

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления наконечника трёхлопастного

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A81	Чжэн Духао		06.06.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		06.06.2022

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Гасанов М.А.	д-р экон.наук		06.06.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	д.т.н., профессор.		06.06.2022

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

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

Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-10	Умеет учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
ПК(У)-11	Умеет использовать стандартные средства автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
ПК(У)-12	Способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП 15.03.01

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>

Студенту:

Группа	ФИО
154А81	Чжэн Духао

Тема работы:

Разработка технологии изготовления наконечника трёхлопастного	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2022 №34-77/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Чертёж детали «Наконечник трёхлопастной», годовая программа выпуска 3000 штук
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	Чертеж детали формата А3, карты технологического процесса изготовления детали формата А1, плакат размерного анализа формата А2, чертёж приспособления формата А1 или А2
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологический и конструкторский	Козлов Виктор Николаевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		13.12.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154А81	Чжэн Духао		13.12.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 163 страницы пояснительной записки и 20 страниц приложения, 57 таблиц, 40 рисунка, 12 источников, 5 листов графического материала формата А1, 3 листа графического материала формата А2, 1 лист графического материала формата А3 и 3 листа спецификации формата А4.

Ключевые слова: наконечник, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, цанговый патрон.

Key words: nozzle, master schedule of machining, dimensional analysis, cutting mode, collet chuck.

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

Объектом исследования является технология изготовления детали «Наконечник трёхлопастной».

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

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, 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 «Цанговый патрон» с пневмоприводом.

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

REPORT

The Final Qualifying Work (Diploma Paper) contains 163 pages of an explanatory note and 20 pages of an appendix, 57 tables, 40 figures, 12 sources, 5 sheets of A1 graphic material, 3 sheets of A2 graphic material, 1 sheet of A3 graphic material and 3 sheets of specification of A4.

Keywords: tip, processing process, dimensional analysis, cutting modes, collet chuck.
Key words: наконечник, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, цанговый патрон.

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

The object of the study is the manufacturing technology of the part "Three-bladed Tip".

Goals and objectives of the study: creation of an effective route of the technological process of manufacturing the part "Three-bladed Tip".

The paper outlines the rationale for the implementation of the Diploma Paper, analyzes the drawing of the part and its manufacturability, determines the type of production, describes the principle of choosing a workpiece in accordance with its material and serial production, develops a route for machining the part with the presentation of operational sketches and description of transitions for each operation, calculated processing allowances and technological dimensions, dimensional analysis of the process with by specifying 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, the execution time of each operation is calculated.

In the design part of the work, the calculation of the force for fixing the workpiece was carried out and a mechanized device "Collet chuck" with pneumatic drive was designed.

The work also performed an economic analysis of the assessment of the business attractiveness of the presented development, considered the issues of workplace organization at the mechanical site.

Оглавление

Введение.....	12
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	14
1.1. Анализ чертежа детали и её технологичности.....	16
1.2. Расчёт серийности и выбор заготовки	17
1.3. Разработка содержания операций	18
1.4. Расчёт припусков на обработку	33
1.5. Расчет технологических размеров.....	43
1.6. Размерный анализ технологического процесса	49
1.6.1. Определение допусков технологических размеров.....	49
1.6.2. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров ..	50
1.6.3. Размерные цепи для конструкторских размеров, которые не выдерживаются непосредственно	52
1.7. Расчет режимов резания	63
1.7.1. Токарно-фрезерная обработка	64
1.7.2. Токарная обработка на второй операции	78
1.7.3. Шлифовальная обработка	78
1.7.4. Фрезерная обработка на четвёртой операции	80
1.7.5. Токарная обработка на пятой операции	82
1.8. Нормирование технологических операций	85
1.8.1. Расчет основного времени.....	85
1.8.2. Расчет вспомогательного времени	89
1.8.3. Расчет оперативного времени	90
1.8.4. Расчет времени на обслуживание рабочего места.....	90
1.8.5. Расчет времени на отдых.....	91

1.8.6.	Расчет подготовительно-заключительного времени.....	91
1.8.7.	Расчет штучного времени	92
1.8.8.	Расчёт штучно-калькуляционного времени	92
2.	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	94
2.1.	Устройство и принцип работы проектируемого приспособления....	94
2.2.	Расчёт моментов сил резания и трения.....	100
2.3.	Расчет основных параметров зажимного механизма	103
3.	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	105
	Введение.....	105
3.1.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	105
3.1.1.	Анализ конкурентных технических решений.....	105
3.1.2.	SWOT-анализ.....	107
3.2.	Планирование научно-исследовательских работ	110
3.2.1.	Структура работ в рамках научного исследования	110
3.2.2.	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	111
3.3.	Бюджет научно-технического исследования	114
3.4.	Расчет материальных затрат научно-технического исследования .	115
3.5.	Расчет амортизации специального оборудования.....	115
3.6.	Основная заработная плата исполнителей темы	116
3.7.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	118
3.8.	Накладные расходы	118
3.9.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной,	

социальной и экономической эффективности исследования.....	119
3.10. Выводы по разделу	122
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	123
Введение.....	125
4.1. Производственная безопасность	125
4.2. Анализ электробезопасности	135
4.3. Анализ пожарной и взрывной безопасности.....	136
4.4. Экологическая безопасность.....	138
4.5. Защита в ЧС	139
4.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	140
4.7. Выводы по разделу	141
Заключение по ВКР.....	142
Список литературы	143
Приложение А (обязательное).....	144
Чертёж детали.	145
Приложение Б (обязательное).	146
Граф технологических размеров	147
Приложение В (обязательное)	148
Карта технологического процесса.	149
Приложение Г (обязательное).	153
Комплексная схема обработки.	154
Приложение Д (обязательное)	155
Сборочный чертёж цангового патрона с пневмоприводом.	156
Приложение Е (обязательное).	157
Чертёж цангового патрона	158

Приложение Ж (обязательное)	159
Спецификация чертежа цангового патрона.	160
Приложение З (обязательное)	161
Спецификация чертежа цангового патрона с пневмоприводом	162

Введение

Деталь «Наконечник трёхлопастной» служит для перемешивания ингредиентов при изготовлении лекарств в фармацевтической промышленности. Он не подвержен большим нагрузкам, частота вращения также небольшая. В корпусе миксера он устанавливается по двум цилиндрическим поверхностям, одна из которых узкая для выдерживания соосности с цилиндрической поверхностью корпуса, а вторая, на противоположной стороне, имеет неширокую шейку, в которой устанавливается разрезанный вдоль антифрикционный вкладыш, в сборе с которым деталь базируется в цилиндрическом отверстии корпуса миксера. Торцевой поверхностью в левой части наконечник прижимается к торцу приводного вала при его вкручивании в резьбовое отверстие на торце вала.

Актуальность темы дипломного проекта определяется необходимостью разработки технологии изготовления детали «Наконечник трёхлопастной» для последующего изготовления этой детали в серийном производстве. 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 анализа 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, ресурс эффективности 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 пятой операции, рассчитать требуемое усилие закрепления заготовки, спроектировать приспособление.

Основой для проектирования технологического процесса является чертёж или эскиз детали (рис. 1.1), её вес $Q_d=0,285$ кг и годовая программа выпуска – 3000 шт.

1.1. Анализ чертежа детали и её технологичности

Деталь – наконечник – изготовлен из стали 12Х18Н10Т. На эскизе детали имеются все необходимые размеры и виды, указан их точность и требуемая шероховатость, которая соответствует указанной точности каждой поверхности. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. В основном обрабатываются на токарно-фрезерном, сверлильном, фрезерном и шлифовальном станке.

На поверхности назначены относительно грубые допуски, что позволяет использовать обычное оборудование и простые измерительные инструменты (штангенциркуль). Наличие точных наружных поверхностей $\varnothing 9,5h7$ и $\varnothing 8h7$, а также их малой шероховатости $R_a \leq 2,5$ мкм ($\sqrt{R_a 2,5}$) подразумевает применение чистовых операций, обеспечивающих получение высокой точности размеров. Предпочтительный вид обработки – шлифование, но при использовании станка с ЧПУ вышеуказанную точность можно получить чистовым точением.

Радиальное биение поверхности $\varnothing 8h7$ относительно базовой поверхности $\varnothing 9,5h7$ не должно превышать 0,05 мм поэтому необходимо использовать цанговый патрон и грибковый центр для закрепления.

Особенностью детали является её малая жёсткость – при длине 161 мм диаметр в средней части всего 7 мм, поэтому в **первой** операции необходимо выполнить обработку практически всех поверхностей до 9 качества включительно, чтобы в следующей второй операции оставалось только обточить левый торец у отрезанной заготовки с уже оформленной конфигурацией. У детали в средней части имеются три лопасти, поэтому желательно первую операцию выполнять на обрабатывающем

токарно-фрезерном центре с ЧПУ.

Обработку сквозного отверстия малого диаметра 5Н14 следует выполнять в конце техпроцесса с использованием ружейного сверла и после нарезания наружной резьбы М8×0,5-8g, чтобы предотвратить скручивание и поломку заготовки при нарезании резьбы.

В целом деталь не технологична и требует использования точных станков с ЧПУ из-за обработки криволинейных поверхностей и лопастей, а также кругло-шлифовальной операции на заключительном этапе обработки.

1.2. Расчёт серийности и выбор заготовки

Программа выпуска деталей составляет 3000 штук.

Исходя из данных предприятий при обработке деталей типа “наконечник” удельная трудоемкость $q_{\phi} = 42$ мин/кгс . Рассчитываем трудоёмкость обработки нашего наконечника весом 0,285 кг:

$$T_{\text{шт-к}} = q_{\phi} \cdot Q_{\text{д}} = 42 \times 0,285 = 11,97 \text{ мин}$$

Исходя из опыта предприятия предварительно определяем, что технологический процессе (ТП) наконечника содержит 5 механообрабатывающих операций, поэтому средняя продолжительность операций

$$t_{\text{шт-к ср}} = \frac{11,97}{5} = 2,394 \text{ мин}$$

Такт выпуска деталей определяется по формуле $t_{\text{в}} = \frac{60\Phi_{\text{д}}}{N}$, где $\Phi_{\text{д}}$ —фонд времени в планируемый период, ч; N-годовой объем выпуска деталей. При двусменном режиме работы при использовании станков весом от 1 до 10 т $\Phi_{\text{д}}=4015$ ч. Тогда:

$$t_B = \frac{60 \cdot 4015}{3000} = 80,3 \text{ мин}$$

Рассчитываем коэффициент закрепления операций при обработке нашего наконечника

$$K_{3.0} = \frac{t_B}{t_{\text{ШТ-К ср}}} = \frac{80,3}{2,394} = 33,5$$

Так как $20 \leq K_{3.0} = 33,5 \leq 40$, то тип производства мелкосерийный. Для этой детали в качестве исходной заготовки выбирается пруток, потому что наибольший диаметр детали маленький и перепад диаметров тоже маленький. Диаметр прутка будет определён после составления технологического процесса, расчёта минимальных припусков на диаметральные размеры и технологических размеров.

Материал детали – нержавеющая сталь 12Х18Н10Т.

1.3. Разработка содержания операций

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

Особенностью детали является её малая жёсткость – при длине 167 мм диаметр в средней части всего 7 мм, поэтому обработку следует вести при закреплении прутка в 3-х кулачковом самоцентрирующем патроне с поджатием задним центром, и обрабатывать **поэтапно справа налево**, чтобы жёсткость **левой** части заготовки (прутка), закреплённой в патроне, оставалась более высокой (диаметр прутка 16 мм) до последнего перехода.

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
000	1	<p>Заготовительная</p> <p>Пруток</p> <p>Использовал пруток, выдерживая размеры $d_{0,1(j/s14)}$ и $A_{0,1(j/s14)}$</p>	<p>$\sqrt{Ra\ 5,0}$</p> <p>$d_{0,1(j/s14)}$</p> <p>$A_{0,1(j/s14)}$</p>

Таблица 1.3.1 – Маршрут обработки

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
005		<p><i>Токарно-фрезерная с ЧПУ</i></p> <p><i>Установ А</i></p> <p><i>Подвести резцедержатель с закрепленным на нем упором к шпинделю на расстоянии 10js7 от торца кулачков 3-х кулачкового самоцентрирующего патрона, выдвинуть заготовку вправо до плотного контакта с упором, закрепить в резцедержателе, закрепить заготовку. Отвести вправо упор от торца заготовки.</i></p>	
	1	<p><i>Обточить торец 1 предварительно, выдерживая размер $A_{1,1}(h11)$</i></p>	
	2	<p><i>Обточить торец 1 окончательно, выдерживая размер $A_{1,2}(js9)$</i></p>	
3	<p><i>Просверлить центровочное отверстие $D_{1,3}$, выдерживая размер $A_{1,3}$</i></p>		

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
8		Обточить поверхность 5 до диаметра $d_{1,8}(h_{12})$ предварительно, выдерживая размер $A_{1,8}(js_{14})$	
9		Обточить поверхность 5 до диаметра $d_{1,9}(h_9)$ получисто, выдерживая размер $A_{1,9}(js_{12})$	
10		Обточить поверхность 6 до диаметра $d_{1,10}(h_{12})$, выдерживая размеры $A_{1,10}(js_{14})$ и $A_{1,9}$	
11		Обточить поверхность 7, выдерживая размеры $A_{1,11,1}(js_{14})$, $A_{1,11,2}(js_{14})$, $A_{1,10}$ и $A_{1,5}$	

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
12		Обточить поверхность 8 до диаметра $d_{1,12}(h14)$ предварительно, выдерживая размер $A_{1,12}(js14)$	
13		Обточить поверхность 8 до диаметра $d_{1,13}(h12)$ получисто, выдерживая размер $A_{1,13}(js12)$	
14		Обточить поверхность 9 до диаметров $d_{1,14,1}$ и $d_{1,14,2}(h12)$, выдерживая размеры $A_{1,14,1}(js14)$, $A_{1,14,2}(js14)$, и $A_{1,13}$	
15		Обточить фаску 10, выдерживая размер $A_{1,15}$	
16		Обточить фаску 11, выдерживая размер $A_{1,16}$	

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
17		Фрезеровать 3 лопасти поочередно на поверхности 12 до диаметра $d_{1,17}(h12)$, выдерживая размер $A_{1,17}(h14)$	<p>Operational drawing showing a shaft with three blades. The drawing includes a side view and a cross-section A-A. The side view shows features 1, 2, 3, 4, and 5. The cross-section A-A shows three blades with a 120-degree angle between them. Dimensions $A_{1,17}(h14)$ and $d_{1,17}(h12)$ are indicated. A surface texture symbol is shown with $\sqrt{Ra\ 5,0}$.</p>

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
18		Обточить поверхность 13 до диаметра $d_{1,18}(h14)$, выдерживая размер $A_{1,18}(js14)$	
19		Обточить поверхность 14 до диаметра $d_{1,19}(h12)$ предварительно, выдерживая размеры $A_{1,19}(js14)$ и $A_{1,13}$	
20		Обточить поверхность 14 до диаметра $d_{1,20}(h9)$ получиста, выдерживая размеры $A_{1,20}(js12)$ и $A_{1,13}$	

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
21		Обточить поверхность 15 до диаметра $d_{121}(h14)$, выдерживая размеры $A_{121}(js14)$ и $A_{1,18}$	<p>Operational sketch of a shaft with various diameters and features. The sketch shows a shaft with a diameter of $d_{121}(h14)$ and a surface finish of $\sqrt{Ra\ 5,0}$. Features 1, 2, 3, 4, 15, and 16 are labeled. Dimensions $A_{121}(js14)$ and $A_{1,22}(js14)$ are indicated. A chamfered end is shown with a chamfer angle of 5 degrees.</p>
22		Обточить поверхность 16 предварительно, выдерживая размер $A_{1,22}(js14)$	

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
	23	Отрезать заготовку, выдерживая размер $A_{123}(js14)$	<p>Operational sketch showing a shaft with various diameters and features. A dimension line at the bottom indicates a length of $A_{123}(js14)$. A surface texture symbol at the top right indicates a roughness of $\sqrt{Ra\ 5,0}$. Callouts 1, 2, 3, 4, and 5 point to specific features: 1 is a chamfered end, 2 is a chamfered end, 3 is a chamfered end, 4 is a chamfered end, and 5 is a chamfered end.</p>

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
010	1	<p><i>Токарная</i></p> <p><i>Установ А</i></p> <p><i>Установить и закрепить пруток в кулачках 3-х кулачкового патрона</i></p> <p><i>Обточить торец 17 окончательно, выдерживая размер $A_{2,1}(js14)$</i></p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 5,0}$</p> <p style="text-align: center;">$A_{2,1}(js14)$</p>

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
015		<p><i>Шлифовальная</i></p> <p><i>Установ А</i></p> <p><i>Установить и закрепить деталь в цапговом патроне и грибковом центре</i></p>	
	1	<p><i>Шлифовать поверхность 18 до диаметра $d_{3,1}(h7)$, выдерживая размер $A_{3,1}$</i></p>	
	2	<p><i>Шлифовать поверхность 19 до диаметра $d_{3,2}(h7)$, выдерживая размер $A_{3,2}$</i></p>	

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
020	1	<p><i>Горизонтально-фрезерная</i></p> <p><i>Установ А</i></p> <p><i>Установить и закрепить заготовку в тисках с призматическими одновременно сходящимися губками</i></p> <p><i>Фрезеровать торцовый паз, выдерживая размеры А4,1,1 и А4,1,2(н14)</i></p>	

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
025	1	<p>Токарная</p> <p>Установ А</p> <p>Установить и закрепить пруток в цанговый патрон</p> <p>Нарезать резьбу 20, выдерживая размеры $A_{5,1}$ и $d_{5,1}$</p>	<p>$\sqrt{Ra\ 5,0}$</p>

Номер		Наименование и содержание операций и перехода	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2		
	2	<p>Сверлить сквозное отверстие 21 ружейным сверлом через направляющую втулку, выдерживая размер $D_{5,2}(H14)$</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 5,0}$</p>

1.4. Расчёт 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):

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.4.1)$$

где: $2Z_{min.i}$ – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм; $R_{z.i-1}$ – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм; $T_{def.i-1}$ – 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 :

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (1.4.2)$$

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

$$Z_{min.i} = R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (1.4.3)$$

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

Рассчитанные минимальные припуски и его составляющие записываем в табл. 1.4.1. После этого рассчитываем технологические размеры на обработку

каждой поверхности, начиная от её конструкторского размера, результаты записываем в табл. 1.4.1. Округление величины технологического размера до десятых долей миллиметра выполняем в большую сторону для охватываемых размеров (валов), в меньшую – для охватывающих (отверстий).

Расчет минимальных припусков при обработке наконечника по длине

161h14_(-1,0)

Общее значение R_z и $T_{\text{деф}}$, характеризующее качество поверхности проката горячекатаного, определяется из табл. 4.3 [1, стр. 63]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяются из таблицы. 4.4 – 4.6 [1, с. 64].

Мы определяем величину коробления обрабатываемой поверхности $\rho_{\text{кор}}$ по формуле:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k l \quad (1.4.4)$$

Где: $\rho_{\text{кор}}$ – величина коробления обрабатываемой поверхности; Δ_k – удельная кривизна обрабатываемой поверхности.

Значение Δ_k определяется из табл. 2.27 [2, стр. 33] и значение l определяется из технологического процесса.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k l = 200 \text{ мкм}$$

Для определения промежуточных значений припусков на механическую обработку можно с достаточной для практических целей точностью воспользоваться приведенной ниже эмпирической формулой:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \rho \quad (1.4.5)$$

Где: $\rho_{\text{ост}}$ – остаточная пространственная погрешность; k_y – это коэффициент уменьшения исходной погрешности; ρ – пространственная погрешность, сформированная в ходе предшествующей обработки. Значения

коэффициента k_y приведены в таб. 2.30 [2, стр. 37], потом получил:

Остаточное пространственное отклонение после чернового точения:

$$\rho_1 = 80 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после чернового (окончательного) точения:

$$\rho_2 = 10 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после чернового точения:

$$\rho_3 = 200 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после чернового (окончательного) точения:

$$\rho_4 = 80 \text{ мкм}$$

Так как заготовка закрепляется в самоцентрирующемся патроне, определим по формуле погрешность установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.4.6)$$

Где: ε_6 – погрешность базирования; ε_3 – погрешность закрепления.

Эта формула используется для однопозиционной обработки.

Погрешность базирования близка к нулю, т. к. при установке заготовки в приспособлении технологическая база совпадает с проектной базой.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = 250 \text{ мкм}$$

При обработке заготовок на многопозиционных станках для расчёта припуска под второй переход погрешность определяют по формуле:

$$\varepsilon_{yi} = k_y \times \varepsilon_{yi-1} + \varepsilon_{инд} \quad (1.4.7)$$

Где: k_y – коэффициент уточнения (можно принимать $k_y = 0,06$); ε_{yi-1} – погрешность установки на первом переходе; $\varepsilon_{инд}$ – погрешность индексации поворотного устройства (поворотного стола, шпиндельного барабана,

револьверной головки и т. д.), при расчётах можно принимать $\varepsilon_{\text{инд}} = 0,05$ мм.

Для детали «Наконечник трёхлопастной» минимальные припуски определяются уравнением для обработки по длине $161h14(-_{-1,0})$.

1. Для предварительной обдирки торца А (с допуском 14 квалитета).

$$Z_{\text{min}.i} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 80 + 100 + 200 + 100 = 480 \text{ мкм}$$

2. Для окончательной обточка торца А (с допуском 11 квалитета).

$$Z_{\text{min}.i} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 40 + 60 + 80 + 100 = 180 \text{ мкм}$$

3. Для окончательной обточка торца Б (с допуском 14 валитета).

$$Z_{\text{min}.i} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 80 + 100 + 200 + 100 = 480 \text{ мкм}$$

Результаты расчетов записываются в таблицу 1.4.1.

Расчет минимальных припусков при обработке наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 8h9(-_{-0.036})$

Общее значение R_z и $T_{\text{деф}}$, характеризующее качество поверхности проката горячекатаного, определяется из табл. 4.3 [1, стр. 63]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяются из таблицы. 4.4 – 4.6 [1, с. 64].

Мы определяем величину коробления обрабатываемой поверхности $\rho_{\text{кор}}$ по формуле:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} l \quad (1.4.4)$$

Где: $\rho_{\text{кор}}$ – величина коробления обрабатываемой поверхности; $\Delta_{\text{к}}$ – удельная кривизна обрабатываемой поверхности.

Значение $\Delta_{\text{к}}$ определяется из табл. 2.27 [2, стр. 33] и значение l определяется из технологического процесса.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} l = 200 \text{ мкм}$$

Для определения промежуточных значений припусков на механическую

обработку можно с достаточной для практических целей точностью воспользоваться приведенной ниже эмпирической формулой:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \rho \quad (1.4.5)$$

Где: $\rho_{\text{ост}}$ – остаточная пространственная погрешность; k_y – это коэффициент уменьшения исходной погрешности; ρ – пространственная погрешность, сформированная в ходе предшествующей обработки. Значения коэффициента k_y приведены в таб. 2.30 [2, стр. 37], потом получил:

Остаточное пространственное отклонение после чернового точения:

$$\rho_1 = 45 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после получистового точения:

$$\rho_2 = 10 \text{ мкм}$$

Так как заготовка закрепляется в самоцентрирующемся патроне, определим по формуле погрешность установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.4.6)$$

Где: ε_6 – погрешность базирования; ε_3 – погрешность закрепления.

Эта формула используется для однопозиционной обработки.

Погрешность базирования близка к нулю, т. к. при установке заготовки в приспособлении технологическая база совпадает с проектной базой.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = 100 \text{ мкм}$$

Для детали «наконечник» минимальные припуски определяются уравнением для обработки по длине $8h9_{(-0.036)}$.

1. Для обточки получистовой (с допуском 9 качества).

$$2Z_{\text{min}.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф}.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(40 + 60 + 45 + 0) = 290 \text{ мкм}$$

Результаты расчетов записываются в таблицу 1.4.1.

Расчет минимальных припусков при обработке наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 9,5h7(-0.015)$

Общее значение R_z и $T_{\text{деф}}$, характеризующее качество поверхности проката горячекатаного, определяется из табл. 4.3 [1, стр. 63]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяются из таблицы. 4.4 – 4.6 [1, с. 64].

Мы определяем величину коробления обрабатываемой поверхности $\rho_{\text{кор}}$ по формуле:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k l \quad (1.4.4)$$

Где: $\rho_{\text{кор}}$ – величина коробления обрабатываемой поверхности; Δ_k – удельная кривизна обрабатываемой поверхности.

Значение Δ_k определяется из табл. 2.27 [2, стр. 33] и значение l определяется из технологического процесса.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k l = 200 \text{ мкм}$$

Для определения промежуточных значений припусков на механическую обработку можно с достаточной для практических целей точностью воспользоваться приведенной ниже эмпирической формулой:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \rho \quad (1.4.5)$$

Где: $\rho_{\text{ост}}$ – остаточная пространственная погрешность; k_y – это коэффициент уменьшения исходной погрешности; ρ – пространственная погрешность, сформированная в ходе предшествующей обработки. Значения коэффициента k_y приведены в таб. 2.30 [2, стр. 37], потом получил:

Остаточное пространственное отклонение после черного точения:

$$\rho_1 = 45 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после полустого точения:

$$\rho_2 = 10 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после шлифование:

$$\rho_3 = 30 \text{ мкм}$$

Так как заготовка закрепляется в самоцентрирующемся патроне, определим по формуле погрешность установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.4.6)$$

Где: ε_6 – погрешность базирования; ε_3 – погрешность закрепления.

Это формула используется для однопозиционной обработки.

Погрешность базирования близка к нулю, т. к. при установке заготовки в приспособлении технологическая база совпадает с проектной базой.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = 100 \text{ мкм}$$

Для детали «наконечник» минимальные припуски определяются уравнением для обработки по длине $9,5h7_{(-0.015)}$.

1. Для обточка полуступицы (с допуском 9 качества).

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(40 + 60 + 45 + 0) = 290 \text{ мкм}$$

2. Для шлифования (с допуском 7 качества).

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(10 + 20 + 10 + 50) = 180 \text{ мкм}$$

Результаты расчетов записываются в таблицу 1.4.1.

Расчет минимальных припусков при обработке наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 8h7_{(-0.015)}$

Общее значение R_z и T_{def} , характеризующее качество поверхности проката горячекатаного, определяется из табл. 4.3 [1, стр. 63]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяются из таблицы. 4.4 – 4.6 [1, с. 64].

Мы определяем величину коробления обрабатываемой поверхности $\rho_{кор}$ по

формуле:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} l \quad (1.4.4)$$

где: $\rho_{\text{кор}}$ – величина коробления обрабатываемой поверхности; $\Delta_{\text{к}}$ – удельная кривизна обрабатываемой поверхности.

Значение $\Delta_{\text{к}}$ определяется из табл. 2.27 [2, стр. 33] и значение l определяется из технологического процесса.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} l = 200 \text{ мкм}$$

Для определения промежуточных значений припусков на механическую обработку можно с достаточной для практических целей точностью воспользоваться приведенной ниже эмпирической формулой:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \rho \quad (1.4.5)$$

где: $\rho_{\text{ост}}$ – остаточная пространственная погрешность; k_y – это коэффициент уменьшения исходной погрешности; ρ – пространственная погрешность, сформированная в ходе предшествующей обработки. Значения коэффициента k_y приведены в таб. 2.30 [2, стр. 37], потом получил:

Остаточное пространственное отклонение после чернового точения:

$$\rho_1 = 45 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после полукругового точения:

$$\rho_2 = 10 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после шлифования:

$$\rho_3 = 30 \text{ мкм}$$

Так как заготовка закрепляется в самоцентрирующемся патроне, определим по формуле погрешность установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.4.6)$$

Где: ε_6 – погрешность базирования; ε_3 – погрешность закрепления.

Это формула используется для однопозиционной обработки.

Погрешность базирования близка к нулю, т. к. при установке заготовки в приспособлении технологическая база совпадает с проектной базой.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} = 100 \text{ мкм}$$

Для детали «наконечник» минимальные припуски определяются уравнением для обработки по длине $8h7(-0.015)$.

1. Для обточки полуступицы (с допуском 9 качества).

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(40 + 60 + 45 + 0) = 290 \text{ мкм}$$

2. Для шлифования (с допуском 7 качества).

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(10 + 20 + 10 + 50) = 180 \text{ мкм}$$

Результаты расчетов записываются в таблицу 1.4.1.

Таблица 1.4.1 – Расчет минимальных припусков и технологических размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Допуск T , мкм	Принятый размер $A_{пр}$, мм	Предельный размер, мм	
	R_z , мкм	T_{def} , мкм	ρ , мкм	ε , мкм				A_{min} , мм	A_{max} , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обточка торцов для выдерживания длины детали 161h14(-1,0)									
Сторона А Пруток (торец А) (js14) $A_{0,1}$	80	100	200	-	-	1000		163,5	163,6
Черновая обточка торца А (js11) $A_{1,1}$	40	60	80	100	480 $A_{1,1}=Z_{1,1}$	250	162,1h11	161,75	162,1
Обточка торца А окончательная (js9) $A_{1,2}$	10	10	10	0	180 $A_{1,2}=Z_{1,2}$	100	161,55js9	161,5	161,6
Сторона Б Заготовка в первой операции (торец Б) (js14) $A_{1,23}$	80	100	200	-	-	1000	161,98 js14	161,48	162,48
Обточка торца Б окончательная (h14) $A_{2,1}=161h14$	40	60	80	100	480	1000	161h14	160	161

Продолжение таблицы 1.4.1

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Допуск T , мкм	Расчетный размер $d_{пр}$, мм R_z , мкм	Предельный размер, мм	
	R_z , мкм	T_{def} , 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 $\varnothing 8h9(-0.036)$									
Пруток (js14) $d_{0,1}$	80	100	200	-		1000			
Обточка черновая (h12) $d_{1,4}$	40	60	45	100		150	8,44h12	8,29	8,44
Обточка получистовая (h9) $d_{1,5}=8h9$	10	20	10	0	2·145	36	8h9	7,964	8
Обточка $\varnothing 11,5h12(-0,18)$									
Пруток (js14) $d_{0,1}$	80	100	200	-		1000			
Обточка черновая (h14) $d_{1,12}$	40	60	80	100	2·480	430	11,9 h14	11,86	12,29
Обточка черновая (h12) $d_{1,13}$	40	60	45	0	2·180	180	11,5 h12	11,32	11,5
Обработка $\varnothing 14h14(-0,43) \rightarrow$ Пруток $\varnothing 16h14$									
Пруток (js14) $d_{0,1}$	80	100	200	-		430	16h14	14,96	15,39
Обточка черновая (h14) $d_{1,8}$	40	60	45	100	2·480	430	14h14	13,57	14,0
Обточка $\varnothing 9,5h7(-0.015)$									
Пруток (js14) $d_{0,1}$	80	100	200	-		1000			
Обточка черновая (h12) $d_{1,8}$	40	60	45	100		150	10,3h12	10,09	10,24
Обточка получистовая (h9) $d_{1,9}$	10	20	10	0	2·145	36	9,8h9	9,68	9,716
Шлифование (h7) $d_{3,1}=9,5h7$	10	30	30	50	2·90	15	9,5h7	9,485	9,5
Обточка $\varnothing 8h7(-0.015)$									
Обточка (h14) $d_{1,14,2}$	80	100	200						
Обточка черновая (h12) $d_{1,19}$	40	60	45	100		150	8,66h12	8,51	8,66
Обточка получистовая (h9) $d_{1,20}$	10	20	10	0	2·145	36	8,22h9	8,164	8,2
Шлифование (h7) $d_{3,2}=8h7$	10	30	30	50	2·90	15	8h7	7,985	8

1.5. Расчет технологических размеров

Расчет технологических размеров при обработке фланца по длине

161h14_(-1,0)

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке детали по длине 161h14_(-1,0) (рис. 1.5.1).

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

При этом учитываем, что $A_{2,1} = 161h14_{(-1,0)}$ мм – обточка окончательная.

$$A_{1,2min} = A_{2,1max} + Z_{2,1min} = 161 + 0,48 = 161,48 \text{ мм}$$

$$A_{1,2max} = A_{1,2min} + TA_{1,2} = 161,48 + 0,10 = 161,58 \text{ мм}$$

Принимаем $A_{1,2} = 161,55js9^{(+0,05)}_{(-0,05)}$ мм

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

$$A_{1,1min} = A_{1,2max} + Z_{1,2min} = 161,6 + 0,18 = 161,78 \text{ мм}$$

$$A_{1,1max} = A_{1,1min} + TA_{1,1} = 161,78 + 0,25 = 162,03 \text{ мм}$$

Принимаем $A_{1,1} = 162,1h11_{(-0,25)}$ мм

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

$$A_{0,1min} = A_{1,1max} + Z_{1,1min} = 162,1 + 0,48 = 162,58 \text{ мм.}$$

$$A_{0,1max} = A_{0,1min} + TA_{0,1} = 162,58 + 1,00 = 163,58 \text{ мм.}$$

Принимаем $A_{0,1} = 163,08js14^{(+0,5)}_{(-0,5)}$ мм.

Расчет технологических размеров при обработке $\text{Ø } 8h9_{(-0,036)}$

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

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности

$\emptyset 8h9(-0.036)$ (рис. 1.5.2) и записываем в таблицу 1.4.1.

Находим технологический размер $d_{1,5}$, используя размерную цепь:

$$d_{1,4min} = d_{1,5max} + 2Z_{1,5min} = 8 + 0,29 = 8,29 \text{ мм}$$

$$d_{1,4max} = d_{1,4min} + Td_{1,4} = 8,29 + 0,15 = 8,44 \text{ мм}$$

Принятый технологический размер $d_{1,4} = 8,44h12(-0,15)$ мм

Расчет технологических размеров при обработке $\emptyset 11,5h12(-0.18)$

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

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\emptyset 11,5h12(-0,18)$ (рис. 1.5.3) и записываем в таблицу 1.4.1.

Находим технологический размер $d_{3,1}$, используя размерную цепь:

$$d_{1,12min} = d_{1,13max} + 2Z_{1,13min} = 11,5 + 0,36 = 11,86 \text{ мм.}$$

$$d_{1,12max} = d_{1,12min} + Td_{1,12} = 11,86 + 0,43 = 12,29 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $d_{1,9} = 11,9h14(-0,43)$ мм.

Расчет технологических размеров при обработке $\emptyset 9,5h7(-0.015)$

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

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\emptyset 9,5h7(-0,015)$ (рис. 1.5.4) и записываем в таблицу 1.4.1.

Находим технологический размер $d_{3,1}$, используя размерную цепь:

$$d_{1,9min} = d_{3,1max} + 2Z_{3,1min} = 9,5 + 0,18 = 9,68 \text{ мм.}$$

$$d_{1,9max} = d_{1,9min} + Td_{1,9} = 9,68 + 0,036 = 9,716 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $d_{1,9} = 9,8h9_{(-0,036)}$ мм.

Находим технологический размер $d_{1,9}$, используя размерную цепь:

$$d_{1,8min} = d_{1,9max} + 2Z_{1,9min} = 9,8 + 0,29 = 10,09 \text{ мм.}$$

$$d_{1,8max} = d_{1,8min} + Td_{1,8} = 10,09 + 0,15 = 10,24 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $d_{1,8} = 10,3h12_{(-0,15)}$ мм.

Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 8h7_{(-0,015)}$

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

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\varnothing 8h7_{(-0,015)}$ (рис. 1.5.1) и записываем в таблицу 1.4.1.

Находим технологический размер $d_{3,2}$, используя размерную цепь:

$$d_{1,20min} = d_{3,2max} + 2Z_{3,2min} = 8 + 0,18 = 8,18 \text{ мм.}$$

$$d_{1,20max} = d_{1,20min} + Td_{1,20} = 8,18 + 0,036 = 8,216 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $d_{1,20} = 8,22h9_{(-0,036)}$ мм.

Находим технологический размер $d_{1,20}$, используя размерную цепь:

$$d_{1,19min} = d_{1,20max} + 2Z_{1,20min} = 8,22 + 0,29 = 8,51 \text{ мм.}$$

$$d_{1,19max} = d_{1,19min} + Td_{1,19} = 8,51 + 0,15 = 8,66 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $d_{1,4} = 8,66h12_{(-0,15)}$ мм.

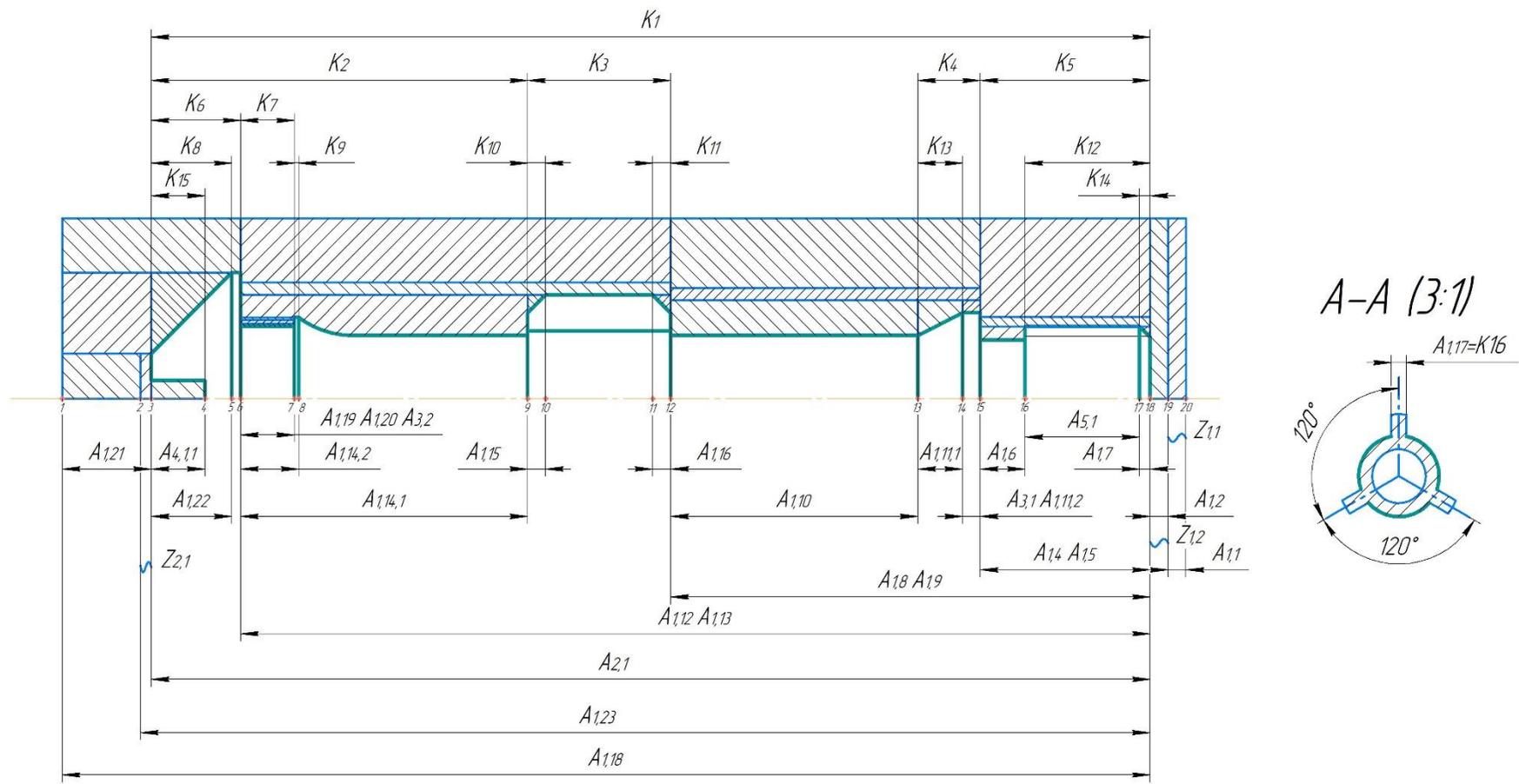


Рис. 1.5.1, а. Комплексная схема обработки детали в осевом направлении

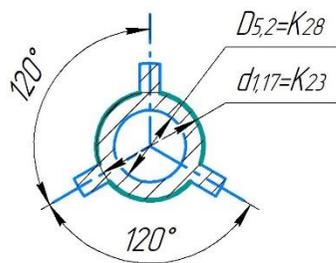
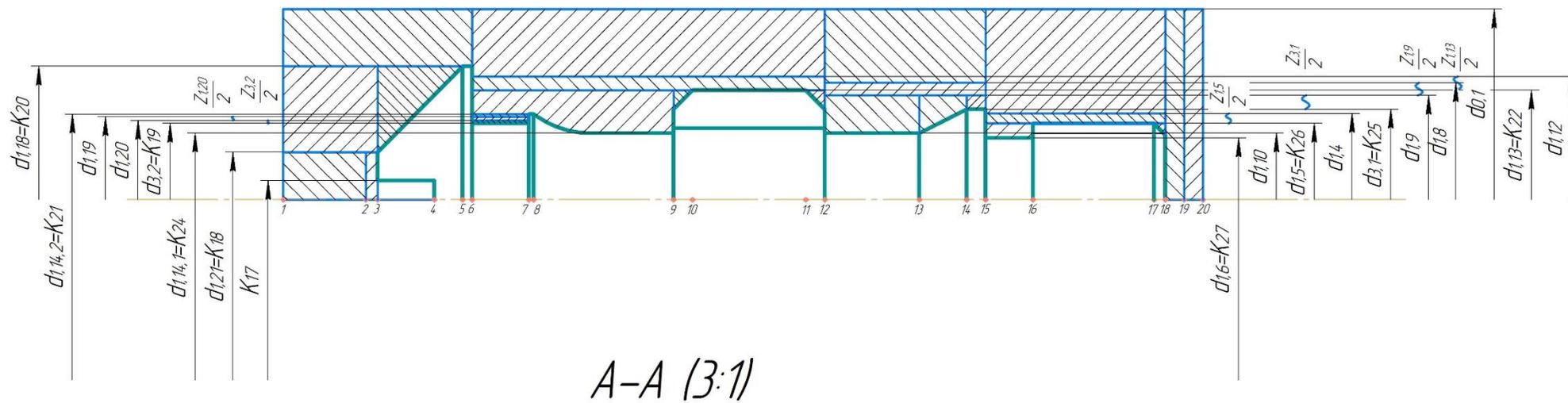


Рис. 1.5.1, б. Комплексная схема обработки детали в диаметральной направлении

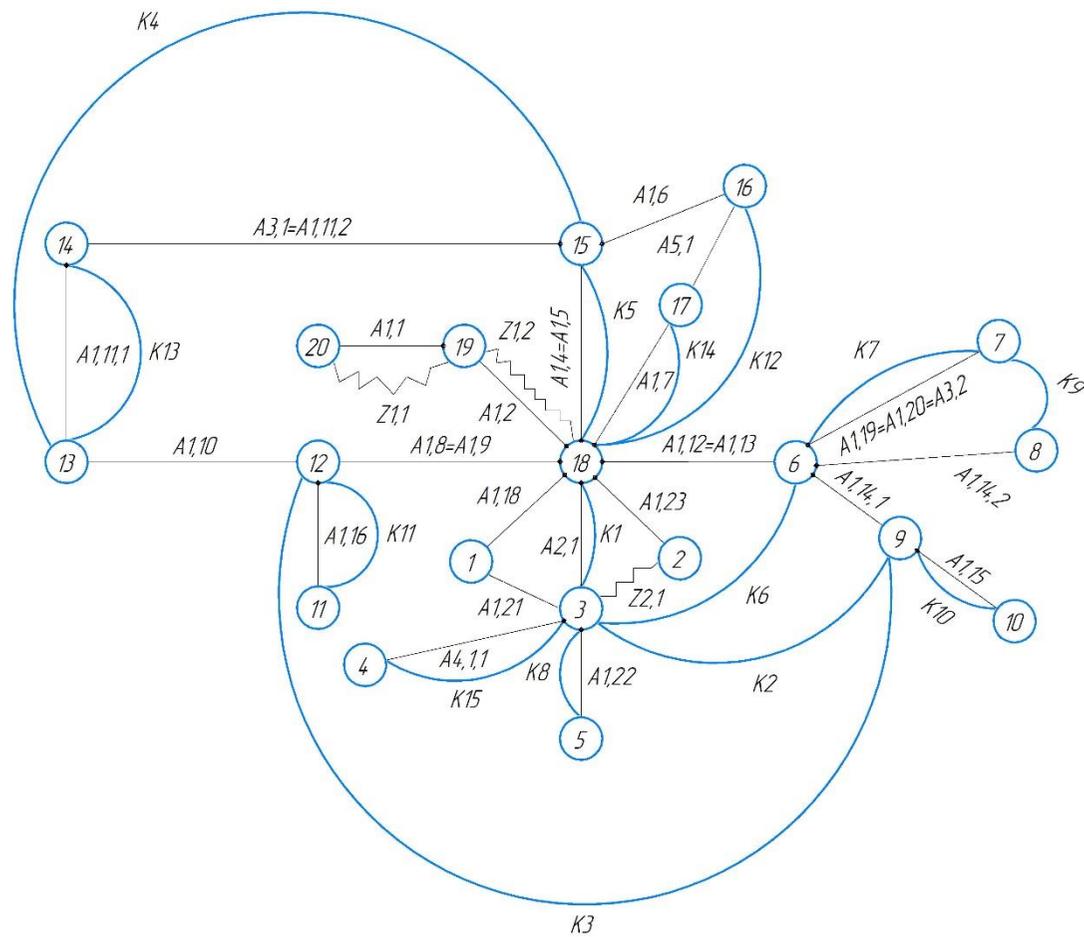


Рис. 1.5.2. Граф технологических размеров

1.6. Размерный анализ технологического процесса

1.6.1. Определение допусков технологических размеров

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:

$$K_1 = 161h14 \text{ мм}; TK_1 = 1,00 \text{ мм};$$

$$K_2 = 30js14 \text{ мм}; TK_2 = 0,52 \text{ мм};$$

$$K_3 = 8H14 \text{ мм}; TK_3 = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_4 = 3,5js14 \text{ мм}; TK_4 = 0,30 \text{ мм};$$

$$K_5 = 9,5js12 \text{ мм}; TK_5 = 0,15 \text{ мм};$$

$$K_6 = 5js14 \text{ мм}; TK_6 = 0,30 \text{ мм};$$

$$K_7 = 3js12 \text{ мм}; TK_7 = 0,10 \text{ мм};$$

$$K_8 = 4,5js14 \text{ мм}; TK_8 = 0,30 \text{ мм};$$

$$K_9 = 0,25js12 \text{ мм}; TK_9 = 0,10 \text{ мм};$$

$$K_{10} = 1js14 \text{ мм}; TK_{10} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{11} = 1js14 \text{ мм}; TK_{11} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{12} = 7js12 \text{ мм}; TK_{12} = 0,15 \text{ мм};$$

$$K_{13} = 2,5js14 \text{ мм}; TK_{13} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{14} = 0,6js14 \text{ мм}; TK_{14} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{15} = 3h14 \text{ мм}; TK_{15} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{16} = 1,4h14 \text{ мм}; TK_{16} = 0,25 \text{ мм};$$

Конструкторские диаметральные размеры и их допуски:

$$K_{17} = 2h14 \text{ мм}; TK_{17} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{18} = \varnothing 5h14 \text{ мм}; TK_{18} = 0,30 \text{ мм};$$

$$K_{19} = \varnothing 8h7 \text{ мм}; TK_{19} = 0,015 \text{ мм};$$

$$K_{20} = \varnothing 14h14 \text{ мм}; TK_{20} = 0,43 \text{ мм};$$

$$K_{21} = \varnothing 9h14 \text{ мм}; TK_{21} = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_{22} = \varnothing 11,5h12 \text{ мм}; TK_{22} = 0,18 \text{ мм};$$

$$K_{23} = \varnothing 7,5h14 \text{ мм}; TK_{23} = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_{24} = \varnothing 7h14 \text{ мм}; TK_{24} = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_{25} = \varnothing 9,5h7 \text{ мм}; TK_{25} = 0,015 \text{ мм};$$

$$K_{26} = \varnothing 8h9 \text{ мм}; TK_{26} = 0,036 \text{ мм};$$

$$K_{27} = \varnothing 6,5h14 \text{ мм}; TK_{27} = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_{28} = \varnothing 5H14 \text{ мм}; TK_{28} = 0,30 \text{ мм};$$

1.6.2. 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:

$$K_1 = A_{2,1} = 16h14(-_{1,0})$$

$$K_5 = A_{1,5} = 9,5js12(+_{0,075}^{-}_{0,075})$$

$$K_7 = A_{1,20} = A_{3,2} = 3js12(+_{0,05}^{-}_{0,05})$$

$$K_8 = A_{1,22} = 4,5js14(+_{0,15}^{-}_{0,15})$$

$$K_{10} = A_{1,15} = 1js14(+_{0,075}^{-}_{0,075})$$

$$K_{11} = A_{1,16} = 1js14(+_{0,125}^{-}_{0,125})$$

$$K_{13} = A_{1,11,1} = 2,5js14(+_{0,125}^{-}_{0,125})$$

$$K_{14} = A_{1,7} = 0,6js14(+_{0,125}^{-}_{0,125})$$

$$K_{15} = A_{4,1,1} = 3h14(-_{0,25})$$

$$K_{16} = A_{1,17} = 1,4h14(-_{0,25})$$

$$K_{17} = A_{4,1,2} = 2h14(-_{0,25})$$

Для каждого конструкторского размера K_i , который непосредственно не выдерживается при выполнении техпроцесса, в комплексной схеме обработки детали (рис. 1.5.5) выявляем размерную цепи, 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

1.6.3. Размерные цепи для конструкторских размеров, которые не выдерживаются непосредственно

- 1) Рассчитываем длину $A_{1,6}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.1)

$$A_{1,5} = 9,5 \text{js}12 \begin{pmatrix} +0,075 \\ -0,075 \end{pmatrix}$$

$$K_{12} = 7 \text{js}14 \begin{pmatrix} +0,18 \\ -0,18 \end{pmatrix}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$K_{12} = A_{1,5} - A_{1,6}$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_{K_{12}} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,5}} + T_{A_{1,6}}$$

$$0,36 \geq 0,15 + T_{A_{1,6}}$$

Видим, что сумма допусков технологических размеров $(0,15 + T_{A_{1,6}})$ меньше допуска исходного звена (конструкторского размера K_{12}) $T_{K_{12}} = 0,36$ мм. Т.е. при принятой точности обработки (принятом качестве) будет выдерживаться размер.

Записываем основное уравнение размерной цепи:

$$K_{12} = A_{1,5} - A_{1,6}$$

$$A_{1,6} = A_{1,5} - K_{12} = 9,5 - 7 = 2,5 \text{ мм}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{1,6}$:

$$H_{K_{12}} = H_{A_{1,5}} - B_{A_{1,6}}$$

$$B_{A_{1,6}} = H_{A_{1,5}} - H_{K_{12}} = -0,075 - (-0,18) = 0,105 \text{ мм}$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{1,6}$

$$B_{K_{12}} = B_{A_{1,5}} - H_{A_{1,6}}$$

$$H_{A_{1,6}} = B_{A_{1,5}} - B_{K_{12}} = 0,075 - (0,18) = -0,105 \text{ мм}$$

Рассчитываем допуск размера $A_{1,6}$:

$$T_{A_{1,6}} = B_{A_{1,6}} - H_{A_{1,6}} = 0,105 - (-0,105) = 0,21 \text{ мм}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_{12}} = 0,36 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,5}} + T_{A_{1,6}} = 0,15 + 0,21 = 0,36 \text{ мм};$$

$$T_{K_{12}} = \sum A_{i,j}, \text{ т. е. расчёты были выполнены правильно.}$$

Принимаем $A_{1,6} = 2,5^{(+0,105)}_{(-0,105)}$

2) Рассчитываем длину $A_{1,9}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.2)

$$K_1 = 161h14_{(-1,0)}$$

$$K_2 = 30js14^{(+0,26)}_{(-0,26)}$$

$$K_3 = 8js14^{(+0,18)}_{(-0,18)}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$A_{1,9} = K_1 - K_2 - K_3$$

$$A_{1,9} = K_1 - K_2 - K_3 = 161 - 30 - 8 = 123 \text{ мм}$$

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

$$B_{A_{1,9}} = B_{K_1} - H_{K_2} - H_{K_3}$$

$$B_{A_{1,9}} = B_{K_1} - H_{K_2} - H_{K_3} = 0 - (-0,26) - (-0,18) = 0,44 \text{ мм}$$

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

$$H_{A_{1,9}} = H_{K_1} - B_{K_2} - B_{K_3}$$

$$H_{A_{1,9}} = H_{K_1} - B_{K_2} - B_{K_3} = -1,0 - 0,18 - 0,26 = -1,44 \text{ мм}$$

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

$$T_{A_{1,9}} = B_{A_{1,9}} - H_{A_{1,9}} = 0,44 - (-1,44) = 1,88 \text{ мм}$$

Принимаем $A_{1,9} = 123 \begin{pmatrix} +0,44 \\ -1,44 \end{pmatrix}$

3) Рассчитываем длину $A_{1,11,2}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.3)

$$K_4 = 3,5js14 \begin{pmatrix} +0,15 \\ -0,15 \end{pmatrix}$$

$$A_{1,11,1} = K_{13} = 2,5js14 \begin{pmatrix} +0,125 \\ -0,125 \end{pmatrix}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$K_4 = A_{1,11,1} + A_{1,11,2}$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_K \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,11,1}} + T_{A_{1,11,2}}$$

$$0,3 \geq 0,25 + T_{A_{1,11,2}}$$

Видим, что сумма допусков технологических размеров $(0,25 + T_{A_{1,11,2}})$ меньше допуска исходного звена $T_K = 0,3$ мм. Т.е. при принятой точности обработки (принятом качестве) будет выдерживаться размер.

Записываем основное уравнение размерной цепи:

$$A_{1,11,2} = K_4 - A_{1,11,1} = 3,5 - 2,5 = 1 \text{ мм}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{1,11,2}$:

$$B_{K_4} = B_{A_{1,11,1}} + B_{A_{1,11,2}}$$

$$B_{A_{1,11,2}} = B_{K_4} - B_{A_{1,11,1}} = 0,15 - 0,125 = 0,25$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{1,11,2}$:

$$H_{K_4} = H_{A_{1,11,1}} + H_{A_{1,11,2}}$$

$$H_{A_{1,11,2}} = H_{K_4} - H_{A_{1,11,1}} = -0,15 - (-0,125) = -0,25$$

Рассчитываем допуск размера $A_{1,11,2}$:

$$T_{A_{1,11,2}} = B_{A_{1,11,2}} - H_{A_{1,11,2}} = 0,25 - (-0,25) = 0,5 \text{ мм}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_4} = 0,3 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,11,1}} + T_{A_{1,11,2}} = 0,25 + 0,5 = 0,3 \text{ мм};$$

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

Принимаем $A_{1,11,2} = 1 \begin{pmatrix} +0,25 \\ -0,25 \end{pmatrix}$

4) Рассчитываем длину $A_{1,10}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.4)

$$A_{1,9} = 123 \begin{pmatrix} +0,44 \\ -1,44 \end{pmatrix}$$

$$K_4 = 3,5js14 \begin{pmatrix} +0,15 \\ -0,15 \end{pmatrix}$$

$$A_{1,5} = K_5 = 9,5js12 \begin{pmatrix} +0,075 \\ -0,075 \end{pmatrix}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$K_4 = A_{1,9} - A_{1,5} - A_{1,10}$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_K \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,9}} + T_{A_{1,5}} + T_{A_{1,10}}$$

$$0,3 \geq 2,03 + T_{A_{1,10}}$$

Видим, что сумма допусков технологических размеров $(2,03 + T_{A_{1,10}})$ больше допуска исходного звена $T_K = 0,3 \text{ мм}$. Т.е. при принятой точности обработки (принятом качестве) не будет выдерживаться размер. Необходимо уменьшить качество размера $A_{A_{1,9}}$ до IT9: $T_{A_{1,9}^*} = 0,1 \text{ мм}$.

Записываем основное уравнение размерной цепи:

$$T_{A_{1,10}} = A_{1,9} - A_{1,5} - K_4 = 123 - 9,5 - 3,5 = 110 \text{ мм}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{1,10}$:

$$H_{K_4} = H_{A_{1,9}^*} - B_{A_{1,5}} - B_{A_{1,10}}$$

$$B_{A_{1,10}} = H_{A_{1,9}^*} - B_{A_{1,5}} - H_{K_4} = -0,1 - 0,075 - (-0,15) = -0,025$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{1,10}$:

$$B_{K_4} = B_{A_{1,9}^*} - H_{A_{1,5}} - H_{A_{1,10}}$$

$$H_{A_{1,10}} = B_{A_{1,9}^*} - H_{A_{1,5}} - B_{K_4} = 0 - (-0,075) - 0,15 = -0,075$$

Рассчитываем допуск размера $A_{1,11,2}$:

$$T_{A_{1,11,2}} = B_{A_{1,11,2}} - H_{A_{1,11,2}} = -0,025 - (-0,075) = 0,05 \text{ мм}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_4} = 0,3 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,9}} + T_{A_{1,5}} + T_{A_{1,10}} = 0,1 + 0,15 + 0,05 = 0,3 \text{ мм};$$

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

Принимаем $A_{1,10} = 110 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,075 \end{pmatrix}$

5) Рассчитываем длину $A_{1,13}$. Выделяем размерную цель для этого звена (рис. 1.6.5)

$$K_6 = 5js14 \begin{pmatrix} +0,15 \\ -0,15 \end{pmatrix}$$

$$A_{2,1} = 161h14 \begin{pmatrix} -1,0 \end{pmatrix}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$K_6 = A_{2,1} - A_{1,13}$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_K \geq \sum A_{i,j} = A_{2,1} + A_{1,13}$$

$$0,3 \geq 1 + T_{A_{1,13}}$$

Видим, что сумма допусков технологических размеров $(1 + T_{A_{1,13}})$ больше допуска исходного звена $T_K = 0,3 \text{ мм}$. Т.е. при принятой точности обработки (принятом качестве) не будет выдерживаться размер. Необходимо уменьшить качество размера $A_{2,1}$ до IT9: $T_{A_{2,1}^*} = 0,1 \text{ мм}$.

Записываем основное уравнение размерной цепи:

$$A_{1,13} = A_{2,1} - K_6 = 161 - 5 = 156 \text{ мм}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{1,13}$:

$$H_{K_6} = H_{A_{2,1}} - V_{A_{1,13}}$$

$$V_{A_{1,13}} = H_{A_{2,1}} - H_{K_6} = -0,1 - (-0,15) = 0,05$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{1,13}$:

$$V_{K_6} = V_{A_{2,1}} - H_{A_{1,13}}$$

$$H_{A_{1,13}} = V_{A_{2,1}} - V_{K_6} = 0 - 0,15 = -0,15$$

Рассчитываем допуск размера $A_{1,13}$:

$$T_{A_{1,13}} = V_{A_{1,13}} - H_{A_{1,13}} = 0,05 - (-0,15) = 0,2 \text{ мм}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_6} = 0,3 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{2,1}} + T_{A_{1,13}} = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ мм};$$

$$T_{K_6} = \sum A_{i,j}, \text{ т. е. расчёты были выполнены правильно.}$$

Принимаем $A_{1,13} = 156_{(-0,15)}^{(+0,05)}$

б) Рассчитываем длину $A_{1,14,1}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.6)

$$K_2 = 30js14_{(-0,26)}^{(+0,26)}$$

$$K_6 = 5js14_{(-0,15)}^{(+0,15)}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$A_{1,14,1} = K_2 - K_6$$

$$A_{1,14,1} = K_2 - K_6 = 30 - 5 = 25 \text{ мм}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{1,14,1}$:

$$B_{A_{1,14,1}} = B_{K_2} - H_{K_6}$$

$$B_{A_{1,9}} = B_{K_2} - H_{K_6} = 0,26 - (-0,15) = 0,41 \text{ мм}$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{1,14,1}$

$$H_{A_{1,14,1}} = H_{K_2} - B_{K_6}$$

$$H_{A_{1,14,1}} = H_{K_2} - B_{K_6} = -0,26 - 0,15 = -0,41 \text{ мм}$$

Рассчитываем допуск размера $A_{1,14,1}$:

$$T_{A_{1,14,1}} = B_{A_{1,14,1}} - H_{A_{1,14,1}} = 0,41 - (-0,41) = 0,82 \text{ мм}$$

Принимаем $A_{1,14,1} = 25 \begin{matrix} +0,41 \\ -0,41 \end{matrix}$

7) Рассчитываем длину $A_{1,14,2}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.7)

$$K_9 = 0,25js12 \begin{matrix} +0,05 \\ -0,05 \end{matrix}$$

$$A_{1,20} = 3js12 \begin{matrix} +0,05 \\ -0,05 \end{matrix}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$K_9 = A_{1,14,2} - A_{1,20}$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_K \geq \sum A_{i,j} = A_{1,14,2} + A_{1,20}$$

$$0,1 \geq 0,1 + T_{A_{1,14,2}}$$

Видим, что сумма допусков технологических размеров $(0,1 + T_{A_{1,14,2}})$ больше допуска исходного звена $T_K = 0,1$ мм. Т.е. при принятой точности обработки (принятом качестве) не будет выдерживаться размер. Необходимо уменьшить качество размера $A_{1,20}$ до IT11: $T_{A_{1,20}^*} = 0,06$ мм.

Записываем основное уравнение размерной цепи:

$$A_{1,14,2} = A_{1,20} + K_9 = 3 + 0,25 = 3,25 \text{ мм}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{1,14,2}$:

$$B_{K_9} = B_{A_{1,14,2}} - H_{A_{1,20}}$$

$$B_{A_{1,14,2}} = B_{K_9} + H_{A_{1,20}} = 0,05 + (-0,03) = 0,02$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{1,14,2}$:

$$H_{K_9} = H_{A_{1,14,2}} - B_{A_{1,20}}$$

$$H_{A_{1,14,2}} = H_{K_9} + B_{A_{1,20}} = -0,05 + 0,03 = -0,02$$

Рассчитываем допуск размера $A_{1,14,2}$:

$$T_{A_{1,14,2}} = B_{A_{1,14,2}} - H_{A_{1,14,2}} = 0,02 - (-0,02) = 0,04 \text{ мм}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_9} = 0,1 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = A_{1,14,2} + A_{1,20} = 0,06 + 0,04 = 0,1 \text{ мм};$$

$$T_{K_9} = \sum A_{i,j}, \text{ т. е. расчёты были выполнены правильно.}$$

Принимаем $A_{1,14,2} = 3,25 \begin{pmatrix} +0,02 \\ -0,02 \end{pmatrix}$

8) Рассчитываем длину $A_{1,18}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.8)

$$K_1 = A_{2,1} = 161h14(-1,0)$$

$$A_{1,21} = 15js14 \begin{pmatrix} +0,215 \\ -0,215 \end{pmatrix}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$K_1 = A_{1,18} - A_{1,21}$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_K \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,18}} + T_{A_{1,21}}$$

$$1,0 \geq 0,43 + A_{1,18}$$

Видим, что сумма допусков технологических размеров $(0,43 + A_{1,18})$

меньше допуска исходного звена $T_K = 1,0$ мм. Т.е. при принятой точности обработки (принятом качестве) будет выдерживаться размер.

Записываем основное уравнение размерной цепи:

$$A_{1,18} = K_1 + A_{1,21} = 161 + 15 = 176 \text{ мм}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{1,18}$:

$$B_{K_1} = B_{A_{1,18}} - H_{A_{1,21}}$$

$$B_{A_{1,18}} = B_{K_1} + H_{A_{1,21}} = 0 + (-0,215) = -0,215$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{1,18}$:

$$H_{K_1} = H_{A_{1,18}} - B_{A_{1,21}}$$

$$H_{A_{1,18}} = H_{K_1} + B_{A_{1,21}} = -1 + 0,215 = -0,785$$

Рассчитываем допуск размера $A_{1,18}$:

$$T_{A_{1,18}} = B_{A_{1,18}} - H_{A_{1,18}} = -0,215 - (-0,785) = 0,57 \text{ мм}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_1} = 1,0 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{1,18}} + T_{A_{1,21}} = 0,43 + 0,57 = 1,0 \text{ мм};$$

$$T_{K_1} = \sum A_{i,j}, \text{ т. е. расчёты были выполнены правильно.}$$

Принимаем $A_{1,18} = 176_{(-0,785)}^{(-0,215)}$

9) Рассчитываем длину $A_{5,1}$. Выделяем размерную цепь для этого звена (рис. 1.6.9)

$$K_{14} = A_{1,7} = 0,6js14_{(-0,125)}^{(+0,125)}$$

$$K_{12} = 7js14_{(-0,18)}^{(+0,18)}$$

Основное уравнение размерной цепи:

$$K_{12} = A_{5,1} + A_{1,7}$$

Определяем возможность решения этой цепи:

$$T_K \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{5,1}} + T_{A_{1,7}}$$

$$0,36 \geq 0,25 + T_{A_{5,1}}$$

Видим, что сумма допусков технологических размеров $(0,25 + T_{A_{5,1}})$ меньше допуска исходного звена $T_K = 0,36$ мм. Т.е. при принятой точности обработки (принятом качестве) будет выдерживаться размер.

Записываем основное уравнение размерной цепи:

$$A_{5,1} = K_{12} - A_{1,7} = 7 - 0,6 = 6,4 \text{ мм}$$

Рассчитываем верхнее отклонение размера (звена) $A_{5,1}$:

$$V_{K_{12}} = V_{A_{5,1}} + V_{A_{1,7}}$$

$$V_{A_{5,1}} = V_{K_{12}} - V_{A_{1,7}} = 0,18 - 0,125 = 0,055$$

Рассчитываем нижнее отклонение размера (звена) $A_{5,1}$:

$$H_{K_{12}} = H_{A_{5,1}} + H_{A_{1,7}}$$

$$H_{A_{5,1}} = H_{K_{12}} - H_{A_{1,7}} = -0,18 - (-0,125) = -0,055$$

Рассчитываем допуск размера $A_{1,18}$:

$$T_{A_{5,1}} = V_{A_{5,1}} - H_{A_{5,1}} = 0,055 - (-0,055) = 0,11 \text{ мм}$$

Выполняем проверку решения:

$$T_{K_{12}} = 0,36 \text{ мм} \geq \sum A_{i,j} = T_{A_{5,1}} + T_{A_{1,7}} = 0,25 + 0,11 = 0,36 \text{ мм};$$

$$T_{K_{12}} = \sum A_{i,j}, \text{ т. е. расчёты были выполнены правильно.}$$

Принимаем $A_{5,1} = 6,4^{(+0,055)}_{(-0,055)}$.

Технологические размеры

$A_{0,1} = 163,08js14\left(\begin{smallmatrix} +0,5 \\ -0,5 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,1} = 0,48$
$A_{1,2} = 0,18$	$A_{1,4} = 9,5js14\left(\begin{smallmatrix} +0,18 \\ -0,18 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,5} = 9,5js12\left(\begin{smallmatrix} +0,075 \\ -0,075 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,6} = 2,5\left(\begin{smallmatrix} +0,105 \\ -0,105 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,7} = 0,6js14\left(\begin{smallmatrix} +0,125 \\ -0,125 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,8} = 123js14\left(\begin{smallmatrix} +0,125 \\ -0,125 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,9} = 123\left(\begin{smallmatrix} +0,44 \\ -1,44 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,10} = 110\left(\begin{smallmatrix} +0,025 \\ -0,075 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,11,1} = 2,5js14\left(\begin{smallmatrix} +0,125 \\ -0,125 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,11,2} = 1\left(\begin{smallmatrix} +0,25 \\ -0,25 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,12} = 156js14\left(\begin{smallmatrix} +0,5 \\ -0,5 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,13} = 156\left(\begin{smallmatrix} +0,05 \\ -0,15 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,14,1} = 25\left(\begin{smallmatrix} +0,41 \\ -0,41 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,14,2} = 3,25\left(\begin{smallmatrix} +0,02 \\ -0,02 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,15} = 1js14\left(\begin{smallmatrix} +0,125 \\ -0,125 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,16} = 1js14\left(\begin{smallmatrix} +0,125 \\ -0,125 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,17} = 14h14\left(\begin{smallmatrix} -0,25 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,18} = 176\left(\begin{smallmatrix} -0,215 \\ -0,785 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,19} = 3js14\left(\begin{smallmatrix} +0,125 \\ -0,125 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,20} = 3js12\left(\begin{smallmatrix} +0,05 \\ -0,05 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,21} = 15js14\left(\begin{smallmatrix} +0,215 \\ -0,215 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{1,22} = 4,5js14\left(\begin{smallmatrix} +0,15 \\ -0,15 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{1,23} = 161,98js14\left(\begin{smallmatrix} +0,5 \\ -0,5 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{2,1} = 161h14\left(\begin{smallmatrix} -1,0 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{3,1} = A_{1,11,2} = 1\left(\begin{smallmatrix} +0,25 \\ -0,25 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{3,2} = A_{1,20} = 3js12\left(\begin{smallmatrix} +0,05 \\ -0,05 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{4,1,1} = 3h14\left(\begin{smallmatrix} -0,25 \end{smallmatrix}\right)$	$A_{4,1,2} = 2h14\left(\begin{smallmatrix} -0,25 \end{smallmatrix}\right)$
$A_{5,1} = 6,4\left(\begin{smallmatrix} +0,055 \\ -0,055 \end{smallmatrix}\right)$	

1.7. 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).

1.7.1. Токарно-фрезерная обработка

Токарно-фрезерная обработка детали будет производиться твердосплавными СМП из Т15К6. Для первой операции выбираем многооперационный станок модели *GLS 1500* фирмы *Goodway* (Тайвань), на котором можно выполнять не только токарную, но фрезерную обработку.

Таблица 1.7.1 Основные характеристики многооперационный станок модели *GLS 1500* фирмы *Goodway* (Тайвань)

Основные технические характеристики многооперационного станка модели *GLS 1500*

МОДЕЛЬ	GLS-150	GLS-200	GLS-1500 / GLS-1500L	GLS-2000 / GLS-2000L	GLS- 2800	GLS- 3300
Максимальный диаметр точения, мм	360		390	440		
Максимальная длина точения, мм	500		330 / 630	720	710	
Максимальный диаметр прутка, мм	51	65	51	65	75	90
Размер 3-кулачкового патрона, дюймы	6	8	6	8	10	12
Диапазон скоростей вращения шпинделя, об/мин	60–6000	45–4500	60–6000	45–4500	35–3500	30–3000
Мощность двигателя привода шпинделя (номинал/30 мин), кВт	11/15					15 / 18,5
Количество позиций в револьверной головке, шт.	12 (10 – опц.)					
Тип направляющих	качения					
Быстрые перемещения по осям X/Z, м/мин	30					
Точность позиционирования / повторяемость, мкм	± 5 / ± 2				± 3 / 15	
Система ЧПУ	Fanuc Oi-Mate (опц.: Oi / 31i, Mitsubishi CNC M70, Siemens 828)				Fanuc Oi-T (опц.: 31i)	
Вес станка, кг	3200	3 000 / 3400		6 000		
Дополнительная комплектация						
Приводная револьверная головка + С-ось	v	v	v	v	v	
Противошпиндель	-	-	- / v	- / v	v	
У-ось	v	v	- / v	- / v	v	
Задняя бабка	v	v	v	v	v	
Инструментальный стол	-	-	v	v	-	

Подрезка торцов

Подрезка торца с размера **163,08js14 мм** до размера **162,1h11 мм** на
1-ой операции, переход №1

Резец: подрезной с режущей пластиной СМП, материал - твердый сплав Т15К6. Обозначение ISO: DCMT-11Т304 РМ, обозначение державки: SDJCR 1616 Н11. Геометрические параметры режущей части резца: главный угол в плане $\varphi = 93^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 180^\circ - 93^\circ - 55^\circ = 32^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм, главный передний угол $\gamma = 13^\circ$, главный задний угол $\alpha = 9^\circ$, угол наклона лавной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$.

Поправочные коэффициенты:

а) коэффициент, учитывающий состояние поверхности материал заготовки (сталь 12Х18Н10Т) и его прочность

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \times \left(\frac{750}{550} \right)^{1,0} = 1,36.$$

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

K_v – поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания.

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} \times K_{rv}$$

$K_{mv} = 1,36$ – коэффициент, учитывающий прочность или твёрдость обрабатываемого материала;

$K_{pv} = 0,9$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{iv} = 1,0$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента, его марку, если она отличается от указанных в общей таблице условий.

$K_{\varphi v} = 0,7$ – коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца

(главный угол в плане $\varphi=93^\circ$);

$K_{\varphi 1v} = 0,91$ – коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (вспомогательный угол в плане $\varphi_1=20^\circ$);

K_{rv} – коэффициент, учитывающий геометрические параметры резца (радиус при вершине резца r , но это только для резцов из быстрорежущей стали, поэтому здесь не учитывается.

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv} \times K_{\varphi v} \times K_{\varphi 1v} = 1,36 \times 0,9 \times 1,0 \times 0,7 \times 0,91 = 0,78.$$

Для первого чернового прохода принимаем подачу $s = 0,3$ мм/об.

$$\text{Глубина резания: } t_{max} = z_{min} + TA_{1.1} = 0,48 + 0,25 = 0,73 \text{ мм.}$$

Стойкость: $T = 15$ мин для СМП.

Скорость резания:

$$v_1 = \frac{C_v}{T^m t_1^x s^y} K_v = \frac{420}{15^{0,2} \times 0,73^{0,15} \times 0,3^{0,20}} \times 0,78 = 275 \text{ м/мин,}$$

где $C_v = 420$; $x = 0,15$; $y = 0,20$; $m = 0,20$.

Частота вращения шпинделя с заготовкой:

$$n_1 = \frac{1000v_1}{\pi D} = \frac{1000 \times 275,7}{3,14 \times 16} = 5474 \text{ об/мин.}$$

Т.к. при такой большой частоте вращения может возникнуть вибрация, а длина рабочего хода при обработке торца небольшая (8 мм в поперечном направлении подачи), то принимаем $n = 1200$ об/мин и в последующем не будем её превышать.

$$\text{Тогда скорость резания } v_{пр} = \pi \cdot d \cdot n / 1000 = \pi \cdot 16 \cdot 1200 / 1000 = 60,3 \text{ м/мин.}$$

Т.к. изменение диаметра при последующей обработке будет небольшое (от 16 до 7 мм), то в последующем можно не рассчитывать скорость резания, т.к. она будет ограничена принятой наибольшей допустимой частотой вращения шпинделя $n_{max} = 1200$ об/мин. Уменьшение принятой скорости резания по сравнению с рассчитанной (60 против 275 м/мин) приведёт к увеличению

стойкости СМП.

Рассчитываем силу резания P_z , т.к. только эта составляющая влияет на требуемую мощность станка: $P_z = 10C_p t_1^x s^y v_1^n K_p$.

Поправочный коэффициент на силу резания представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих влияние геометрии резца и предел прочности на растяжение σ_B (МПа) обрабатываемого материала на силу резания:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p}$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{550}{750}\right)^{0,75} = 0,79;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0,79 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,0 = 0,55.$$

$$P_{Z1} = 10C_p t_1^x s^y v_1^n K_p = 10 \times 300 \times 0,73^1 \times 0,3^{0,75} \times 60^{-0,15} \times 0,55 = 480 \text{ Н.}$$

Составляющие силы резания:

Компо- нента	C_p	x	Y	n	K_{MP}	$K_{\phi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_p	$P_{z,y,x}$, Н
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,79	0,7	1,0	1,0	0,55	480
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,79	0,50	1,0	1,0	0,4	
P_x	339	1	0,5	-0,4	0,79	1,17	1,0	1,0	0,92	

$$\text{Мощность резания: } N_1 = \frac{P_{Z1} v_1}{1020 \times 60} = \frac{480 \times 60}{1020 \times 60} = 0,47 \text{ кВт.}$$

$$\text{Проверка мощности: } N_{рез} \leq N_{ст}; \quad 0,47 \text{ кВт} < 11 \text{ кВт.}$$

где $N_{рез}$ - мощность резания;

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

Т.к. сила резания небольшая (она и не должна быть большой из-за малой жёсткости заготовки при обработке в установе Б и на следующих операциях), то требуемая мощность станка во много раз больше мощности резания, поэтому расчёт силы резания и мощности станка при токарной обработке в последующем выполняться не будут. Выбор другой модели станка с меньшей мощностью

электродвигателя мало возможен, т.к. практически все многооперационные станки с ЧПУ (обрабатывающие центры) имеют достаточно большую мощность для обеспечения обработки заготовок в широких пределах диаметральных размеров заготовок, а, значит, и используемых глубины резания и подачи для обеспечения гибкости производства.

Расчёт скорости резания тоже не имеет смысла из-за малого диаметра обрабатываемых поверхностей, поэтому тоже выполняться не будет, а будет приниматься $n_{max} = 1200$ об/мин. Небольшая скорость резания при этом $v_{пр} = 60-30$ м/мин позволит использовать не только твёрдосплавные СМП с износостойким покрытием, но и быстрорежущие инструменты.

Вся необходимая информация о глубине резания, подаче и принятой частоте вращения шпинделя указана в технологической карте.

Подрезка торца с размера 162,1h11 мм до размера 161,55h9 мм на 1-ой операции, переход №2

Резец: подрезной с режущей пластиной СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DCMT-11T304 PM, обозначение державки: SDJCR 1616 H11, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 32^\circ$, $r = 0,4$ мм, $\gamma = 13^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Сверление центровочного отверстия $\varnothing 3,35h14$ мм на 1-ой операции, переход №3

Инструмент: сверло центровочное 2317-0103 по ISO 14952-75, быстрорежущая сталь Р6М5. Диаметр сверла: $D=4$ мм; длина отверстия: $l = 4,32$ мм. Подача: $s=0,1$ мм/об. Стойкость инструмента: $T=15$ мин.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{550} \right)^{1,0} = 1,36; K_{IV} = 1 \quad K_{LV} = 0,75$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{LV} = 1,36 \times 1 \times 0,75 = 1,02$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V D^q}{T^{m_S} S^y} K_V = \frac{3,5 \times 4^{0,5}}{15^{0,12} \times 0,1^{0,45}} \times 1,02 = 14,54 \frac{\text{м}}{\text{мин}}, \text{ где } C_V = 3,5; \quad m=0,12; \quad y=0,45;$$

$q=0,50$.

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 14,54}{3,14 \times 4} = 1158 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n = 1200$ об/мин.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 \times 0,041 \times 4^2 \times 0,1^{0,7} \times 0,79 = 1,03 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_M = 0,041; \quad q=2; \quad y=0,7;$$

Осевая сила резания:

$$P_O = 10 C_P D^q S^y K_p = 10 \times 143 \times 4^1 \times 0,1^{0,7} \times 0,79 = 902 \text{ Н},$$

$$\text{где } K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,79; \quad C_P = 143; \quad q=1; \quad y=0,7;$$

$$\text{Мощность резания: } N_{рез} = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{1,03 \times 1158}{9750} = 0,12 \text{ кВт}.$$

Проверка мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}; \quad 0,12 \text{ кВт} < 11 \text{ кВт}, \quad \text{т.е. мощности станка хватает в избытке.}$

Обдирка поверхности с размера $\emptyset 16js14$ мм до размера $\emptyset 8,44h12$ мм на 1-ая операция, переход №4

Резец: подрезной с отогнутой головкой с режущей пластиной СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DCMT-11Т304 РМ, обозначение державки: SDJCR 1616 Н11, геометрические параметры режущей

части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 32^\circ$, $r = 0,4$ мм, $\gamma = 13^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,1$ мм/об.

Наибольший припуск: $z_{max} = \frac{16-8,44}{2} = 3,78$ мм. Такой большой припуск

желательно удалить за несколько проходов $i = \frac{t}{t_{\text{принятое}}} = \frac{3,78}{2} \approx 2$ прохода.

Таким образом, принимаем глубину резания $t = 3,78/2 \approx 1,9$ мм. Обычно на первом проходе глубина резания устанавливается немного больше, чем на последнем, чтобы уменьшить составляющую силу резания P_y для уменьшения упругой деформации системы СПИД и, следовательно, увеличить точность обработки по размеру и по форме, что особенно важно для маложёстких заготовок.

Стойкость: $T = 15$ мин для СМП. Принимаем $n = 1200$ об/мин.

Обдирка поверхности с размера $\varnothing 8,44h12$ мм до размера $\varnothing 8h9$ мм на 1-ой операции, переход №5

Резец: подрезной с отогнутой головкой с режущей пластиной СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DCMT-11T304 PM, обозначение державки: SDJCR 1616 H11, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 32^\circ$, $r = 0,4$ мм, $\gamma = 13^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Стойкость: $T = 15$ мин для СМП, принимаем $n = 1200$ об/мин.

Обточка канавки с размера $\varnothing 8h9$ мм до размера $\varnothing 6,5h14$ мм, 1-ая операция, переход №6

Резец – отрезной, CoroCut 1-2 -size D2 (N123D2-0150-0001-GF 1105), материал - твердый сплав Т15К6, геометрические параметры режущей части: главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$.

Подача: $s = 0,1 \text{ мм/об}$; глубина резания равна ширине канавки при отрезании или обточке канавки: $t = 2 \text{ мм}$. Стойкость: $T = 15 \text{ мин}$, принимаем $n = 1200 \text{ об/мин}$.

Обточка фаски размера 0,6js14 мм, 1-ая операция, переход №7

Резец: проходной с квадратной СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: SNMA-090304, обозначение державки: DSSNR 1616 Н09, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$, $r = 0,4 \text{ мм}$.

Подача: $s = 0,1 \text{ мм/об}$, глубина резания: $t = 0,6 \text{ мм}$.

Стойкость: $T = 15 \text{ мин}$ для СМП, принимаем $n = 1200 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$.

Обдирка поверхности с размера $\varnothing 16js14 \text{ мм}$ до размера $\varnothing 10,3h12 \text{ мм}$, 1-ая операция, переход №8

Резец: подрезной с отогнутой головкой с СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DCMT-11Т304 РМ, обозначение державки: SDJCR 1616 Н11, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 180^\circ - 93^\circ - 55^\circ = 32^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4 \text{ мм}$, главный передний угол $\gamma = 13^\circ$, главный задний угол $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Принимаем небольшую подачу, т.к. жёсткость заготовки маленькая, к тому же затем будет выполняться полуступенчатая обточка по 9 качеству. Глубина резания: $t = \frac{16-10,2}{2} = 4,9 \text{ мм}$. Обрабатываем за несколько проходов $i = \frac{t}{t_{\text{принятое}}} = \frac{4,9}{2} \approx 2$ прохода, на первом проходе $t_1 = 2,8 \text{ мм}$, на втором $t_1 = 2,1 \text{ мм}$. Стойкость: $T = 15 \text{ мин}$ для СМП.

Принимаем $n = 1200 \text{ об/мин}$.

Обдирка поверхности с размера $\varnothing 10, 3h12$ мм до размера $\varnothing 9, 8h9$ мм, 1-ая операция, переход №9 (получистовая обработка)

Резец: подрезной с отогнутой головкой с СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DСMT-11Т304 РМ, обозначение державки: SDJCR 1616 Н11, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 32^\circ$, $r = 0,4$ мм, $\gamma = 13^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

$$\text{Подача: } s = 0,1 \text{ мм/об, } t = \frac{0,29 + \frac{0,15 + 0,036}{2}}{2} = 0,19 \text{ мм.}$$

$$\text{Стойкость: } T = 15 \text{ мин для СМП, принимаем } n = 1200 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Обдирка поверхности с размера $\varnothing 9, 8h9$ мм до размера $\varnothing 7h12$ мм на 1-ая операция, переход №10

Резец: **фасонный** с напайной режущей пластиной, материал - твердый сплав Т15К6, но можно использовать быстрорежущую сталь Р6М5. Геометрические параметры режущей части: главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 45^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм, $\gamma = 13^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: радиальная при врезании $s = 0,1$ мм/об, т.к. при меньшей подаче увеличивается влияние округления режущей кромки, что ведёт к увеличению радиальной составляющей силы резания. Продольная 0,1 мм/об.

Глубина резания: $t = \frac{9,8-7}{2} = 1,4$ мм, стойкость $T = 120$ мин для фасонного резца. Принимаем $n = 1200$ об/мин.

Обточка конической поверхности с размера $\varnothing 7h12$ мм до размера $\varnothing 9, 5h9$ мм, 1-ая операция, переход №11

Резец: **левый фасонный** с напайной режущей пластиной из твердого сплава Т15К6, но можно использовать быстрорежущую сталь Р6М5. Главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 10^\circ$, радиус при вершине

$r = 0,4$ мм, главный передний угол $\gamma = 13^\circ$, главный задний угол $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,1$ мм/об, глубина резания: $t = 0,5$ мм,
стойкость: $T = 120$ мин для фасонного резца.

Принимаем $n = 1200$ об/мин

Обдирка поверхности с размера $\varnothing 16js14$ мм до размера $\varnothing 11,9h14$ мм, 1-ая операция, переход №12

Резец подрезной с отогнутой головкой с СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DCMT-11Т304 РМ, обозначение державки: SDJCR 1616 Н11, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 180^\circ - 93^\circ - 55^\circ = 32^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм, главный передний угол $\gamma = 13^\circ$, главный задний угол $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Принимаем небольшую подачу, т.к. жёсткость заготовки маленькая. Глубина резания: $t = \frac{16-11,6}{2} = 2,2$ мм. Обрабатываем за один проход. Стойкость: $T = 15$ мин для СМП, $n = 1200$ об/мин.

Обточка поверхности с размера $\varnothing 11,9h14$ мм до размера $\varnothing 11,5h12$ мм, 1-ая операция, переход №13

Резец подрезной с отогнутой головкой с СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DCMT-11Т304 РМ, обозначение державки: SDJCR 1616 Н11, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 180^\circ - 93^\circ - 55^\circ = 32^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм, главный передний угол $\gamma = 13^\circ$, главный задний угол $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Принимаем небольшую подачу, т.к. жёсткость заготовки маленькая. Глубина резания: $t = \frac{0,36 + \frac{0,43 + 0,18}{2}}{2} = 0,33$ мм .
Обрабатываем за один проход. Стойкость: $T = 15$ мин для СМП, $n =$

1200 об/мин.

Обточка поверхности с размера $\varnothing 11,5h12$ мм до размеров $\varnothing 7h12$ мм и $\varnothing 9h14$ мм, 1-ая операция, переход №14

Резец: **фасонный** (типа отрезного) с напайной режущей пластиной, материал - твердый сплав Т15К6, но можно использовать быстрорежущую сталь Р6М5. Геометрические параметры режущей части: главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 45^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм, $\gamma = 13^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: радиальная при врезании $s = 0,1$ мм/об, т.к. при меньшей подаче увеличивается влияние округления режущей кромки, что ведёт к увеличению радиальной составляющей силы резания. Продольная 0,1мм/об.

Глубина резания: $t = \frac{11,5-7}{2} = 2,25$ мм, обтачиваем за один проход.

Стойкость: $T = 120$ мин для фасонного резца.

Принимаем $n = 1200$ об/мин.

Обточка фаски размера $1js14$ мм, 1-ая операция, переход №15

Резец: проходной с квадратной СМП, будет работать как левый резец, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: SNMA-090304, обозначение державки: DSSNL 1616 H09, Геометрические параметры режущей части: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм. Принимаем $n = 1200$ об/мин.

Обточка фаски размером $1js14$ мм, 1-ая операция, переход №16

Резец: проходной с квадратной СМП, будет работать как правый резец, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: SNMA-090304, обозначение державки: DSSNL 1616 H09, Геометрические параметры режущей части:

$\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм. Принимаем $n = 1200$ об/мин.

Фрезеровать 3 лопасти поочерёдно, 1-ая операция, переход №17

Фреза концевая $\varnothing 10$ мм из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 17025-71 с цилиндрическим хвостовиком, крепится в цанговом патроне фрезерного приспособления, закреплённого в одной из позиций резцедержателя с горизонтальной осью вращения при его повороте.

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv}$$

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \times \left(\frac{750}{550} \right)^{1,45} = 1,33$$

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv} = 1,33 \times 0,9 \times 1,0 = 1,2$$

Число зубьев фрезы $z = 4$; ширина фрезерования $B = 2$ мм; диаметр фрезы $D = 10$ мм; наибольшая глубина фрезерования $t = 6$ мм.

Подача на один зуб $S_z = 0,02$ мм/зуб. Стойкость $T = 50$ мин.

$$C_v = 46,7; q = 0,45; x = 0,5; y = 0,5; u = 0,1; p = 0,1; m = 0,33$$

Скорость резания:

$$V_{\text{расч}} = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v = \frac{46,7 \times 10^{0,45}}{50^{0,33} \times 6^{0,5} \times 0,02^{0,5} \times 2^{0,1} \times 4^{0,1}} \times 1,2 =$$

$$= 84,9 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 84,9}{3,14 \times 2} = 2703 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 1200 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$, наибольшая величина которой обеспечивается на фрезерном приспособлении токарно-фрезерного станка. Рассчитывается минутная подача:

$$S_m = S_z \times z \times n = 0,02 \times 4 \times 1200 = 96 \text{ м/мин. Принимаем } 72 \text{ м/мин.}$$

Сила резания:

$$C_p = 68,2; q = 0,86; x = 0,86; y = 0,72; u = 1,0; w = 0.$$

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{550}{750}\right)^{0,35} = 0,9$$

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^{u_z}}{D^q n^w} K_{\text{мп}} = \frac{10 \times 68,2 \times 6^{0,86} \times 0,02^{0,72} \times 2^{1,0} \times 4}{10^{0,86} \times 1200^0} \times 0,9 = 234,7 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{234,7 \times 72}{1020 \times 60} = 0,3 \text{ кВт}$$

$$\text{Крутящий момент: } M = \frac{P_z D}{2 \times 1000} = \frac{234,7 \times 10}{2 \times 1000} = 1,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$\frac{P_h}{P_z} = 0,6; \frac{P_v}{P_z} = 0,6; \frac{P_y}{P_z} = 0,3; \frac{P_x}{P_z} = 0,5.$$

Составляющие силы резания при фрезеровании концевой фрезой при встречном фрезеровании:

$$P_h = 140,82 \text{ Н}; P_v = 140,82 \text{ Н}; P_y = 70,41 \text{ Н}; P_x = 117,35 \text{ Н.}$$

Обдирка поверхности с размера $\phi 16js14$ мм до размера $\phi 14h14$ мм на 1-ая операция, переход №18

Резец подрезной с отогнутой головкой с СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DCMT-11Т304 РМ, обозначение державки: SDJCR 1616 Н11, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 180^\circ - 93^\circ - 55^\circ = 32^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм, главный передний угол $\gamma = 13^\circ$, главный задний угол $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Принимаем меньшую подачу, т.к. жёсткость заготовки маленькая. Глубина резания: $t = 1$ мм. Обрабатываем за один проход. Стойкость: $T = 15$ мин для СМП, $n = 1200$ об/мин.

Обточка канавки с размера $\phi 9h14$ мм до размера $\phi 8,66h12$ мм, 1-ая операция, переход №19

Резец – отрезной, CoroCut 1-2 -size D2 (N123D2-0150-0001-GF 1105), материал - твердый сплав Т15К6, геометрические параметры режущей части:

Главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$. Подача: $s = 0,1$ мм/об.

Глубина резания: $t = 2$ мм. Стойкость: $T = 15$ мин

Принимаем $n = 1200$ об/мин

Обточка канавки с размера $\varnothing 8,66h12$ мм до размера $\varnothing 8,22h9$ мм, 1-ая операция, переход №20

Резец – отрезной, CoroCut 1-2 -size D2 (N123D2-0150-0001-GF 1105), материал - твердый сплав T15K6, геометрические параметры режущей части:

главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$. Подача: $s = 0,1$ мм/об.

Глубина резания: $t = 2$ мм. Стойкость: $T = 15$ мин.

Принимаем $n = 1200$ об/мин

Обточка поверхности с размера $\varnothing 14h14$ мм до размера $\varnothing 5h14$ мм, 1-ая операция, переход №21

Резец – отрезной, CoroCut 1-2 -size D2 (N123D2-0150-0001-GF 1105), материал - твердый сплав T15K6, $\varphi = 90^\circ$.

Подача: $s = 0,1$ мм/об, глубина резания: $t = 2$ мм.

Стойкость: $T = 15$ мин, принимаем $n = 1200$ об/мин.

Обточка конуса с размера $\varnothing 5h14$ мм до размера $\varnothing 14h14$ мм, 1-ая операция, переход №22

Резец: левый проходной с режущей пластиной СМП, материал - твердый сплав T15K6, обозначение ISO: DСMT-11T304 РМ, обозначение державки: SDJCL 1616 Н11. Геометрические параметры режущей части: $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 32^\circ$, $r = 0,4$ мм, $\gamma = 13^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,1$ мм/об, стойкость: $T = 15$ мин для СМП.

Принимаем $n = 1200$ об/мин.

Отрезать заготовку на 1-ой операции, переход №23

Резец – отрезной, CoroCut 1-2 -size D2 (N123D2-0150-0001-GF 1105), материал - твердый сплав T15K6, геометрические параметры режущей части:

главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$.

Подача: $s = 0,1$ мм/об, глубина резания: $t = 2$ мм.

Стойкость: $T = 15$ мин

Принимаем $n = 1200$ об/мин.

1.7.2. Токарная обработка на второй операции

Токарная обработка детали будет производиться твердосплавными СМП из Т15К6. Для второй операции выбираем многооперационный станок модели *GLS 1500* фирмы *Goodway* (Тайвань)

Подрезка торца с размера 161,98js14 мм до размера 161h14 мм на 2-ая операции, переход №1

Резец: проходной отогнутый с квадратной СМП, материал - твердый сплав Т15К6, обозначение ISO: DCMT-11T304 PM, геометрические параметры режущей части: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$, $r = 0,4$ мм, главный передний угол $\gamma = 13^\circ$, главный задний угол $\alpha = 9^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Подача: $s = 0,1$ мм/об, глубина резания: $t = 161,98 - 161 = 0,98$ мм, обрабатываем за один проход. Стойкость: $T = 15$ мин для СМП, принимаем $n = 1200$ об/мин

1.7.3. Шлифовальная обработка

Для данной операции выбираем круглошлифовальный станок MD1320B. Выбор шлифовального круга: Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ2, структура 7, керамическая связка из К5, диаметр круга наружный 200 мм, посадочный – 100 мм, ширина круга 30 мм, но периферия его обтачивается твёрдосплавным резцом на токарном станке при 63 об/мин до ширины 3 мм.

Таблица 1.7.3. – Круглошлифовальный станок MD1320B

Технические характеристики:	
Диаметр обрабатываемой детали	8-200 мм
Высота центров	125
Макс. скорость вращения круга	2500 об\мин
Мощность двигателя	7,5 кВт
Макс. перемещение шлифовального круга	215 мм
Мах вес обрабатываемой детали, кг	50

Шлифовать наружную поверхность до диаметра $\varnothing 9,5h7$ на 3-ей операции, переход №1

Для данной операции выбираем круглошлифовальный станок MD1320B. Выбор шлифовального круга: Белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ2, структура 7, керамическая связка из К5

Скорость вращения круга: $v_k = 25$ м/с;

Скорость вращения заготовки: $v_3 = 15$ м/мин;

Врезное шлифование, т.е. с радиальной подачей круга:

$s_{рад} = 0,005$ мм/об заг.;

Ширина круга на рабочей части $B=3$ мм; диаметр круга $D=200$ мм;

Частота вращения детали: $n = 1300$ 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 режимов резания при круглом цилиндрическом шлифовании [3]

$$C_N = 2.2; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55.$$

Тогда:

$$N = C_N \times V_3^r \times t^X \times s^Y \times d^q = 2,2 \times 15^{0,5} \times 0,0075^{0,5} \times 0,5^{0,55} = 0,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}$; $0,5 < 6,75$

Шлифовать наружную поверхность до диаметра $\varnothing 8h7$ на 3-ая операция, переход №2

Скорость вращения круга: $v_k = 25 \text{ м/с}$;

Скорость вращения заготовки: $v_3 = 15 \text{ м/мин}$;

Глубина шлифования: $t = 0,0075 \text{ мм}$;

Ширина круга $B=3 \text{ мм}$; диаметр круга $D=80 \text{ мм}$;

Поперечная подача: $s = 0,005 \text{ мм/об}$;

$$\text{Частота вращения детали: } n = 1000 \cdot \frac{v}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{15}{3,14 \cdot 8} = 597 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n_{\text{заг}} = 630 \text{ об/мин}$.

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \times v^r \times s^Y \times d^q \times b^z,$$

где - значение коэффициента C_N и показателей степени по таблице режимов резания при врезном круглом шлифовании [3]

$$C_N = 0,14; r = 0,8; x = 0,8; y = 0, q = 0,2, z = 1,0.$$

Тогда:

$$N = C_N \times v^r \times s^Y \times d^q \times b^z = 0,14 \times 15^{0,8} \times 0,005^0 \times 8^{0,2} \times 3^1 = 0,5 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}$; $0,5 < 6,75$

1.7.4. Фрезерная обработка на четвёртой операции

Фрезерование торцового паза (шлица) будет производиться дисковой фрезой из Р6М5. Для четвёртой операции выбираем консольный горизонтально-фрезерный станок 6Р81. Эта обработка может быть выполнена и

на токарно-фрезерном многооперационном станке GLS 1500 фирмы Goodway, однако в учебных целях показан выбор фрезерного станка.

Таблица 1.7.4 – Основные характеристики горизонтально-фрезерного станка 6P81

Размеры рабочей поверхности стола (длина x ширина), мм	1000 x 250
Наименьшее и наибольшее расстояние от оси шпинделя до стола	50..370
Расстояние от оси шпинделя до хобота, мм	142
Наибольшее перемещение стола продольное (ось X), мм	630
Наибольшее перемещение стола поперечное (ось Y), мм	200
Наибольшее перемещение стола вертикальное (ось Z), мм	320
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5..1600
Количество скоростей шпинделя	18
Быстрый ход стола продольный и поперечный, мм/мин	3150
Быстрый ход стола вертикальный, мм/мин	1050
Пределы рабочих подач. Продольных и поперечных, мм/мин	25..800
Электродвигатель привода главного движения, кВт	5,5
Масса станка, кг	2280
Габариты станка	1480 x 1990 x 1630

Фрезеровать торцовый паз на 4-ой операции, переход №1

Фреза прорезная из быстрорежущей стали P6M5 ГОСТ 2679-73

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv}$$

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \times \left(\frac{750}{550} \right)^{1,45} = 1,33$$

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv} = 1,33 \times 0,9 \times 1,0 = 1,2$$

Число зубьев фрезы $z = 32$; ширина фрезерования $B = 2$ мм; диаметр

фрезы $D = 80$ мм; глубина фрезерования $t = 2$ мм.

Подача на один зуб $S_z = 0,01$ мм/зуб, стойкость $T = 50$ мин

$$C_v = 68,5; q = 0,25; x = 0,3; y = 0,2; u = 0,1; p = 0,1; m = 0,2$$

Скорость резания:

$$V_{\text{расч}} = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v = \frac{68,5 \times 80^{0,25}}{50^{0,2} \times 2^{0,3} \times 0,01^{0,2} \times 2^{0,1} \times 32^{0,1}} \times 1,2$$
$$= 94,75 \text{ м/мин}$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 94,75}{3,14 \times 20} = 1509 \text{ об/мин}$$

$$S_m = S_z \times z \times n = 0,01 \times 32 \times 1509 = 482,88 \text{ м/мин}$$

Сила резания:

$$C_p = 30; q = 0,83; x = 0,83; y = 0,65; u = 1,0; w = 0$$

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{550}{750}\right)^{0,35} = 0,9$$

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u Z^p}{D^q n^w} K_{\text{мп}} = \frac{10 \times 30 \times 3^{0,83} \times 0,01^{0,65} \times 2^{1,0} \times 32}{20^{0,83} \times 1509^0} \times 0,9$$
$$= 199,28 \text{ Н}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{P_z v}{1020 \times 60} = \frac{199,28 \times 94,75}{1020 \times 60} = 0,31 \text{ кВт}$$

$$\text{Крутящий момент: } M = \frac{P_z D}{2 \times 1000} = \frac{199,28 \times 20}{2 \times 1000} = 2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\frac{P_h}{P_z} = 0,6; \frac{P_v}{P_z} = 0,6; \frac{P_y}{P_z} = 0,3; \frac{P_x}{P_z} = 0,5$$

$$P_h = 119,6 \text{ Н}; P_v = 119,6 \text{ Н}; P_y = 59,8 \text{ Н}; P_x = 99,64 \text{ Н}.$$

1.7.5. Токарная обработка на пятой операции

Токарная обработка детали будет производиться токарным резьбовым резцом из Р6М5. Для пятой операции выбираем многооперационный станок модели GLS 1500 фирмы Goodway (Тайвань).

Нарезать резьбу $M8 \times 0,75 - 8g$ на 5-ой операции, переход №1

Резец – токарный резьбовой по ГОСТ 18885-73, материал – Р6М5.

При нарезании резьбы глубина резания равна высоте профиля резьбы.

Геометрические параметры режущей части: угол при вершине $\varepsilon = 60^\circ$, $\varphi = 60^\circ$, $\varphi_1 = 60^\circ$ (хотя у резьбового резца обе режущие кромки главные, т.к. в равной мере участвуют в снятии припуска).

Сечение резца: 16×10 ; $L = 100$ мм; $m = 1,5$ мм

Число рабочих ходов: 3

Глубина резания: $t = \frac{8-7,080}{2 \times 3} \approx 0,15$ мм

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

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

$$C_v = 14,8; x = 0,7; y = 0,3; m = 0,11; T = 80 \text{ мин}$$

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv}$$

где $K_{mv} = 1$ – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{nv} = 1$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{uv} = 1$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

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

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{14,8}{80^{0,11} \times 0,15^{0,47} \times 0,75^{0,3}} \times 1 = 24,3 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя n :

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 24,3}{3,14 \times 8} = 968 \text{ об/мин}$$

принимаем $n = 1000$ об/мин.

Мощность станка рассчитывать не требуется, т.к. при нарезании резьбы такого малого диаметра резцом за три прохода она будет небольшая. Пример расчёта силы резания:

$$P_z = \frac{10C_p p^y}{i} K_p$$

$$p = 0,75; i = 3; D = 8; y = 1,7; C_p = 148; K_p = K_{MP} = 0,79$$

$$P_z = \frac{10C_p p^y}{i} K_p = \frac{10 \times 148 \times 0,75^{1,7}}{3} \times 0,79 = 239 \text{ Н.}$$

Сверление отверстия $\varnothing 5\text{H}14$ мм

Сверление деталей производится ружейным сверлом из быстрорежущей стали Р6М5, но может выполняться и сверлом с головкой с напайной твёрдосплавной пластиной Т15К6, обеспечивающим большую стойкость.

Диаметр сверла: $D=5\text{мм}$; длина отверстия: $l_g = A_{2,1}^{max} = 161 \text{ мм}$.

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

Стойкость инструмента: $T=120 \text{ мин}$.

Поправочные коэффициенты:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} = 1 \times \left(\frac{750}{550}\right)^{1,0} = 1,36; K_{IV} = 1 K_{IV} = 0,75$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{IV} \times K_{IV} = 1,36 \times 1 \times 0,75 = 1,02$$

$$K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{550}{750}\right)^{0,75} = 0,79$$

Скорость резания:

$$v = \frac{C_V D^q}{T^{m_S} s^y} K_v = \frac{3,5 \times 5^{0,5}}{120^{0,12} \times 0,15^{0,45}} \times 1,02 = 13,55 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

где $C_V = 3,5$; $m=0,12$; $y=0,45$; $q=0,50$.

Частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 13,55}{3,14 \times 5} = 864 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 1000 \text{ об/мин}$, это обеспечит немного меньшую подачу на

оборот для предотвращения изгиба стебля ружейного сверла.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p = 10 \times 0,041 \times 5^2 \times 0,15^{0,7} \times 0,79 = 2,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_M = 0,041; q=2; y=0,7;$$

Сила резания:

$$P_O = 10C_P D^q S^y K_p = 10 \times 143 \times 5^1 \times 0,15^{0,7} \times 0,79 = 1497 \text{ Н}$$

$$C_P = 143; q=1; y=0,7;$$

$$\text{Мощность: } N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{2,15 \times 864}{9750} = 0,19 \text{ кВт}$$

Проверка мощности: $N_{рез} \leq N_{ст}$; $0,19 \text{ кВт} < 11 \text{ кВт}$.

1.8. Нормирование технологических операций

1.8.1. Расчет основного времени

Основное время для токарных операций определяем по формуле:

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

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{сх} + l_{пд},$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_B – величина врезания инструмента, мм;

$l_{сх}$ – величина схода инструмента, мм;

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

Принимаем: $l_{\text{сх}} = l_{\text{пд}} = 1$ 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 токарно-фрезерной операции:

Переход 1: обточка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(10 + \frac{0,73}{\text{tg}93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(5494 \times 0,1)} = 0,02 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(10 + \frac{0,305}{\text{tg}93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(5749 \times 0,1)} = 0,02 \text{ мин}$$

Переход 2: окончательная обточка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(10 + \frac{0,355}{\text{tg}93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(5622 \times 0,1)} = 0,02 \text{ мин}$$

Переход 3: просверлить центровочное отверстие

$$T_o = (l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \times \frac{i}{n \times S} = (4,32 + 1 + 0) \times \frac{1}{(1158 \times 0,1)} = 0,05 \text{ мин}$$

Переход 4: обдирка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(9,5 + \frac{0,5}{\text{tg}93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{9}{(5338 \times 0,1)} = 0,2 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(9,5 + \frac{0,48}{\text{tg}93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(9763 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(9,5 + \frac{0,4}{\text{tg}93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(11007 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 5: полуступовая обточка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\text{tg}\phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(9,5 + \frac{0,19}{\text{tg}93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(14641 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 6: точить канавку

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{нд}) \times \frac{i}{n \times S} = (1,5 + 1 + 1) \times \frac{2}{(6183 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 7: точить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(0,6 + \frac{0,6}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(17636 \times 0,1)} = 0,002 \text{ мин}$$

Переход 8: обдирка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(113,5 + \frac{0,5}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{9}{(5338 \times 0,1)} = 1,95 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(113,5 + \frac{0,4}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(10035 \times 0,1)} = 0,12 \text{ мин}$$

Переход 9: получистовая обточка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(113,5 + \frac{0,19}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(12115 \times 0,1)} = 0,1 \text{ мин}$$

Переход 10: обдирка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(110 + \frac{0,5}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(10983 \times 0,1)} = 0,2 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(110 + \frac{0,4}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(14152 \times 0,1)} = 0,08 \text{ мин}$$

Переход 11: обдирка конуса

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(2,5 + \frac{0,5}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{5}{(11231 \times 0,1)} = 0,02 \text{ мин}$$

Переход 12: обдирка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(31 + \frac{0,55}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(8212 \times 0,1)} = 0,04 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(31 + \frac{0,5}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{7}{(5338 \times 0,1)} = 0,43 \text{ мин}$$

Переход 13: обдирка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(31 + \frac{0,33}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(9547 \times 0,1)} = 0,03 \text{ мин}$$

Переход 14: обдирка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(25 + \frac{0,5}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(9278 \times 0,1)} = 0,06 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(25 + \frac{0,45}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(9430 \times 0,1)} = 0,03 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(25 + \frac{0,4}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(9598 \times 0,1)} = 0,06 \text{ мин}$$

Переход 15: точить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(1 + \frac{0,5}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(12629 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 16: точить фаску

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(1 + \frac{0,5}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(12629 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 17: фрезеровать 3 лопасти

$$T_o = \frac{(l + l_{cx} + l_{нд}) \times i}{S_m} = \frac{(8 + 1 + 1) \times 12}{1880} = 0,06 \text{ мин}$$

Переход 18: обдирка наружной поверхности

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(20 + \frac{0,5}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{6}{(5335 \times 0,1)} = 0,25 \text{ мин}$$

Переход 19: точить канавку

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{нд}) \times \frac{i}{n \times S} = (0,17 + 1 + 1) \times \frac{2}{(5496 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 20: точить канавку

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{нд}) \times \frac{i}{n \times S} = (0,22 + 1 + 1) \times \frac{2}{(5712 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 21: обдирка наружной поверхности

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{нд}) \times \frac{i}{n \times S} = (4,5 + 1 + 1) \times \frac{8}{(3533 \times 0,1)} = 0,16 \text{ мин}$$

Переход 22: обдирка конуса

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(4,5 + \frac{0,5}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{9}{(7621 \times 0,1)} = 0,08 \text{ мин}$$

Переход 23: отрезать заготовку

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{нд}) \times \frac{i}{n \times S} = (2,5 + 1 + 1) \times \frac{1}{(9892 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Основное время для второй токарной операции:

Переход 1: обточка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(2,5 + \frac{0,5}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(15241 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(2,5 + \frac{0,48}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(15333 \times 0,1)} = 0,01 \text{ мин}$$

Основное время для третьей шлифовальной операции:

Переход 1: шлифовать наружную поверхность

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times \frac{2i}{n \times S} = (1 + 1 + 1) \times 2 \times \frac{27}{3,6 \times 1300} = 0,03 \text{ мин}$$

Переход 2: шлифовать наружную поверхность

$$T_o = (l + l_{cx} + l_{пд}) \times \frac{2i}{n \times S} = (1 + 1 + 1) \times 2 \times \frac{15}{1,2 \times 1300} = 0,06 \text{ мин}$$

Основное время для четвертой фрезерной операции:

Переход 1: фрезеровать торцовый паз

$$T_o = \frac{(l + l_{cx} + l_{пд}) \times i}{S_m} = \frac{(14 + 1 + 1)}{482,88} = 0,03 \text{ мин}$$

Основное время для пятой токарной операции:

Переход 1: нарезать резьбу

$$T_o = \left(l + \frac{t}{tg\phi} + l_{cx} + l_{пд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(7 + \frac{0,46}{tg93^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{3}{(2024 \times 0,25)} = 0,05 \text{ мин}$$

Переход 2: сверлить отверстие

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

$$T_o = (l + l_{вр} + l_{cx} + l_{пд}) \times \frac{i}{n \times S} = (161 + 1,5 + 1 + 1) \times \frac{1}{(864 \times 0,15)} = 1,27 \text{ мин}$$

1.8.2. 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.

1.8.3. Расчет оперативного времени

$$T_{оп} = T_{очн} + T_B$$

1. Токарно-фрезерная:

$$T_{оп} = T_{очн} + T_B = 4,092 + 1,16 = 5,252 \text{ мин}$$

2. Токарная

$$T_{оп} = T_{очн} + T_B = 0,02 + 0,42 = 0,44 \text{ мин}$$

3. Шлифовальная

$$T_{оп} = T_{очн} + T_B = 0,09 + 1,1 = 1,19 \text{ мин}$$

4. Горизонтально-фрезерная

$$T_{оп} = T_{очн} + T_B = 0,03 + 0,42 = 0,45 \text{ мин}$$

5. Токарная

$$T_{оп} = T_{очн} + T_B = 1,32 + 0,9 = 2,22 \text{ мин}$$

1.8.4. Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп}$$

где α – процент от оперативного времени.

1. Токарно-фрезерная

$$T_{обс} = \alpha \times T_{оп} = 0,05 \times 5,252 = 0,26 \text{ мин}$$

2. Токарная

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 0,44 = 0,01 \text{ мин}$$

3. Шлифовальная

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 1,19 = 0,02 \text{ мин}$$

4. Горизонтально-фрезерная

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 0,45 = 0,01 \text{ мин}$$

5. Токарная

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 2,22 = 0,04 \text{ мин}$$

1.8.5. Расчет времени на отдых

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

Где, β - процент от оперативного времени.

1. Токарно-фрезерная

$$t_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 5,252 = 0,26 \text{ мин}$$

2. Токарная

$$t_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 0,44 = 0,02 \text{ мин}$$

3. Шлифовальная

$$t_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,19 = 0,05 \text{ мин}$$

4. Горизонтально-фрезерная

$$t_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 0,45 = 0,02 \text{ мин}$$

5. Токарная

$$t_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 2,22 = 0,09 \text{ мин}$$

1.8.6. Расчет подготовительно-заключительного времени

1. Токарно-фрезерная: $T_{\text{пз}} = 10$ мин (трёхкулачковый патрон для станка)

практически не снимается)

2. Токарная: $T_{пз} = 5$ мин
3. Шлифовальная: $T_{пз} = 10$ мин
4. Горизонтально-фрезерная: $T_{пз} = 20$ мин
5. Токарная: $T_{пз} = 30$ мин (установка и настройка цангового патрона с пневмоприводом)

1.8.7. Расчет штучного времени

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

1. Токарно-фрезерная

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 5,252 + 0,26 + 0,26 = 5,772 \text{ мин}$$

2. Токарная

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 0,44 + 0,01 + 0,02 = 0,47 \text{ мин}$$

3. Шлифовальная

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 1,19 + 0,02 + 0,05 = 1,26 \text{ мин}$$

4. Горизонтально-фрезерная

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 0,45 + 0,01 + 0,02 = 0,48 \text{ мин}$$

5. Токарная

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обс} + T_{отд} = 2,22 + 0,04 + 0,09 = 2,35 \text{ мин}$$

1.8.8. Расчёт штучно-калькуляционного времени

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

1. Токарно-фрезерная

$$T_{шт.к} = \sum T_{шт} + \frac{\sum T_{пз}}{n} = 5,775 \text{ мин}$$

2. Токарная

$$T_{\text{шт.к}} = \sum T_{\text{шт}} + \frac{\sum T_{\text{пз}}}{n} = 0,47 \text{ мин}$$

3. Шлифовальная

$$T_{\text{шт.к}} = \sum T_{\text{шт}} + \frac{\sum T_{\text{пз}}}{n} = 1,263 \text{ мин}$$

4. Горизонтально-фрезерная

$$T_{\text{шт.к}} = \sum T_{\text{шт}} + \frac{\sum T_{\text{пз}}}{n} = 0,49 \text{ мин}$$

5. Токарная

$$T_{\text{шт.к}} = \sum T_{\text{шт}} + \frac{\sum T_{\text{пз}}}{n} = 2,36 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к техпроц.}} = \sum T_{\text{шт.к } i} = 10,34 \text{ мин.}$$

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

В качестве технологической оснастки для пятой операции выбран цанговый патрон.

Целью конструкторской части является разработка данного приспособления для пятой токарной операций, определения силы закрепления заготовки.

Механизированный цанговый патрон для токарной обработки заготовки предназначен для нарезания резьбы резьбовым резцом и сверления сквозного отверстия ружейным сверлом.

2.1. Устройство и принцип работы проектируемого приспособления

На рисунке 2.1 изображен механизированный цанговый патрон для токарной обработки заготовки. На заготовку с тремя лопастями одеваются сверху три накладки (рис. 2.2), и вся эта конструкция устанавливается в цангу 8 до упора колпачка, одеваемого на правый торец сборной конструкции, торцом в торец цанги. Тем самым обеспечивается базирование заготовки по правому торцу, что необходимо для настройки хода резьбового резца от правого торца заготовки согласно чертежа детали. При перемещении штока пневматического цилиндра влево цанга 8, сжимаясь, центрирует и закрепляет заготовку.

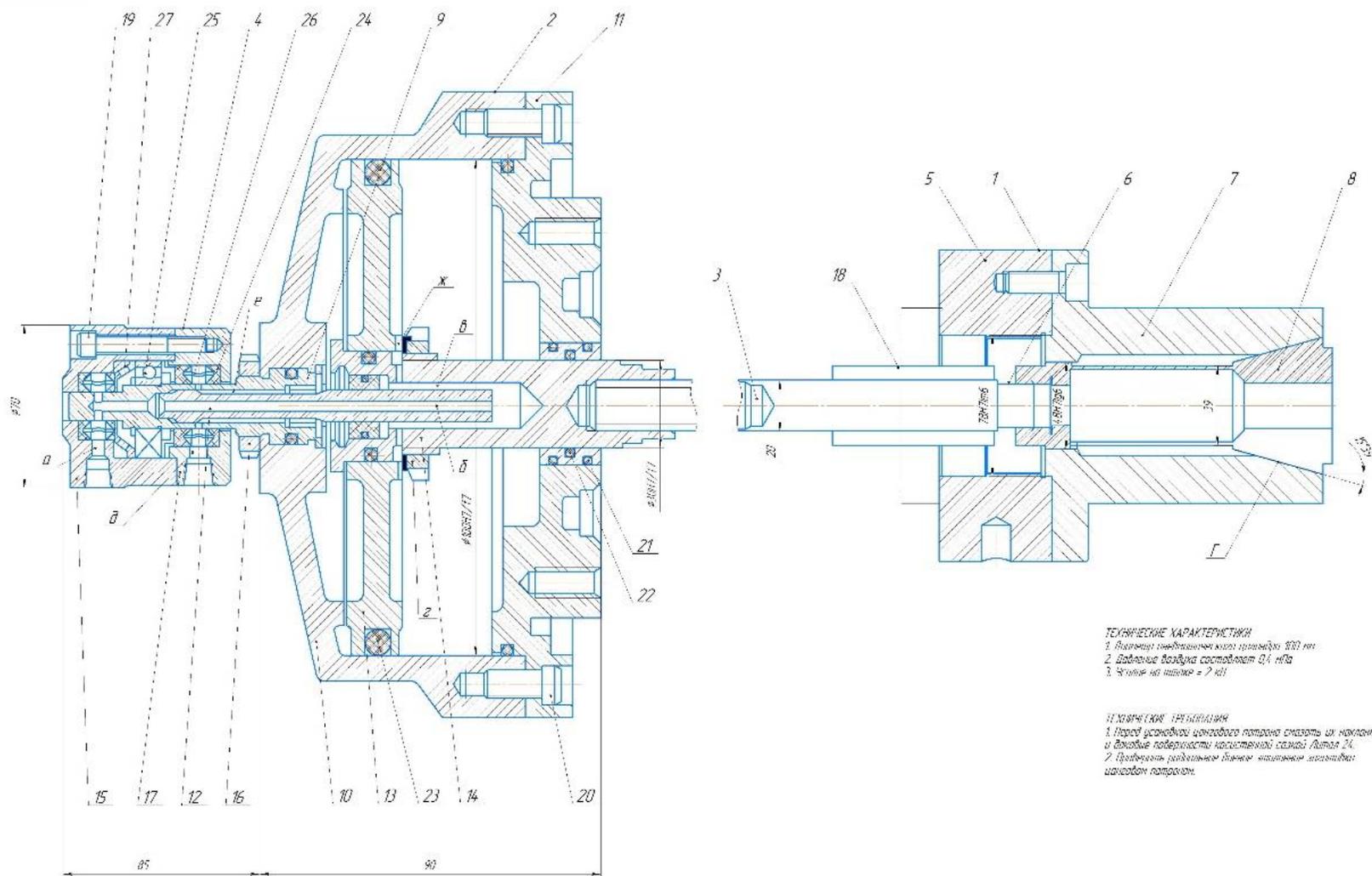


Рис. 2.1. Эскиз цангового патрона в сборе с пневмоцилиндром

На заготовку одеваются сверху **3 накладки** (втулка с поднутрением, разрезанная вдоль на 3 равных части) так, что, накладки соприкасаются с заготовкой по **цилиндрической поверхности $\varnothing 7h12$** , потом **вместе с заготовкой эта сборная конструкция** вставляется в **отверстие цанги** с $\varnothing 25$ мм. После этого **цанга** зажимается в **цанговом патроне**, который установлен **в шпинделе** токарного станка.

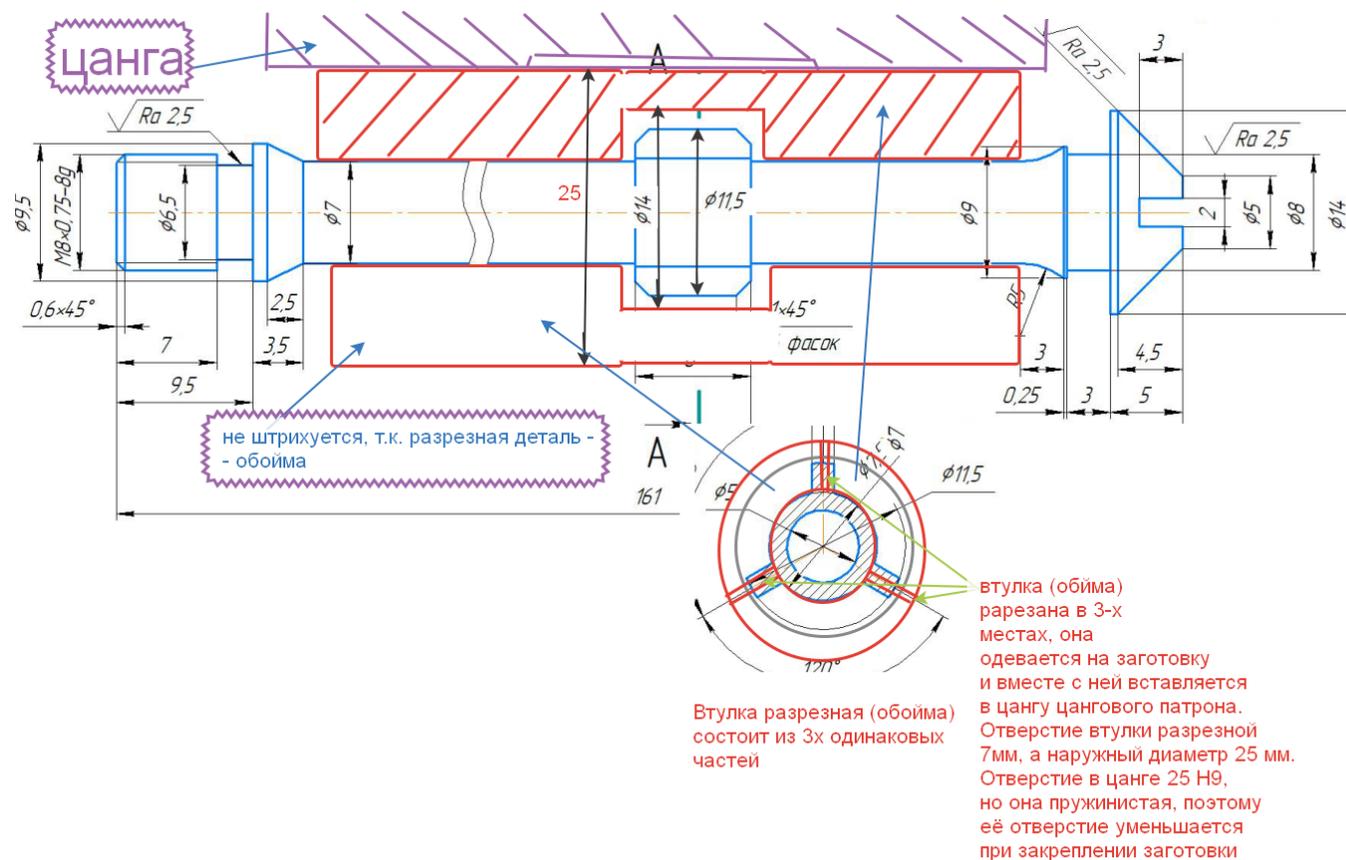


Рис. 2.2. Схема установки заготовки с накладками в цанговый патрон

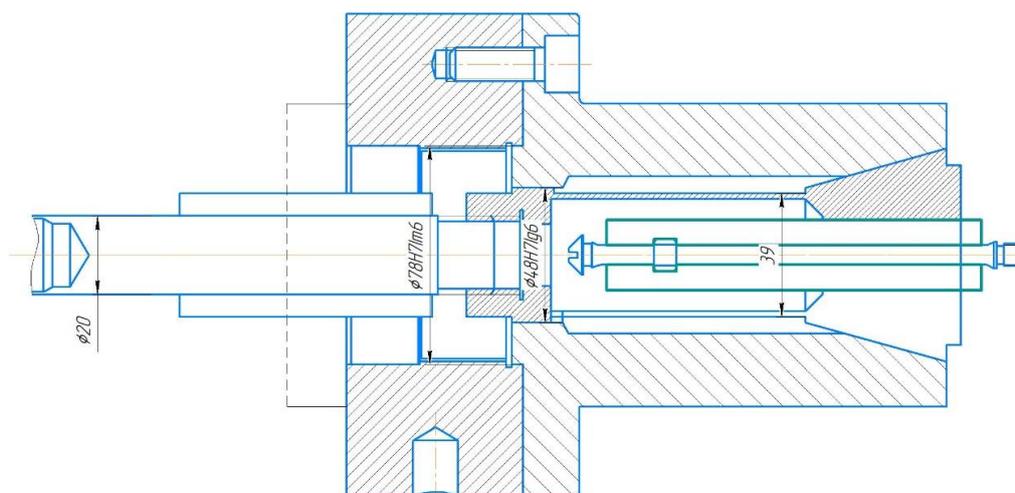


Рис. 2.3. Эскиз установки заготовки с накладками в цанговом патроне, закреплённом на шпинделе станка

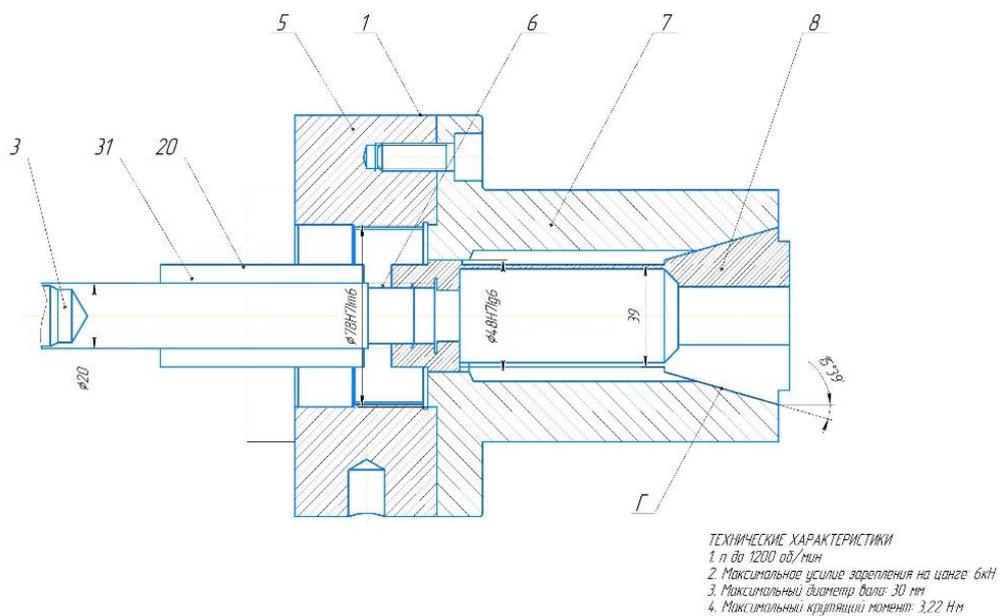


Рис. 2.4. Эскиз цангового патрона

Для закрепления заготовки в цанговом патроне используется пневопровод в виде вращающегося одинарного пневматического цилиндра (см. рис. 2.5).

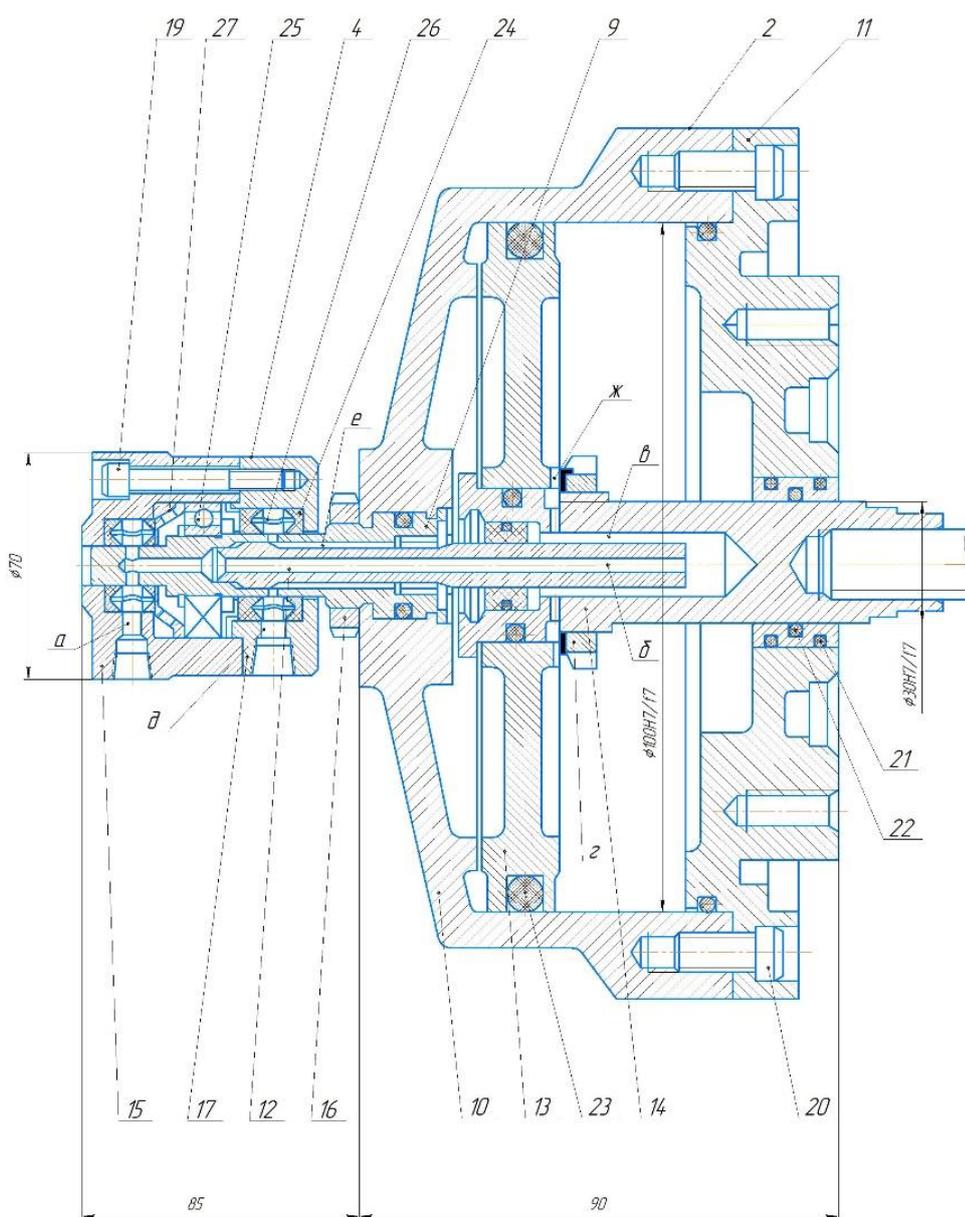


Рис. 2.5. Цилиндр пневматический вращающийся одинарный

На рис.2.5 изображен цилиндр, который состоит из корпуса 10 с крышкой 11, поршня 13 со штоком 14 и воздухоподводящей муфты 4. В отверстии корпуса установлен и затянут гайкой 16 опорный валик 9 муфты с установленными на нем уплотняющими манжетами 24 и шарикоподшипником 25. Последние необходимы в связи с тем, что корпус муфты 15, во время

вращения цилиндра с опорным валиком, должен оставаться неподвижным.

Между каждой парой манжет заложены распорные кольца 26 с радиальными отверстиями для прохода воздуха, и кроме того, для фиксации манжет предусмотрены упорные кольца 27. В центральное отверстие валика 5 запрессован воздухоподводящий палец 12 (стержень пустотельный), а на шарикоподшипнике установлен сборный корпус воздухоподводящей муфты с коническими резьбовыми отверстиями $\underline{K} \frac{1}{4}$ “ под штуцеры для присоединения резиноканевых шлангов.

При подаче сжатого воздуха через левое отверстие, он по каналам *а, б, в, г* попадает в правую полость цилиндра и поршень со штоком перемещается в левое крайнее положение. Шток, благодаря резьбовому соединению штока с цангой, тянет цангу влево, её наружная коническая часть перемещается в коническом отверстии корпуса патрона, происходит уменьшение отверстия упругой цанги, в результате чего обойма с заготовкой зажимается.

При переключении распределительного крана воздух поступает в правое отверстие муфты и по каналам *д, е, ж* попадает в левую полость цилиндра, перемещая поршень вправо. Шток уходит вправо и выталкивает цангу из конического отверстия корпуса патрона, происходит увеличение отверстия за счёт упругого восстановления лепестков цанги, в результате чего обойма с заготовкой разжимается. Заготовка с обоймой (три части разрезанной втулки) вытягивается из отверстия цанги.

Поршень, шток и крышка уплотнены резиновыми кольцами круглого сечения.

2.2. Расчёт моментов сил резания и трения

Так как на данной операции будет производиться обработка резьбы М8×0.75-8g и сверление отверстия Ø5Н12 в заготовке, то последующий расчет момента силы резания должен осуществляться по наибольшему крутящему моменту, который создаётся: а) при нарезании резьбы резьбовым резцом при силе резания $P_z = 239$ Н крутящий момент резания $M_{кр\text{ рез}} = P_z \times d_2/2 = 239 \times 7,513/2 = 897,8$ Н·мм $\approx 0,9$ Н·м;

б) при сверление отверстия Ø5Н12 ружейным сверлом крутящий момент резания $M_{кр\text{ рез}} = 2,15$ Н·м;

Таблица 2.1. Размеры резьбы метрической (выдержка из ГОСТ 24705-2004)

Номинальный диаметр резьбы D, наружный диаметр резьбы d, мм	Шаг P, мм	Средний диаметр D ₂ , d ₂ , мм	Внутренний диаметр, D ₁ , d ₁ , мм	Внутренний диаметр по дну впадины d ₃ , мм
8	1,25	7,188	6,647	6,466
	1	7,350	6,917	6,773
	0,75	7,513	7,188	7,080
	0,5	7,675	7,459	7,387

В качестве расчётного для проектирования приспособления принимаем наибольший крутящий момент, который создаётся при сверлении отверстия Ø5Н12 ружейным сверлом крутящий момент резания $M_{кр\text{ рез}} = 2,15$ Н·м. С учётом увеличения крутящего момента резания при износе сверла и других возможных факторов принимаем коэффициент увеличения крутящего момента при износе $K_m = 1,5$, тогда $M_{кр\text{ рез}}\text{ прин} = 2,15 \times 1,5 = 3,22$ Н·м.

Осевая сила при сверлении $P_o = 1497$ Н.

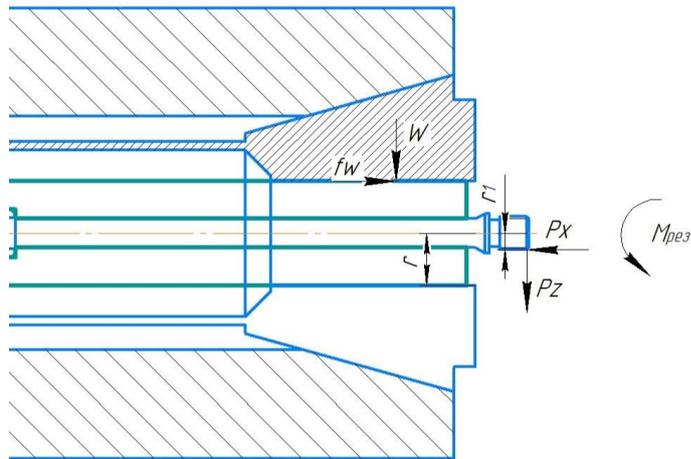


Рис. 2.6. Схема для определения требуемого усилия зажима

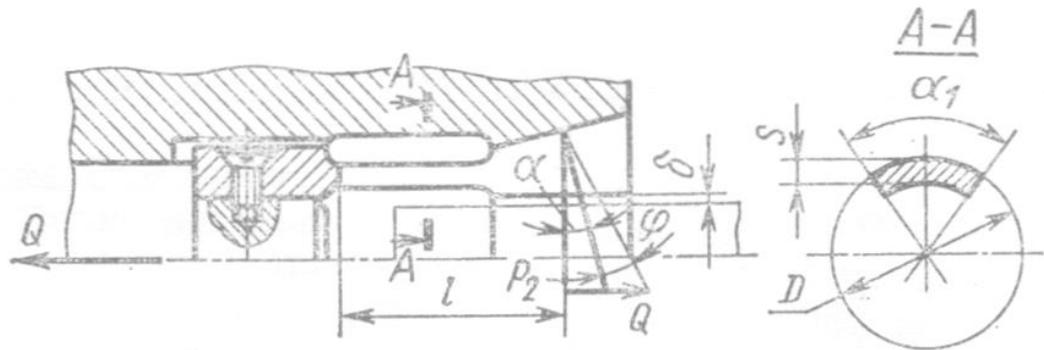


Рис. 2.7. Схема для определения требуемого усилия зажима заготовки в цанговом патроне без осевого упора

Осевая сила Q , необходимая для затягивания цанги, обеспечивающая силу зажима P_2 (рис. 2.2.2): $Q = (P_1 + P_2) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$,

где $P_1 = 3 \cdot E \cdot J \cdot f \cdot z / l^3$ – сила, сжимающая лепестки цанги до их соприкосновения с поверхностью заготовки; P_2 — сила зажима заготовки всеми лепестками цанги; α – половина угла конуса цанги; φ – угол трения, $\varphi = \operatorname{arctg} f_1$; f_1 – коэффициент трения конусной поверхности цанги; E – модуль упругости первого рода (модуль Юнга). Для стали 65Г, из которой изготовлена цанга, $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2 = 0,21 \cdot 10^6 \text{ Н/мм}^2 = 0,21 \cdot \text{МПа}$; l – расстояние от плоскости

задела лепестка цанги до середины зажимающего конуса цанги; f – стрела прогиба лепестка, $f = \Delta$; Δ – зазор между цангой и заготовкой (до начала зажима); z – число лепестков цанги; J – момент инерции в сечении заделанной части лепестка, рассчитываемый по формуле:

$$J = [D^3 \cdot S (\alpha_1 + \sin \alpha_1 \times \cos \alpha_1 - 2 \cdot (\sin^2 \alpha_1) / \alpha_1)] / 8,$$

где D – наружный диаметр лепестков цанги; α_1 – угол сегмента лепестка цанги; S – толщина лепестка цанги.

С учётом J силу P_1 можно рассчитать по формуле:

$$P_1 = (0,375 \cdot E \cdot D^3 \cdot S \cdot \Delta \cdot z / l^3) \times (\alpha_1 + \sin \alpha_1 \times \cos \alpha_1 - (2 \sin^2 \alpha_1) / \alpha_1).$$

При существенной разнице между диаметром заготовки на участке зажима и диаметром на участке приложения силы резания можно рассчитать силу зажима

$$P_2 = \frac{1}{f} \sqrt{M^2 / r^2 + q^2 \cdot K},$$

где $M = P_z \cdot r_1$ – момент резания; r_1 – расстояние от оси вращения шпинделя до точки приложения силы резания; r – радиус заготовки на участке зажима; P_z – сила резания, стремящаяся повернуть (**провернуть**) заготовку относительно цанги; q – составляющая часть усилия, приложенного при резании, сдвигающая заготовку вдоль оси, $q = P_o$; $K = 1,5-2,0$ — коэффициент запаса.

$$\text{Момент резания } M = M_{\text{кр рез прин}} = 2,15 \times 1,5 = 3,22 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$q = P_o = \text{Осевая сила при сверлении } P_o = 1497 \text{ Н.}$$

$$r_1 = 5/2 \text{ мм} = 0,0025 \text{ м} - \text{учтено при расчёте } M_{\text{кр рез прин}} = 2,15 \times 1,5 = 3,22 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$r = 7/2 = 3,5 \text{ мм} = 0,0035 \text{ м};$$

$D = 32 \dots 39$ мм – определяется из сборочного чертежа цангового патрона (по чертежу цанги) (см. рис. 2.2);

$$S = 3,5 \dots 7 \text{ мм} - \text{толщина лепестка цанги, определяется из сборочного}$$

чертежа цангового патрона (по чертежу цанги) (см. рис. 2.2 и 2.7);

$$\Delta = S_{\max} = IT12 + IT9 + IT9 + IT9 = 0,15 + 0,043 + 0,052 + 0,052 = 0,297 \text{ мм} \approx 0,3 \text{ мм} \leftarrow$$

допуск заготовки по $\varnothing 7h12$ + допуск отверстия втулки по $\varnothing 7H9$ до её разрезания

+ допуск наружной поверхности втулки по $\varnothing 25h9$ до её разрезания + допуск

отверстие в цанге $\varnothing 25H9$; S_{\max} – наибольший зазор между цангой и заготовкой

(обоймой) и заготовкой с $\varnothing 7h12$ (до начала зажима) (см. рис. 2.3);

$$\alpha_1 = 120^\circ - \text{угол сегмента лепестка цанги};$$

$$z = 3 - \text{число лепестков цанги};$$

l – расстояние от плоскости задела лепестка цанги до середины зажимающего конуса цанги. Определяется из сборочного чертежа цангового патрона (по чертежу цанги) (см. рис. 2.2.2).

$$P_1 = \frac{0,375 \times 0,21 \times 39 \times 7 \times 0,3 \times 3}{25^3} \times \left(120 + \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{1}{2} - \frac{2 \times 0,75}{120} \right) = 227 \text{ Н.}$$

$$P_2 = \frac{1}{0,3} \times \sqrt{\frac{3,22^2}{3,5^2} + 1497^2} \times 1,5 = 6111 \text{ Н.}$$

$$Q = (227 + 6111) \times \tan \left[\frac{15,66}{2} + \tan^{-1}(0,15) \right] = 1861 \text{ Н.}$$

2.3. Расчет основных параметров зажимного механизма

$$\text{Диаметр пневматического цилиндра: } D_{\text{ц}} = 1,44 \times \sqrt{\frac{Q}{p}}$$

где p – давление воздуха в сети $p = 0,4$ МПа;

$$D_{\text{ц}} = 1,44 \times \sqrt{\frac{1861}{0,4}} = 98,2 \text{ мм. Принимаю } D_{\text{ц}} = 100 \text{ мм.}$$

Диаметр штока находится по формуле:

$$D = 0,7 \times \sqrt{Q} = 0,7 \times \sqrt{1861} = 30,2 \text{ мм}$$

Принимаем $D = 30$ мм.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
154A81	Чжэн Духао

Школа	ИШНПТ	Отделение Школы	ОМШ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.22 г.
--	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН, ШБИП	Гасанов М.А.	доктор экон.наук.		22.02.22 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A81	Чжэн Духао		22.02.22 г.

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности

исследования.

Целью НИР является исследование и разработка привода линейного перемещения (выдвижения) руки строительного робота.

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1. Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены различные типы наконечников для

лабораторных мешалок:

- 1) Пропеллерные наконечники;
- 2) Турбинные насадки;

Таблица 3.1.1 – Сравнение конкурентных технических решений (исследовательских работ).

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. Актуальность исследования	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2. Энергэффективность	0,2	3	2	2	0,6	0,4	0,4
3. Удобство монтажа	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
4. Скорость работы	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
5. Надёжность	0,25	5	3	3	1,25	0,75	0,75
6. Безопасность	0,2	5	2	2	1	0,4	0,4
7. Устойчивость к внешним воздействиям	0,1	2	3	5	0,2	0,3	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена на расходы	0,025	5	5	5	0,125	0,125	0,125
2. Конкурентоспособность исследовательской работы	0,025	3	3	3	0,075	0,075	0,075
3. Финансирование научного исследования	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	41	33	37	4,15	2,8	3,1

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется 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.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

3.1.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая цена исходного сырья.	Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.
С2. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С3. Широкая область применения.	Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.
С4. Дешевизна разработки	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ.	У1. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	У3. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	

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 3.1.3–3.1.6.

Таблица 3.1.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	B1	-	-	-	+	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	+	-	+	+	-
	B4	+	-	-	+	-

Таблица 3.1.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	+	+	+
	B2	+	-	+	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	+	+	+	+

Таблица 3.1.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	+	-	-	+
	У2	+	-	-	+	-
	У3	-	-	-	-	+

Таблица 3.1.6 – 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 итоговой таблице 3.1.7.

Таблица 3.1.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая цена исходного сырья. С2. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С3. Широкая область применения. С4. Дешевизна разработки С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца. Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования. Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию. Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности. Сл5. Вероятность получения брака.
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.	Направления развития В1С4 ТПУ доступен для использования оборудования и имеет большое количество специалистов для содействия развитию В2С2С3 Значение для новых разработок В3С1С3С4 Низкая стоимость сырья, низкие затраты на разработку и широкий спектр применения - все это может открыть новые рыночные ниши В4С1С3 Низкая стоимость сырья, низкая стоимость разработки, конкуренты будут расти	Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4Сл5 Оборудование ТПУ в основном используется в учебных целях и не имеет чрезвычайно сложных приборов В2Сл1Сл3 Высокие требования к точности оборудования, требующие нового оборудования для постоянного совершенствования В4Сл2Сл3Сл4Сл5 Высокие требования к оборудованию и трудности производства, что может привести к замедлению разработки продукции и конкурентному давлению
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.	Угрозы развития У1С1С4 Частные компании имеют фиксированный бизнес и могут не иметь квалифицированных операторов для производства новых продуктов У2С2С5 Низкая стоимость облегчит конкурентам проведение исследований У3С5За рубежом есть профессионалы в этой области	Уязвимости: У1Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5 Частные компании расставляют приоритеты в своих интересах, их исследовательское оборудование недостаточно полно, а инвестиции в риск невелики

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.

3.2. Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер Научный руководитель

	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер

Продолжение таблицы 3.2.1

Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

3.2.2. 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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{q_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – 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 3.2.2.

Таблица 3.2.2 – 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		$t_{ожі}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
<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>
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
--	---	---	---	---	-----	-----	-----	---

Продолжение таблицы 3.2.2.

<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>
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

Примечание: Исп. 1 – Научный руководитель, Исп. 2 –Инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.2.3).

Таблица 3.2.3 – 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			■											

№	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
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7												
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	25												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5												
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:

 – Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

3.3. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

3.4. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Таблица 3.4 материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	5	1700
Картридж для лазерного принтера	3 490	2	6980
Итого:			8680

3.5. Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}$$

где n — срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \times И}{12} \times м$$

где $и$ — итоговая сумма, тыс. руб.; $м$ — время использования, мес.

Таблица 3.5 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.	$m_{В.ИЗ.}$ мес.	H_{A1} $= \frac{1}{n}$ %	$A_{АМО.}$ 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.

3.6. Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непо-средственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{дор}$$

Где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{дор}$ – дополнительная заработная плата.

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. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{55000 \times 10,3}{246} = 2303 \text{ руб}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического

персонала, раб. дней; М– количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – М = 11,2 месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – М = 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 $Z_{\text{тс}}$ – 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).

Таблица 3.6.1 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	5	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 3.6.2 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{мс}} \cdot \text{руб.}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}} \cdot \text{руб.}$	$Z_{\text{дн}} \cdot \text{руб.}$	$T_{\text{р}} \cdot \text{раб. дн.}$	$Z_{\text{осн}} \cdot \text{руб.}$
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: $Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 31090,5 = 4663,6$ руб

– для инженера: $Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 106038 = 15905,7$ руб

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

3.7. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \times (31090,5 + 4663,6) = 10726,23 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \times (106038 + 15905,7) = 36583,11 \text{ руб}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

3.8. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{\text{накл}} = \left(\frac{C_{\text{су.}}}{5} \right) \times K_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Таблица 3.8 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	8750	6214	15964	8750
2	Затраты на специальное оборудование	145165	153826	178055	145165
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	137128,5	128070,9	128070,9	137128,5
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20569,3	20569,3	20569,3	20569,3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	47309,34	47309,34	47309,34	47309,34
6	Накладные расходы	57427,54	57427,54	57427,54	57427,54
Бюджет затрат НИР		359123,42	416349,68	413417,08	447396,08

3.9. 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{р}i}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тех.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тех.пр.}}}{\Phi_{\max}} = \frac{416349,68}{447396,08} = 0,93$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\max}} = \frac{413417,08}{447396,08} = 0,92$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\max}} = \frac{447396,08}{447396,08} = 1$$

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 3.9.1 – 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:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}}$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,65}{0,93} = 5; I_{\text{исп.2}} = \frac{3,8}{0,92} = 4,13; I_{\text{исп.3}} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 3.9.2 – 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.

3.10. 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:

4.1. значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,93, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

4.2. значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

4.3. 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.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154A81	Чжэн Духао

Школа	ИШНПТ	Отделение школа	ОМЦ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Тема дипломной работы: Разработка технологии изготовления наконечника трёхлопастного

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) вещество; 2) материя; 3) прибор; 4) алгоритм; 5) методика; 6) рабочая зона и области его применения. 	<p>Как пример:</p> <p><i>Целью данной работы является создание модели производственного цеха и находящегося в нем оборудование (станки).</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; 2) Действие фактора на организм человека; 3) Приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); 4) Предлагаемые средства защиты: <ul style="list-style-type: none"> ● Сначала – коллективной защиты; ● Затем – индивидуальные защитные средства. 	<p>К числу вредных факторов на рабочем месте следует отнести:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Присутствие не оптимальных метеоусловий на рабочем месте; 2) Периодическую запыленность воздуха; 3) Вероятность выброса токсичных веществ в атмосферу; 4) Периодическое несоответствие освещенности рабочего места (при этом требуется провести расчет освещения на рабочем месте с рисунком (размеры в системе СИ)); 5) Наличие электромагнитных и радиационных излучений, шум от вентиляции.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Механические опасности (источники, средства защиты); 2) Термические опасности (источники, средства защиты); 3) Электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 4) Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>К числу опасных факторов следует отнести:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Наличие электроисточников; 2) Котлонадзорного оборудования; 3) Оборудования с повышенной температурой Поверхности; 4) Присутствие механического оборудования; 5) Горючих материалов; 6) Тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности.
<p>3. Экологическая безопасность:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Защита селитебной зоны; 2) Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 3) Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 4) Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.</i></p>
<p>4. Безопасность в ЧС:</p> <p>а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия. Разрабатываются превентивные</p>	<p><i>Рассмотрены 1 ситуации ЧС:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Природная – сильные морозы зимой.

<p>меры по предупреждению ЧС; б) Разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; в) Разработать порядок действия в результате возникновения ЧС и меры по ликвидации её последствий.</p>	
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе).</p>	<p>Приведены: 1) перечень НТД, используемых в данном разделе.</p>
<p>Перечень графического материала: 1) Пути эвакуации; 2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения.</p>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.22 г.
--	-------------

Задание выдал консультат:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД, ШБИП	Сечин А.И.	д.т.н., профессор		22.02.22 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A81	Чжэн Духао		22.02.22 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.

4.1. Производственная безопасность

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.

Анализ показателей микроклимата метеоусловия

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

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

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

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

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.1.1 [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.

Таблица 4.1.1 - Требования к микроклимату

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

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

Вредные вещества

Среди химических веществ, выделяющихся при работе на станках, наибольший вред приносят: пылевыведение, сопровождающиеся процессы абразивной обработки металлов (зачистка, полирование, шлифование и др.), а также при работе с СОЖ.

В составе современных жидкостей содержатся различные ингибиторы коррозии, противозадирные присадки, гликоль, анионоактивные и неионогенные эмульгаторы, индустриальные и минеральные масла, масляный асидол, едкий натр, бактерицидные препараты (каустическая сода, хлорпарафины и т. д.). Безусловно, такое разнообразие химических веществ, входящих в состав СОЖ, определяет необходимость постоянного контроля их содержания и условий применения. Поскольку прогрессирующее развитие бактерий в среде «масло—вода» приводит к изменению структурно-механических характеристик СОЖ, бактерии, уничтожая органические компоненты, высвобождают из эмульсий масло (диэлектрик). Все это влияет на электропроводность жидкостей, увеличивая ее.

Согласно гигиеническим нормативам "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03", утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г, силикатная пыль (при содержании абразивных частиц <10%) относится к 3-му классу опасности (3 класс - опасные), величина ПДК = 2 мг/м³, а преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – смесь паров и аэрозоля.

Также вредное вещество, как углеводороды относится к 4-му классу опасности (4 класс – умерено опасные), величина ПДК = 300 мг/м³, а преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – смесь паров или газы.

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократно в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

В целях обеспечения безопасности работников на рабочих местах применяют СИЗ: защитные перчатки, очки, спец. одежда, респиратор.

Анализ показателей шума

Повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм работника в целом, вызывая неблагоприятные изменения в его органах и системах. Длительное воздействие такого шума способно привести к развитию у работника потери слуха, увеличению риска артериальной

гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др. При этом специфическим клиническим проявлением вредного действия шума является стойкое нарушение слуха (тугоухость), рассматриваемое как профессиональное заболевание.

Различают три основных вида тугоухости в зависимости от того, в какой из систем слухового тракта наблюдаются патологические изменения: звукопроведения (кондуктивная тугоухость), звуковосприятия (нейросенсорная или перцептивная тугоухость) или обоих видов (смешанный вид тугоухости). Кондуктивная тугоухость обусловлена изменением подвижности барабанной перепонки и цепи слуховых косточек.

Нейросенсорная тугоухость развивается при повреждении чувствительных нервных клеток внутреннего уха, слухового нерва и центральных образований слуховой системы. От своевременного диагностирования тугоухости на начальной стадии ее развития зависит эффективность профилактических мероприятий, предупреждающих развитие профессионального заболевания.

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 12.1.003-2014 и СанПиН 2.6.1.2523-09 Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

Показатели, по наблюдениям которых можно было бы судить о степени безопасности текущего шумового воздействия на работника, в идеале должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть тесно коррелированными с возможным появлением у работника в будущем (после выработки фиксированного стажа работы по данной профессии) профессионального заболевания или с получением им акустической травмы;

Примечание 1 - При исследованиях этиологии профессиональной тугоухости фиксированный стаж работы принимают равным от 10 до 14 лет (обычно 12 лет);

- быть легко определяемыми с достаточной точностью с помощью находящихся в обращении технических средств.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ: 1) устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования; 2) изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; 3) применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения; 4) использование специальных материалов, например, мягкие материалы для изоляции. Их основу составляет вата, стекловата, войлок либо джут. Коэффициент поглощения – 70 %.

СИЗ: 1) применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Анализ освещенности рабочей зоны

Согласно СНиП 23-05-95 на производственном цехе должно быть не менее 300 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению

производительности труда.

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.

$$\text{Площадь помещения: } S = A \times B = 15 \times 20 = 300 \text{ м}^2,$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{п} = 70\%$. 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 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

Число рядов светильников в помещении: $Nb = \frac{B}{L} = \frac{15}{2,6} = 6$

Число светильников в ряду: $Na = \frac{A}{L} = \frac{20}{2,6} = 8$

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 4.1.4 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{15 \cdot 20}{2,0 \cdot (15 + 20)} = 4,3$$

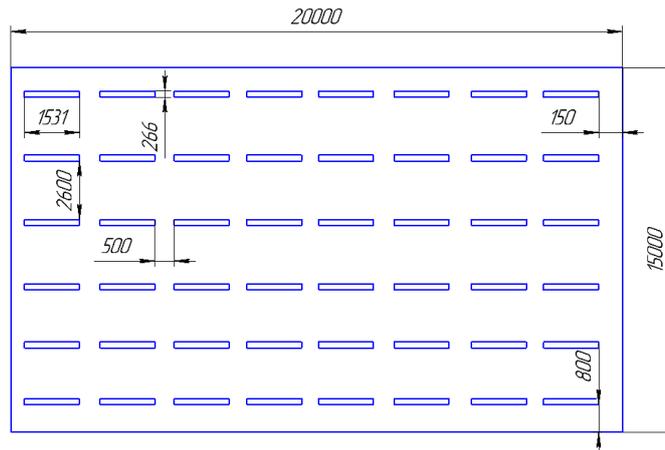


Рис.4.1.4. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа Од с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 4,3$ равен $\eta = 0,68$.

Потребный световой поток люминесцентной лампы светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{600 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{48 \cdot 0,68} = 5200 \text{ лм}$$

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.

Анализ показателей электромагнитного загрязнения

В производственном цехе используются электроприборы, которые создают электромагнитные поля. Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека.

Для предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ необходимо руководствоваться Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами.

Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы”, разработанными в соответствии с Федеральным законом ”О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения” и ”Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании”.

Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ (на электронно-лучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч). Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана ВДТ. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Конструкция ВДТ должна предусматривать регулирование яркости и контрастности. Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ: 1) защита временем; 2) защита расстоянием; 3) снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения; 4) защита рабочего места от излучения.

СИЗ: 1) Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя; 2) Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга); 3) Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2); 4) Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

4.2. 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: $U = 12-36 \text{ В}$, $I = 0,1 \text{ А}$, $R_{\text{раз}} = 4 \text{ Ом}$.

4.3. 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 , V_n , G_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 производственный цех относится к категории В - Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара из-за электрического и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- 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 местах 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

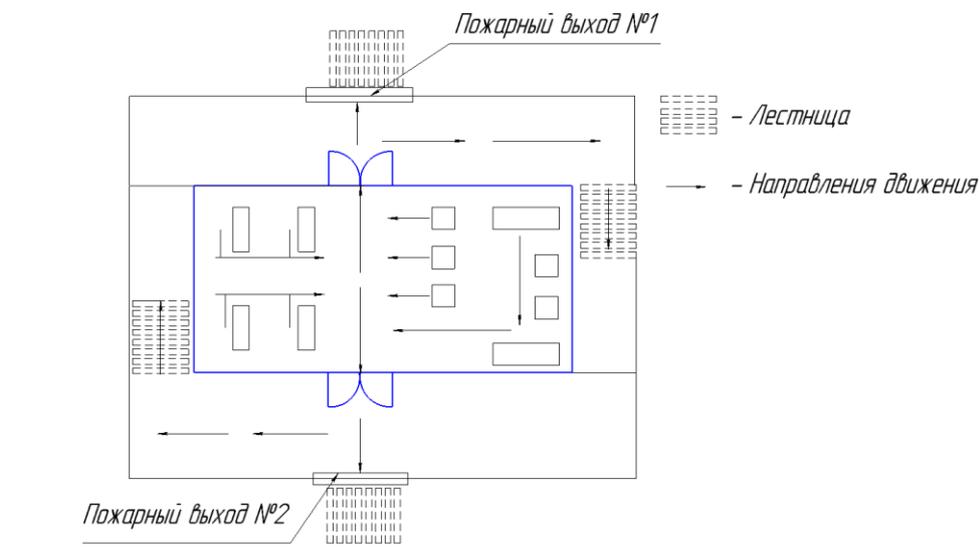


Рис 4.3. Пути эвакуации с 1 этажа производственного помещения.

первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Карта эвакуации зданий (рис 4.3)

4.4. 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.

4.5. Защита в ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом, в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случаи обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случаи ЧС на них. Чрезвычайные

ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

4.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.

8. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

9. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

10. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха

12. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

14. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты.

15. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение".

4.7. 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 по ВКР

1. В ходе проектирования был составлен технологический процесс для мелкосерийного производства детали «Наконечник трёхлопастной» 3000 штук в год. Был выполнен размерный анализ техпроцесса и составлен граф конструкторских и технологических размеров, а также припусков с целью облегчения размерного анализа технологического процесса.

В работе был выбран оптимальный вид заготовки, рассчитаны её размеры, выбрано оборудование и технологическая оснастка, режущие и измерительные инструменты, рассчитаны режимы резания и требуемая мощность станков, рассчитаны нормы времени на каждый технологический переход и операцию.

В работе было спроектировано и рассчитано станочное приспособление, описан принцип его работы.

2. В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен анализ затрат.

3. В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на механическом участке по изготовлению детали «Наконечник трёхлопастной», определены нормы для улучшения условий труда, рассмотрены вопросы обеспечения производственной безопасности работающих, повышения производительности труда, а также охраны окружающей среды.

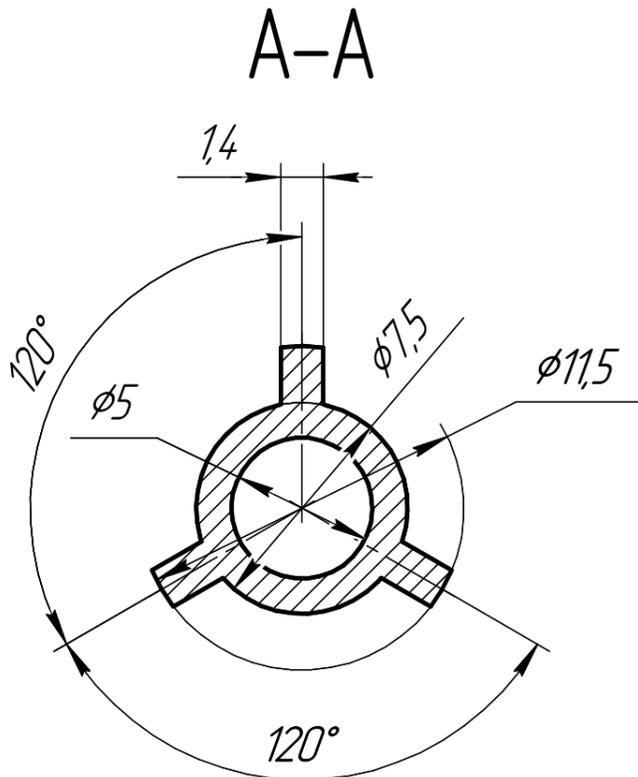
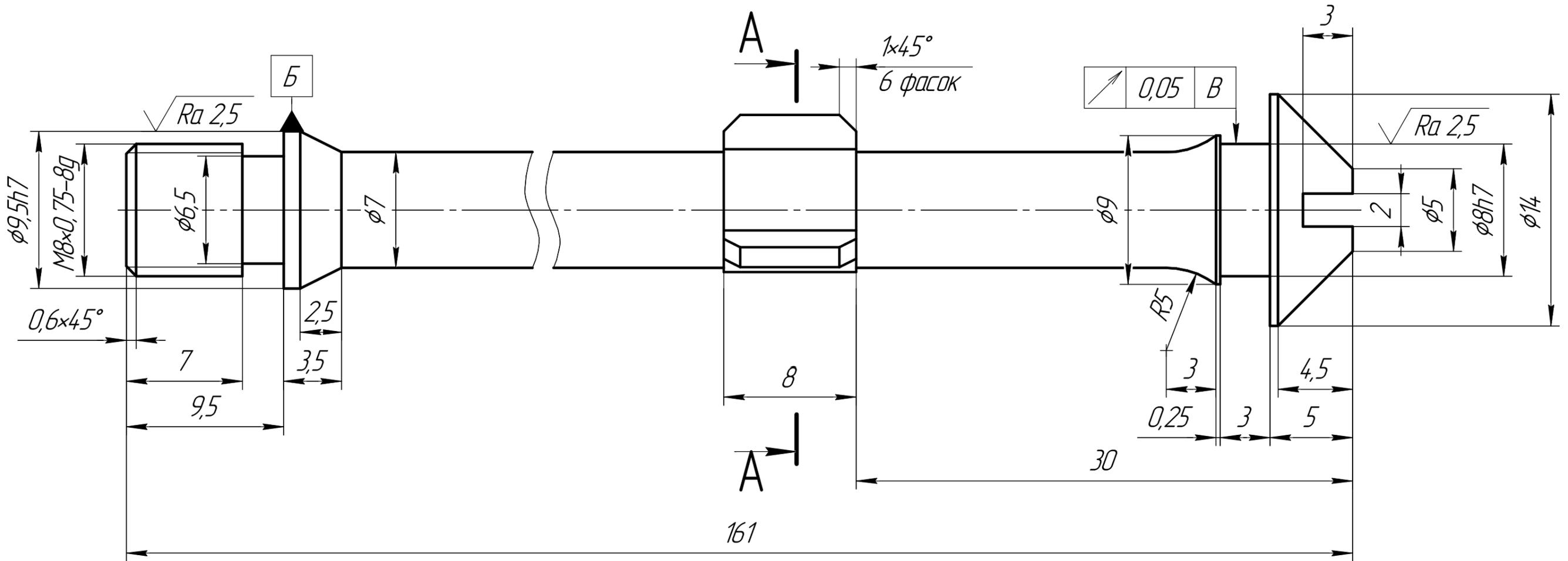
Список литературы

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
(обязательное)
Чертёж детали

ИШНПТ-154А0013.00.00.01

$\sqrt{Ra 5,0 (\checkmark)}$



1. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

				ИШНПТ-154А0013.00.00.01			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Чжэн Дүхээ					0,285кг	4:1
Проб.	Козлов В. Н.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					ИШНПТ		
Утв.					Группа: 154А81		

Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72

Копировал

Формат А3

Копиас-30 и 20 Чудоя версия © 2021 ООО "АКОН-Системы проектирования". Россия Все права защищены
 Инв. № подл. Подп. и дата
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

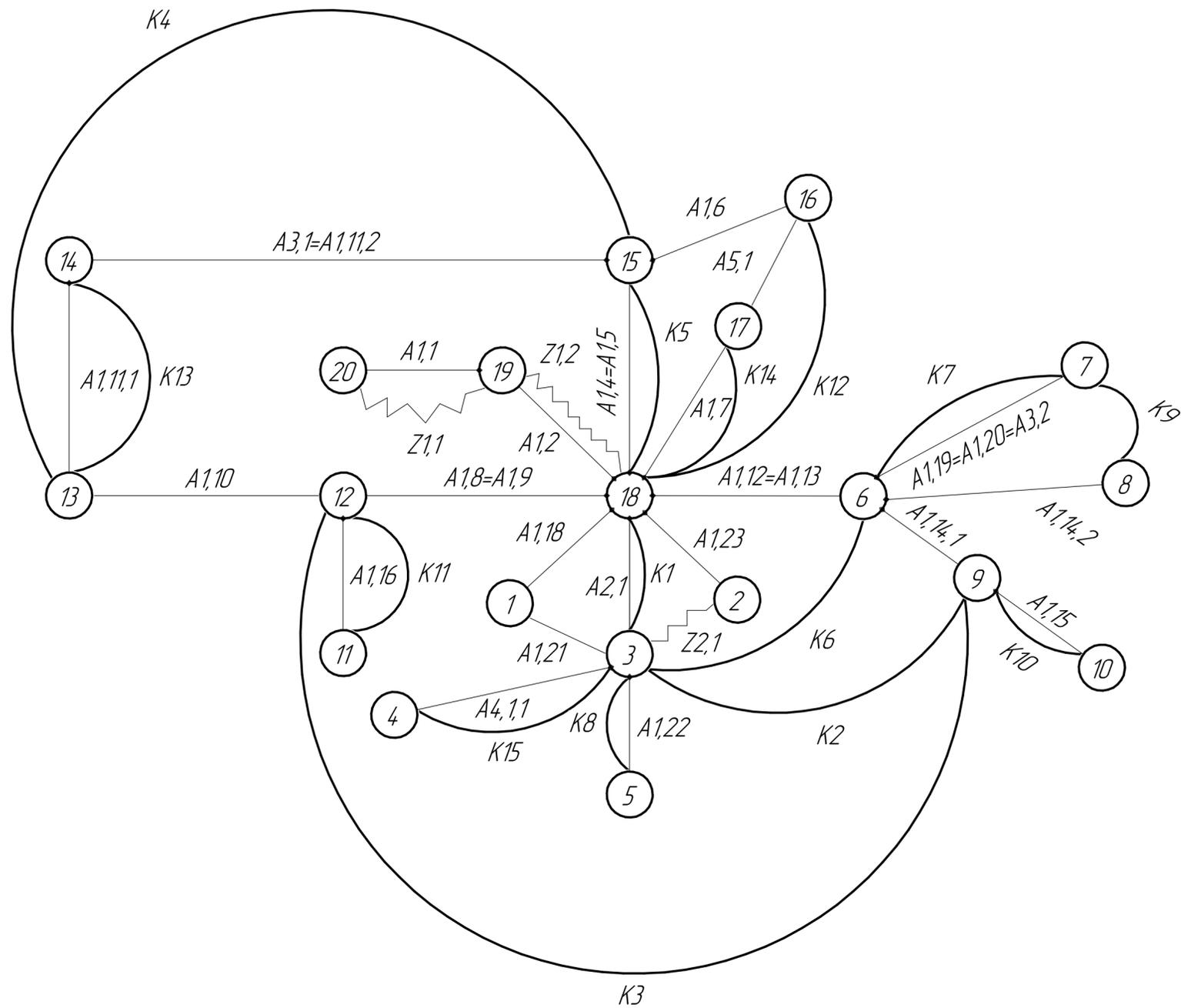
Перв. примен.

Справ. №

Не для коммерческого использования

Приложение Б
(обязательное)

Граф технологических размеров



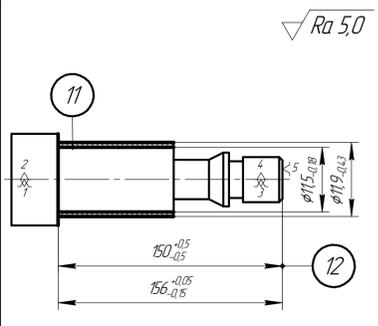
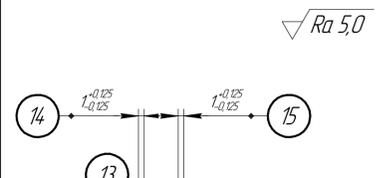
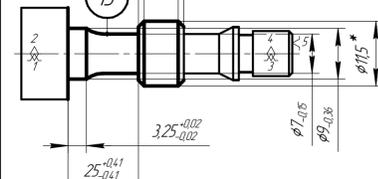
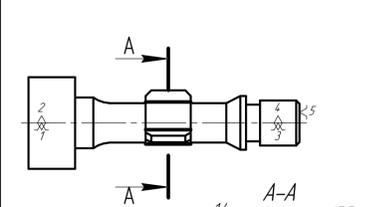
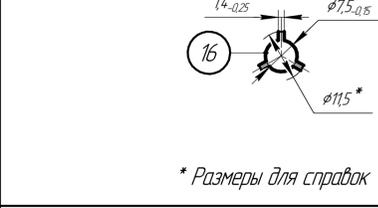
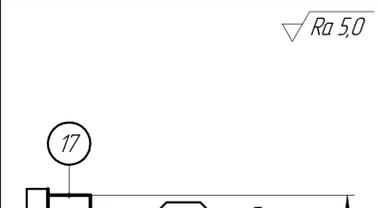
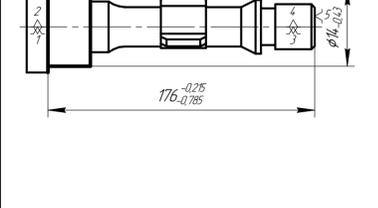
				ИШНПТ-154А0013.001				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Граф технологических размеров	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Чжэн Дихао							1:1
Пров.	Козлов В.Н.					Лист	Листов	1
Т.контр.						ИШНПТ Группа 154А81		
Н.контр.						Копировал Формат А2		
Чтв.								

Перв. полимен.
Справ. №

ИШНПТ-154А0013.001
Изм. № 01
Изм. № 02
Изм. № 03
Изм. № 04
Изм. № 05
Изм. № 06
Изм. № 07
Изм. № 08
Изм. № 09
Изм. № 10
Изм. № 11
Изм. № 12
Изм. № 13
Изм. № 14
Изм. № 15
Изм. № 16
Изм. № 17
Изм. № 18
Изм. № 19
Изм. № 20
Изм. № 21
Изм. № 22
Изм. № 23
Изм. № 24
Изм. № 25
Изм. № 26
Изм. № 27
Изм. № 28
Изм. № 29
Изм. № 30
Изм. № 31
Изм. № 32
Изм. № 33
Изм. № 34
Изм. № 35
Изм. № 36
Изм. № 37
Изм. № 38
Изм. № 39
Изм. № 40
Изм. № 41
Изм. № 42
Изм. № 43
Изм. № 44
Изм. № 45
Изм. № 46
Изм. № 47
Изм. № 48
Изм. № 49
Изм. № 50
Изм. № 51
Изм. № 52
Изм. № 53
Изм. № 54
Изм. № 55
Изм. № 56
Изм. № 57
Изм. № 58
Изм. № 59
Изм. № 60
Изм. № 61
Изм. № 62
Изм. № 63
Изм. № 64
Изм. № 65
Изм. № 66
Изм. № 67
Изм. № 68
Изм. № 69
Изм. № 70
Изм. № 71
Изм. № 72
Изм. № 73
Изм. № 74
Изм. № 75
Изм. № 76
Изм. № 77
Изм. № 78
Изм. № 79
Изм. № 80
Изм. № 81
Изм. № 82
Изм. № 83
Изм. № 84
Изм. № 85
Изм. № 86
Изм. № 87
Изм. № 88
Изм. № 89
Изм. № 90
Изм. № 91
Изм. № 92
Изм. № 93
Изм. № 94
Изм. № 95
Изм. № 96
Изм. № 97
Изм. № 98
Изм. № 99
Изм. № 100

Приложение В
(обязательное)
Карта технологического процесса

ИЗМ. № 01
Изд. № 01
Лист № 01
Дата

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие односторонней обработки деталей	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки		Нормы времени, мин					Разряд работы				
операции	перехода					режущий	измерительный						мм/об	мм/мин	Частота, об/мин	Скорость резания, м/мин	T _{об}	T _{вс}	T _{пз}		T _{шт}	T _{шт.к}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
	12	Обточить поверхность 11 до диаметра $\phi 11,9_{-0,03}^{+0,05}$ предварительно, выдерживая размер $12_{-0,05}^{+0,05}$				Резец подрезной с режущей пластиной СМТ из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 93°	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89		1						1200	60	0,26							
	13	Обточить поверхность 12 до диаметра $\phi 11,5_{-0,08}^{+0,05}$ полуцикла, выдерживая размер $15,6_{-0,05}^{+0,05}$							1	11,9	31	0,2	0,1		1200	4,5	0,26							
	14	Обточить поверхность 13 до диаметров $\phi 9_{-0,06}^{+0,05}$ и $\phi 7_{-0,05}^{+0,02}$, выдерживая размеры $25_{-0,02}^{+0,02}$, $3,25_{-0,02}^{+0,02}$				Резец фасонный из быстрорежущей стали Р6М5	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89 и штангенциркуль для фасок		1		25	2,25			1200	4,3	0,11							
	15	Обточить фаску 14, выдерживая размер $1_{-0,05}^{+0,05}$				Резец подрезной с режущей пластиной СМТ из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 45°	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89 и штангенциркуль для фасок		1	11,5	2	10	0,2		1200	4,3	0,008							
	16	Обточить фаску 15, выдерживая размер $1_{-0,05}^{+0,05}$				Фреза коцевая (диаметр 10 мм) с цилиндрическим хвостовиком из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 17025-71	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89		1		18	19,35	0,02 мм/зуб	72	1200	80	3	1,16	10	8,842	8,845			
	17	Фрезеровать 3 лопасти поочередно на поверхности 16 до диаметра $\phi 7,5_{-0,05}^{+0,05}$, выдерживая размер $14_{-0,05}^{+0,05}$				Резец подрезной с режущей пластиной СМТ из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 93°	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89		12	10					1200	80	3	1,16	10	8,842	8,845			
	18	Обточить поверхность 17 до диаметра $\phi 14_{-0,03}^{+0,05}$, выдерживая размер $176_{-0,05}^{+0,05}$				Резец подрезной с режущей пластиной СМТ из твердого сплава Т15К6 с углом в плане 93°	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89		1	16	21	1	0,2		1200	60	0,09							
	19	Обточить поверхность 18 до диаметра $\phi 8,66_{-0,05}^{+0,05}$ предварительно, выдерживая размеры $3_{-0,05}^{+0,05}$, $3_{-0,05}^{+0,05}$				Резец подрезной, СогаCut 1-2 size D2 из твердого сплава Т15К6	Микрометр МК 25 ГОСТ 6507-90		2	9	117	2	0,1		1200	34	0,01							
	20	Обточить поверхность 19 до диаметра $\phi 8,22_{-0,03}^{+0,05}$ полуцикла, выдерживая размеры $3_{-0,05}^{+0,05}$, $3_{-0,05}^{+0,05}$							2	8,66					1200	33	0,01							

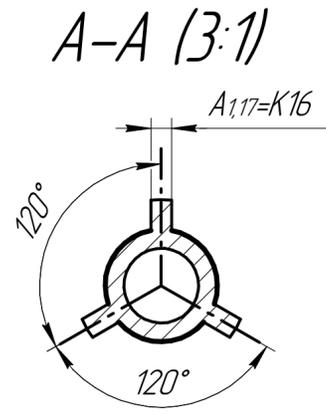
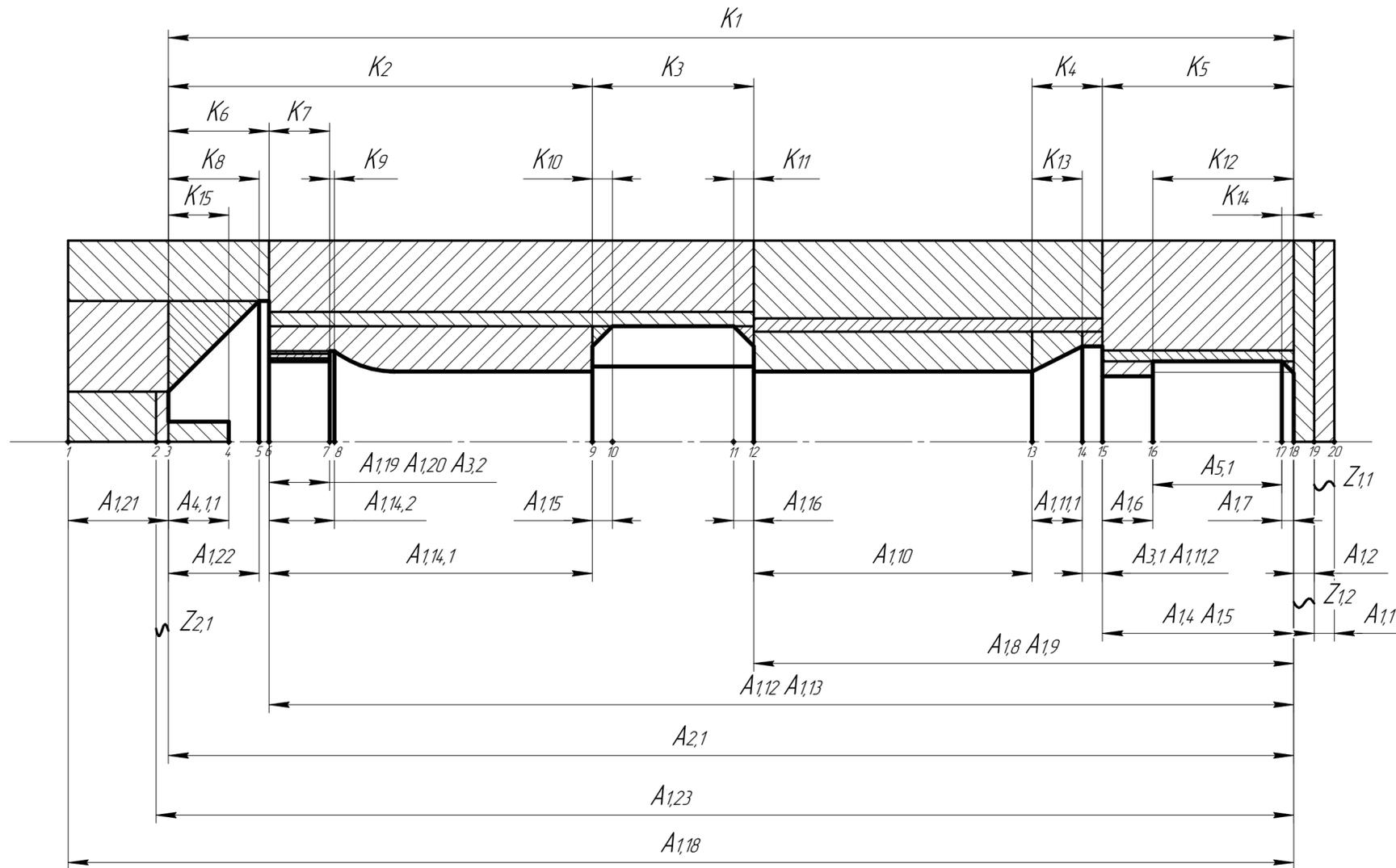
Многооперационный станок модели GLS 1500 фирмы Goodway с ЧПУ

Патрон самоцентрирующий трехшлицевой 7100-0001 ГОСТ 2675-80

ИЗМ. № 01
ИЗМ. № 02
ИЗМ. № 03
ИЗМ. № 04
ИЗМ. № 05
ИЗМ. № 06
ИЗМ. № 07
ИЗМ. № 08
ИЗМ. № 09
ИЗМ. № 10
ИЗМ. № 11
ИЗМ. № 12
ИЗМ. № 13
ИЗМ. № 14
ИЗМ. № 15
ИЗМ. № 16
ИЗМ. № 17
ИЗМ. № 18
ИЗМ. № 19
ИЗМ. № 20
ИЗМ. № 21
ИЗМ. № 22
ИЗМ. № 23
ИЗМ. № 24
ИЗМ. № 25
ИЗМ. № 26
ИЗМ. № 27
ИЗМ. № 28
ИЗМ. № 29
ИЗМ. № 30
ИЗМ. № 31
ИЗМ. № 32
ИЗМ. № 33
ИЗМ. № 34
ИЗМ. № 35
ИЗМ. № 36
ИЗМ. № 37
ИЗМ. № 38
ИЗМ. № 39
ИЗМ. № 40
ИЗМ. № 41
ИЗМ. № 42
ИЗМ. № 43
ИЗМ. № 44
ИЗМ. № 45
ИЗМ. № 46
ИЗМ. № 47
ИЗМ. № 48
ИЗМ. № 49
ИЗМ. № 50

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие однокорпусной абразивной детали	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки		Нормы времени, мин					Разряд работы	ИШНПТ-154.А0013.002			
операции	перехода					режущий	измерительный						мм/об	мм/мин	Частота, об/мин	Скорость резания, м/мин	T ₀	T _{вс}	T _{пз}			T _{шт}	T _{шт.к}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
020	4	<p>Горизонтально-фрезерная</p> <p>Установить и закрепить заготовку в тисках с призматическими одновременно сходящимися губками</p> <p>Фрезеровать торцовый паз, выдерживая размеры 3,025 и 2,025</p>		Горизонтальный фрезерный станок 6Р81	Тиски с призматическими одновременно сходящимися губками	Фреза прорезная дисковая из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 2679-73	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89		1	80	16	3	4	450	14,0	35	0,04	0,42	20	0,506	0,516			
025	5	<p>Токарная</p> <p>Установить и закрепить прутки в цанговом патроне</p> <p>Нарезать резьбу 25, выдерживая размеры 6,4^{+0,055} и Ø8_{-0,036}</p>		Многооперационный станок модели GLS 1500 фирмы Goodway	Цанговый патрон с пневмоприводом	Резец токарный резьбовой по ГОСТ 18885-73 из быстрорежущей стали Р6М5	Калибр скоба гладкий		3	8	6,4	0,4	0,75		968	24,3	0,15							
	6	<p>Сверлить сквозное отверстие 21 ружейным сверлом через направляющую втулку, выдерживая размер Ø5^{+0,3}</p>		Многооперационный станок модели GLS 1500 фирмы Goodway	Цанговый патрон с пневмоприводом	Ружейное сверло из быстрорежущей стали Р6М5	Электронный штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89		1	5	163	2,5	0,15		864	13,55	1,27	0,9	30	2,552	2,562			

Приложение Г
(обязательное)
Комплексная схема обработки

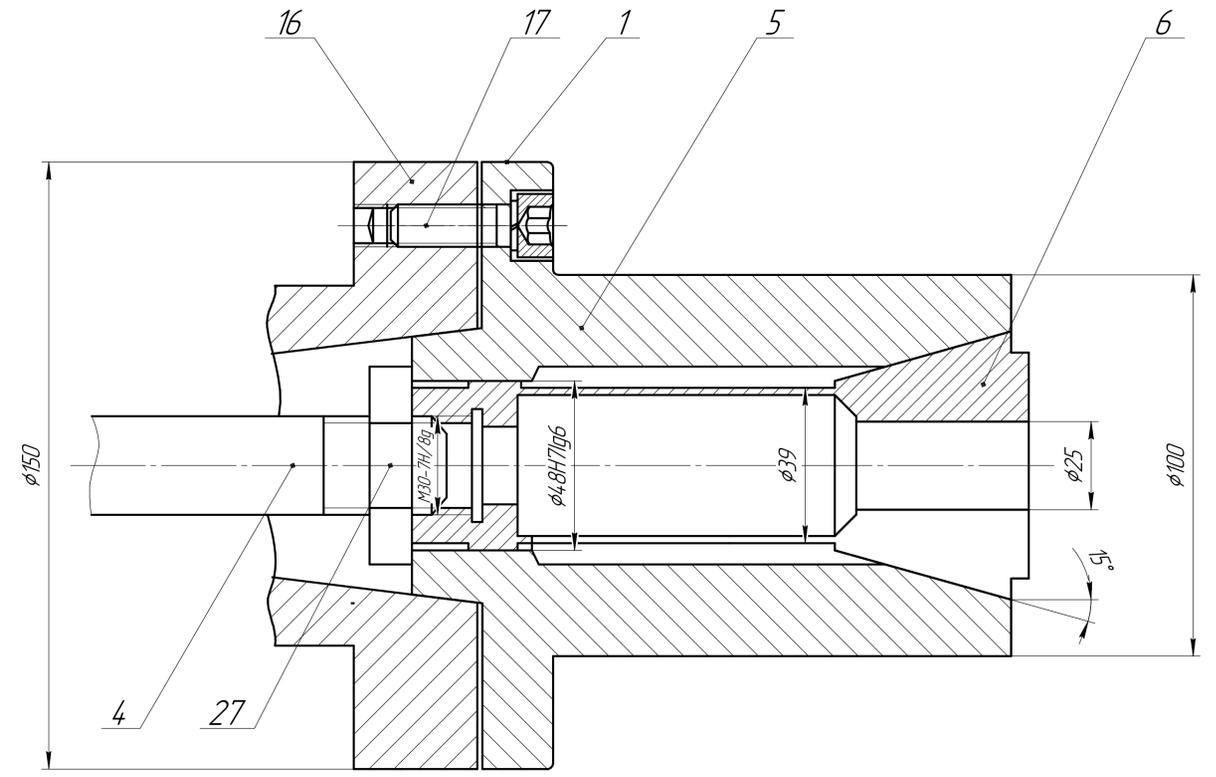
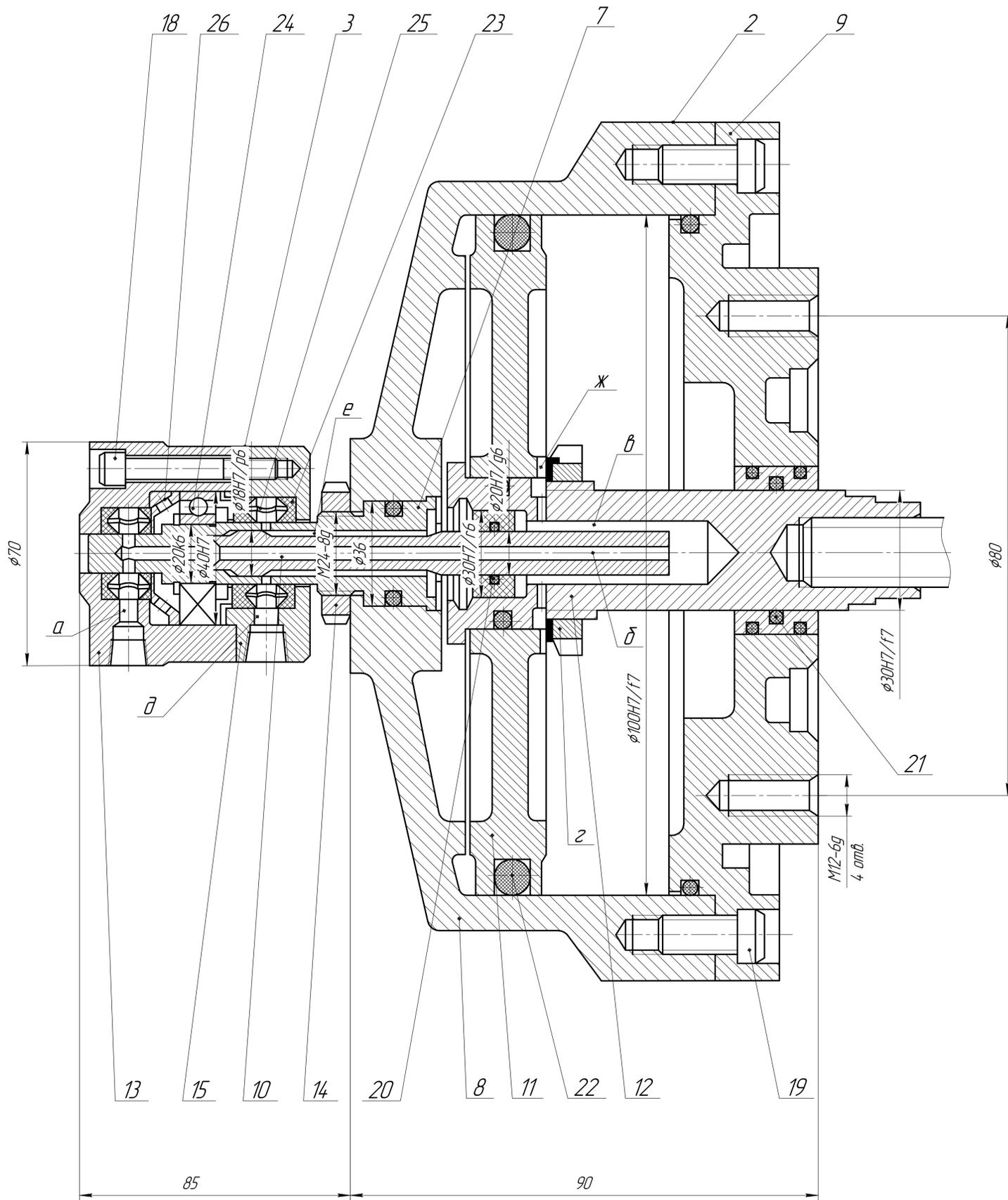


Перв. примен.
 Справ. №
 КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "ЛОСОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Инв. № подл. Подп. и дата
 Инв. № докум. Подп. и дата

ИШНПТ-154А0013.003						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Комплексная схема обработки	
Разраб.	Чжэн Дихао				Лист	1
Пров.	Козлов В.Н.				Листов	2
Т.контр.					ИШНПТ	
Н.контр.					Группа 154А81	
Чтв.					Копировал	
					Формат А2	

Приложение Д
(обязательное)

Сборочный чертёж цангового патрона с пневмоприводом



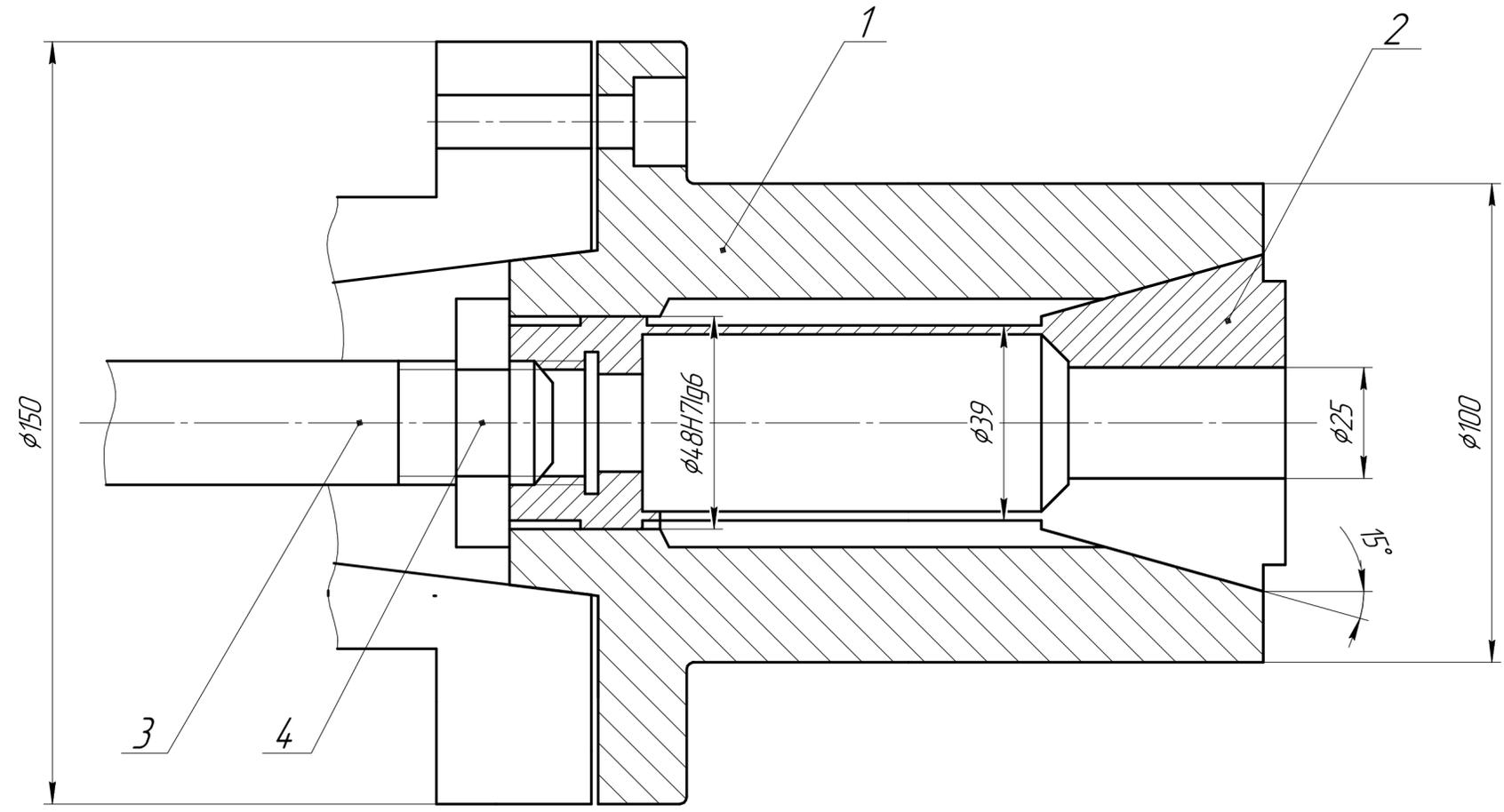
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
 1. Диаметр пневматического цилиндра 100 мм
 2. Давление воздуха составляет 0,4 МПа
 3. Усилие на штоке - 2 кН

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ
 1. Перед установкой цангового патрона смазать их наклонную и доковые поверхности косиственной сазкой Литал 24 ГОСТ21150-2017.
 2. Проверить радиальное биение эталонное заготовки цанговым патроном.

Копировать в файл © 2021 ООО «ИШНПТ-Системы прецизионной обработки». Разрешено все права защищены.
 Имя файла: ИШНПТ-154А0013.00.00.03 СБ. Дата: 15.08.2021. Лист: 1 из 1.

ИШНПТ-154А0013.00.00.03 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Цанговый патрон с пневмоприводом						1:1
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Листов 1
Разраб.	Козлов В.Н.					
Проб.						
Т.контр.						
Исполн.						
Утв.						
ИШНПТ				Группа 154А81		
Не для коммерческого использования				Копирован		
				Формат А1		

Приложение Е
(обязательное)
Чертёж цангового патрона



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. n до 1200 об/мин
2. Максимальное усилие зажатия на цанге: 6кН
3. Максимальный диаметр вала: 30 мм
4. Максимальный крутящий момент: 3,22 Нм

КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены
 Инв. № подл. Подп. и дата
 Инв. № докум. Подп. и дата
 Взам. инв. № Инв. № докум. Подп. и дата

Справ. №
 Перв. полимен.

				ИШНПТ-154А0013.00.00.02 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Чжэн Дихао						1:1
Пров.	Козлов В.Н.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					ИШНПТ		
Чтв.					Группа 154А81		
				Копировал			Формат А2

Приложение Ж

(обязательное)

Спецификация чертежа цангового патрона

КОМПАС-3D v20 Чужья версия © 2021 ООО "АУКН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
		A2			ИШНПТ-154А0013.00.00.02 СБ	Сборочный чертеж		
						<u>Детали</u>		
				1	ИШНПТ-154А0013.00.00.02.01	Корпус патрона	1	
				2	ИШНПТ-154А0013.00.00.02.02	Цанга	1	
				3	ИШНПТ-154А0013.00.00.02.03	Шпилька	1	
						<u>Стандартные издания</u>		
				4		Гайка М30,5 ГОСТ 5915-70	1	

Подп. и дата	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.

ИШНПТ-154А0013.00.00.02 СП				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Чжэн Духао		
Проб.		Козлов В.Н.		
Н.контр.				
Утв.				
Цанговый патрон			Лит.	Лист
				1
			ИШНПТ Группа 154А81	

Приложение 3
(обязательное)

Спецификация чертежа цангового патрона с пневмоприводом

КУМАС-3D v20 Чейная версия © 2021 ООО "АУКН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Стандартные изделия</u>		
		17		Шестигранный винт М20-6дх30 ГОСТ 11738-84	2	
		18		Винт АМ24-6дх50.31.АМ25 ГОСТ 1481-84	5	
		19		Винт АМ12-6дх60.31.АМ25 ГОСТ 1483-84	4	
				Кольцо ГОСТ 9833-73	5	
		20		Кольцо 060-064-25-1-0 ГОСТ 9833-73	1	
		21		Кольцо 060-065-30-1-0 ГОСТ 9833-73	3	
		22		Кольцо 125-130-36-1-0 ГОСТ 9833-73	1	
		23		Манжета 1-045-4 ГОСТ 6678-72	1	
		24		Подшипник 7000106 ГОСТ8338-75	1	
		25		Распорное кольцо	1	
		26		Упорное кольцо	1	
		27		Гайка М30,5 ГОСТ 5915-70	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИШНПТ-154А0013.00.00.03 СП	Лист
						2