). Установить кондукторную плиту. 1. Сверлить отверстие (1) выдерживая размеры $\phi 5^{+0,3}$, $65^{+0,74}$ и $25 \pm 0,26$.		Вертикально-сверлильный станок Модели 2Н125	Кондукторная плита	Сверло $\phi 5$ мм, Р6М5.	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89 калибр-пробка $\phi 6$ Н12 ПР и НЕ ГОСТ 14.810-69.	1	1	5	25	25	0,15	2230	35	0,09										
	0							1. Зенковать фаску, выдерживая размеры $2,3_{-0,04}^{+0,21} \times 45^\circ$ в отверстиях (1) и (2) поочередно.	1	1	120	23	2,3	0,07	800,98	426	0,1									

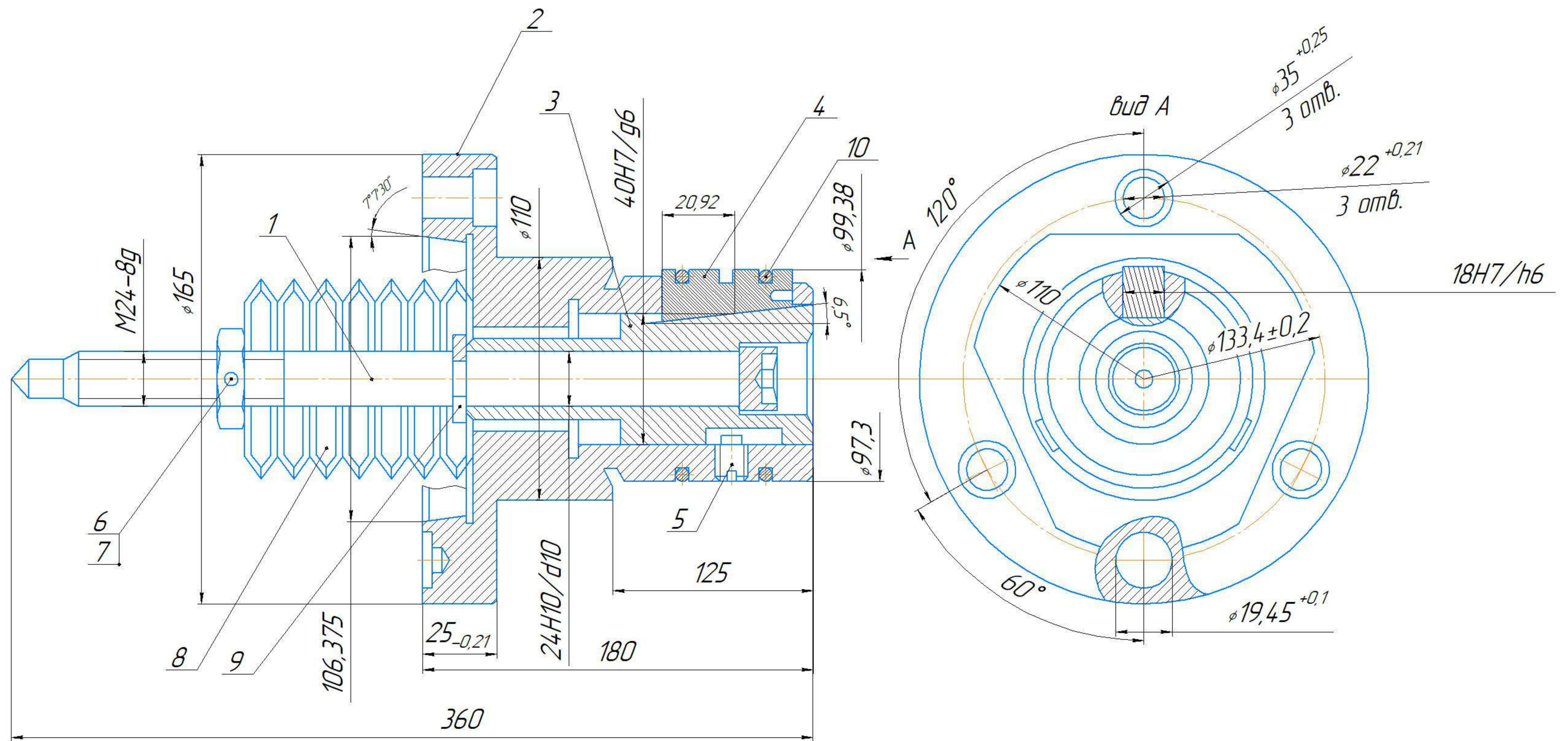
ИШНПТ-154А90017.003
 Лист 2
 Изм./Лист № докум. Подп. Дата
 Копировал Формат А1

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный ЭСКИЗ	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Режимы обработки					Нормы времени								
операции	перехода					7	8	9	10	11	12	13	Подача		16	17	18	19	20	21	22
													14	15							
025	A	Операция 5 (Сверлильная) 0. Установить и закрепить заготовку на призме. 1. Нарезать резьбовое отверстие (1) на проход.		Вертикально-сверлильный станок Модели 1Н125	Призма	Метчик М6-7Н Р6М5	Резьбовая пробка М6-7Н ПР и НЕ.	1	1	6	15	0,5	1	250	23	0,01	0,48	5	1,38	1,381	
	0							1	1	6	15	0,5	1	250	23	0,01					
030	A	Операция 6 (Термическая) 0. Закалить и отпустить до HRC 43...48		Печь камерного типа ПКМ 4.8.4										1,33	0,06	4	1,52	1,521			
035	A	Операция 7 (Внутришлифовальная) 0. Установить и закрепить заготовку в цанговый патрон. 1. Шлифовать отверстие $\phi 100^{+0,087}$. 1. Размер для справки $64^{+0,74}$. 0. Раскрепить и снять заготовку.		Внутришлифовальный станок JAGURA. Серия JAG-3JAW (AL 1/-AAL 1)	Цанговый патрон ГОСТ 24351-80 Цанга диаметр 120	Круг прямого профиля 25A 50 СМ1-С1 7 К5	Индикаторный нутромер 50-160 и калибр-пробка Ф100Н7 ПР и НЕ ГОСТ 14810-69	1	17	100	64	0,02	18	3240	35 м/с	0,65	11	7	1,91	1,911	

Приложение Ж

(обязательное)

Чертёж разжимной оправки



ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Перед установкой кулачков смазать их наклонную и боковые поверхности консистентной смазкой Литал 24.
- Перед установкой на станке зажать корпус оправки в тисках, надеть на кулачки заготовку или эталонную втулку с отверстием диаметром 99,4H9 мм и закручивать гайку оправки, сжимая тарельчатые пружины, до появления надежного торможения при приложении крутящего момента более 150нм. После этого гайку зашплинтовать.
- Расточить кулачки по месту, радиальное биение кулачки или эталонной втулки, закрепленной на кулачках оправки, должно быть не более 0,003 мм.
- После расточки кулачков оправки усилие снятия с кулачков оправки эталонной втулки не более 1 кгс.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- n до 2000 об / мин
- диаметр отверстия заготовки 99,4 мм
- Усилие зажима W 26-30 [кН]
- Осевое усилие пружин на тяге при настройке 38,76-40,76 кН.
- Максимально допустимый крутящий момент 142-150 Н/М.

ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СБ				Лист	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разжимная оправка	11,38	1:1
Разраб.	Чз	Мяв					
Проб.	Козлов	В.Н.					
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					ИШНПТ		
Утв.					Группа 154А71		

Приложение 3

(обязательное)

Спецификации

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

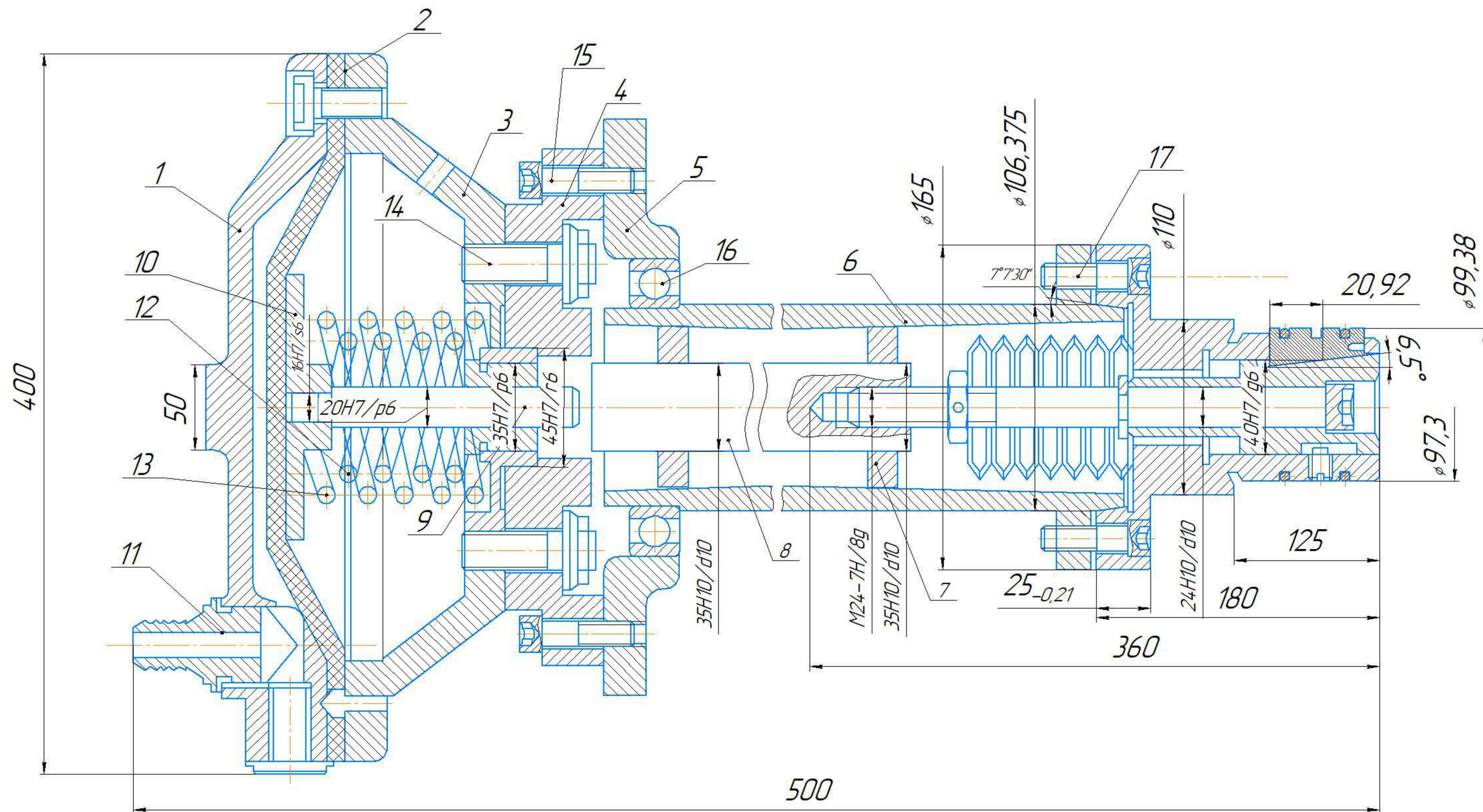
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СБ	Разжимная оправка		
				<u>Детали</u>		
		1	ИШНПТ-154А90017.00.00.01	Тяга плунжера	1	
		2	ИШНПТ-154А90017.00.00.02	Корпус оправки	1	
		3	ИШНПТ-154А90017.00.00.03	Плунжер	1	
		4	ИШНПТ-154А90017.00.00.04	Кулочок	3	
		5	ИШНПТ-154А90017.00.00.05	Винт	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		6		Гайка М24-6Н5 ГОСТ 5915-70	1	
		7		Шплинт 4x28 ГОСТ 397-79	1	
		8		Пружина тарельчатая 1-1-2-60x24x4x15 ГОСТ 3057-90	14	
		9		Стопорное кольцо А28 ГОСТ 13942-86	1	
		10		Кольцо пружинное А62 ГОСТ 13942-86	2	

ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СП					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Чз Мяо				
Проб.	Козлов В.Н.				
Н.контр.					
Утв.					
Оправка разжимная			Лит.	Лист	Листов
					1
			ИШНПТ Группа 154А71		

Приложение И

(обязательное)

Сборочный эскиз разжимной оправки с пневмокамерой



ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Перед установкой кулачков смазать их наклонную и боковые поверхности консистентной смазкой Литал 24.
2. Перед установкой на станке зажать корпус оправки в тисках, надеть на кулачки заготовку или эталонную втулку с отверстием диаметром 99,4H9 мм и закручивать гайку оправки, сжимая тарельчатые пружины, до появления надежного торможения при приложении крутящего момента более 150нм. После этого гайку зашплинтовать.
3. После установки и закрепления оправки [с закрепленной 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 кулачки или эталонной втулки, закрепленной на кулачках оправки, должно быть не более 0,003 мм.
5. После расточки кулачков оправки усилие снятия с кулачков оправки эталонной втулки не более 1 кгс.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. диаметр камеры 460 мм.
2. Давление воздуха составляет 0,4 мПа.
3. Усилие на штоке = 47,9 кН.
4. n до 2000 об / мин
5. диаметр отверстия заготовки 99,4 мм
6. Усилие зажима W 26-30 [кН]
7. Осевое усилие пружин на тяге при настройке 38,76-40,76 кН.
8. Максимально допустимый крутящий момент 142-150 Н/М.

ИШНПТ-154А90017.004				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разжимная оправка с пневмокамерной	Лист 1 Листов 1
Разраб.	Чз	Мяо				
Проб.	Козлов	В.Н.				
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.					ИШНПТ Группа 154А71	Формат А1

Приложение Й

(обязательное)

Спецификации

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			ИШНПТ-154А90017.004	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
A1	01		ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СБ	Оправка разжимная	1	
<u>Детали</u>						
		1	ИШНПТ-154А90017.001	Крышка камеры	1	
		2	ИШНПТ-154А90017.002	Диафрагма	1	
		3	ИШНПТ-154А90017.003	Корпус камеры правый	1	
		4	ИШНПТ-154А90017.004	Фланцевый кронштейн	1	
		5	ИШНПТ-154А90017.005	Корпус бабки	1	
		6	ИШНПТ-154А90017.006	Шпиндель	1	
		7	ИШНПТ-154А90017.007	Гривка	2	
		8	ИШНПТ-154А90017.008	Удлинитель	1	
		9	ИШНПТ-154А90017.009	Шток камеры	1	
		10	ИШНПТ-154А90017.010	Стальной диск	1	
		11	ИШНПТ-154А90017.011	Штуцер	1	
				Стандартные изделия		
		12		Пружина 1086-1167 ГОСТ 18793-80	1	
		13		Пружина 1086-1111 ГОСТ 18793-80	1	
ИШНПТ-154А90017.004.СП						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Чз Мяо				Лит.	Лист
Проб.	Козлов В.Н.					1
Н.контр.						2
Утв.					ИШНПТ Группа 154А71	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		14		Шпилька М20-6g×55,58 ГОСТ 22042-76	6	
		15		Болт М10-8g×35,58 ГОСТ 7798-70	9	
		16		Подшипник 209	1	
		17		Винт М20×2,5×60.80.8.8 ГОСТ 11738-72	3	

Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИШНПТ-154А90017.004.СП	Лист 2
Инд. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		