

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 15.03.01 Машиностроение
 ООП/ОПОП Оборудование и высокоэффективные технологии в автоматизированном
 машиностроительном производстве
 Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ

УДК 621.81-2-043.61

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А91	Савлук Артур Альфредович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анисимова М. А.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук И. В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Черемискина М. С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ефременков Е. А.	к.т.н.		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП
Оборудование и высокоэффективные технологии в автоматизированном
машиностроительном производстве

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 конструкторские документы в соответствии со стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-16	Способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	Умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов



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 (ООП/ОПОП) 15.03.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Ефременков Е.А.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
4A91	Савлук Артур Альфредович

Тема работы:

Технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-98/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Чертеж детали «Сепаратор 1-ой ступени»; 2. Тип производства – мелкосерийное.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	1. Проектирование технологического процесса производства детали; 2. Проектирование средств технологического оснащения; 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 4. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1. Чертеж детали; 2. Карты наладки; 3. Комплект технологической документации; 4. Размерный анализ ТП; 5. Сборочный чертеж приспособления; 6. Спецификация.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Социальная ответственность»	Черемискина М. С.
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Кацук И. В.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.11.2022
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анисимова М. А.	к.ф.-м.н.		30.11.2022

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А91	Савлук Артур Альфредович		30.11.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 259 страниц, 21 рисунок, 42 таблицы, 29 источников, 8 приложений.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СЕПАРАТОР 1-ОЙ СТУПЕНИ, ЧПУ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, СРЕДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ.

Объектом исследования является деталь «Сепаратор 1-ой ступени».

Целью выпускной квалификационной работы является технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрены следующие разделы: проектирование технологического процесса производства детали; проектирование средств технологического оснащения; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.

В процессе проектирования технологического процесса производства детали произведен анализ технологичности конструкции детали, обеспечение эксплуатационных свойств детали, метод получения заготовки, проектирование технологического маршрута, расчёт припусков на механическую обработку, проектирование технологических операций, разработка управляющих программ для станков с ЧПУ, размерный анализ технологического процесса и технико-экономические показатели

При проектировании средств технологического оснащения выполнено обоснование выбора схемы приспособления; выбор функции, подвергаемой автоматизации; разработка принципиальной схемы закрепления детали; расчет усилий зажима; энерго-кинематический расчет; расчет червячной передачи; конструирование валов и червячного колеса; расчет подшипников качения; расчет приспособления на точность и проектирование гибкой производственной системы.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	11
1 Проектирование технологического процесса производства детали.....	19
1.1 Анализ технологичности конструкции детали	19
1.2 Обеспечение эксплуатационных свойств детали	21
1.3 Способ получения заготовки	23
1.4 Проектирование технологического маршрута.....	25
1.5 Расчет припусков на обработку.....	26
1.6 Проектирование технологических операций	32
1.6.1 Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки	40
1.6.2 Уточнение содержаний переходов.....	42
1.6.3 Выбор средств технологического оснащения.....	43
1.6.4 Выбор и расчет режимов резания	48
1.6.5 Расчет норм времени технологического процесса	51
1.7 Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	55
1.8 Размерный анализ технологического процесса	56
1.9 Техничко-экономические показатели технологического процесса.....	59
2 Проектирование средств технологического оснащения	65
2.1 Обоснование выбора схемы приспособления.....	65
2.2 Выбор функции, подвергаемой автоматизации.....	66
2.3 Разработка принципиальной схемы закрепления детали	68
2.4 Расчет усилий зажима.....	69
2.5 Энерго-кинематический расчет	73
2.6 Расчет червячной передачи.....	76
2.7 Конструирование червячного вала.....	87
2.8 Конструирование выходного вала делительной головки	89
2.9 Конструирование червячного колеса делительной головки	92
2.10 Определение реакций в подшипниках.....	94
2.11 Проверочный расчет подшипников	97

2.12	Проверочный расчет шпоночных соединений.....	102
2.13	Расчет винтового зажима	104
2.14	Расчет массы приспособления.....	105
2.15	Проверочный расчет рым-болтов.....	107
2.16	Расчет приспособления на точность	107
2.17	Проектирование гибкой производственной системы (ГПС).....	111
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	115
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	115
3.1.1	Анализ конкурентных технических решений.....	115
3.1.2	SWOT-анализ	117
3.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	120
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	120
3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	122
3.3	Бюджет научно-технического исследования	128
3.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования	128
3.3.2	Расчет амортизации специального оборудования.....	130
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	132
3.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	135
3.3.5	Накладные расходы	135
3.3.6	Бюджет НИ	136
3.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	137
4	Социальная ответственность	146
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	147
4.2	Производственная безопасность	148
4.2.1	Вредные и опасные факторы. Нормативные документы	148
4.2.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	149
4.3	Экологическая безопасность.....	154

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	155
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	158
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	163
Приложение А (формат А1) Чертеж детали «Сепаратор 1-ой ступени».....	167
Приложение Б Результаты расчетов	169
Приложение В Комплект технологической документации	176
Приложение Г (формат А1, А2) Карты наладки (графическая часть).....	245
Приложение Д Технические характеристики станков с ЧПУ	249
Приложение Е (формат А0) Размерный анализ	252
Приложение Ж (формат А0) Сборочный чертеж приспособления	254
Приложение И Спецификация.....	256

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день машиностроение развивается быстрыми темпами. Данная отрасль является одной из емких отраслей Российской Федерации. Благодаря машиностроению осуществляется развитие и сельской промышленности, и строительства, так как именно данная отрасль изготавливает различные механизмы, машины и аппараты, способные автоматизировать процесс любого производства.

Неотъемлемой частью машиностроения является технологическая подготовка производства (ТПП), определяющая многие факторы в изготовлении изделий. В процессе ТПП разрабатываются способы механизации и автоматизации производственных процессов, а также решаются некоторые вопросы организации производства [1].

Технологическая подготовка производства предназначена для обеспечения технологической готовности предприятия к производству изделий заданного качества в соответствии с заданными технико-экономическими показателями, устанавливающими высокий технический уровень производства, минимальные временные, трудовые и материальные затраты. Она включает в себя обеспечение технологичности конструкции изделия; проектирование технологических процессов и средств технологического оснащения; расчет технически обоснованных материальных и трудовых нормативов; необходимого числа оборудования и производственных площадей; внедрение технологических процессов и управление ими в производстве [2].

Целью данной работы является технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ.

Для достижения поставленной цели необходимо последовательно выполнить все этапы проектирования технологического процесса производства детали с применением современных средств технологического оснащения и контрольно-измерительных приборов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Перечень стандартов, используемых при оформлении пояснительной записки, комплекта технологической документации, чертежей:

ГОСТ 1050-2013Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей.

ГОСТ 2590-2006Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый.

ГОСТ 30893.1-2002 Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками.

ГОСТ Р 53924-2010Полотна ленточных пил. Типы и основные размеры.

ГОСТ 12195-66Приспособления станочные. Призмы опорные.

ГОСТ 14735 – 69Планки откидные. Конструкция.

ГОСТ 1491-80Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В.

ГОСТ 12937-67Прихваты передвижные плоские для станочных приспособлений. Конструкция.

ГОСТ 20872-80Резцы токарные сборные для контурного точения с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин.

ГОСТ 19073-80Пластины опорные сменные многогранные твердосплавные трехгранной формы.

ГОСТ 14952-75Сверла центровочные комбинированные. Технические условия.

ГОСТ 4010-77Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком Короткая серия. Основные размеры.

ГОСТ 18883-73Резцы токарные расточные с пластинами из твердого сплава для обработки глухих отверстий. Конструкция и размеры.

ГОСТ 25393-90Пластины твердосплавные напаиваемые для режущего инструмента. Типы.

ГОСТ 18879-73 Резцы токарные проходные упорные с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры.

ГОСТ 18874-73 Резцы токарные прорезные и отрезные из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры.

ГОСТ 24900-81 Хвостовики державок цилиндрические для токарных станков с программным управлением.

ГОСТ 9140-78 Фрезы шпоночные. Технические условия.

ГОСТ 12195-66 Приспособления станочные. Призмы опорные
Конструкция.

ГОСТ Р 58863-2020 Столы производственные. Верстаки из металла.
Общие технические условия.

ГОСТ 1465-80 Напильники. Технические условия.

ГОСТ 23461-84 Надфили алмазные. Технические условия.

ГОСТ 4045-75 Тиски слесарные с ручным приводом. Технические условия.

ГОСТ 20696-75 Сверла спиральные с коническим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов. Короткая серия. Конструкция и размеры.

ГОСТ 12489-71 Зенкеры цельные. Конструкция и размеры.

ГОСТ 1672-2016 Развертки машинные цельные. Типы и размеры.

ГОСТ 8522-79 Патроны сверлильные трехкулачковые. Основные размеры.

ГОСТ 13598-85 Втулки переходные для крепления инструмента с коническим хвостовиком. Конструкция и размеры.

ГОСТ 8742-75 Центры станочные вращающиеся. Типы и основные размеры.

ГОСТ 10903-77 Сверла спиральные с коническим хвостовиком.
Основные размеры.

ГОСТ 8615-89 Головки делительные универсальные. Общие технические условия.

ГОСТ 26539-85 Патроны цанговые с конусом 7:24 для крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком. Основные размеры.

ГОСТ Р 52781-2007 Круги шлифовальные и заточные. Технические условия.

ГОСТ 2675-80 Патроны самоцентрирующие трехлачковые. Основные размеры.

ГОСТ 607-80 Карандаши алмазные для правки шлифовальных кругов. Технические условия.

ГОСТ 31.1066.02-85 Приспособления к металлорежущим станкам. Оправки с разрезными цангами для точных работ. Основные параметры и размеры.

ГОСТ 9696-82 Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия.

ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия.

ГОСТ 6507-90 Микрометры. Технические условия.

ГОСТ 9244-75 Нутромеры с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия.

ГОСТ 24853-81 Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски.

ТУ 2-034-228-087 Шаблоны резьбовые и радиусные. Технические условия.

ГОСТ 9378-93 Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия.

ГОСТ 7470-92 Глубиномеры микрометрические. Технические условия.

ГОСТ 24114-80 Калибры-призмы шпоночные для валов диаметром св. 22 до 200 мм.

ГОСТ 14810-69 Калибры-пробки гладкие двусторонние со вставками диаметром свыше 3 до 50 мм. Конструкция и размеры.

ГОСТ 5378-88 Угломеры с нониусом. Технические условия.

ГОСТ 18360-93 Калибры-скобы листовые для диаметров от 3 до 260 мм. Размеры.

ГОСТ 28798-90 Головки измерительные пружинные. Общие технические условия.

ГОСТ 8074-82 Микроскопы инструментальные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования.

ГОСТ 23677-79 Твердомеры для металлов. Общие технические требования.

ГОСТ 831-75 Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные. Типы и основные размеры.

ГОСТ 27365-87 Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности. Основные размеры.

ГОСТ 23360-78 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

ГОСТ 3.1105-2011 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.

ГОСТ 3.1118-82 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.

ГОСТ 3.1404-86 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.

ГОСТ 17473-80 Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция, и размеры.

ГОСТ 11738-84 Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ Р ИСО 7048-2013 Винты с низкой цилиндрической головкой и крестообразным шлицем.

ГОСТ Р ИСО 4017-2013 Винты с шестигранной головкой. Классы точности А и В.

ГОСТ 5916-70 Гайки шестигранные низкие класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 13942-86 Кольца пружинные упорные плоские наружные эксцентрические и канавки для них. Конструкция и размеры.

ГОСТ 8752-79 Манжеты резиновые армированные для валов. Технические условия.

ГОСТ 4751-73 Рым-болты. Технические условия.

ГОСТ 6402-70 Шайбы пружинные. Технические условия.

ГОСТ 14737-69 Шпонки призматические привертные. Конструкция.

ГОСТ 10774-80 Штифты цилиндрические заклепочные. Технические условия.

Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) от 31.07.1998 N 146-ФЗ (ред. от 18.03.2023).

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ) (ред. от 19.12.2022 N 545-ФЗ).

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 22269-76 Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.107-85 ССБТ. Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики.

ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.009-99 Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 59641-2021 Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства первичные пожаротушения руководство по размещению, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность.

СП 9.13130.2009 Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.

ГОСТ 12.4.026-2015 ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

ГОСТ 12.4.103-2020 ССБТ. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация.

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30 декабря 2022 года).

СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

ГОСТ 10197-70 Стойки и штативы для измерительных головок. Технические условия.

В данной работе применены следующие сокращения:

ТПП – технологическая подготовка производства;

ЧПУ – числовое программное управления;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ТПП – типовой технологический процесс;

ШЦ – штангенциркуль с отчетом по нониусу;

ШЦЦ – штангенциркуль с цифровым отчетным устройством;

ГОСТ – государственный стандарт;

РТМ – руководящие технологические материалы;

ТУ – технические условия;

ГМ – глубиномер;
УЧПУ – устройство числового программного управления;
УП – управляющая программа;
МК – конус Морзе;
КПД – коэффициент полезного действия;
ГПС – гибкая производственная система;
ТЗ – техническое задание;
НИ ТПУ – национальный исследовательский Томский политехнический университет;
ИШНПТ – инженерная школа новых производственных технологий;
ОМШ – отделение машиностроения;
КД – конструкторская документация;
ТД – технологическая документация;
СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость;
НИ – научное исследование;
ООО – общество с ограниченной ответственностью;
ЗАО – закрытое акционерное общество;
НК РФ – налоговый кодекс Российской Федерации;
ТК РФ – трудовой кодекс Российской Федерации;
МРОТ – минимальный размер оплаты труда;
ССБТ – система стандартов безопасности труда;
СИЗ – средства индивидуальной защиты;
ПУЭ – правила устройства электроустановок;
СанПиН – санитарно-эпидемиологические правила и нормы;
СП – свод правил;
ЧС – чрезвычайная ситуация;
КИМ – коэффициент использования материала.

В данной работе применены следующие определения:

CAE-системы – разнообразные программные продукты, позволяющие при помощи расчётных методов (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объёмов) оценить, как поведёт себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Помогают убедиться в работоспособности изделия, без привлечения больших затрат времени и средств [3];

CAD-система – автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности [4];

CAM-система – автоматизированная система, либо модуль автоматизированной системы, предназначенный для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Под термином понимаются как сам процесс компьютеризированной подготовки производства, так и программно-вычислительные комплексы, используемые инженерами-технологами [5];

SWOT-анализ – метод планирования, позволяющий определить факторы внешней и внутренней среды проекта и их классифицировать;

1 Проектирование технологического процесса производства детали

1.1 Анализ технологичности конструкции детали

Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств, обуславливающих оптимизацию затрат труда в процессе проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта в сравнении с однотипным экземпляром при условии обеспечения эксплуатационных показателей качества и при заданном типе производства [6].

Деталь – «Сепаратор 1-ой ступени», изготавливается из материала сталь 45 ГОСТ 1050-2013, химический состав данного материала приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 45

Химический элемент	Содержание, %	Химический элемент	Содержание, %
Углерод (C)	0,42-0,5	Медь (Cu), не более	0,25
Марганец (Mn)	0,5-0,8	Мышьяк (As), не более	0,08
Кремний (Si)	0,17-0,37	Сера (S), не более	0,04
Никель (Ni), не более	0,25	Фосфор (P), не более	0,035
Хром (Cr), не более	0,25	Железа (Fe)	~ 97

Масса детали составляет 980 грамм, которая рассчитана с помощью САПР «КОМПАС-3D», исходя из назначенного материала и 3D-модели (рисунок 1.1).

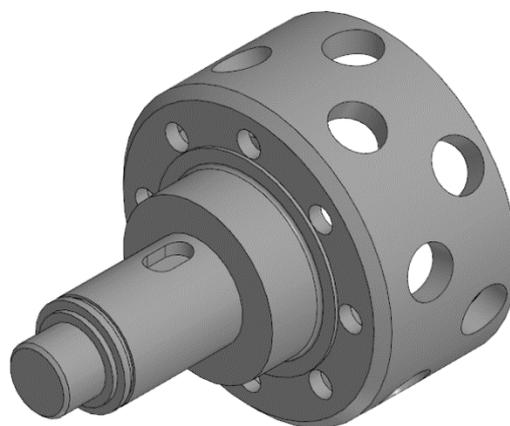


Рисунок 1.1 – 3D-модель детали «Сепаратор 1-ой ступени» в САПР «КОМПАС-3D»

Материал детали сталь 45 – углеродистая конструкционная нелегированная специальная качественная сталь, число 45 указывает среднее содержание углерода в сотых долях процента, т.е. содержание углерода в Сталь 45 составляет 0,45%. Углерод отвечает за упрочнение, чем меньше углерода в составе, тем материал пластичнее; с увеличением доли углерода возрастает твердость, прочность, следовательно, чем его больше, тем труднее процесс обработки резанием. Основную часть этого материала составляет железо ~ 97%. Таблица 1 показывает, что в данной стали высокое содержание марганца (0,5 – 0,8%). Марганец способствует удалению серы и положительно влияет на качество поверхности, увеличивает прочность, следовательно, чем его больше, тем труднее процесс обработки резанием. В Сталь 45 входят и другие элементы, такие как никель, хром и медь (0,25% каждый), положительно влияющие на свойства данного материала (увеличивают коррозионную стойкость), фосфор и сера (0,035% и 0,04% соответственно), которые являются вредными типами примесей (повышают хрупкость, понижают вязкость и устойчивость к ударным нагрузкам). Наличие хрома повышает твердость и прочность, не снижая пластичности стали, следовательно, чем его больше, тем труднее процесс обработки резанием.

При изучении чертежа детали «Сепаратор 1-ой ступени» (приложение А) было выявлено, что данная деталь относится к деталям по типу тел вращения. В его конструкции присутствуют закрытые шпоночные пазы, канавки, отверстия, выполненные в 2 ряда по цилиндрической поверхности (по 7 отверстий в одном ряду), которые во втором ряду смещены относительно отверстий первого ряда на половину углового шага, т. е. на $26^{\circ}11'$, также имеется 8 отверстий на торцевой поверхности, фаски $1 \times 45^{\circ}$, $3 \times 45^{\circ}$ и галтель R1. Помимо этого, часть детали пустотелая.

На чертеже указана минимальная шероховатость Ra 0,8, следовательно, необходимо будет выполнять технологическую операцию – шлифование, максимальная шероховатость Ra 6,3.

По результатам анализа основные свойства приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Технологические и нетехнологические свойства детали «Сепаратор 1-ой ступени»

Технологичность	Нетехнологичность
1) максимальная шероховатость Ra 6,3;	1) минимальная шероховатость Ra 0,8;
2) имеется большое количество размеров по 14-му качеству (H14, h14);	2) имеются размеры по 6-му качеству (k6, js6);
3) все размеры, допуски, проставленные на чертеже, находятся в пределах возможностей станков;	3) наличие отверстий, выполняемых на цилиндрической поверхности, которые во втором ряду смещены относительно отверстий первого ряда на половину углового шага, то есть на $26^{\circ}11'$;
4) сталь 45 хорошо поддается механообработке.	4) деталь подвергается термообработке;
	5) форма детали (большая часть материала удаляется в стружку);
	6) наличие допусков расположения поверхностей;
	7) отсутствие центровых отверстий;
	8) наличие проточки, канавки

При механической обработке выполняются технологические операции: точение, сверление, растачивание, фрезерование, шлифование. Форма у заготовки дает свободный доступ инструментов, масса и габариты детали не требуют подъемных приспособлений, что приводит к повышению технологичности.

1.2 Обеспечение эксплуатационных свойств детали

Главным показателем качества детали является ее надежность, которая обуславливается ее эксплуатационными свойствами. Надежность деталей включает в себя статическую, усталостную и контактную прочность, коррозионную стойкость, износостойкость и др. Данные показателя в первую очередь зависят от механических свойств материалов, из которых изготовлены детали.

Проверка работоспособности конструкции детали выполняется для материала сталь 45 ГОСТ 1050-2013 с помощью CAE-системы. Для данной

детали были проведены расчеты на возникновение напряжений при ее эксплуатации, деформаций при условии, что на первой, второй ступенях будут установлены подшипники качения, на третьей ступени – зубчатое колесо. Была задана осевая сила $P_x = 1000 \text{ Н}$.

Моделирование детали было осуществлено в САПР «КОМПАС-3D», а сам процесс расчетов и анализа был выполнен в программе SolidWorks.

По результатам анализа напряжений (рисунок 1.2) и деформаций (рисунок 1.3) видно, что при условии возникновения осевых сил в ходе эксплуатации детали, напряжения и деформации возникают на торцах ступеней, на которые установлены подшипники качения и зубчатое колесо. Однако величина их не существенна при осевой силе $P_x = 1000 \text{ Н}$, следовательно, данная деталь способна выдерживать большие нагрузки, не существенно подвергается смещениям (деформациям) и находится в устойчивом состоянии.

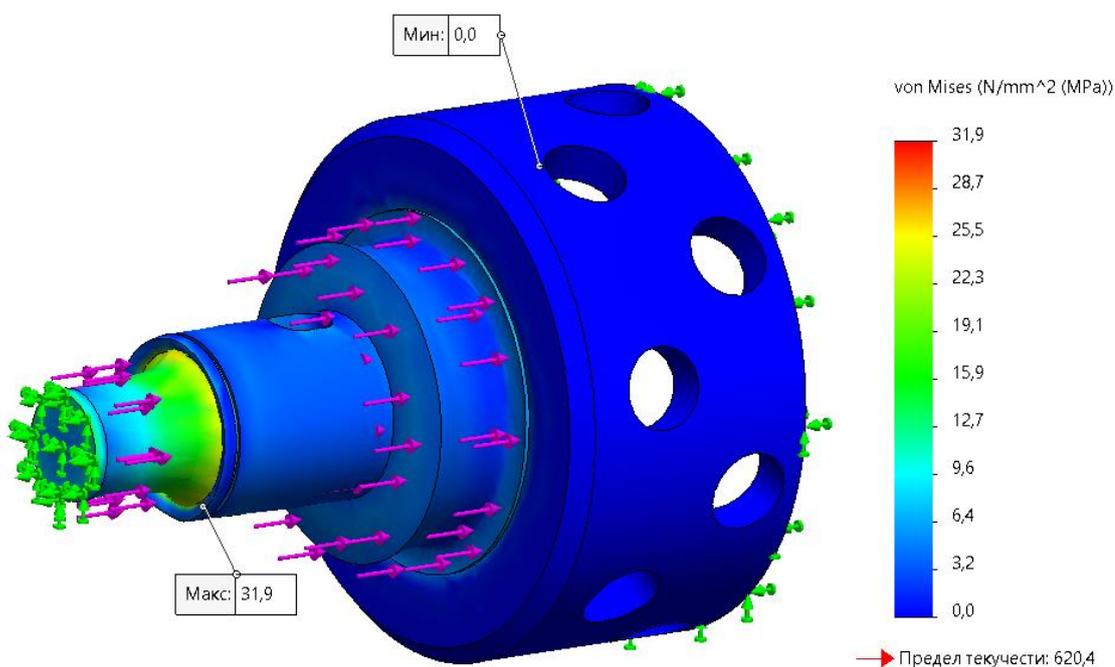


Рисунок 1.2 – Статический анализ напряжений в САПР «SolidWorks» при наличии осевых сил

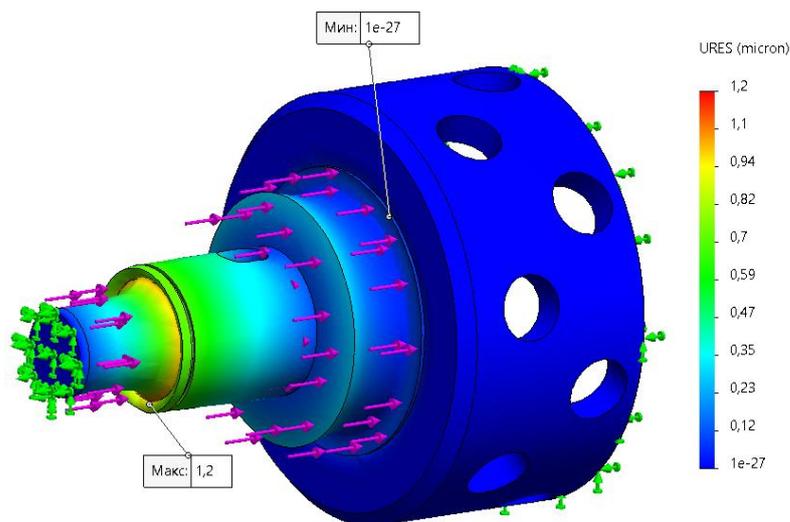


Рисунок 1.3 – Статический анализ деформаций в САПР «SolidWorks» при наличии осевых сил

Подведем итоги: деталь работает в зоне упругих деформаций, напряжения и деформации не значительны в зоне посадок подшипников и зубчатого колеса. Предел выносливости стали 45 ГОСТ 1050-2013 составляет 620-640 МПа.

1.3 Способ получения заготовки

Первым этапом изготовления любой детали является заготовительная операция – получение заготовки из выбранного материала, согласно чертежу детали. Размеры заготовки, профиль, форма, сечение должны быть максимально приближены к размерам и форме готовой детали. Выполняя данную рекомендацию, можно добиться сокращения расхода материала, времени на механообработку, затраты на электроэнергию и СОЖ, добиться увеличения производительности труда уже на этапе выбора заготовки.

В зависимости от различных параметров детали, например, от характера материала, назначения детали, требуемой точности ее изготовления заготовки получают различными методами: из проката, ковкой, холодной штамповкой, горячей объемной штамповкой, волочением, литьем, сваркой, порошковой металлургией. В качестве заготовок для деталей в мелкосерийном

производстве обычно применяют недорогой полуфабрикат – прокат: круг, пруток, труба, лист, уголок, швеллер.

При изучении чертежа детали «Сепаратор 1-ой ступени» (приложение А) рассмотрено три способа получения заготовки:

- 1) из сортового проката;
- 2) ковкой;
- 3) литьем.

Определим коэффициент использования материала для перечисленных случаев. Коэффициент использования материала (КИМ) определяется отношением массы готовой детали к массе исходной заготовки [7]:

$$K = \frac{q}{Q} \quad (1.1)$$

где q – масса готовой детали, кг;

Q – масса заготовки, кг.

При проектировании 3D-модели и заготовок в САПР «КОМПАС-3D» V21 были получены следующие данные:

- а) масса детали $q = 0,98$ кг;
- б) масса заготовки из сортового проката (пруток) $Q = 6,73$ кг;
- в) масса заготовки из поковки $Q = 3,59$ кг;
- г) масса заготовки, полученная литьем $Q = 2,72$ кг.

Следовательно, для прутка:

$$K_{\text{пр}} = \frac{0,98}{6,73} = 0,145;$$

для поковки:

$$K_{\text{пок}} = \frac{0,98}{3,59} = 0,27;$$

для заготовки из литья:

$$K_{\text{лит}} = \frac{0,98}{2,72} = 0,36$$

Из результатов расчета видно, что предпочтительно использовать заготовку, полученную с помощью литья, но данный метод не целесообразно применять, так как при этом происходят дополнительные затраты времени и средств на изготовление моделей и производство отливок, а также его используют в основном для крупносерийного и массового производств; метод получения заготовок с помощьюковки также возможен, однако появляется необходимость в обдирке заготовки и требуется изготовление форм и наличие необходимого оборудования. Для мелкосерийного типа производства наиболее эффективный способ с технико-экономической точки зрения – это использование заготовок из сортового проката, а именно из горячекатаного проката, так как данный вид проката самый дешевый. Таким образом примем заготовку: пруток 95-В1 сталь 45 ГОСТ 2590-2006.

1.4 Проектирование технологического маршрута

Целью проектирования технологического маршрута является определение последовательности технологических операций и средств технологического оснащения для их выполнения.

Разработка маршрута зависит от конструкции детали, материала, требований к ее качеству, вида заготовки и масштаба ее выпуска.

Технологический маршрут изготовления детали «Сепаратор 1-ой ступени» представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технологический маршрут детали «Сепаратор 1-ой ступени»

005 Заготовительная
010 Токарная
015 Термическая
020 Токарная с ЧПУ
025 Контрольная
030 Фрезерная
035 Слесарная
040 Контрольная
045 Координатно-расточная с ЧПУ
050 Вертикально-сверлильная

Продолжение таблицы 1.3

055 Слесарная
060 Контрольная
065 Термическая
070 Внутршлифовальная
075 Слесарная
080 Круглошлифовальная
085 Слесарная
090 Промывочная
095 Контрольная
0100 Консервация

1.5 Расчет припусков на обработку

В производстве крайне важно установить оптимальную величину припусков. Заготовки с заниженными размерами припусков могут не обеспечить удаление дефектных поверхностных слоев, получение требуемой точности и шероховатости. Завышенные припуски могут привести к перерасходу материала, энергии и режущего инструмента. В добавок, возникает необходимость введения дополнительных технологических переходов или рабочих ходов, что, как следствие, увеличит трудоемкость процессов и себестоимость обработки детали.

Припуск элементарных поверхностей назначают по соответствующим справочным таблицам (ГОСТ, РТМ и т.п.). Также проводится аналитический расчет для определения минимальной необходимой величины припуска на механическую обработку Z_{min} .

При обработке тел вращения и учитывая малую вероятность совпадения направления погрешностей формы и расположения поверхностей заготовки (например, коробления ρ_{i-1} и отклонения от соосности ε_{i-1}) и погрешности установки и закрепления Δu_i формула для расчета наименьшего припуска на диаметр приобретает вид [8]:

$$2Z_{min_i} = 2 \cdot \left(R_{Z_{i-1}} + T_{деф_{i-1}} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (1.2)$$

где z_{min_i} – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм;

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

$T_{деф_{i-1}}$ – глубина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

ρ_{i-1} – сумма погрешностей формы и расположения поверхностей заготовки, оставшихся или полученных после предыдущей обработки, мкм;

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

Для шлифования (после термообработки) [8]:

$$2z_{min_i} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (1.3)$$

При обточке торцов [8]:

$$z_{min_i} = R_{Z_{i-1}} + T_{деф_{i-1}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (1.4)$$

Расчет межоперационных припусков аналитическим методом будем производить для поверхности $\emptyset 30js6(\pm 0,0065)$. Шероховатость поверхности и глубину дефектного слоя назначаем по пособию [8, 9].

Поверхность $\emptyset 30js6(\pm 0,0065)$

Последовательность переходов необходимых для получения поверхности:

- 1) заготовка;
- 2) черновое точение;
- 3) получистовое точение;
- 4) чистовое точение;
- 5) термообработка;
- 6) шлифование черновое;
- 7) шлифование чистовое.

Пространственные погрешности ρ при консольном закреплении в самоцентрирующемся патроне определяются согласно рекомендациям [8]:

$$\rho = \rho_{\text{кор}} \quad (1.5)$$

$$\rho_{\text{кор}} = l \cdot \Delta k \quad (1.6)$$

где $\Delta k = 8 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – удельная погрешность заготовки длиной до 120 мм обычной точности без правки [8];

$l = 120$ мм – длина заготовки.

Тогда пространственная погрешность по формуле (1.6):

$$\rho = 120 \cdot 8 = 960 \text{ мкм}$$

Для переходов, следующих за первым, пространственная погрешность определяется по формуле:

$$\rho_{i+1} = \rho \cdot K_y \quad (1.7)$$

где K_y – коэффициент уточнения обработки [8].

Для чернового точения $K_y = 0,06$ [8].

Для получистового точения $K_y = 0,05$ [8].

Для чистового точения $K_y = 0,04$ [8].

Для чернового шлифования $K_y = 0,03$ [8].

Для чистового шлифования $K_y = 0,02$ [8].

Тогда общая погрешность при черновом точении по формуле (1.7):

$$\rho_2 = 960 \cdot 0,06 = 57,6 \text{ мкм}$$

При получистовом точении по формуле (1.7):

$$\rho_3 = 960 \cdot 0,05 = 48 \text{ мкм}$$

При чистовом точении по формуле (1.7):

$$\rho_4 = 960 \cdot 0,04 = 38,4 \text{ мкм}$$

При термической обработке [8]:

$$\rho_5 = \Delta_{\text{то}} \cdot l \quad (1.8)$$

где $\Delta_{\text{то}} = 0,6 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – удельное значение кривизны после термической обработки [8];

$l = 115$ мм – длина заготовки.

Тогда по формуле (1.8):

$$\rho_5 = 0,6 \cdot 115 = 69 \text{ мкм}$$

При черновом шлифовании по формуле (1.7):

$$\rho_6 = 960 \cdot 0,03 = 28,8 \text{ мкм}$$

При чистовом шлифовании по формуле (1.7):

$$\rho_7 = 960 \cdot 0,02 = 19,2 \text{ мкм}$$

Погрешность установки заготовки ε можно определить расчетным путем или из таблиц. В работе будет использован расчетный метод.

Погрешности установки ε , мкм, определяем по формуле [8]:

$$\varepsilon_2 = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_p^2} \quad (1.9)$$

где $\varepsilon_3 = 500$ мкм – погрешность при установке детали в самоцентрирующемся патроне [8];

$\varepsilon_p = 0$ мкм [8].

Тогда по формуле (1.9):

$$\varepsilon_2 = \sqrt{500^2 + 0^2} = 500 \text{ мкм}$$

Погрешность установки для последующих операций (шлифование) определяем по подобию.

При обработке по 6-му качеству после 8-го качества рассчитываем минимальный припуск на окончательную обработку ϕd_i ($\phi 30js6(\pm 0,0065)$) по формуле (1.3):

$$2z_{\text{mini}} = 2 \cdot (10 + 28,8) = 77,6 \text{ мкм}$$

Рассчитываем расчётный минимальный диаметр ϕd_{i-1} для предыдущей обработки:

$$d_{\min i-1} = d_{\max 1} + 2z_{\min i} = 30,0065 + 0,0776 = 30,0841 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-1 \text{ расч.}} = d_{\min i-1} + T_{d i-1} = 30,0841 + 0,039 = 30,1231 \text{ мм}$$

$$\text{Примем } d_{i-1} = 30,1_{-0,039} = 30,1h8(-0,039).$$

При обработке по 8-му качеству после термической обработки рассчитываем минимальный припуск на окончательную обработку ϕd_{i-1} ($30,1h7(-0,025)$) по формуле (1.3):

$$2z_{\min i-1} = 2 \cdot (69 + 20) = 178 \text{ мкм}$$

Рассчитываем расчётный минимальный диаметр ϕd_{i-2} для предыдущей обработки:

$$d_{\min i-2} = d_{\max 2} + 2z_{\min i-1} = 30,1 + 0,178 = 30,278 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-2 \text{ расч.}} = d_{\min i-2} + T_{d i-2} = 30,258 + 0,1 = 30,358 \text{ мм}$$

$$\text{Примем } d_{i-2} = 30,4_{-0,1} = 30,4h10(-0,1).$$

При термообработке припуска нет, так как величина коробления учтена ранее. Коробление влияет на допуск: допуск с 9-го качества до 10-го.

$$\text{Примем } d_{i-3} = d_{i-2} = 30,4_{-0,062} = 30,4h9(-0,062).$$

При обработке по 9-му качеству после 11-го качества рассчитываем минимальный припуск на окончательную обработку ϕd_{i-3} ($30,4h9(-0,062)$) по формуле (1.2):

$$2z_{\min i-4} = 2 \cdot \left(40 + 50 + \sqrt{48^2 + 0^2} \right) = 276 \text{ мкм}$$

Рассчитываем расчётный минимальный диаметр ϕd_{i-4} для предыдущей обработки:

$$d_{\min i-4} = d_{\max 3} + 2z_{\min i-4} = 30,4 + 0,276 = 30,676 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-4 \text{ расч.}} = d_{\min i-4} + T_{d i-4} = 30,676 + 0,16 = 30,836 \text{ мм}$$

$$\text{Примем } d_{i-4} = 31_{-0,16} = 31h11(-0,16).$$

При обработке по 11-му качеству после 14-го качества рассчитываем минимальный припуск на окончательную обработку $\varnothing d_{i-4}$ ($31h11(-0,16)$) по формуле (1.2):

$$2z_{\min i-5} = 2 \cdot \left(125 + 75 + \sqrt{57,6^2 + 500^2} \right) = 1406,6 \text{ мкм}$$

Рассчитываем расчётный минимальный диаметр $\varnothing d_{i-5}$ для предыдущей обработки:

$$d_{\min i-5} = d_{\max 4} + 2z_{\min i-5} = 31 + 1,407 = 32,407 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-5 \text{ расч.}} = d_{\min i-4} + T_{d i-5} = 32,407 + 0,62 = 33,027 \text{ мм}$$

$$\text{Примем } d_{i-5} = 33,1_{-0,62} = 33,1h14(-0,62).$$

При обработке по 14-му качеству от заготовки рассчитываем минимальный припуск на окончательную обработку $\varnothing d_{i-5}$ ($33,1h14(-0,62)$) по формуле (1.2):

$$2z_{\min i-6} = 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{960^2 + 0^2} \right) = 2920 \text{ мкм}$$

Рассчитываем расчётный минимальный диаметр $\varnothing d_{i-6}$ для предыдущей обработки:

$$d_{\min i-6} = d_{\max 6} + 2z_{\min i-6} = 33,1 + 2,92 = 36,02 \text{ мм}$$

$$d_{\max i-6 \text{ расч.}} = d_{\min i-6} + T_{d i-6} = 36,02 + 2,2 = 38,22 \text{ мм}$$

$$\text{Примем } d_{i-6} = 38,3_{-0,62} = 38,3h16(-2,2).$$

В связи с тем, что размер $\varnothing 30js6(\pm 0,0065)$ мм – это участок ступени детали и имеются размеры, превышавшие данный по номиналу, то остальной слой материала – напуск, так как заготовка имеет размер $\varnothing 95_{-1,3}^{+0,5}$ мм.

Максимальные предельные значения припусков равны разности наибольших предельных размеров, а минимальные значения, соответственно, разности наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

Результаты расчетов сведены в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Припуски на механическую обработку поверхности $\varnothing 30js6(\pm 0,0065)$

Переходы	Элементы припуска, мкм				$2Z_{min}$, мкм	d_p , мм	Td , мкм	Размеры, мм		Припуски, мм	
	Rz	h	ρ	ϵ				d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка: прокат (h16)	20 0	30 0	96 0	-	-	$\varnothing 38,3h16$	2200	36,1	38,3	-	-
Токарная с ЧПУ Точение:											
Черновое (h14)	12 5	75	57, 6	50 0	29 20	$\varnothing 33,1h14$	620	32,4 8	33,1	3,62	5,2
Получистовое (h11)	40	50	48	-	06, 6	$\varnothing 31h11$	160	30,8 4	31	1,64	2,1
Чистовое (h9)	20	25	38, 4	-	27 6	$\varnothing 30,4h9$	62	30,3 38	30,4	0,50 2	0,6
Термическая обработка	-	-	69	-	-	$\varnothing 30,4h10$	100	30,3	30,4	-	-
Круглошлифо- вальная Шлифование:											
Черновое (h8)	10	20	28, 8	20	17 8	$\varnothing 30,1h8$	39	30,0 61	30,1	0,23 9	0,3
Чистовое (js6)	6, 3	12	19, 2	-	77, 6	$\varnothing 30js6$	13	29,9 9935	30,0 065	0,06 165	0,094
Итого, Σ :										6,06 265	8,294

Припуски на остальные размеры и получаемые поверхности назначаем статистическим методом (по таблицам) [10]. Результаты приведены в таблице Б.1 в приложении.

1.6 Проектирование технологических операций

Проектирование операций является многовариантной задачей. Для построения операции необходимо знать маршрут обработки заготовки, схему ее установки, какие поверхности и с какой точностью обработаны на предшествующих операциях. На построение операций оказывает влияние ряд факторов: конструкция изделия (размер, масса, конфигурация), технические требования на его изготовление (допуски на размеры и взаимное

расположение элементов), вид заготовки, программа выпуска, модель оборудования, конструкция приспособления.

На основании спроектированного технологического маршрута и расчета припусков на обработку, составим технологическую последовательность обработки детали «Сепаратор 1-ой ступени», представленную в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Последовательность обработки детали «Сепаратор 1-ой ступени»

Операционный эскиз	Название операции и ее содержание
	<p>005 Заготовительная А. Установить заготовку в призмы. База: наружный диаметр и торец. 1. Отрезать заготовку, выдерживая размер $\phi 121_{\pm 1}$ мм.</p>
	<p>010 Токарная А. Установить деталь в трехкулачковый патрон. База: наружный диаметр $\phi 95_{-1,3}^{+0,5}$ мм и торец. 1. Подрезать торец, выдерживая размер $119_{-0,87}$ мм. 2. Точить поверхность $\phi 70_{-0,74}$ мм на длину $70_{\pm 0,37}$ мм.</p>

Продолжение таблицы 1.5

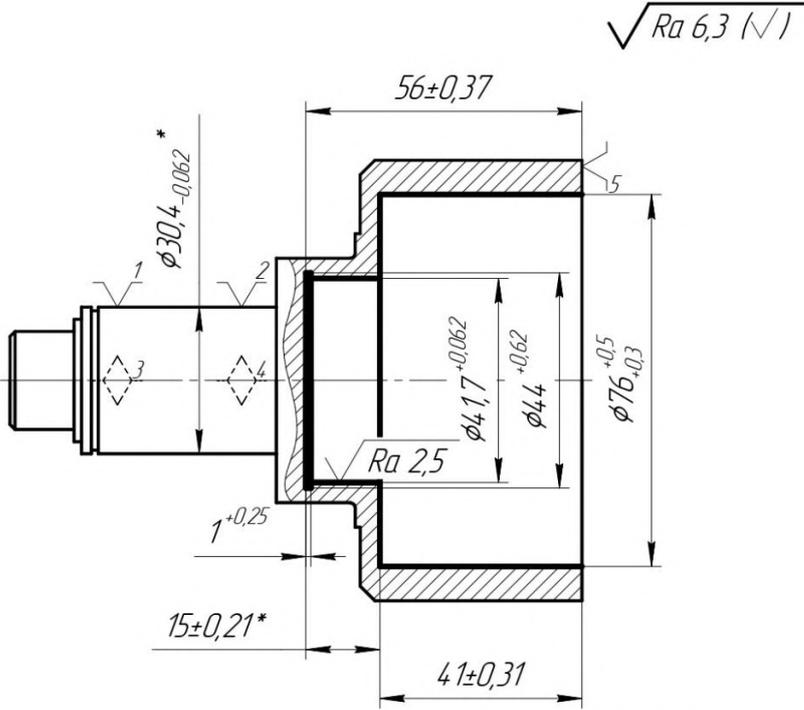
	<p>Б. Переустановить деталь в трехкулачковом патроне. База: наружный диаметр $\phi 70_{-0,74}$ мм и торец.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец, сняв припуск $2 \pm 0,12$ мм. 2. Сверлить отверстие $\phi 20_{+0,52}$ мм на глубину $45 \pm 0,31$ мм. 3. Рассверлить отверстие до $\phi 35_{+0,25}$ мм на глубину $45 \pm 0,31$ мм. 4. Расточить поверхность $\phi 60_{+0,74}$ мм, на глубину $30 \pm 0,26$ мм. 5. Точить поверхность $\phi 90_{-0,87}$ мм.
--	---

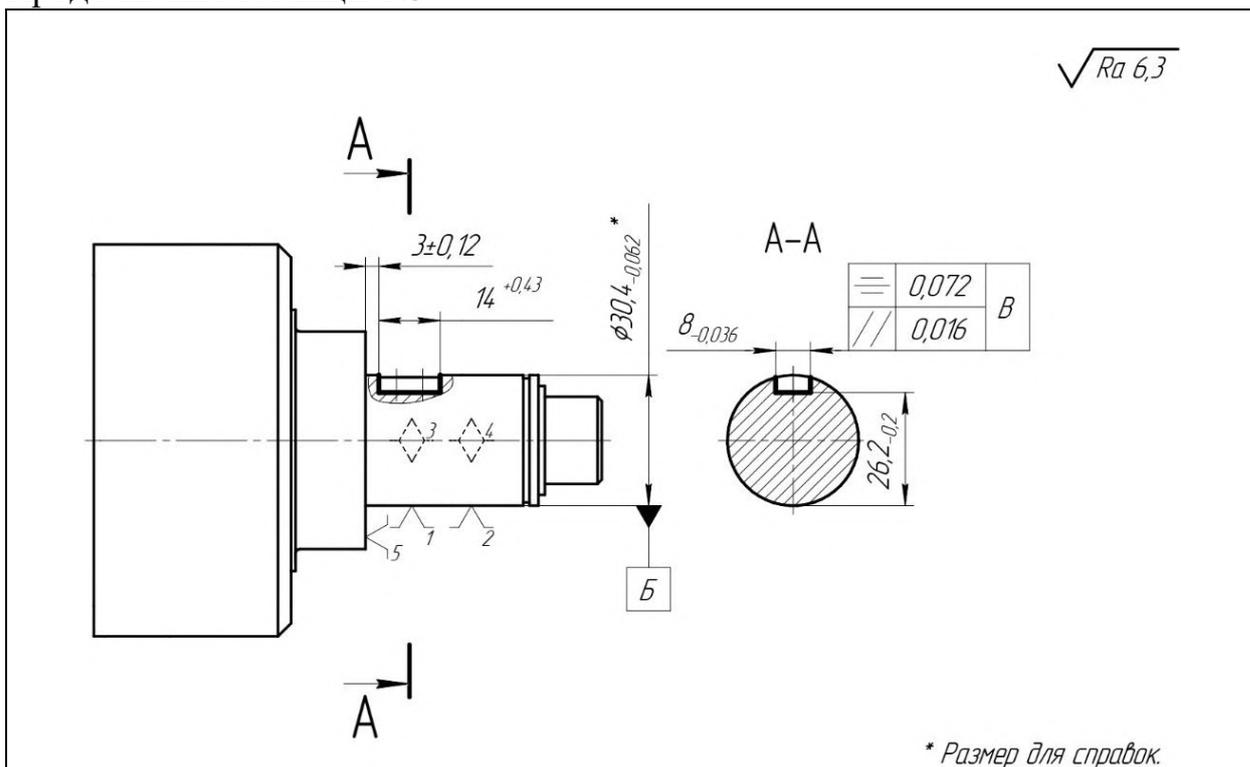
015 Термическая

1. Поместить деталь в печь.
2. Нагреть деталь до температуры 300...400°C.
3. Стабилизировать деталь при заданной температуре в течение 45 мин.
4. Охладить деталь на воздухе.

	<p>020 Токарная с ЧПУ</p> <p>А. Установить деталь в трехкулачковый патрон в обратные кулачки. База: наружный диаметр $\phi 90_{-0,87}$ мм и торец.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец, выдерживая размер $116_{-0,1}$ мм. 2. Точить поверхность $\phi 60_{-0,74}$ мм, выдерживая размер $45_{-0,62}$ мм. 3. Точить поверхность $\phi 50,4_{-0,074}$ мм на длину $70 \pm 0,37$ мм. 4. Точить галтель $R1 \pm 0,2$ мм. 5. Точить поверхность $\phi 30,4_{-0,062}$ мм на длину $54_{+0,1}$ мм. 6. Точить поверхность $\phi 25_{-0,52}$ мм, выдерживая размер $14,5_{-0,1}$ мм. 7. Точить поверхность $\phi 20,4_{-0,052}$ мм, выдерживая размер $13 \pm 0,21$ мм.
--	--

Продолжение таблицы 1.5

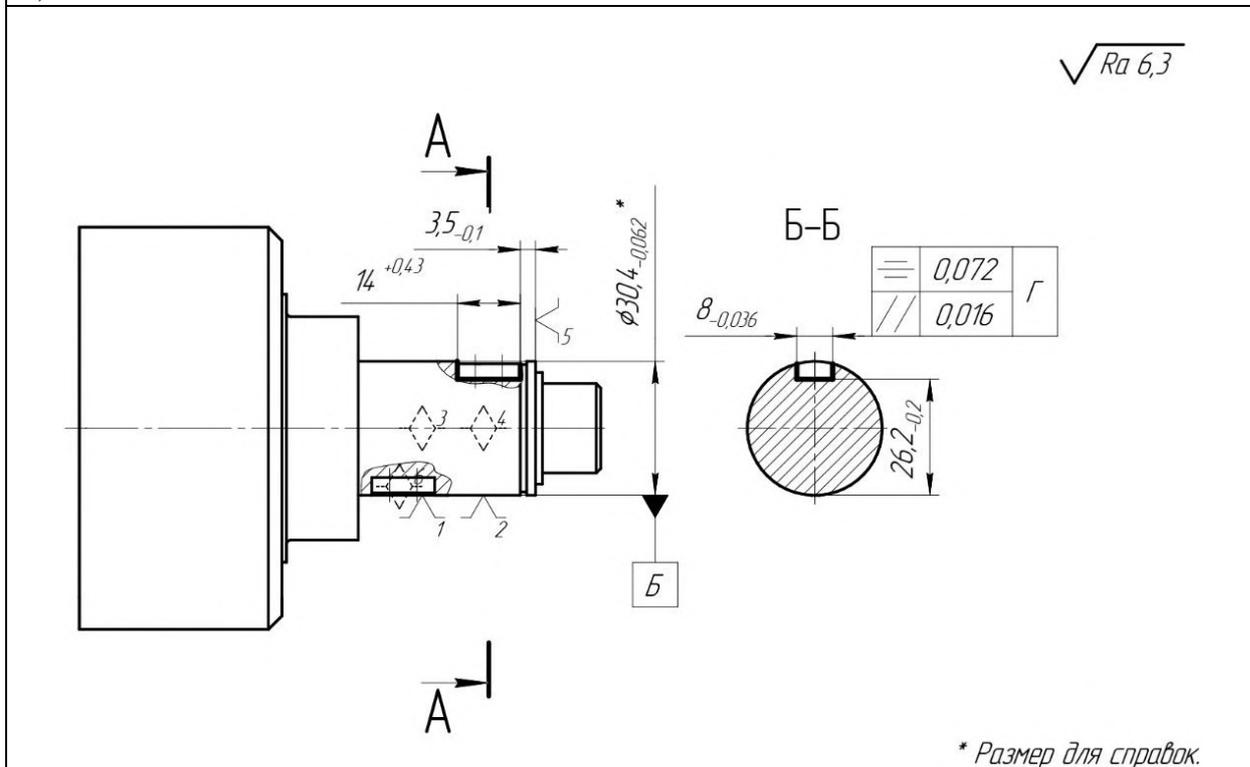
	<p>8. Снять две фаски $3 \pm 0,2 \times 45^\circ$ мм, $1 \pm 0,2 \times 45^\circ$ мм.</p> <p>9. Точить кольцевую проточку, выдерживая размеры $\varnothing 28,5_{-0,28}$ мм, $1,4^{+0,25}$ мм и $3_{-0,1}$ мм.</p>
 <p style="text-align: right;"><i>* Размеры для справок.</i></p>	<p>Б. Переустановить деталь в трехкулачковом патроне.</p> <p>База: диаметр $\varnothing 30,4_{-0,062}$ мм и торец.</p> <p>1. Расточить поверхность $\varnothing 76(+0,5; +0,3)$ мм, выдерживая размер $41 \pm 0,31$ мм.</p> <p>2. Расточить поверхность $\varnothing 41,7^{+0,062}$ мм, выдерживая размер $56 \pm 0,37$ мм.</p> <p>3. Расточить кольцевую проточку, выдерживая размеры $\varnothing 44^{+0,62}$ мм и $1^{+0,26}$ мм.</p>
<p>025 Контрольная</p> <p>1. Контролировать размеры, полученные на предыдущей операции.</p>	



030 Фрезерная

А. Установить деталь в призмах. База: диаметр $\text{Ø}30,4_{-0,062}$ мм и торец.

1. Фрезеровать закрытый шпоночный паз, выдерживая размеры $3\pm 0,12$ мм, $26,2_{-0,2}$ мм, $8_{-0,036}$ мм и $14^{+0,43}$ мм, допуск симметричности 0,072 мм и допуск параллельности 0,016 мм.

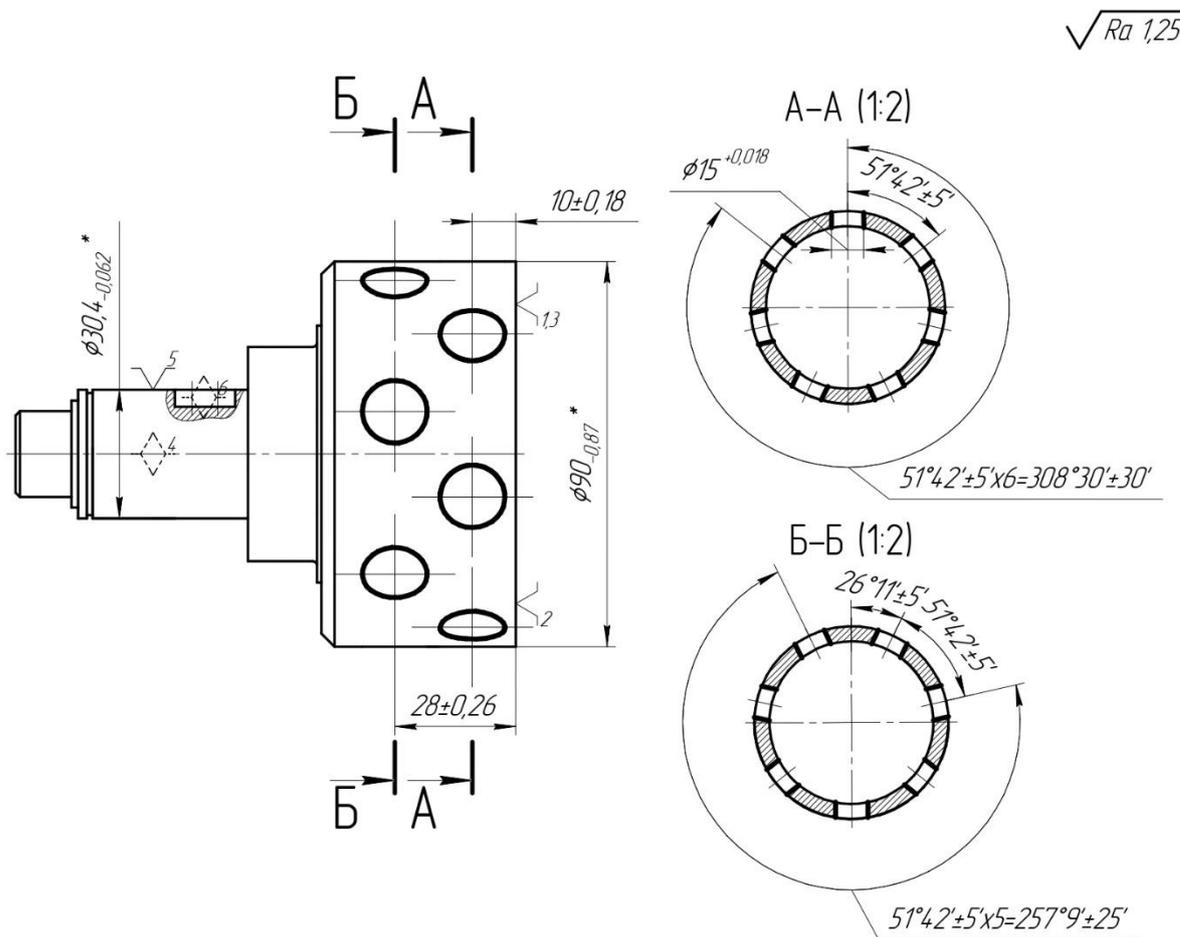


Б. Переустановить деталь в призмах. База: диаметр $\text{Ø}30,4_{-0,062}$ мм, торец и паз.

1. Фрезеровать закрытый шпоночный паз, выдерживая размеры $3,5_{-0,1}$ мм, $26,2_{-0,2}$ мм, $8_{-0,036}$ мм и $14^{+0,43}$ мм, допуск симметричности 0,072 мм и допуск параллельности 0,016 мм.

Продолжение таблицы 1.5

035 Слесарная
1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.
040 Контрольная
1. Контролировать размеры, допуски расположения форм поверхностей, полученные на предыдущей операции.



* Размеры для справок.

045 Координатно-расточная с ЧПУ

А. Установить деталь в трехкулачковый патрон делительной головки.

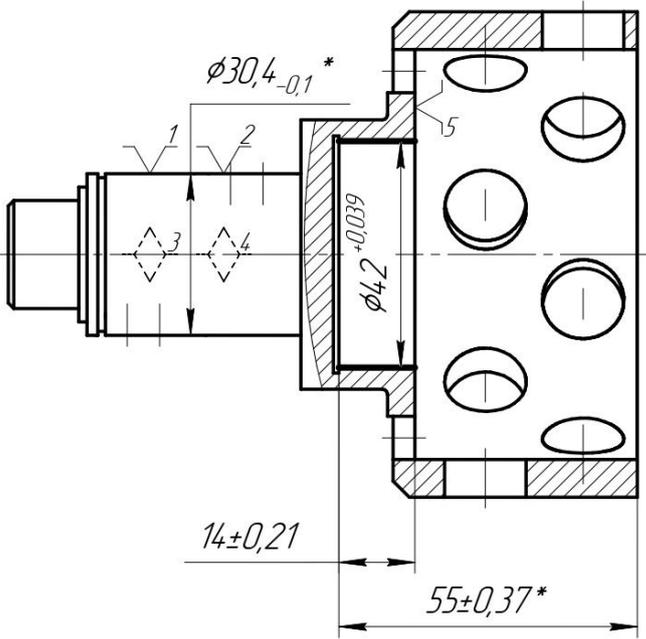
База: наружный диаметр $\phi 30,4_{-0,062}$ мм, торец и паз.

1. Центровать 14 отверстий А2 ГОСТ 14034 – 74, выдерживая размеры $10 \pm 0,18$ мм, $28 \pm 0,26$ мм, шаг $51^{\circ}42' \pm 5'$ и смещение во 2-ом ряду $26^{\circ}11' \pm 5'$.
2. Сверлить 14 сквозных отверстий $\phi 13,8_{+0,43}$ мм, выдерживая размеры $10 \pm 0,18$ мм, $28 \pm 0,26$ мм, шаг $51^{\circ}42' \pm 5'$ и смещение во 2-ом ряду $26^{\circ}11' \pm 5'$.
3. Зенкеровать 14 сквозных отверстий $\phi 14,75_{+0,18}$ мм, выдерживая размеры $10 \pm 0,18$ мм, $28 \pm 0,26$ мм, шаг $51^{\circ}42' \pm 5'$ и смещение во 2-ом ряду $26^{\circ}11' \pm 5'$.
4. Развернуть 14 сквозных отверстий $\phi 14,95_{+0,07}$ мм, выдерживая размеры $10 \pm 0,18$ мм, $28 \pm 0,26$ мм, шаг $51^{\circ}42' \pm 5'$ и смещение во 2-ом ряду $26^{\circ}11' \pm 5'$.
5. Развернуть 14 сквозных отверстий $\phi 15_{+0,018}$ мм, выдерживая размеры $10 \pm 0,18$ мм, $28 \pm 0,26$ мм, шаг $51^{\circ}42' \pm 5'$ и смещение во 2-ом ряду $26^{\circ}11' \pm 5'$.

Продолжение таблицы 1.5

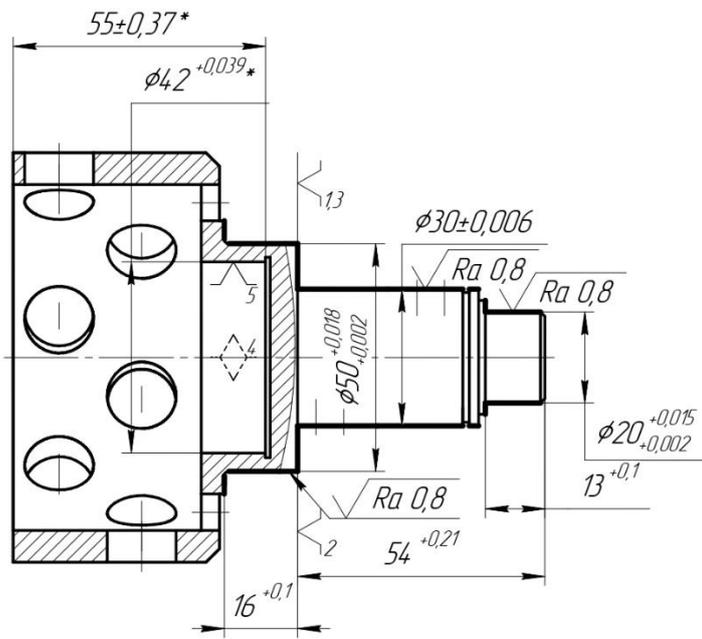
$\sqrt{Ra\ 6,3}$	
<p>* Размеры для справок.</p>	
<p>050 Вертикально-сверлильная</p>	
<p>А. Установить деталь в трехкулачковый патрон делительной головки. База: диаметр $\text{Ø}30,4_{-0,062}$ мм и торец, паз.</p>	
<p>1. Центровать 8 отверстий А1 ГОСТ 14034 – 74, выдерживая размер $\text{Ø}68\pm 0,37$ мм и шаг $45^\circ\pm 1^\circ$.</p>	
<p>2. Сверлить 8 сквозных отверстий $\text{Ø}8^{+0,36}$ мм, выдерживая размер $\text{Ø}68\pm 0,37$ мм и шаг $45^\circ\pm 1^\circ$.</p>	
<p>055 Слесарная</p>	
<p>1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.</p>	
<p>060 Контрольная</p>	
<p>1. Контролировать размеры, полученные на предыдущей операции.</p>	
<p>065 Термическая</p>	
<p>1. Поместить деталь в печь.</p>	
<p>2. Нагреть деталь до температуры 850°C.</p>	
<p>3. Калить деталь при заданной температуре в течение 45 мин.</p>	
<p>4. Охладить деталь в масле со скоростью выше критической.</p>	
<p>5. Поместить деталь в печь.</p>	
<p>6. Нагреть деталь до температуры 600°C.</p>	
<p>7. Отпустить деталь при заданной температуре в течение 45 мин.</p>	
<p>8. Охладить деталь на воздухе.</p>	

Продолжение таблицы 1.5

 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 1,25}$</p> <p style="text-align: center;">* Размеры для справок.</p>	<p style="text-align: center;">070</p> <p>Внутришлифовальная</p> <p>А. Установить деталь в трехлапчатый патрон. База: диаметр $\varnothing 30,4_{-0,1}$ мм и торец.</p> <p>1. Шлифовать поверхность выдерживая размеры $\varnothing 42^{+0,039}$ мм, $14 \pm 0,21$ мм.</p>
--	---

075 Слесарная

1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.

 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 1,25\ (\surd)}$</p> <p style="text-align: center;">* Размеры для справок.</p>	<p style="text-align: center;">080</p> <p>Круглошлифовальная</p> <p>А. Установить деталь на оправку.</p> <p>База: диаметр $\varnothing 42^{+0,039}$ мм и торец.</p> <p>1. Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 50(+0,018; +0,002)$ мм, $16^{+0,1}$ мм.</p> <p>2. Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 30 \pm 0,006$ мм и $54^{+0,21}$ мм.</p> <p>3. Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 20(+0,015; +0,002)$ мм и $13^{+0,1}$ мм.</p>
---	--

Продолжение таблицы 1.5

085 Слесарная
1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.
090 Промывочная
1. Промыть деталь по ТТП 01279–00001.
095 Контрольная
1. Контролировать размеры полученных поверхностей; 2. Контролировать шероховатость полученных поверхностей. 3. Контролировать допуски расположения полученных поверхностей.
0100 Консервация
1. Консервировать деталь по ТТП 60270–00001, вариант 2.

1.6.1 Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки

Точное изготовление детали на металлорежущем станке основано на правильной ориентации ее относительно координатных осей станка – базированием. В данном пункте выполнено уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки.

На операции «005 Заготовительная» заготовка базируется по цилиндрической поверхности (двойная направляющая база) и торцу (опорная база). Для закрепления используются призмы 7033-0039 ГОСТ 12195-66, прихват 7011-0059 ГОСТ 12937-67 в количестве двух штук, планка 7019-0658 ГОСТ 14735 – 69 и винт А.М8-6gx50.4.8 ГОСТ 1491-80.

На операции «010 Токарная» при установке А деталь базируется по цилиндрической поверхности (направляющая база) и торцу (установочная база), при установке Б деталь базируется по цилиндрической поверхности (двойная направляющая база) и торцу (опорная база). Для закрепления используются трехкулачковый самоцентрирующийся патрон 7100-0015 ГОСТ 2675-80.

На операции «020 Токарная с ЧПУ» при установке А деталь базируется по цилиндрической поверхности (направляющая база) и торцу (установочная база), при установке Б деталь базируется по цилиндрической поверхности (двойная направляющая база) и торцу (опорная база). Для закрепления используются трехкулачковый самоцентрирующийся гидравлический патрон

Ø305 KDCK-40F CNC для токарного станка с ЧПУ KDCK-40F CNC. При установе А закрепление осуществляется в обратных кулачках, при установе Б – в прямых кулачках.

На операции «030 Фрезерная» при установе А деталь базируется по цилиндрической поверхности (двойная направляющая база), торцу (опорная база), при установе Б деталь базируется по цилиндрической поверхности (двойная направляющая база), торцу (опорная база) и шпоночному пазу (опорная база). Для закрепления используются призма 7033-0035 ГОСТ 12195-66, прихват 7011-0051 ГОСТ 12937-67, шпонка 8×7×14 (только для установа Б).

На операции «045 Координатно-расточная с ЧПУ» деталь базируется по цилиндрической поверхности (направляющая база), торцу (установочная база) и шпоночному пазу (опорная база). Для закрепления используется трехкулачковый самоцентрирующийся патрон специального приспособления ИШНПТ-4А91016.01.00.00, шпонка 8×7×14, подводимый фланец поджимной бабки.

На операции «050 Вертикально-сверлильная» деталь базируется по цилиндрической поверхности (двойная направляющая база), торцу (опорная база) и шпоночному пазу (опорная база). Для закрепления используется трехкулачковый самоцентрирующийся патрон головки делительной 7036-0051 ГОСТ 8615-89 и шпонка 8×7×14.

На операции «070 Внутришлифовальная» деталь базируется по цилиндрической поверхности (двойная направляющая база) и торцу (опорная база). Для закрепления используется трехкулачковый самоцентрирующийся патрон 7100-0065 ГОСТ 2675-80.

На операции «080 Круглошлифовальная» деталь базируется по цилиндрической поверхности (направляющая база) и торцу (установочная база). Для закрепления используется трехкулачковый самоцентрирующийся патрон 7100-0025 ГОСТ 2675-80 и оправка цанговая разжимная 7112-1464-I ГОСТ 31.1066.02-85.

1.6.2 Уточнение содержаний переходов

Технологический переход – это завешенная часть технологической операции, которая характеризуется постоянством используемого инструмента и поверхностей, образованных обработкой и соединяемых в процессе сборки. Следующий переход начинается, когда изменяются режимы резания или сменяется режущий инструмент.

Уточнение содержаний переходов, ходов и установов приведено в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Уточнение переходов

Операция	Описание
005 Заготовительная	Установ А 1) отрезание заготовки – 1 переход, 1 ход
010 Токарная	Установ А 1) подрезание торца – 1 переход, 2 хода; 2) точение поверхности – 1 переход, 22 хода Установ Б 1) подрезание торца – 1 переход, 2 хода; 2) сверление отверстия – 1 переход, 1 ход; 3) рассверливание отверстия – 1 переход, 1 ход; 4) растачивание поверхности – 1 переход, 22 хода; 5) точение поверхности – 1 переход, 5 ходов
020 Токарная с ЧПУ	Установ А 1) подрезание торца – 1 переход, 2 хода; 2) точение поверхности – 1 переход, 10 ходов; 3) точение поверхности – 3 перехода, 10 ходов; 4) точение галтели – 1 переход, 1 ход; 5) точение поверхности – 3 перехода, 8 ходов; 6) точение поверхности – 1 переход, 5 ходов; 7) точение поверхности – 3 переход, 6 ходов; 8) снятие фасок – 2 перехода, 4 хода; 9) точение проточки – 1 переход, 2 хода

Продолжение таблицы 1.6

	<p>Установ Б</p> <p>1) растачивание поверхности – 2 перехода, 15 ходов;</p> <p>2) растачивание поверхности – 2 перехода, 8 ходов;</p> <p>3) растачивание проточки – 1 переход, 1 ход</p>
030 Фрезерная	<p>Установ А</p> <p>1) фрезерование паза – 1 переход, 4 хода</p> <p>Установ Б</p> <p>1) фрезерование паза – 1 переход, 4 хода</p>
045 Координатно-расточная с ЧПУ	<p>Установ А</p> <p>1) центровка отверстий – 2 перехода, 14 ходов;</p> <p>2) сверление отверстий – 2 перехода, 14 ходов;</p> <p>3) зенкерование отверстий – 2 перехода, 14 ходов;</p> <p>4) развертывание отверстий черновое – 2 перехода, 14 ходов;</p> <p>5) развертывание отверстий чистовое – 2 перехода, 14 ходов</p>
050 Вертикально-сверлильная	<p>Установ А</p> <p>1) центровка отверстий – 1 переход, 8 ходов;</p> <p>2) сверление отверстий – 1 переход, 8 ходов</p>
070 Внутришлифовальная	<p>Установ А</p> <p>1) шлифование поверхности – 1 переход, 1 ход</p>
080 Круглошлифовальная	<p>Установ А</p> <p>1) шлифование поверхности – 1 переход, 2 хода;</p> <p>2) шлифование поверхности – 1 переход, 2 хода;</p> <p>3) шлифование поверхности – 1 переход, 2 хода</p>

1.6.3 Выбор средств технологического оснащения

Средства технологического оснащения выбираются в зависимости от точности обработки и габаритов заготовки, а также от типа производства и размера партии. Данные по выбранному для изготовления детали оборудованию занесены в таблицу 1.7, средства контрольно-измерительного оснащения занесены в таблицу 1.8.

Таблица 1.7 – Средства технологического оснащения

Операция	Оборудование	Инструменты	Приспособления
005 Заготовительная	Ленточнопильный станок MDL-115 18401	Ленточное полотно 2-13-0,65-3 ГОСТ Р 53924-2010	Призмы 7033-0039 ГОСТ 12195-66; планка 7019-0658 ГОСТ 14735 – 69; винт А.М8-6gx50.4.8 ГОСТ 1491-80; прихват 7011-0059 ГОСТ 12937-67 – 2 шт
010 Токарная Установ А	Универсальный токарно-винторезный станок DMTG CDS6250B/1000	Резец подрезной 2101-0601 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 Т15К6; опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80	3-кулачковый токарный патрон Ø250 мм DMTG CDS6250B/1000; 4-позиционный резцедержатель DMTG CDS6250B/1000
010 Токарная Установ Б		Резец подрезной 2101-0601 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 Т15К6; опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80; сверло Ø20 2300-0776 ГОСТ 4010-77 Р6М5; сверло Ø35 2300-9755 ГОСТ 4010-77 Р6М5; резец расточной 2141-0007 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 Т15К6	3-кулачковый токарный патрон Ø250 мм DMTG CDS6250B/1000; 4-позиционный резцедержатель DMTG CDS6250B/1000; задняя бабка DMTG CDS6250B/1000; патрон 13-В16 ГОСТ 8522-79
020 Токарная с ЧПУ Установ А	Токарный станок с ЧПУ KDCK-40F CNC Устройство ЧПУ Fanuc 0i-MATE TD	Резец подрезной 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-230 Т15К6; опорная пластина 741-1704-2 ГОСТ 19073-80; резец проходной 2101-0012 ГОСТ 18879-73, пластина 07140 0067 ГОСТ 25426-90 Т30К4; Резец канавочный 2130-0373 ГОСТ 18874-73 Р6М5	3-х кулачковый гидравлический патрон Ø305 KDCK-40F CNC; револьверная головка KDCK-40F CNC; резцедержатель 291.341.131 KDCK-40F CNC (хвостовик по ГОСТ 24900-81) – 3 шт.

Продолжение таблицы 1.7

<p>020 Токарная с ЧПУ Установ Б</p>	<p>Токарный станок с ЧПУ KDCK-40F CNC Устройство ЧПУ Fanuc 0i-MATE TD</p>	<p>Резец расточной 2141-0007 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 T15K6; резец расточной 2141-0007 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 T30K4; резец канавочный C20Q-QEDR/L05-27, пластина 13031 0026 ГОСТ 25393-90 T15K6</p>	<p>3-х кулачковый гидравлический патрон Ø305 KDCK-40F CNC; револьверная головка KDCK-40F CNC; резцедержатель 291.342.222 KDCK-40F CNC (хвостовик по ГОСТ 24900-81) – 3 шт.</p>
<p>030 Фрезерная Установ А</p>	<p>Универсальный фрезерный станок PROMA FHV-50PD</p>	<p>Фреза шпоночная 2234-0363 N9 ГОСТ 9140-78 P6M5</p>	<p>Призма 7033-0035 ГОСТ 12195-66; прихват 7011-0051 ГОСТ 12937-67; цанговый патрон PROMA FHV-50PD; цанга Ø8 PROMA FHV-50PD</p>
<p>030 Фрезерная Установ Б</p>			<p>Призма 7033-0035 ГОСТ 12195-66; прихват 7011-0051 ГОСТ 12937-67; шпонка 8×7×14; цанговый патрон PROMA FHV-50PD; цанга Ø8 PROMA FHV-50PD</p>
<p>035, 075, 085 Слесарная</p>	<p>Верстак ГОСТ Р 58863-2020</p>	<p>Напильник 2820-0063 ГОСТ 1465-80; надфиль 2828-0023 ГОСТ 23461-84</p>	<p>Тиски 7827-0323 ГОСТ 4045-75</p>
<p>045 Координатно-расточная с ЧПУ</p>	<p>Координатно-расточной станок с ЧПУ 2E450AФ30. Устройство ЧПУ: основное 2C42-65-03, дополнительное Fanuc 19i-TD</p>	<p>Сверло центровочное Ø2 2317-0004 ГОСТ 14952-75 P6M5; сверло Ø13,8 2302-1135 ГОСТ 20696-75 P6M5; Зенкер Ø14,75 2320-2566 h8 ГОСТ 12489-71 P6M5; развертка Ø14,95 2-14,95 H7 ГОСТ 1672-2016 P6M5;</p>	<p>Специальное приспособление ИШНПТ-4A91016.01.00.00; патрон 4-B10 ГОСТ 8522-79; патрон цанговый с набором цанг 2E450AФ30; втулка 6100-0314 ГОСТ 13598-85 – 4 шт. (КК-П.331 в наборе к станку 2E450AФ30)</p>

Продолжение таблицы 1.7

		развертка Ø15 2-15 H7 ГОСТ 1672-2016 P6M5	
050 Вертикально-сверлильная	Вертикально-сверлильный станок JET JDP-15M 10000370M	Сверло центровочное Ø1 2317-0006 ГОСТ 14952-75 P6M5; сверло Ø8 2301-0015 ГОСТ 10903-77 P6M5	Головка делительная 7036-0051 ГОСТ 8615-89; быстросменный сверлильный патрон JET JDP-15M 10000370M; патрон 1-30-8-90 ГОСТ 26539-85; втулка 6100-0251 ГОСТ 13598-85; шпонка 8×7×14
055 Слесарная	Верстак ГОСТ Р 58863-2020	Напильник 2820-0063 ГОСТ 1465-80; надфиль 2828-0023 ГОСТ 23461-84; надфиль 2829-0004 A2 50/40 ГОСТ 23461-84	Тиски 7827-0323 ГОСТ 4045-75
015, 065 Термическая	Муфельная печь КЭП-Z38/1100	Масло закалочное МЗМ-120 ТУ 38.101135-88	
070 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок 3К227А	Круг 1 32×16×10 14А F54 L 7 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Патрон 7100-0065 ГОСТ 2675-80; карандаш 3908-0063 ГОСТ 607-80
080 Круглошлифовальная	Станок круглошлифовальный универсальный 3С120В высокой точности	Круг 1 350×40×76,2 25А F60 К 6 V 40 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Патрон 7100-0025 ГОСТ 2675-80; карандаш 3908-0065 ГОСТ 607-80; оправка 7112-1464-I ГОСТ 31.1066.02-85; индикатор 1 МИГ-1 ГОСТ 9696-82; стойка С-III-8-50 ГОСТ 10197-70
090 Промывочная	Промывочная ванна ВП 12.9.6/0,9	Раствор по ТТП 01279-00001	
0100 Консервация	-	Материалы по ТТП 60270-00001, вариант 2	

Таблица 1.8 – Средства контрольно-измерительного оснащения

Операция	Способ контроля	Измерительный прибор
005 Заготовительная	Инструментальный	Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 ГОСТ 166-89
025 Контрольная	Инструментальный	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89; микрометр МК Ц25-0,001 ГОСТ 6507-90;

Продолжение таблицы 1.8

		<p>микрометр МК Ц50-0,001 ГОСТ 6507-90; микрометр МК Ц75-0,001 ГОСТ 6507-90; нутромер 18-50-0,001 ГОСТ 9244-75; калибр 1 ГОСТ 24853-81; шаблон для фасок 86698-22; набор радиусных шаблонов №1 ТУ 2-034-228-087; образцы шероховатости ГОСТ 9378-93</p>
035 Слесарная	Визуальный	-
040 Контрольная	Инструментальный	<p>Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89; глубиномер ГМ50-1-0,01 ГОСТ 7470-92; призма 8314-0078 ГОСТ 24114-80; головка ИПМ ГОСТ 28798-90; стойка С-Ш-8-50 ГОСТ 10197-70 образцы шероховатости ГОСТ 9378-93</p>
055 Слесарная	Визуальный	-
060 Контрольная	Инструментальный	<p>Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89; калибр-пробка 8133-0929 Н7 ГОСТ 14810-69; микроскоп инструментальный ИМЦЛ-1 160x80-5" Б ГОСТ 8074-82; образцы шероховатости ГОСТ 9378-93</p>
065 Термическая	Инструментальный	Твердомер 20...70 НРС ГОСТ 23677-79
075 Слесарная	Визуальный	-
085 Слесарная	Визуальный	-
095 Контрольная	Инструментальный	<p>Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89; набор радиусных шаблонов №1 ТУ 2-034-228-087; шаблон для фасок 86698-22; нутромер 18-50-0,001 ГОСТ 9244-75; калибр 1 ГОСТ 24853-81; глубиномер ГМ50-1-0,01 ГОСТ 7470-92; призма 8314-0078 ГОСТ 24114-80; калибр-пробка 8133-0929 Н7 ГОСТ 14810-69; микроскоп инструментальный ИМЦЛ-1 160x80-5" Б ГОСТ 8074-82; калибр-скоба 8113-0112 к6 ГОСТ 18360-93; калибр-скоба 8113-0122 js6 ГОСТ 18360-93; калибр-скоба 8113-0140 к6 ГОСТ 18360-93; образцы шероховатости ГОСТ 9378-93 головка ИПМ ГОСТ 28798-90; стойка С-Ш-8-50 ГОСТ 10197-70</p>

1.6.4 Выбор и расчет режимов резания

Целью расчета режимов резания является определение подачи, скорости резания и глубины, что позволит обеспечить наиболее экономичную и производительную обработку поверхности по шероховатости и точности обрабатываемой поверхности.

Выполним расчет режимов резания, согласно пособию [11] для операции «045 Координатно-расточная с ЧПУ», получение сквозных отверстий $\varnothing 13,8^{+0,43}$ мм.

Исходные данные:

диаметр отверстия $\varnothing 13,8^{+0,43}$ мм;

шероховатость поверхности Ra 6,3;

материал сталь 45;

сверло $\varnothing 13,8^{+0,43}$ мм 2302-1135 ГОСТ 20696-75 P6M5.

1) Глубину резания при сверлении определим по формуле:

$$t = 0,5D \quad (1.10)$$

$$t = 0,5 \cdot 13,8 \text{ мм} = 6,9 \text{ мм}$$

2) Подача на оборот, мм/об.

Для сверления стали 45 сверлом из быстрорежущей стали диаметром $d = 13,8$ мм при твердости обрабатываемого материала 170 ... 179 HB подача $S_0 = 0,28 \dots 0,33$ мм/об. Примем $S_0 = 0,3$ мм/об.

3) Скорость резания определим по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S_y}} \cdot K_v, \quad (1.11)$$

где $K_v = K_{Mv} \cdot K_{ив} \cdot K_{lv}$ – поправочный коэффициент, являющийся произведением коэффициентов, учитывающих влияние марки

обрабатываемого материала (K_{Mv}), материала инструмента ($K_{ив}$), глубину сверления (K_{lv}).

Для расчетов заданы следующие значения параметров: $T=60$ мин [12]; $S_0=0,3$ мм/об; $D=13,8$ мм.

Приняты следующие значения коэффициентов C_v и показателей степени: $C_v=9,8$; $q=0,4$; $y=0,5$; $m=0,2$.

Коэффициент материала заготовки K_{Mv} , учитывающий влияние физико-механических свойств стали на скорость резания определим по формуле:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (1.12)$$

где K_{Γ} – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

σ_B – предел прочности обрабатываемого материала на растяжение;

n_v – показатель степени.

Для стали 45 $K_{\Gamma} = 1$, $n_v = 0,9$, $\sigma_B=600$ МПа. Следовательно,

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22$$

Поправочный коэффициент $K_{ив} = 1$ [11], учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания определяется по обрабатываемому материалу, материалу режущей части сверла Р6М5.

Поправочный коэффициент, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия $K_{lv} = 1$ при $l \leq 3D$. Тогда:

$$K_v = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22$$
$$V = \frac{9,8 \cdot 13,8^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,5}} \cdot 1,22 = 27,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4) Частоту вращения инструмента определим по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{св}}, \quad (1.13)$$

где $V = 27,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$ – скорость резания;

$D_{\text{св}} = 13,8 \text{ мм}$ – диаметр сверла.

$$n = \frac{1000 \cdot 27,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}}{3,14 \cdot 13,8 \text{ мм}} = 635 \text{ об/мин}$$

5) Крутящий момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$ и осевая сила, Н .

Крутящий момент определим по формуле:

$$M_{\text{кр}} = 10C_M D^q s^y K_p, \quad (1.14)$$

где $C_M = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$; $K_p = K_{\text{мп}}$.

Поправочный коэффициент $K_{\text{мп}}$, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости определим по формуле:

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.15)$$

где $n = 0,75$.

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

Тогда крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 13,8^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,85 = 21,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осевую силу определим по формуле:

$$P_o = 10C_p D^q s^y K_p, \quad (1.16)$$

где $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$; $K_p = 0,85$.

Тогда осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 13,8^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,85 = 3434 \text{ Н}$$

б) Мощность резания определим по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (1.17)$$

где $n = 635$ об/мин – частота вращения инструмента;

$M_{кр} = 21,3$ Н · м – крутящий момент.

Тогда

$$N_e = \frac{21,3 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot 635 \text{ об/мин}}{9750} = 1,39 \text{ кВт}$$

Режимы резания для остальных операций подобраны по справочнику [12]. Данные представлены в таблице Б.2 в приложении.

1.6.5 Расчет норм времени технологического процесса

Одним из важных этапов проектирования технологических процессов является определение норм времени на выполнение технологических операций. Выделяют следующие основные нормы времени, рассчитываемые и назначенные в данной работе:

T_0 – основное время обработки, мин;

$T_в$ – вспомогательное время, мин;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

$T_{шт}$ – штучное время, мин.

Вспомогательное время на операцию $T_в$ определяется по формуле [13]:

$$T_в = T_y + T_{пер} + T_{изм}, \quad (1.18)$$

где T_y – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{пер}$ – вспомогательное время, связанное с переходом, мин;

$T_{изм}$ – вспомогательное время на контрольные измерения, мин.

Операционное время на $T_{оп}$ определяется по формуле [13]:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{в}} \quad (1.19)$$

Штучное время на $T_{\text{шт}}$ определяется по формуле [13]:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \cdot \left(1 + \frac{A_{\text{обс}} + A_{\text{отд}}}{100} \right), \quad (1.20)$$

где $A_{\text{обс}}$ – время на обслуживание рабочего места, мин;

$A_{\text{отд}}$ – время на отдых и личные потребности, мин.

Время $A_{\text{обс}}$ и $A_{\text{отд}}$ определяется по формулам [13]:

$$A_{\text{обс}} = 0,045 \cdot T_{\text{оп}} \quad (1.21)$$

$$A_{\text{отд}} = 0,04 \cdot T_{\text{оп}} \quad (1.22)$$

Выполним расчет норм времени для операции «010 Токарная».

Основное время обработки для токарных работ (обтачивание и растачивание цилиндрических поверхностей, точение канавок, точение торцовых поверхностей, снятие фасок, отрезание), для сверлильных, расточных работ (центровка, сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание,) по формуле [13]:

$$T_0 = \frac{L}{nS_0} \cdot i, \quad (1.23)$$

где L – расчетная длина обработки, мм;

S_0 – подача на оборот шпинделя, мм/об;

n – частота вращения изделия, об/мин;

i – число рабочих ходов.

Расчетную длину обработки определим по формуле [13]:

$$L = l_0 + l_1 + l_2, \quad (1.24)$$

где l_0 – длина обрабатываемой поверхности в направлении обработки, мм;

l_1 – длина врезания [14], мм;

l_2 – перебеги режущего инструмента [14], мм.

Определим по формуле (1.23) основное технологическое время при установе А:

- для подрезки торца

$$T_o(A_1) = \frac{47,5 + 3 + 1}{1500 \cdot 0,2} \cdot 2 = 0,34 \text{ мин};$$

- для точения наружного диаметра $\varnothing 70_{-0,74}$ мм на длину $70 \pm 0,37$ мм

$$T_o(A_2) = \frac{70 + 3 + 1}{1500 \cdot 0,3} \cdot 22 = 3,62 \text{ мин};$$

при установе Б:

- для подрезки торца

$$T_o(B_1) = \frac{47,5 + 3 + 1}{1500 \cdot 0,2} \cdot 2 = 0,34 \text{ мин};$$

- для сверления отверстия $\varnothing 20^{+0,52}$ мм на глубину $45 \pm 0,31$ мм

$$T_o(B_3) = \frac{45 + 7}{1200 \cdot 0,28} \cdot 1 = 0,15 \text{ мин};$$

- для рассверливания отверстия до $\varnothing 35^{+0,25}$ мм на глубину $45 \pm 0,31$ мм

$$T_o(B_4) = \frac{45 + 14}{1200 \cdot 0,28} \cdot 1 = 0,18 \text{ мин};$$

- для растачивания поверхности $\varnothing 60^{+0,74}$ мм, на глубину $30 \pm 0,26$ мм

$$T_o(B_5) = \frac{30 + 3 + 1}{1500 \cdot 0,3} \cdot 22 = 1,66 \text{ мин};$$

- для точения поверхности $\varnothing 90_{-0,87}$ мм на проход

$$T_o(B_6) = \frac{47 + 3 + 1}{1500 \cdot 0,3} \cdot 5 = 0,6 \text{ мин}$$

Полное технологическое время – сумма технологического времени на все переходы:

$$T_o = 0,34 + 3,62 + 0,34 + 0,15 + 0,18 + 1,66 + 0,6 \approx 6,9 \text{ мин}$$

Время на установку и снятие детали в самоцентрирующийся патрон вручную, выполнение переустановки примем $T_y = 0,98$ мин [13].

Вспомогательное время, связанное с переходами $T_{пер}$ определим суммарно:

$$T_{пер} = 0,14 + 0,7 + 0,14 + 0,17 + 0,17 + 0,17 + 0,16 + 0,7 + 0,04 \cdot 5 + 0,035 \cdot 2 + 0,05 + 0,05 \cdot 2 = 2,77 \text{ мин,}$$

где суммируются вспомогательное время на все переходы, смена частоты вращения шпинделя и величина изменения подачи, смены режущего инструмента [13].

Вспомогательное время на контрольные измерения определим суммарно:

$$T_{изм} = (3 \cdot 0,09 + 4 \cdot 0,12) \cdot 0,3 = 0,23 \text{ мин}$$

где суммируется вспомогательное время на контрольные измерения семи размеров с помощью штангенглубиномера и штангенциркуля, и умножается на коэффициент периодичности контрольных измерений [13].

Тогда вспомогательное время на данную операцию T_B определим по формуле (1.18):

$$T_B = 0,98 + 2,77 + 0,23 = 3,98 \text{ мин,}$$

примем $T_B = 4$ мин.

Операционное время на операцию $T_{оп}$ определим по формуле (1.19):

$$T_{оп} = 6,9 + 4 = 10,9 \text{ мин}$$

Время $A_{обс}$ и $A_{отд}$ определим по формулам (1.21) и (1.22) соответственно:

$$A_{обс} = 0,045 \cdot 10,9 = 0,5 \text{ мин}$$

$$A_{отд} = 0,04 \cdot 10,9 = 0,44 \text{ мин}$$

Штучное время на $T_{шт}$ определим по формуле (1.20):

$$T_{шт} = 10,9 \cdot \left(1 + \frac{0,5 + 0,44}{100} \right) = 11 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$ на наладку станка,

инструмента и приспособления на партию деталей при использовании универсальных приспособлений и режущего инструмента в количестве до 6 штук примем $T_{пз} = 22$ мин [13].

Нормы времени на остальные операции рассчитываются аналогичным образом и назначаются по общемашиностроительным нормативам [13, 15]. Данные занесены в таблицу 1.9.

Таблица 1.9 – Нормирование времени технологических операций

Операция	$T_{о},$ мин	$T_{в},$ мин	$T_{пз},$ мин	$T_{шт},$ мин
005 Заготовительная	2	0,5	14	2,5
010 Токарная	6,9	4	22	11
015 Термическая	45	2	7	46,7
020 Токарная с ЧПУ	14,5	4	22	21,4
025 Контрольная	3	1	11	4
030 Фрезерная	6	4	16	10
035 Слесарная	5	1	8	6
040 Контрольная	2	1	11	3
045 Координатно-расточная с ЧПУ	11	14	24	25,5
050 Вертикально-сверлильная	3,4	5	16	3,5
055 Слесарная	10	2	8	12
060 Контрольная	3	1	11	4
065 Термическая	90	2	7	100
070 Внутришлифовальная	4	2	14	6
075 Слесарная	3	1	2	4
080 Круглошлифовальная	12	10	14	24
085 Слесарная	5	1	8	6
090 Промывочная	4	1	3	5
095 Контрольная	10	4	11	14
0100 Консервация	4	2	14	6
Итого	243,9	62,5	243	314,6

1.7 Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ

Необходимо разработать управляющую программу для обработки детали на станках с ЧПУ, данные которой будут считываться числовым управляющим устройством – УЧПУ.

Сама управляющая программа (УП) представляет собой маршрутную технологию, записанную на носителе (цифровом, перфокарте, перфоленте и др.) в закодированном виде к обрабатываемой детали.

Процесс разработки управляющей программы начинается с построения 3D-модели детали в CAD/CAM-системе. В данной работе 3D-модель детали была выполнена в САПР «КОМПАС-3D». На основании 3D-модели проектируется управляющая программа и составляются технологические документы – карта наладки станка с ЧПУ (графическая часть), дополнение к карте наладки (текстовая часть), код кодирования информации.

Разработка УП произведена с помощью САМ-системы «SprutCAM 15», а также с использованием учебного пособия [16]. В нашем случае необходимо разработать управляющие программы для операций «020 Токарная с ЧПУ» и «045 Координатно-расточная с ЧПУ». Для составления и заполнения технологической документации используется САМ-система «СПРУТ-ТП-Нормирование 10».

Технологическая документация (дополнения к картам наладки, коды кодирования информации) находится в комплекте технологической документации в приложении В, карты наладки (графическая часть) представлены в приложении Г. Технические характеристики станков с ЧПУ, для которых составляется УП приведены в таблицах Д.1 и Д.2 в приложение Д.

1.8 Размерный анализ технологического процесса

Главная задача размерного анализа технологического процесса – правильное и обоснованное определение промежуточных и окончательных размеров и допусков на них для обрабатываемой детали. Размерный анализ выполнен согласно пособию [9].

Для выполнения расчётов составлена размерная схема технологического процесса и граф-дерево технологических размерных цепей (приложение Е), которые позволяют определять размерные цепи.

На размерной схеме технологического процесса количество технологических размеров составляет $A=26$, поверхностей $P=27$,

конструкторских размеров $K=19$, припусков $Z=7$. Выполнена проверка правильности составления размерной схемы технологического процесса по соответствующим формулам [9]:

$$П - 1 = A \quad (1.25)$$

$$K + Z = A \quad (1.26)$$

Соответственно,

$$27 - 1 = 26$$

$$19 + 7 = 26$$

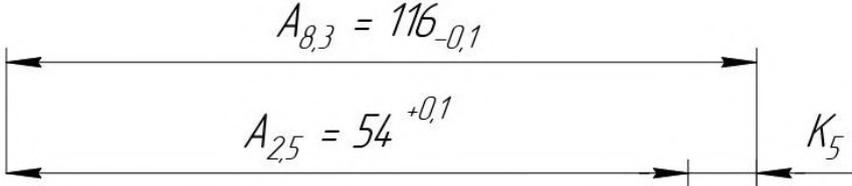
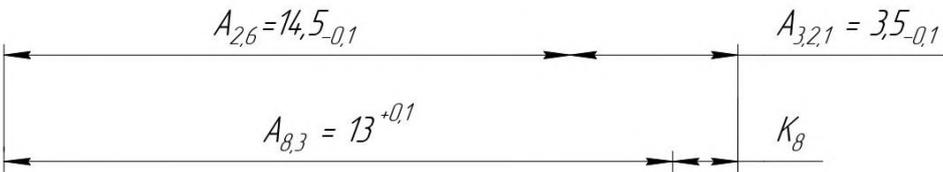
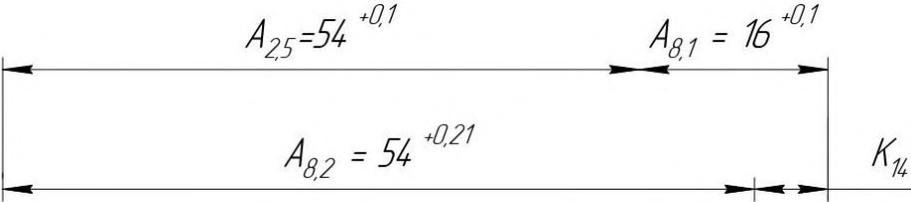
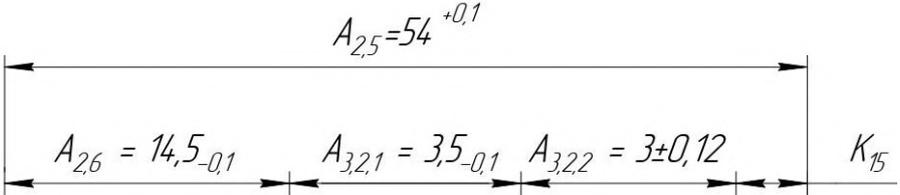
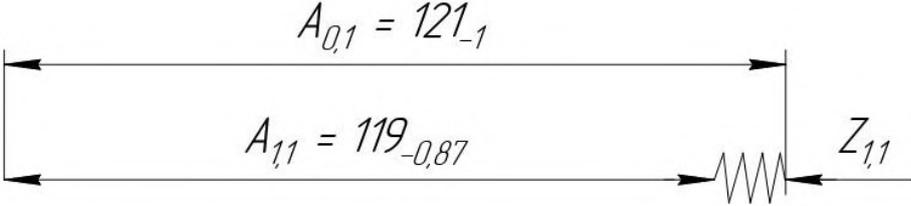
Граф-дерево технологических размерных цепей демонстрирует конструкторские размеры, непосредственно выдерживающиеся при выполнении технологических операций. Данные размеры занесены в таблицу 1.10.

Таблица 1.10 – Непосредственно выдерживающиеся конструкторские размеры

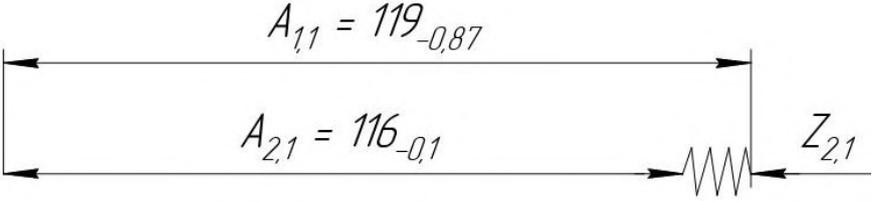
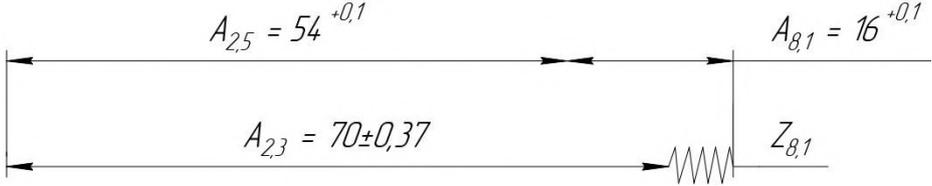
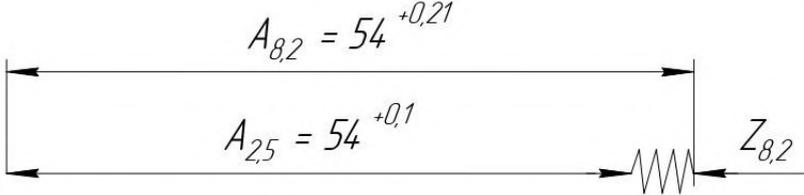
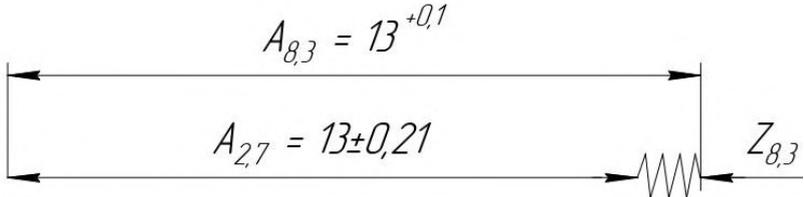
$K_1 = 10 \pm 0,18$ мм	$A_{4,1} = 10 \pm 0,18$ мм	$K_{10} = 2_{-0,25}$ мм	$A_{2,9} = 2_{-0,25}$ мм
$K_2 = 26 \pm 0,26$ мм	$A_{4,2} = 26 \pm 0,26$ мм	$K_{11} = K_{12} = 14^{+0,43}$ мм	$A_{3,1,2} = 14^{+0,43}$ мм
$K_3 = 41 \pm 0,31$ мм	$A_{2,10} = 41 \pm 0,31$ мм	$K_{13} = 3 \pm 0,12$ мм	$A_{3,1,1} = 3 \pm 0,12$ мм
$K_4 = 45 \pm 0,31$ мм	$A_{1,6} = 45 \pm 0,31$ мм	$K_{16} = 3 \pm 0,2 \times 45^\circ$ мм	$A_{2,8,2} = 3 \pm 0,2 \times 45^\circ$ мм
$K_6 = 116_{-0,87}$ мм	$A_{2,1} = 116_{-0,1}$ мм	$K_{17} = 1 \pm 0,2 \times 45^\circ$ мм	$A_{2,8,1} = 1 \pm 0,2 \times 45^\circ$ мм
$K_7 = 13 \pm 0,21$ мм	$A_{8,3} = 13^{+0,1}$ мм	$K_{18} = 14 \pm 0,21$ мм	$A_{6,1} = 14 \pm 0,21$ мм
$K_9 = 3,5_{-0,3}$ мм	$A_{3,2,1} = 3,5_{-0,1}$ мм	$K_{19} = 1^{+0,25}$ мм	$A_{2,12} = 1^{+0,25}$ мм

Выполнен расчет конструкторских размеров K_5 , K_8 , K_{14} , K_{15} и припусков $Z_{1,1}$, $Z_{2,1}$, $Z_{8,1}$, $Z_{8,2}$, $Z_{8,3}$, согласно размерным цепям по методу максимума-минимума [9]. Результаты расчета представлены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Размерный анализ

Конструкторские размеры и размеры припусков, мм	Размерная цепь, расчет
$K_5 = 62_{-0,74}$	 $K_5 = A_{0,3} - A_{2,5} = 116_{-0,1} - 54^{+0,1} = 62_{-0,2} \text{ мм}$
$K_8 = 5_{-0,3}$	 $K_8 = A_{2,6} + A_{3,2,1} - A_{8,3} = 14,5_{-0,1} + 3,5_{-0,1} - 13^{+0,1} = 5_{-0,3} \text{ мм}$
$K_{14} = 16 \pm 0,21$	 $K_{14} = A_{2,5} + A_{8,1} - A_{8,2} = 54^{+0,1} + 16^{+0,1} - 54^{+0,21} = 16_{-0,21}^{+0,2} \text{ мм}$
$K_{15} = 33 \pm 0,5$	 $K_{15} = A_{2,5} - (A_{2,6} + A_{3,2,1} + A_{3,2,2}) = 54^{+0,1} - (14,5_{-0,1} + 3,5_{-0,1} + 3 \pm 0,12) = 33_{-0,12}^{+0,42} \text{ мм}$
$Z_{1,1}$	 $Z_{1,1} = A_{0,1} - A_{1,1} = 121_{-1} - 119_{-0,87} = 2_{-1}^{+0,87} \text{ мм}$

Продолжение таблицы 1.11

$Z_{2,1}$	 $Z_{2,1} = A_{1,1} - A_{2,1} = 119_{-0,87} - 116_{-0,1} = 3_{-0,87}^{+0,1} \text{ мм}$
$Z_{8,1}$	 $Z_{8,1} = A_{2,5} + A_{8,1} - A_{2,3} =$ $= 54^{+0,1} + 16^{+0,1} - 70_{\pm 0,37} = 0_{-0,37}^{+0,57} \text{ мм}$
$Z_{8,2}$	 $Z_{8,2} = A_{8,2} - A_{2,5} = 54^{+0,21} - 54^{+0,1} = 0_{-0,1}^{+0,21} \text{ мм}$
$Z_{8,3}$	 $Z_{8,3} = A_{8,3} - A_{2,7} = 13^{+0,1} - 13_{\pm 0,21} = 0_{-0,21}^{+0,31} \text{ мм}$

1.9 Техничко-экономические показатели технологического процесса

В соответствии с экономическим принципом изделия должны быть изготовлены при наименьших затратах времени и наименьшей себестоимости изделия, с минимальными затратами труда и издержками производства.

В данной работе необходимо рассчитать уровень автоматизации производства, коэффициент загрузки рабочих мест, число рабочих мест, цену

на изготовление одной детали. Также, произведен расчет себестоимости производства детали без учета общезаводских затрат, с учетом цены 2023 года. Все данные сведены в таблицы 1.12-1.14.

В расчете используются следующие показатели:

- стоимость оборудования;
- затраты, связанные с оплатой труда рабочих, участвующих в производстве детали;
- стоимость материала для получения заготовок.

Таблица 1.12 – Стоимость технологического оборудования

Операция	Оборудование	Стоимость, руб.
005 Заготовительная	Ленточнопильный станок MDL-115 18401	40000
010 Токарная	Универсальный токарно-винторезный станок DMTG CDS6250B/1000	1750000
020 Токарная с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ KDCK-40F CNC	6750000
030 Фрезерная	Универсальный фрезерный станок PROMA FHV-50PD	900000
045 Координатно-расточная с ЧПУ	Координатно-расточной станок с ЧПУ 2E450AФ30	8450000
050 Вертикально-сверлильная	Вертикально-сверлильный станок JET JDP-15M 10000370M	52000
015, 065 Термическая	Муфельная печь КЭП-Z38/1100	150000
070 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок 3K227A	3850000
085 Круглошлифовальная	Станок круглошлифовальный универсальный 3С120В высокой точности	3500000
Итого		25 292 000

Таким образом, для технологического оснащения производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» потребуется 25 292 000 руб., и это без учета затрат на инструменты.

Расчет программы запуска при мелкосерийном производстве, а именно, выпуске 500 деталей/год [2] выполнен по формуле:

$$N_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{вып}} \cdot 100}{100 - \alpha}, \quad (1.27)$$

где $N_{\text{вып}}$ – программа выпуска 500 деталей/год;

α – процент технологически неизбежных потерь (3% брака).

Тогда

$$N_{\text{зап}} = \frac{500 \cdot 100}{100 - 3} = 516 \text{ шт.}$$

При мелкосерийном производстве в год необходимо произвести 516 единиц продукции, с учетом получения бракованных деталей.

Плановый фонд времени работы оборудования определен по формуле [17]:

$$T_{\text{пл}} = (365 - T) \cdot T_{\text{чс}} \cdot T_{\text{ч}} \cdot 0,95, \quad (1.28)$$

где $T = 118$ – число нерабочих дней в году (2023 год);

$T_{\text{чс}} = 2$ – число смен;

$T_{\text{ч}} = 7$ – количество рабочих часов в смену, ч.;

0,97 – учет 3% брака.

Тогда

$$T_{\text{пл}} = (365 - 118) \cdot 2 \cdot 7 \cdot 0,97 = 3354,3 \text{ часов}$$

Такт мелкосерийного производства [18]:

$$t_{\text{в}} = \frac{T_{\text{пл}} \cdot 60}{N_{\text{зап}}} \quad (1.29)$$

Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{3354,3 \cdot 60}{516} = 390 \text{ мин/шт.}$$

Расчёт необходимого число рабочих мест, коэффициента загрузки рабочих мест по соответствующим формулам [18]:

$$C_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{оп}}}{t_{\text{в}}}, \quad (1.30)$$

где $t_{оп} = T_{оп}$ – оперативное время, мин;

$t_{в} = T_{в}$ – вспомогательное время, мин.

$$K_{зi} = \frac{C_{pi}}{C_{при}}, \quad (1.31)$$

где C_{pi} – расчетное количество рабочих мест;

$C_{при}$ – принятое количество рабочих мест.

Результаты занесены в таблицу 1.13.

Таблица 1.13 – Расчет рабочих мест, коэффициента загрузки рабочих мест

Операция	Оперативное время $t_{оп}$, мин	Количество рабочих мест		Коэффициент загрузки рабочих мест $K_{зi}$
		Расчетное C_{pi}	Принятое $C_{при}$	
005 Заготовительная	2,5	5	5	1
010 Токарная	10,9	2,3	2	1,4
020 Токарная с ЧПУ	18,5	4,6	5	0,9
030 Фрезерная	10	2,5	3	0,8
035, 055, 0,75, 085 Слесарная	28	5,6	6	1
045 Координатно-расточная с ЧПУ	25	1,8	2	0,9
050 Вертикально-сверлильная	8,4	1,7	2	0,8
015, 065 Термическая	139	34,8	35	1
070 Внутришлифовальная	6	3	3	1
080 Круглошлифовальная	22	2,2	2	1,1
090 Промывочная	5	5	5	1
025, 040, 060, 095 Контрольная	25	3,6	4	0,9
0100 Консервация	6	3	3	1
Итого	296,4	75,1	77	12,9

При мелкосерийном производстве, для изготовления одной детали нужно минимум 13 рабочих мест, при условии, что контрольную операцию будет выполнять один и тот же рабочий и аналогично со слесарной. Средний коэффициент загрузки рабочих мест равен 1.

Вычислим цену заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{м}} \cdot N_{\text{расх}} \cdot k_{\text{тз}}, \quad (1.32)$$

где $C_{\text{м}} = 45$ руб/кг – действующая оптовая цена единицы массы материала [19];

$N_{\text{расх}} = 6,733$ кг/шт – норма расхода материала на одну деталь;

$k_{\text{тз}} = 1,2$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов при приобретении материалов.

Следовательно,

$$C_{\text{заг}} = 45 \cdot 6,733 \cdot 1,2 = 363,6 \text{ руб./шт.}$$

В таблице 1.14 приведен расчет заработных плат основных производственных рабочих на изготовление одной детали по данным 2023 года.

Таблица 1.14 – Заработные платы производственных рабочих

Профессия	Разряд рабочего	Оплата труда, руб./ч	Время занятости на рабочем месте ($T_{\text{пз}} + T_{\text{шт}}$), мин	Заработная плата, руб./шт.
Заготовщик	II	140	16,5	38,5
Токарь универсал	III	250	33	137,5
Оператор токарного станка с ЧПУ	IV	320	43,4	231,5
Фрезеровщик	IV	150	26	65
Слесарь	I	100	54	90
Оператор координатно-расточного станка с ЧПУ	IV	300	49,5	247,5
Слесарь	III	140	19,5	45,5
Термист	IV	240	160,7	642,8
Шлифовщик	V	300	20	100
Шлифовщик	V	300	35	175
Мойщик-сушильщик	I	140	8	18,7
Контролер	IV	250	69	287,5
Упаковщик	I	150	20	50
Итого				2129,5

Таким образом, себестоимость изготовления детали (без учета инструмента и амортизации на оборудование) составит:

$$C = 363,6 + 2129,5 = 2493,1 \text{ руб.},$$

примем $C = 2500$ руб.

Вывод по разделу: при разработке технологического процесса детали «Сепаратор 1-ой ступени» выполнен анализ технологичности конструкции детали, согласно выданному чертежу; анализ эксплуатационных свойств детали на примере статического анализа в программе SolidWorks; выбран метод получения заготовки по показателю коэффициента использования материалов; спроектирован технологический маршрут обработки изделия; выполнен расчёт припусков на механическую обработку и составлен технологический процесс, согласно выбранному оборудованию и средств технологического оснащения; выполнен расчет режимов резания и нормирования технологических операций; разработаны УП с помощью САМ-системы «SprutCAM 15» для операций «020 Токарная с ЧПУ» и «045 Координатно-расточная с ЧПУ»; размерный анализ технологического процесса, по итогам которого отчетливо видно, что все конструкторские размеры выдерживаются и рассчитаны технико-экономические показатели технологического процесса.

По итогам выполненных расчетов следует, что спроектированный технологический процесс детали «Сепаратор 1-ой ступени» с точки зрения технического принципа проектирования является технически совершенным и позволит с указанной точностью, шероховатостью получить изделие на выходе, согласно чертежу. С точки зрения экономического принципа проектирования разработанный ТП является экономически выгодным и целесообразным, так как себестоимость изготовления детали (без учета инструмента и амортизации на оборудование) составляет 2500 руб.

2 Проектирование средств технологического оснащения

В качестве проектируемого приспособления рассмотрен вариант автоматизированной делительной головки, которая используется на операции «045 координатно-расточная с ЧПУ» для получения отверстий по 7-му качеству.

Исходные данные:

- 1) рабочий чертеж готовой детали и технические условия ее приемки;
- 2) операционный эскиз детали на выполняемую операцию;
- 3) комплект технологической документации на обработку данной детали с указанием последовательности и содержания операций, принятой схемы базирования, используемого оборудования и инструмента, режимов резания, а также проектной нормы штучного времени с выделением вспомогательного времени на установку, закрепление и снятие заготовки;
- 4) ГОСТы на детали и узлы станочных приспособлений, а также альбомы нормализованных конструкций приспособлений.

2.1 Обоснование выбора схемы приспособления

Для обработки детали «Сепаратор 1-ой ступени» на операции 045 «координатно-расточная с ЧПУ» согласно разработанному технологическому процессу, её необходимо установить в трехкулачковый патрон повышенной точности автоматизированной делительной головки.

Базирование и установка специального приспособления на столе станка осуществляется по плите с использованием поджимной бабки, а также, для обеспечения перпендикулярности и параллельности поверхностей приспособления и стола используются шпонки, по которым осуществляется балансировка.

Деталь базируется по цилиндрической поверхности (направляющая база), торцу (установочная база) и шпоночному пазу (опорная база). Для

закрепления используется трехлачковый самоцентрирующийся патрон повышенной точности 7100-0002-П ГОСТ 2675-80, шпонка 8×7×6, подводимый фланец от задней поджимной бабки.

2.2 Выбор функции, подвергаемой автоматизации

При проектировании автоматизированного приспособления для нетехнологических элементов детали «Сепаратор 1-ой ступени» в первую очередь возникает вопрос о получении отверстий на цилиндрической поверхности без предварительного получения лысок, т.е. 14 отверстий Ø15 мм в два ряда. В связи с назначением этих отверстий, а именно, по ним будут базироваться шарики, данные отверстия выполняются по 7 качеству и угловой допуск на расположение отверстий составляет 10'. Было принято решение спроектировать автоматизированную делительную головку на базе червячной передачи с передаточным отношением $i = 40$ для координатно-расточной операции.

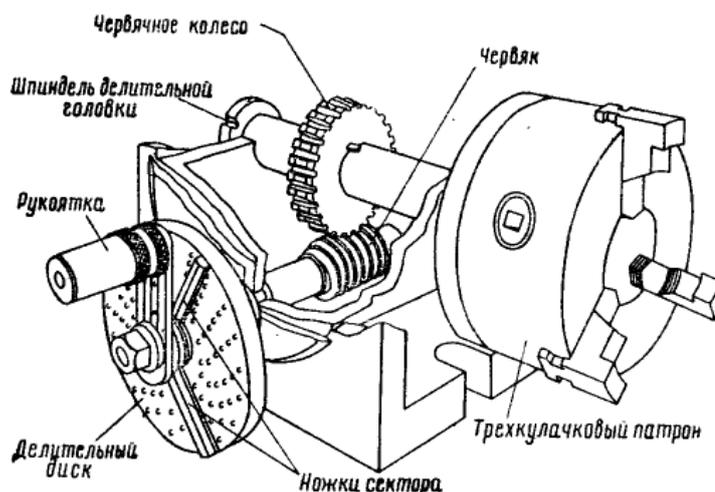


Рисунок 2.1 – Схема универсальной делительной головки

В данном приспособлении используется шаговый двигатель Nema 23 – это шаговый двигатель с углом шага 1,8° (200 шагов/оборот). Каждая фаза потребляет 6,35 А при 3,6 В, что обеспечивает удерживающий момент

2,32 Н·м. Nema 23 обычно используется в принтерах, станках с ЧПУ, линейных приводах и жестких дисках.

Подсчитав количество сделанных шагов, можно определить точный угол поворота ротора. Таким образом, шаговый двигатель является сегодня идеальным приводом в 3D принтерах, станках с ЧПУ и в другом промышленном оборудовании.

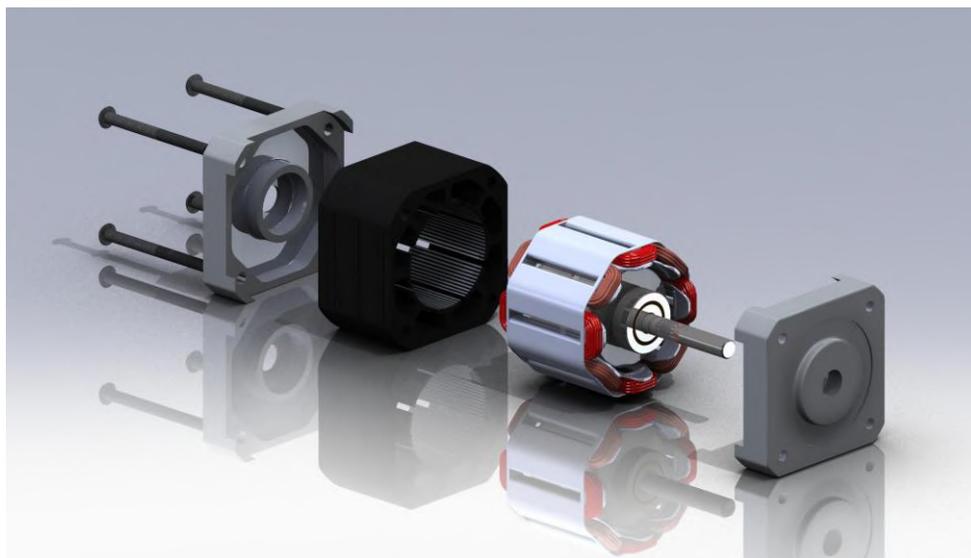


Рисунок 2.2 – Устройство шагового двигателя

Для контроля и считывания положения выходного вала используется оптический инкрементальный энкодер ОРКОН PRI80Н. В основе работы инкрементальных оптических энкодеров использовано явление фотоэффекта. Внутри корпуса расположена оптическая пара – излучатель (светодиод) и фотоприемник. В пространстве между ними находится край кодирующего диска, связанного с валом энкодера. Кодирующий диск представляет собой прозрачный лимб с нанесенными на нем непрозрачными метками. Таким образом, при повороте вала (то есть диска) происходит модулирование светового потока, попадающего на фотоприемник, причем количество прерываний соответствует углу поворота вала энкодера. Для организации двух последовательностей прерываний, сдвинутых по фазе на 90 эл. градусов друг относительно друга, используются два фотоприемника с наложенной

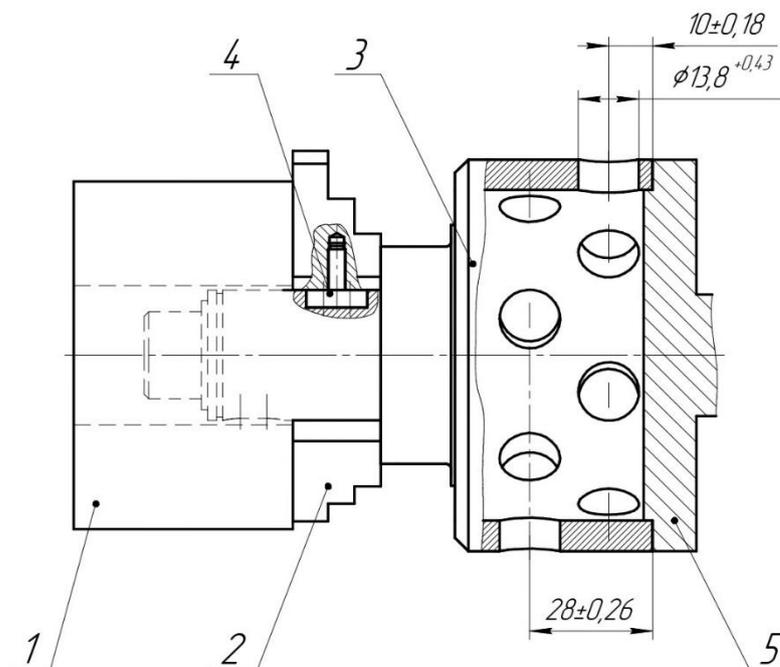
специальной маской. Модуляция выходных сигналов фотоприемников электронной схемой энкодера превращается в последовательности прямоугольных импульсов А и В нужного формата для передачи в виде выходного сигнала энкодера. Также присутствует опорный сигнал последовательности Z [20].



Рисунок 2.3 – Оптический инкрементальный энкодер OPKON

2.3 Разработка принципиальной схемы закрепления детали

Схема базирования детали приведена в разделе проектирования технологических операций. Далее приведена схема закрепления в трехкулачковом патроне (рисунок 2.4).



1 – трехкулачковый самоцентрирующийся патрон повышенной точности 7100-0002-П ГОСТ 2675-80, 2 – кулачки, 3 – деталь, 4 – шпонка, 5 – поджимной фланец

Рисунок 2.4 – Принципиальная схема закрепления детали

2.4 Расчет усилий зажима

Определим необходимую силу зажима детали в трехкулачковом патроне для координатно-расточной операции 045, технологический переход 2. В данном технологическом переходе выполняется сверление отверстий $\phi 13,8$ мм. При этом на деталь действует осевая сила резания P_0 , направленная противоположно оси Z . Данная сила стремится вырвать деталь из трехкулачкового патрона, т.к. создает изгибающий момент $M_{\text{изгиб}}$. Суммарная сила зажима всеми кулачками Q создает в месте контакта с деталью силу и момент трения, уравнивающие вышеуказанную силу и изгибающий момент $M_{\text{изгиб}}$.

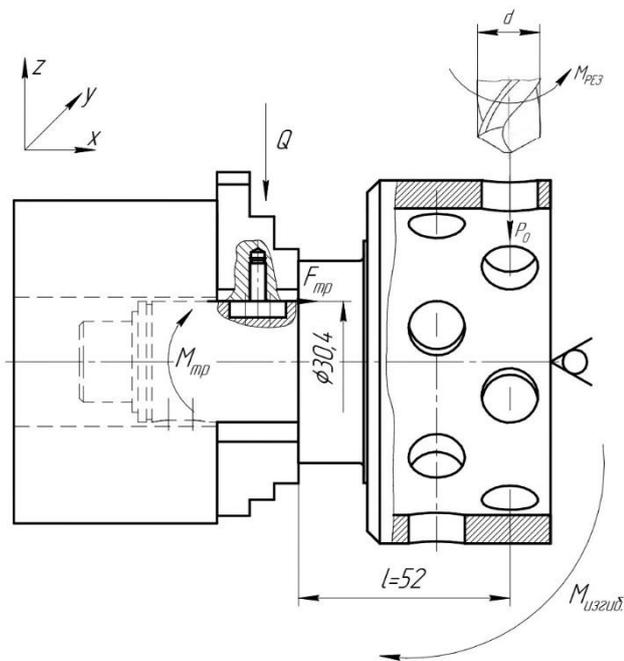


Рисунок 2.5 – Действующие силы в ходе выполнения технологического перехода

Составим эквивалентную схему для расчета усилий зажима детали (рисунок 2.6).

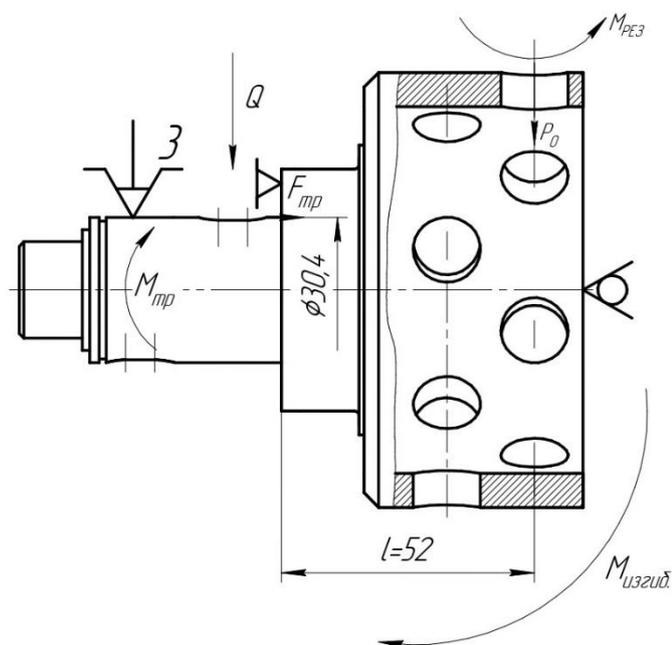


Рисунок 2.6 – Эквивалентная схема сил для расчета усилий зажима

Составим уравнение равновесия:

$$M_{\text{изгиб.}} \leq k_3 \cdot M_{\text{тр}}, \quad (2.1)$$

где $M_{\text{изгиб.}}$ – момент, действующий на изгиб детали в патроне;

$k_3 = 1,5 \dots 3$ – коэффициент запаса сил зажима, примем $k_3 = 3$;

$M_{\text{тр}}$ – момент, вызванный силой трения.

Изгибающий момент:

$$M_{\text{изгиб.}} = P_0 \cdot l, \quad (2.2)$$

где $P_0 = 3434$ Н – осевая сила резания;

$l = 52$ мм – расстояние между зажимом кулачков и приложением силы.

Момент, вызванный силой трения:

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot R, \quad (2.3)$$

где $R = \frac{d}{2} = \frac{30,4 \text{ мм}}{2} = 15,2$ мм – радиус зажима заготовки в трехкулачковом патроне;

$F_{\text{тр}}$ – сила трения.

Согласно закону Амонтона-Кулона, сила трения:

$$F_{\text{тр}} = Q \cdot f, \quad (2.4)$$

где Q – усилие зажима заготовки в трехкулачковом патроне;

$f = 0,2$ – коэффициент трения.

Следовательно,

$$P_0 \cdot l \leq k_3 \cdot Q \cdot f \cdot R,$$

откуда

$$Q \geq \frac{P_0 \cdot l}{k_3 \cdot f \cdot R} \geq \frac{3434 \cdot 52}{3 \cdot 0,2 \cdot 15,2} \geq 19,58 \text{ кН}$$

Примем $Q = 19,7$ кН.

В связи с тем, что необходимо выдержать ось детали, используется задний фланец в качестве базы, который воспринимает $\approx 25 \dots 30\%$ от силы резания, то учтем это и выполним перерасчет. Тогда:

$$P'_0 = P_0 - P_0 \cdot 0,3 = 3434 - 3434 \cdot 0,3 = 2404 \text{ Н}$$

откуда

$$Q \geq \frac{P'_0 \cdot l}{k_3 \cdot f \cdot R} \geq \frac{2404 \cdot 52}{3 \cdot 0,2 \cdot 15,2} \geq 13,7 \text{ кН}$$

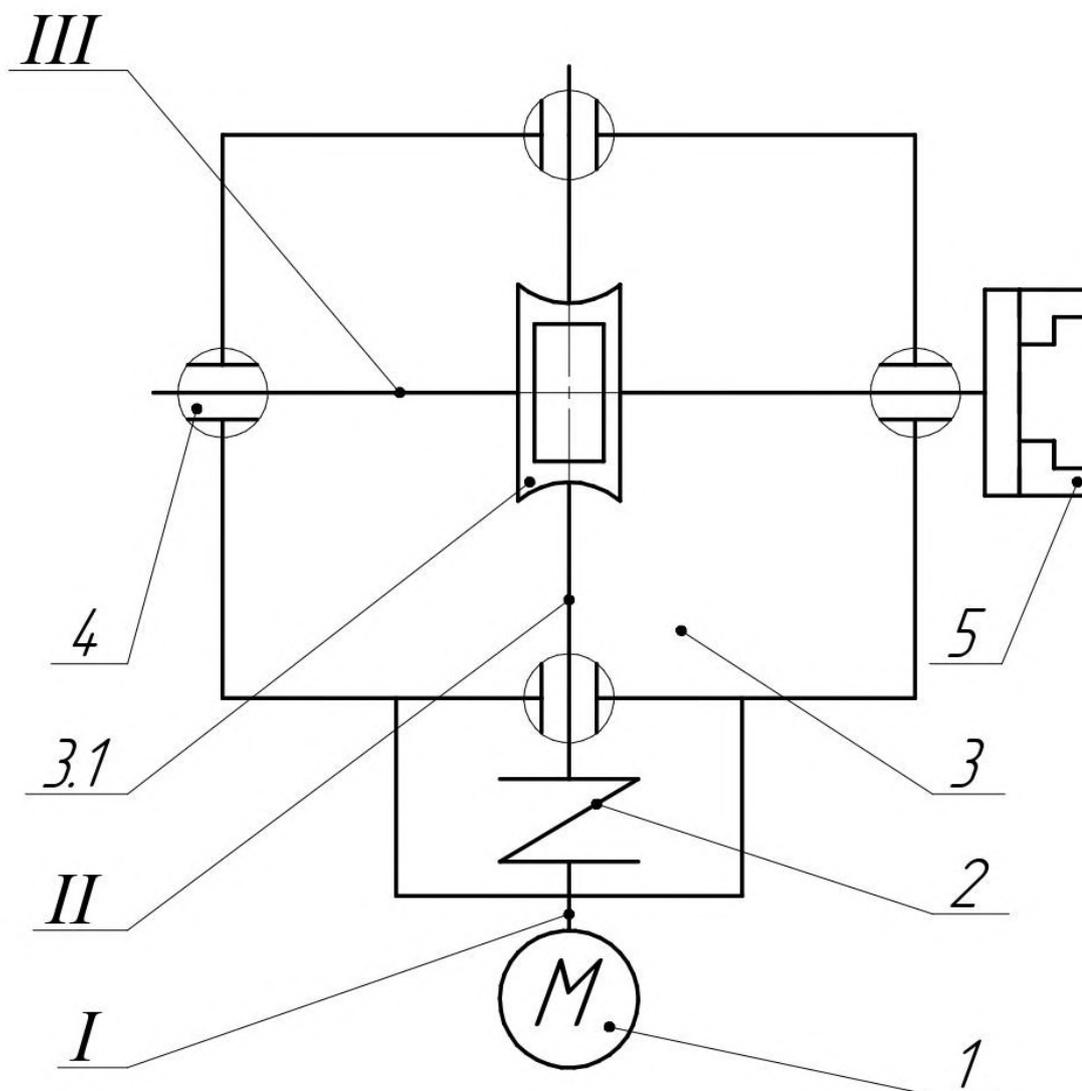
Примем $Q = 13,8$ кН.

В связи с тем, что при закреплении используется 3 кулачка, то усилие зажима на одном кулачке:

$$Q' = \frac{Q}{3} = \frac{13,8}{3} = 4,6 \text{ кН}$$

2.5 Энерго-кинематический расчет

Составим кинематическую схему делительной головки (рисунок 2.7).



1. Шаговый мотор-редуктор;
2. Муфта;
3. Делительная головка;
- 3.1. Червячная передача;
4. Подшипники качения;
5. Трехкулачковый патрон;
- I. Вал мотор-редуктора;
- II. Входной вал делительной головки;
- III. Выходной вал делительной головки.

Рисунок 2.7 – Кинематическая схема делительной головки

2.5.1 Определение мощности шагового мотор – редуктора

Мощность шагового мотор – редуктора 56GP-57H250E40-15 определим по формуле:

$$P_{\text{м-р}} = U \cdot I, \quad (2.5)$$

где $P_{\text{м-р}}$ – мощность шагового мотор – редуктора 56GP-57H250E40-15, Вт;

$U = 3,6$ В – номинальное напряжение, при котором работает мотор – редуктор;

$I = 6,5$ А – постоянный ток.

Тогда:

$$P_{\text{м-р}} = 3,6 \cdot 6,5 = 23,4 \text{ Вт}$$

2.5.2 Определение КПД

Общее КПД редуктора можем определить, зная КПД отдельных звеньев кинематической цепи по уравнению [21]:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{муфты}} \cdot \eta_{\text{пк}}^2 \cdot \eta_{\text{чп}}, \quad (2.6)$$

где $\eta_{\text{муфты}}$ – КПД муфты;

$\eta_{\text{пк}}$ – КПД подшипников качения (2-ая степень определяется количеством пар подшипников качения в делительной головке);

$\eta_{\text{чп}}$ – КПД червячной передачи.

КПД отдельных звеньев кинематической схемы примем согласно пособию [21]:

$$\eta_{\text{муфты}} = 0,98;$$

$$\eta_{\text{пк}} = 0,99;$$

$$\eta_{\text{чп}} = (0,6 \dots 0,8) = 0,7.$$

Тогда общее КПД:

$$\eta_{\text{общ}} = 0,98 \cdot 0,99^2 \cdot 0,7 = 0,67$$

2.5.3 Определение частоты вращения вала мотор – редуктора

Частота вращения вала электродвигателя составляет:

$$n_{\text{эл}} = 200 \dots 500 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

примем $n_{\text{эл}} = 360 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$.

Т.к. данный мотор – редуктор 56GP-57H250E40-15 выпускается в комплектации с планетарным редуктором, передаточное число которого $U_{\text{ред}} = 15,3$, то частота вращения вала мотор – редуктора составляет:

$$n_I = \frac{n_{\text{эл}}}{U_{\text{ред}}} = \frac{360}{15,3} = 23,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

2.5.4 Определение частоты вращения и угловой скорости валов делительной головки

$$n_I = 23,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$\omega_I = \frac{\pi \cdot n_I}{30} = \frac{3,14 \cdot 23,5}{30} = 2,46 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$n_{II} = n_I = 23,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$\omega_{II} = \omega_I = 2,46 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$n_{III} = \frac{n_{II}}{U_{чп}} = \frac{23,5}{40} = 0,59 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$\omega_{III} = \frac{\pi \cdot n_{III}}{30} = \frac{3,14 \cdot 0,59}{30} = 0,06 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

2.5.5 Определение мощностей на валах делительной головки

$$P_I = P_{м-р} = 23,4 \text{ Вт};$$

$$P_{II} = P_I \cdot \eta_{муфты} \cdot \eta_{пк} = 23,4 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 22,7 \text{ Вт};$$

$$P_{III} = P_{II} \cdot \eta_{чп} \cdot \eta_{пк} = 22,7 \cdot 0,7 \cdot 0,99 = 15,7 \text{ Вт}$$

2.5.6 Определение крутящих моментов на валах делительной головки

$$M_I = \frac{P_I}{\omega_I} = \frac{23,4}{2,46} = 9,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{II} = M_I \cdot \eta_{муфты} \cdot \eta_{пк} = 9,5 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 9,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{III} = M_{II} \cdot \eta_{пк} \cdot \eta_{чп} \cdot U_{чп} = 9,2 \cdot 0,99 \cdot 0,7 \cdot 40 = 255 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

2.6 Расчет червячной передачи

Исходные данные:

$M_{III} = 255 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – вращающий момент на колесе;

$n_{III} = 0,59 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ – частота вращения колеса;

$U_{чп} = 40$ – передаточное число;

$L_h = 10000 \text{ ч.}$ – время работы передачи.

Расчет червячной передачи выполняем согласно пособию [21].

2.6.1 Материалы червяка и колеса

В связи с тем, что в приводе делительной головки мощность не велика, т.е. до 1 кВт, примем материал для червяка 40Х, термообработка – улучшение с твердостью ≤ 350 НВ. Принимаем передачу с архимедовым червяком (ЗА). Данные занесены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Материал червяка червячной передачи

Марка стали	Термообработка	Предельные размеры заготовки, мм		Твердость зубьев, НВ		σ_T , МПа
		$D_{пр}$	$S_{пр}$	в середине	на поверхности	
40Х	Улучшение	125	80	269 – 302	269 – 302	750

Скорость скольжения:

$$v_{ск} = 0,45 \cdot 10^{-3} \cdot n_{III} \cdot U_{чп} \sqrt[3]{M_{III}}, \quad (2.7)$$

где $v_{ск}$ – скорость скольжения, м/с;

$n_{III} = 0,59 \frac{об}{мин}$ – частота вращения колеса;

$U_{чп} = 40$ – передаточное число червячной передачи;

$M_{III} = 255 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – вращающий момент на колесе.

Следовательно,

$$v_{ск} = 0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 0,59 \cdot 40 \cdot \sqrt[3]{255} = 0,07 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Примем II группу – безоловянные бронзы и латуни, материал обода колеса согласно таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Материал обода колеса червячной передачи

Группа	Материал	Способ отливки	σ_B , МПа	σ_T , МПа
II	БрА9ЖЗЛ	центробежный	500	200

2.6.2 Допускаемые контактные напряжения

Допускаемые контактные напряжения для II группы определим по формуле:

$$[\sigma]_H = [\sigma]_{H_0} - 25v_{ск}, \quad (2.8)$$

где $[\sigma]_{H_0} = 250$ МПа – допускаемые контактные напряжения для червяков при твердости ≤ 350 НВ;

$v_{ск} = 0,07 \frac{м}{с}$ – скорость скольжения.

Тогда

$$[\sigma]_H = 250 - 25 \cdot 0,07 = 248 \text{ МПа}$$

2.6.3 Допускаемые напряжения изгиба

Вычисляем для материала зубьев червячного колеса:

$$[\sigma]_F = K_{FL} \cdot [\sigma]_{F_0}, \quad (2.9)$$

где $[\sigma]_F$ – допускаемые напряжения изгиба, МПа;

K_{FL} – коэффициент долговечности;

$[\sigma]_{F_0}$ – исходное допускаемое напряжение изгиба, МПа.

Коэффициент долговечности:

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_{FE}}}, \quad (2.10)$$

где N_{FE} – эквивалентное число циклов нагружения зубьев червячного колеса за весь срок службы передачи.

Эквивалентное число циклов нагружения зубьев:

$$N_{FE} = 0,1 \cdot 60 \cdot n_{III} \cdot L_h, \quad (2.11)$$

где $n_{III} = 0,59 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ – частота вращения колеса;

$L_h = 10000$ ч. – время работы передачи.

Следовательно,

$$N_{FE} = 0,1 \cdot 60 \cdot 0,59 \cdot 10000 = 0,35 \cdot 10^6$$

Так как $N_{FE} = 0,35 \cdot 10^6 < 10^6$, примем $N_{FE} = 10^6$, тогда

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{10^6}} = 1$$

Исходное допускаемое напряжение изгиба $[\sigma]_{F_0}$ определим по формуле:

$$[\sigma]_{F_0} = 0,25\sigma_T + 0,08\sigma_B, \quad (2.12)$$

где $\sigma_T = 200$ МПа – предел текучести;

$\sigma_B = 500$ МПа – предел прочности.

Следовательно,

$$[\sigma]_{F_0} = 0,25 \cdot 200 + 0,08 \cdot 500 = 90 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_F = 1 \cdot 90 = 90 \text{ МПа}$$

2.6.4 Предельные допускаемые напряжения

При проверке на максимальную статическую или единичную пиковую нагрузку для II группы:

$$[\sigma]_{H_{max}} = 2\sigma_T = 2 \cdot 200 = 400 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{F_{max}} = 0,8\sigma_T = 0,8 \cdot 200 = 160 \text{ МПа}$$

2.6.5 Межосевое расстояние

Межосевое расстояние:

$$a_w \geq K_a \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta} M_{III}}{[\sigma]_H^2}}, \quad (2.13)$$

где $K_a = 610$ – коэффициент для архимедовых червяков;

$K_{H\beta}$ – коэффициент концентрации нагрузки, определяемый по формуле

$$K_{H\beta} = 0,5 \cdot (K_{H\beta}^0 + 1), \quad (2.14)$$

где $K_{H\beta}^0 = 1,05$ – начальный коэффициент концентрации нагрузки при $z_1 = 1$ и $U_{чп} = 40$. Тогда

$$K_{H\beta} = 0,5 \cdot (1,05 + 1) = 1,025;$$

$$a_w \geq 610 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,025 \cdot 255}{248^2}} \geq 98,8 \text{ мм},$$

примем $a_w = 100$ мм.

2.6.6 Основные параметры червячной передачи

Число зубьев колеса:

$$z_2 = z_1 \cdot U_{чп} = 1 \cdot 40 = 40$$

Модуль передачи:

$$m = (1,4 \dots 1,7) \cdot \frac{a_w}{z_2} = 1,5 \cdot \frac{100}{40} = 3,75 \text{ мм},$$

примем $m = 4$ мм.

Минимальный коэффициент диаметра червяка:

$$q = 0,212 \cdot z_2 = 0,212 \cdot 40 = 8,48,$$

примем $q = 10$.

Значение коэффициента смещения x инструмента по условию неподрезания и незаострения зубьев для архимедовых червяков принимают:

$$0 \leq x \leq 1,$$

примем $x = 0$.

Угол подъема линии витка червяка на цилиндре:
делительном

$$\gamma = \arctg\left(\frac{z_1}{q}\right) = \arctg\left(\frac{1}{10}\right) = 5,71^\circ$$

начальном

$$\gamma_w = \arctg\left(\frac{z_1}{q + 2x}\right) = \arctg\left(\frac{1}{10 + 2 \cdot 0}\right) = 5,71^\circ$$

Червяк передачи имеет линию витка правого направления.

Фактическое передаточное число:

$$U_\phi = \frac{z_2}{z_1} = \frac{40}{1} = 40$$

2.6.7 Размеры червяка и колеса

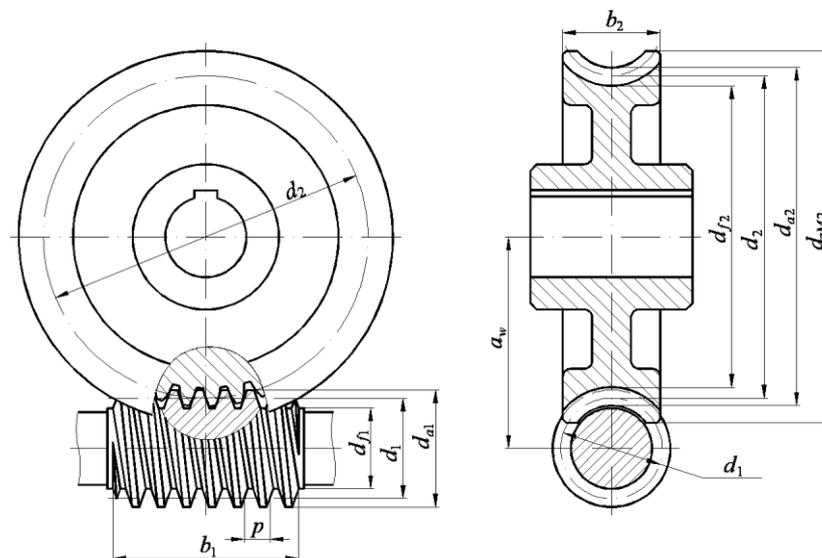


Рисунок 2.8 – Размеры червяка и колеса

Диаметр делительный червяка:

$$d_1 = q \cdot m = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мм}$$

Диаметр вершин витков червяка:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 40 + 2 \cdot 4 = 48 \text{ мм}$$

Диаметр впадин витков червяка:

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 40 - 2,4 \cdot 4 = 30,4 \text{ мм}$$

Диаметр делительный колеса:

$$d_2 = z_2 \cdot m = 40 \cdot 4 = 160 \text{ мм}$$

Диаметр вершин зубьев колеса:

$$d_{a2} = d_2 + 2m(1 + x) = 160 + 2 \cdot 4 \cdot (1 + 0) = 168 \text{ мм}$$

Диаметр впадин зубьев колеса:

$$d_{f2} = d_2 - 2m(1,2 - x) = 160 - 2 \cdot 3 \cdot (1,2 - 0) = 152,8 \text{ мм}$$

Диаметр колеса наибольший:

$$d_{ae2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + K}, \quad (2.15)$$

где $K = 2$ – коэффициент для передач с архимедовым червяком. Тогда

$$d_{ae2} \leq 168 + \frac{6 \cdot 4}{1 + 2} \leq 176 \text{ мм},$$

примем $d_{ae2} = 176 \text{ мм}$.

Ширина нарезанной части червяка:

$$b_1 = 90 \text{ мм}$$

Ширина венца червячного колеса с червяками ZA:

$$b_2 = 0,75d_{a1} = 0,75 \cdot 48 = 36 \text{ мм}$$

2.6.8 Проверочный расчет передачи на прочность

Определим скорость скольжения в зацеплении:

$$v_{\text{ск}} = \frac{v_{w1}}{\cos\gamma_w}, \quad (2.16)$$

где v_{w1} – окружная скорость на начальном диаметре червяка, определяемая по формуле:

$$v_{w1} = \frac{\pi n_{III} U_{\phi} m (q+2x)}{60000} \quad (2.17)$$

Тогда

$$v_{w1} = \frac{3,14 \cdot 0,59 \cdot 40 \cdot 4 \cdot (10 + 2 \cdot 0)}{60000} = 0,05 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v_{\text{ск}} = \frac{0,05}{\cos 5,71^\circ} = 0,05 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Уточним допускаемое напряжение $[\sigma]_H$. Вычислим расчетное напряжение:

$$\sigma_H = \frac{Z_{\sigma}(q+2x)}{z_2} \sqrt{\left[\frac{z_2+q+2x}{a_w(q+2x)} \right]} K M_{III} \leq [\sigma]_H, \quad (2.18)$$

где $Z_{\sigma} = 5350$ – для архимедовых червяков;

$K = K_{Hv} K_{H\beta}$ – коэффициент нагрузки.

Окружная скорость червячного колеса:

$$v_2 = \frac{\pi n_{III} d_2}{60000} = \frac{3,14 \cdot 0,59 \cdot 160}{60000} = 0,005 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

тогда $K_{Hv} = 1$.

Коэффициент концентрации нагрузки $K_{H\beta}$:

$$K_{H\beta} = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta} \right)^3 (1 - X), \quad (2.19)$$

где $\theta = 108$ – коэффициент деформации червяка;

$X = 0,5$ – коэффициент, учитывающий влияние режима работы передачи на приработку зубьев червячного колеса и витков червяка.

Тогда

$$K_{H\beta} = 1 + \left(\frac{40}{108}\right)^3 (1 - 0,5) = 1,025;$$

$$K = 1 \cdot 1,025 = 1,025;$$

$$\sigma_H = \frac{5350 \cdot (10 + 2 \cdot 0)}{40} \sqrt{\left[\frac{40 + 10 + 2 \cdot 0}{100 \cdot (10 + 2 \cdot 0)}\right]^3 \cdot 1,025 \cdot 255} = 242 \text{ МПа};$$

$$\sigma_H = 242 \text{ МПа} \leq [\sigma]_H = 248 \text{ МПа},$$

условие прочности выполняется.

2.6.9 Силы в зацеплении

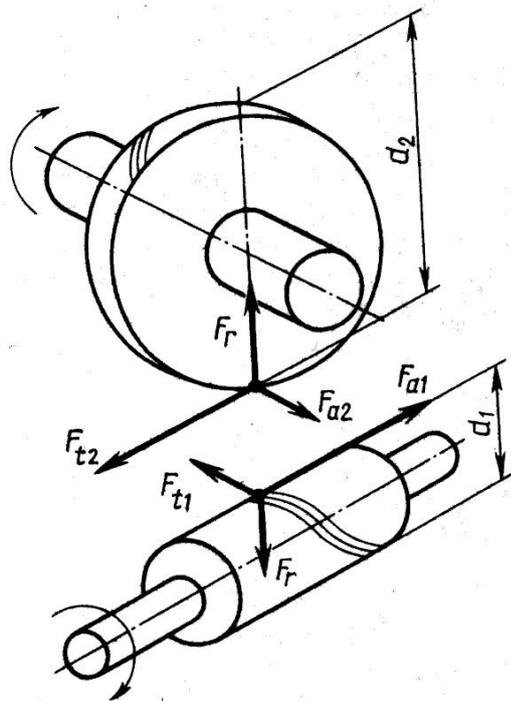


Рисунок 2.9 – Силы в зацеплении червячной передачи

Окружная сила на колесе, равная осевой силе на червяке:

$$F_{t2} = F_{a1} = 2 \cdot 10^3 M_{III} / d_2 = 2 \cdot 10^3 \cdot 255 / 160 = 3188 \text{ Н}$$

Окружная сила на червяке, равная осевой силе на колесе:

$$F_{t1} = F_{a2} = 2 \cdot 10^3 \frac{M_{III}}{d_1 U_{\phi} \eta} = 2 \cdot 10^3 \frac{255}{40 \cdot 40 \cdot 0,67} = 476 \text{ Н}$$

Радиальная сила:

$$F_r = F_{t2} \cdot \frac{tg\alpha}{\cos\gamma_w} = 3188 \cdot \frac{tg20^\circ}{\cos5,71^\circ} = 1167 \text{ Н}$$

2.6.10 Проверка зубьев колеса по напряжениям изгиба

Расчетное напряжение изгиба:

$$\sigma_F = \frac{K F_{t2} Y_{F2} \cos\gamma_w}{1,3 m^2 (q+2x)} \leq [\sigma]_F, \quad (2.20)$$

где $K = 1,025$ – коэффициент нагрузки;

$Y_{F2} = 1,55$ – коэффициент формы зуба колеса.

Тогда

$$\sigma_F = \frac{1,025 \cdot 3188 \cdot 1,55 \cdot \cos5,71^\circ}{1,3 \cdot 4^2 \cdot (10 + 2 \cdot 0)} = 24,5 \text{ МПа} \leq [\sigma]_F = 90 \text{ МПа},$$

условие напряжений изгиба выполняется.

2.6.11 Проверочный расчет на прочность зубьев червячного колеса при действии пиковой нагрузки

Проверка на контактную прочность при кратковременном действии пикового момента:

$$\sigma_{H_{max}} = \sigma_H \sqrt{K_{пер}} \leq [\sigma]_{H_{max}}, \quad (2.21)$$

где $K_{пер} = \frac{T_{пик}}{T} = 1$.

Тогда

$$\sigma_{H_{max}} = 242 \cdot \sqrt{1} = 242 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{H_{max}} = 400 \text{ МПа},$$

условие выполняется.

Проверка зубьев червячного колеса на прочность по напряжениям изгиба при действии пикового момента:

$$\sigma_{F_{max}} = \sigma_F K_{пер} \leq [\sigma]_{F_{max}} \quad (2.22)$$

Тогда

$$\sigma_{F_{max}} = 24,5 \cdot 1 = 24,5 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{F_{max}} = 160 \text{ МПа},$$

условие выполняется.

Параметры червячной передачи (ZA) представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Параметры червячной передачи

Проектный расчет			
Параметр	Значение	Параметр	Значение
Межосевое расстояние a_w , мм	100	Коэффициент диаметра червяка q	10
Модуль зацепления m , мм	4	Угол подъема линии витка червяка, γ	5,71°
Ширина нарезанной части червяка, мм	90	Диаметр делительной окружности, мм: червяка d_1 колеса d_2	40 160
Ширина венца червячного колеса, мм:	36	Диаметр окружности вершин, мм: червяка d_{a1} колеса d_{a2}	48 168
Число зубьев: червяка z_1 колеса z_2	1 40	Диаметр окружности впадин, мм: червяка d_{f1} колеса d_{f2}	30,4 152,8
Проверочный расчет			
Параметр	Допускаемое значение	Расчетное значение	
Контактные напряжения σ_H , МПа	248	242	
Напряжения изгиба σ_F , МПа	90	24,5	

2.7 Конструирование червячного вала

Конструирование червячного вала выполнено по пособию [22].

Определение параметров 1-ой ступени

Первая ступень вала проектируется под муфту:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_{II} \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau]_k}}, \quad (2.23)$$

где d_1 – участок вала выступающий из корпуса делительной головки;

$M_{II} = 9,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – крутящий момент на вал-червяке;

$[\tau]_k = 25 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ – допускаемые напряжения на кружение.

Тогда

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{9,2 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 12,25 \text{ мм},$$

примем $d_1 = 14 \text{ мм}$.

Для определения длины ступени воспользуемся следующей формулой:

$$l_1 = 1,5d_1 = 1,5 \cdot 14 = 21 \text{ мм},$$

примем $l_1 = 32 \text{ мм}$.

Определение параметров 2-ой ступени

Вторая ступень вал-червяка проектируется под подшипник:

$$d_2 = d_1 + 2t, \quad (2.24)$$

где $t = 2 \text{ мм}$ – высота заплечика, определяется по диаметру первой ступени.

Тогда

$$d_2 = 14 + 2 \cdot 2 = 18 \text{ мм},$$

примем $d_2 = 25 \text{ мм}$.

Для определения длины ступени воспользуемся следующей формулой:

$$l_2 = 2d_2 = 2 \cdot 25 = 50 \text{ мм},$$

примем $l_2 = 22 \text{ мм}$.

Определение параметров 3-ей ступени

Третья ступень вала проектируется под червяк:

$$d_3 = d_2 + 3,2r, \quad (2.25)$$

где $r = 1,6 \text{ мм}$ – радиус галтели, определяется по диаметру первой ступени.

Тогда

$$d_3 = 25 + 3,2 \cdot 1,6 = 30,12 \text{ мм},$$

примем $d_3 = 30,4 \text{ мм}$.

Длина ступени l_3 определяется графически при построении эскизной компоновки.

Определение параметров 4-ой ступени

Четвертая ступень вала проектируется под подшипник.

$$d_4 = d_2 = 25 \text{ мм}.$$

Для определения длины ступени воспользуемся формулой:

$$l_4 = B + f, \quad (2.26)$$

где $B = 17 \text{ мм}$ – ширина внутреннего кольца подшипника;

$f = 1 \text{ мм}$ – фаска.

Тогда

$$l_4 = B + f = 17 + 1 = 18 \text{ мм}$$

Для червячного вала назначаем шариковые радиально-упорные однорядные подшипники средней серии.

По ГОСТ 831-75 выбираем подшипник 36305, со следующими параметрами [22]:

$d = 25$ мм, диаметр внутреннего кольца подшипника;

$D = 62$ мм, диаметр наружного кольца подшипника;

$B = 17$ мм, ширина внутреннего кольца подшипника;

$r = 2$ мм, координата фаски подшипника;

$C_r = 22$ кН, базовая динамическая грузоподъемность;

$C_{or} = 16,2$ кН, статическая грузоподъемность.

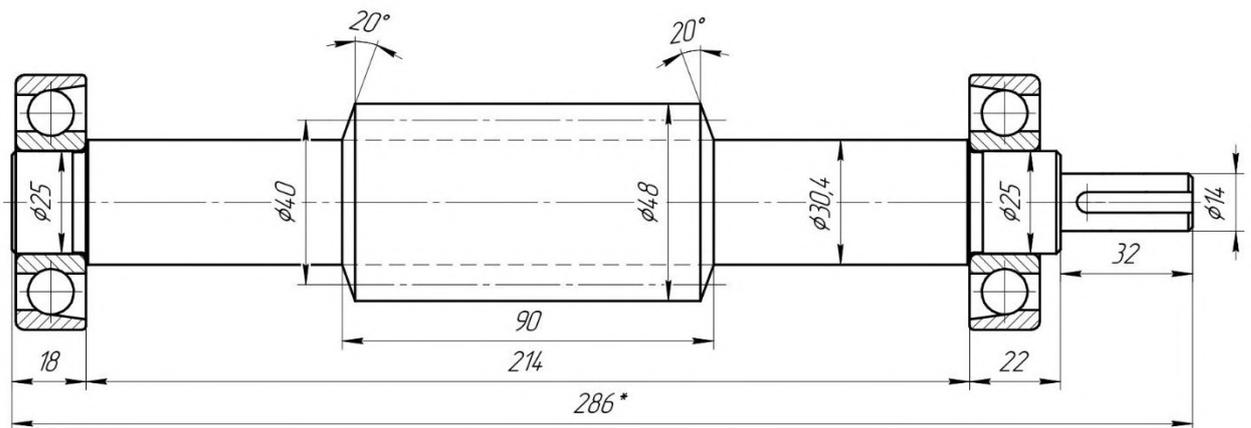


Рисунок 2.10 – Конструктивное изображение червячного вала

2.8 Конструирование выходного вала делительной головки

Конструирование выходного вала делительной головки выполнено по пособию [22].

Определение параметров 1-ой ступени

Первая ступень вала проектируется под выход конца для крепления трехкулачкового патрона:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_{III} \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau]_k}}, \quad (2.27)$$

где d_1 – участок вала выступающий из корпуса редуктора;

$M_{III} = 255$ Н·м – крутящий момент на выходном валу делительной головки;

$[\tau]_k = 25 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ – допускаемые напряжения на кружение.

Тогда

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{255 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 37 \text{ мм},$$

примем $d_1 = 40$ мм.

Для определения длины ступени воспользуемся следующей формулой:

$$l_1 = 1,5d_1 = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ мм},$$

примем $l_1 = 27$ мм.

Определение параметров 2-ой ступени

Вторая ступень вала проектируется под подшипник, уплотнение и распорную втулку.

$$d_2 = d_1 + 2t, \quad (2.28)$$

где $t = 2,5$ мм – высота заплечика, определяется по диаметру первой ступени.

Тогда

$$d_2 = 40 + 2,5 \cdot 2 = 45 \text{ мм}$$

Для определения длины ступени воспользуемся следующей формулой:

$$l_2 = 1,25d_2 = 1,25 \cdot 45 = 56,25 \text{ мм},$$

примем $l_2 = 64$ мм.

Определение параметров 3-ей ступени

Третья ступень вала проектируется под червячное и тормозное колеса:

$$d_3 = d_2 + 3,2r, \quad (2.29)$$

где $r = 2$ мм – радиус галтели, определяется по диаметру второй ступени.

Тогда

$$d_3 = 45 + 3,2 \cdot 2 = 51,4 \text{ мм},$$

примем $d_3 = 55 \text{ мм}$.

Длина ступени l_3 определяется графически при построении эскизной компоновки.

Определение параметров 4-ой ступени

Четвертая ступень вала проектируется под подшипник и уплотнение.

$$d_4 = d_2 = 45 \text{ мм}$$

Примем $l_4 = 60 \text{ мм}$.

Определение параметров 5-ой ступени

Пятая ступень вала проектируется под оптический энкодер.

$$d_5 = 40 \text{ мм}$$

$$l_5 = 45 \text{ мм}$$

Для выходного вала назначаем роликовые конические однорядные подшипники средней серии [22].

По ГОСТ 27365-87 выбираем подшипник 7309, со следующими параметрами [22]:

$d = 45 \text{ мм}$, диаметр внутреннего кольца подшипника;

$D = 100 \text{ мм}$, диаметр наружного кольца подшипника;

$T = 27,25 \text{ мм}$, ширина внутреннего кольца подшипника;

$r = 2,5 \text{ мм}$, координата фаски подшипника;

$C_r = 76,1 \text{ кН}$, базовая динамическая грузоподъемность;

$C_{or} = 59,3 \text{ кН}$, статическая грузоподъемность.

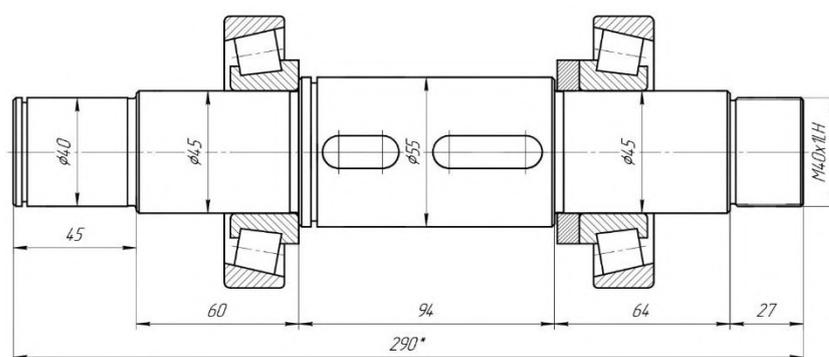


Рисунок 2.11 – Конструктивное изображение выходного вала

2.9 Конструирование червячного колеса делительной головки

Червячные колеса изготавливают составными: центр колеса – из стали, а зубчатый венец – из антифрикционного материала. В нашем случае примем, центр колеса (ступица) – из стали марки 40Х, зубчатый венец – из оловянной бронзы БрА9ЖЗЛ. При мелкосерийном и единичном производстве зубчатые венцы соединяют со ступицей посадкой с натягом Н7/у7. Расчет выполняем по пособию [22].

2.9.1 Обод колеса

Диаметр наибольший:

$$d_{ae2} = 176 \text{ мм}$$

Диаметр внутренний:

$$d_b = 0,9d_2 - 2,5m = 0,9 \cdot 160 - 2,5 \cdot 4 = 134 \text{ мм}$$

Толщина:

$$S = 0,05d_2 = 0,05 \cdot 160 = 8 \text{ мм};$$

$$S_0 = 1,2S = 1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ мм};$$

$$h = 0,15b_2 = 0,15 \cdot 36 = 5,4 \text{ мм};$$

$$t = 0,8h = 0,8 \cdot 5,4 = 4,32 \text{ мм}$$

Ширина обода:

$$b_2 = 36 \text{ мм}$$

2.9.2 Ступица колеса

Диаметр внутренний:

$$d = d_3 = 55 \text{ мм}$$

Диаметр наружный:

$$d_{ct} = 1,55d = 1,55 \cdot 55 = 85,25 \text{ мм},$$

примем $d_{ст} = 70$ мм.

Толщина:

$$\delta_{ст} = 0,3d = 0,3 \cdot 55 = 16,5 \text{ мм,}$$

примем $\delta_{ст} = 7,76$ мм.

Длина:

$$l_{ст} = 1,5d = 1,5 \cdot 55 = 82,5 \text{ мм,}$$

примем $l_{ст} = 50$ мм.

2.9.3 Диск колеса

Толщина:

$$C = 0,5(S + \delta_{ст}) \geq 0,25b_2 \quad (2.30)$$

$$C = 0,5 \cdot (8 + 10) = 9 \text{ мм} \geq 0,25 \cdot 36 = 9 \text{ мм}$$

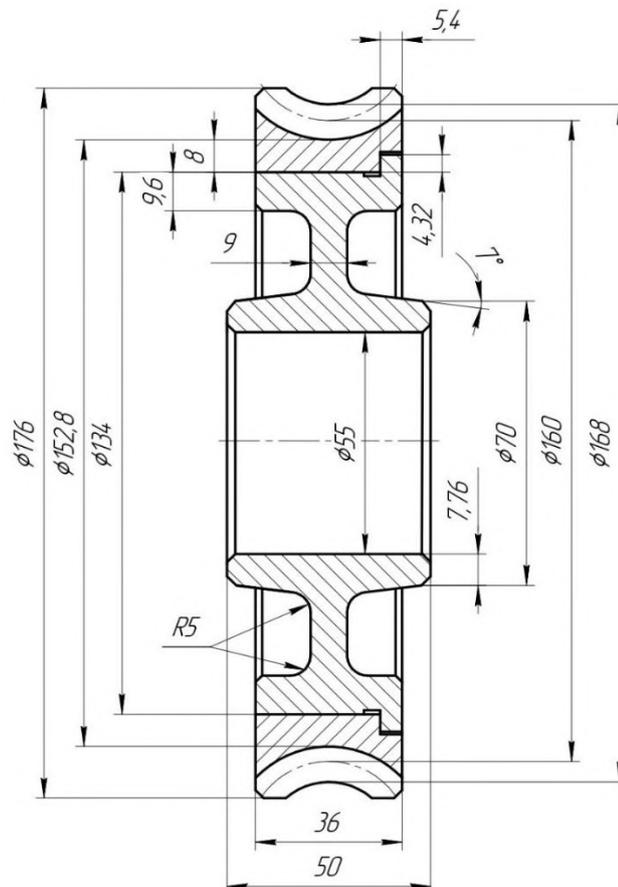


Рисунок 2.12 – Конструктивные элементы червячного колеса

2.10 Определение реакций в подшипниках

Червячный вал

Силы, действующие в зацеплении:

$F_{t1} = 476 \text{ Н}$ - окружная сила;

$F_{r1} = 1167 \text{ Н}$ - радиальная сила;

$F_{a1} = 3188 \text{ Н}$ - осевая сила.

Момент от действия осевой силы:

$$m_1 = F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2} = 3188 \text{ Н} \cdot \frac{40 \text{ мм}}{2} = 63760 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Усилие на вал от муфты:

$$F_M = 125 \cdot \sqrt{M_{II}} = 125 \cdot \sqrt{9,2} = 380 \text{ Н}$$

Длины участков вала: $a = 34,5 \text{ мм}$, $b = 112,5 \text{ мм}$, $c = 112,5 \text{ мм}$.

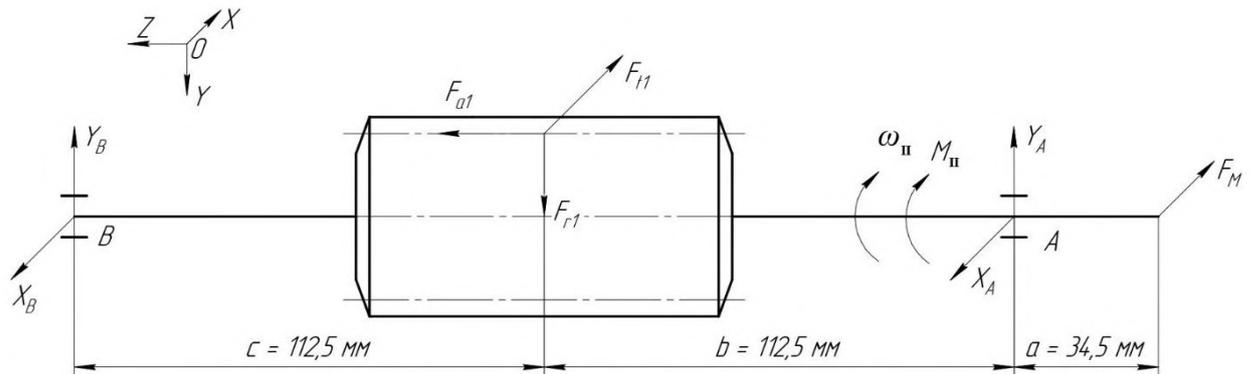


Рисунок 2.13 – Направление усилий и реакций в опорах червячного вала

Определим реакции в опорах

Вертикальная плоскость YOZ:

$$\sum M_A = 0; -Y_B \cdot (c + b) + m_1 + F_{r1} \cdot b = 0;$$

$$Y_B = \frac{m_1 + F_{r1} \cdot b}{c + b} = \frac{63760 + 1167 \cdot 112,5}{112,5 + 112,5} = 867 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = 0; -F_{r1} \cdot c + m_1 + Y_A \cdot (c + b) = 0;$$

$$Y_A = \frac{1167 \cdot 112,5 - 63760}{112,5 + 112,5} = 300 \text{ Н}$$

Проверка:

$$\begin{aligned}\sum F_Y = 0; Y_B - F_{r1} + Y_A &= 0; \\ 867 - 1167 + 300 &= 0; \\ 0 &= 0,\end{aligned}$$

условие выполняется.

Горизонтальная плоскость XOZ:

$$\begin{aligned}\sum M_A = 0; X_B \cdot (b + c) - F_{t1} \cdot b + F_M \cdot a &= 0; \\ X_B = \frac{F_{t1} \cdot b - F_M \cdot a}{b + c} = \frac{476 \cdot 112,5 - 380 \cdot 34,5}{112,5 + 112,5} &= 180 \text{ Н}; \\ \sum M_B = 0; F_{t1} \cdot c - X_A \cdot (b + c) + F_M \cdot (a + b + c) &= 0; \\ X_A = \frac{F_{t1} \cdot c + F_M \cdot (a + b + c)}{b + c} &= \\ = \frac{476 \cdot 112,5 + 380 \cdot (34,5 + 112,5 + 112,5)}{112,5 + 112,5} &= 676 \text{ Н}\end{aligned}$$

Проверка:

$$\begin{aligned}\sum F_X = 0; -X_B + F_{t1} - X_A + F_M &= 0; \\ -180 + 476 - 676 + 380 &= 0; \\ 0 &= 0,\end{aligned}$$

условие выполняется.

Реакции в подшипниках:

$$\begin{aligned}R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} &= \sqrt{676^2 + 300^2} = 740 \text{ Н}; \\ R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} &= \sqrt{180^2 + 867^2} = 886 \text{ Н}\end{aligned}$$

Выходной вал

Силы, действующие в зацеплении:

$F_{t2} = 3188 \text{ Н}$ - окружная сила;

$F_{r2} = 1167 \text{ Н}$ - радиальная сила;

$F_{a2} = 476 \text{ Н}$ - осевая сила.

Момент от действия осевой силы:

$$m_2 = F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2} = 476 \text{ Н} \cdot \frac{160 \text{ мм}}{2} = 38080 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Усилие на вал от сил резания: $P_0 = 3434 \text{ Н}$.

Длины участков вала: $a = 191 \text{ мм}$, $b = 40 \text{ мм}$, $c = 76 \text{ мм}$.

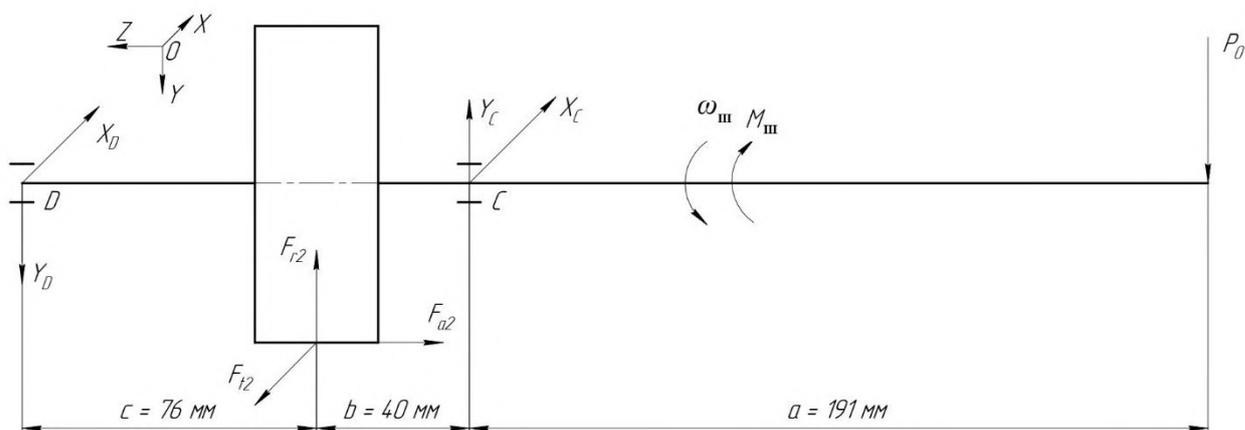


Рисунок 2.14 – Направление усилий и реакций в опорах выходного вала

Определим реакции в опорах

Вертикальная плоскость YOZ:

$$\sum M_D = 0; m_2 + F_{r2} \cdot c + Y_C \cdot (b + c) - P_0 \cdot (a + b + c) = 0;$$

$$Y_C = \frac{-m_2 - F_{r2} \cdot c + P_0 \cdot (a + b + c)}{b + c} =$$

$$= \frac{-38080 - 1167 \cdot 76 + 3434 \cdot (191 + 40 + 76)}{40 + 76} = 7995 \text{ Н};$$

$$\sum M_C = 0; Y_D \cdot (b + c) - F_{r2} \cdot b + m_2 - P_0 \cdot a = 0;$$

$$Y_D = \frac{F_{r2} \cdot b - m_2 + P_0 \cdot a}{b + c} = \frac{1167 \cdot 40 - 38080 + 3434 \cdot 191}{40 + 76} = 5728 \text{ Н}$$

Проверка:

$$\sum F_y = 0; -Y_D + F_{r2} + Y_C - P_0 = 0;$$

$$-5728 + 1167 + 7995 - 3434 = 0;$$

$$0 = 0,$$

условие выполняется.

Горизонтальная плоскость XOZ:

$$\sum M_D = 0; -F_{t2} \cdot c + X_C \cdot (b + c) = 0;$$

$$X_c = \frac{F_{t2} \cdot c}{b + c} = \frac{3188 \cdot 76}{40 + 76} = 2089 \text{ Н};$$

$$\sum M_C = 0; -X_D \cdot (b + c) + F_{t2} \cdot b = 0;$$

$$X_D = \frac{F_{t2} \cdot b}{b + c} = \frac{3188 \cdot 40}{40 + 76} = 1099 \text{ Н}$$

Проверка:

$$\sum F_x = 0; X_D - F_{t2} + X_C = 0;$$

$$1099 - 3188 + 2089 = 0;$$

$$0 = 0,$$

условие выполняется.

$$R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = \sqrt{2089^2 + 7995^2} = 8263 \text{ Н};$$

$$R_D = \sqrt{X_D^2 + Y_D^2} = \sqrt{1099^2 + 5728^2} = 5832 \text{ Н}$$

2.11 Проверочный расчет подшипников

Червячный вал

Исходные данные:

номинальная долговечность работы подшипников - $L_h = 10000$ часов;

осевая нагрузка, действующая на вал - $F_a = 3188$ Н;

скорость вращения вала $n = 23,5$ об/мин;

выбраны шариковые радиально-упорные подшипники 36305 по

ГОСТ 831-75:

- динамическая грузоподъемность - $C_r = 22000$ Н;

- статическая грузоподъемность - $C_{0r} = 16200$ Н.

Проверочный расчет предварительно выбранных подшипников выполняется по рекомендациям [22].

Суммарные нагрузки в опорах вала:

$$R_{r1} = 886 \text{ Н};$$

$$R_{r2} = 740 \text{ Н}.$$

Определяем отношение:

$$\frac{i \cdot F_a}{C_{0r}} = \frac{1 \cdot 3188}{16200} = 0,19, \quad (2.31)$$

где $F_a = 3188$ Н - осевая нагрузка, действующая на подшипник;

$C_{0r} = 16200$ Н - статическая грузоподъемность подшипника;

$i = 1$ – число рядов тел качения.

По результатам отношения принимаем коэффициенты:

$e = 0,48$ - коэффициент влияния осевого нагружения;

$Y = 1,13$ - коэффициент осевой нагрузки;

$X = 0,45$ - коэффициент радиальной нагрузки.

Определяем осевые составляющие радиальной нагрузки:

$$R_{S1} = e \cdot R_{r1} = 0,48 \cdot 886 = 425,3 \text{ Н};$$

$$R_{S2} = e \cdot R_{r2} = 0,48 \cdot 740 = 355,2 \text{ Н}.$$

Определяем соотношение сил:

$$R_{S1} > R_{S2};$$

$$F_a > 0.$$

Определяем осевые нагрузки подшипников:

$$R_{a1} = R_{S1} = 425,3 \text{ Н};$$

$$R_{a2} = R_{a1} + F_a = 3613,3 \text{ Н}.$$

Вычисляем отношения:

$$\frac{R_{a1}}{V \cdot R_{r1}} = \frac{425,3}{1 \cdot 886} = 0,48 \leq e;$$

$$\frac{R_{a2}}{V \cdot R_{r2}} = \frac{3613,3}{1 \cdot 740} = 4,88 > e$$

По результатам сопоставлений выбираем соответствующую формулу и определяем эквивалентные динамические нагрузки:

$$\begin{aligned} R_{E1} &= V \cdot R_{r1} \cdot k_{\sigma} \cdot k_T = \\ &= 1 \cdot 886 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1151,8 \text{ Н}; \end{aligned} \quad (2.32)$$

$$R_{E2} = (X \cdot V \cdot R_{r2} + Y \cdot R_{a2}) \cdot k_{\delta} \cdot k_T =$$

$$= (0,45 \cdot 1 \cdot 740 + 1,13 \cdot 3613,3) \cdot 1,3 \cdot 1 = 5740,8 \text{ Н}, \quad (2.33)$$

где $V = 1$ - коэффициент, учитывающий какое кольцо вращается;

k_{δ} - коэффициент безопасности, $k_{\delta} = 1,3$;

k_T - температурный коэффициент, при рабочей температуре до $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ принимаем $k_T = 1$.

Сравнив значения R_{e1} и R_{e2} , определяем более нагруженный подшипник. Наиболее нагруженным будет подшипник под опорой 2 (опора А).

Определяем расчетную динамическую грузоподъемность:

$$C_{гр} = R_{E2} \cdot \sqrt[m]{60 \cdot n \cdot \frac{L_h}{a_1 \cdot a_{23} \cdot 10^6}}, \quad (2.34)$$

где $R_{E2} = 5740,8 \text{ Н}$ - эквивалентная динамическая нагрузка;

m - показатель степени (для шариковых подшипников $m = 3$);

a_1 - коэффициент надежности (при безотказной работе $a_1 = 1$);

a_{23} - коэффициент, учитывающий влияние качества подшипника и качества его эксплуатации (при обычных условиях работы $a_{23} = 0,6 \dots 0,7$);

n - частота вращения внутреннего кольца подшипника вала, об/мин

L_h - требуемая долговечность подшипников.

Тогда

$$C_{гр} = 5740,8 \cdot \sqrt[3]{60 \cdot 23,5 \cdot \frac{10000}{1 \cdot 0,7 \cdot 10^6}} = 15620 \text{ Н}$$

Проверим пригодность подшипников сопоставлением расчетной динамической нагрузки с базовой:

$$C_{гр} \leq C_r,$$

где $C_r = 22000 \text{ Н}$ - базовая динамическая грузоподъемность подшипников.

Условие выполняется, так как $C_{rp} = 15620 \text{ Н} < C_r = 22000 \text{ Н}$, следовательно, выбранные подшипники пригодны.

Выходной вал

Исходные данные:

номинальная долговечность работы подшипников - $L_h = 10000$ часов;

осевая нагрузка, действующая на вал - $F_a = 3188 \text{ Н}$;

скорость вращения вала $n = 0,59$ об/мин;

выбраны роликовые конические подшипники 7309 по ГОСТ 27365-87:

- динамическая грузоподъемность - $C_r = 76100 \text{ Н}$;

- статическая грузоподъемность - $C_{0r} = 59300 \text{ Н}$.

Суммарные нагрузки в опорах вала:

$$R_{r1} = 8263 \text{ Н};$$

$$R_{r2} = 5832 \text{ Н}$$

Определяем отношение по формуле (2.31):

$$\frac{i \cdot F_a}{C_{0r}} = \frac{1 \cdot 3188}{59300} = 0,05,$$

где F_a - осевая нагрузка, действующая на подшипник;

$C_{0r} = 59300 \text{ Н}$ – статическая грузоподъемность подшипника;

$i = 1$ – число рядов тел качения.

По результатам отношения принимаем коэффициенты:

$e = 0,29$ - коэффициент влияния осевого нагружения;

$Y = 2,09$ - коэффициент осевой нагрузки;

$X = 0,4$ - коэффициент радиальной нагрузки.

Определяем осевые составляющие радиальной нагрузки:

$$R_{S1} = 0,83 \cdot e \cdot R_{r1} = 0,83 \cdot 0,29 \cdot 8263 = 1989 \text{ Н}$$

$$R_{S2} = 0,83 \cdot e \cdot R_{r2} = 0,83 \cdot 0,29 \cdot 5832 = 1404 \text{ Н}$$

Определяем соотношение сил:

$$R_{S1} > R_{S2}$$

$$F_a > 0$$

Определяем осевые нагрузки подшипников:

$$R_{a1} = R_{S1} = 1989 \text{ Н}$$

$$R_{a2} = R_{a1} + F_a = 5177 \text{ Н}$$

Вычисляем отношения:

$$\frac{R_{a1}}{V \cdot R_{r1}} = \frac{1989}{1 \cdot 8263} = 0,24 < e$$

$$\frac{R_{a2}}{V \cdot R_{r2}} = \frac{5177}{1 \cdot 5832} = 0,89 > e$$

По результатам сопоставлений выбираем определяем эквивалентные динамические нагрузки по формуле (2.33):

$$\begin{aligned} R_{e1} &= (X \cdot V \cdot R_{r1} + Y \cdot R_{a1}) \cdot k_{\delta} \cdot k_T = \\ &= (0,4 \cdot 1 \cdot 8263 + 2,09 \cdot 1989) \cdot 1,3 \cdot 1 = 9700 \text{ Н} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{e2} &= (X \cdot V \cdot R_{r2} + Y \cdot R_{a2}) \cdot k_{\delta} \cdot k_T = \\ &= (0,4 \cdot 1 \cdot 5832 + 2,09 \cdot 5177) \cdot 1,3 \cdot 1 = 17099 \text{ Н}, \end{aligned}$$

где $V = 1$ – коэффициент, учитывающий какое кольцо вращается;

k_{δ} - коэффициент безопасности, $k_{\delta} = 1,3$;

k_T - температурный коэффициент, при рабочей температуре до $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ принимаем $k_T = 1$.

Сравнив значения R_{e1} и R_{e2} , определяем более нагруженный подшипник. Наиболее нагруженным будет подшипник под опорой 2 (опора С).

Определяем расчетную динамическую грузоподъемность по формуле (2.34):

$$C_{гр} = 17099 \cdot \sqrt[3,33]{60 \cdot 0,59 \cdot \frac{10000}{1 \cdot 0,7 \cdot 10^6}} = 13933 \text{ Н},$$

Проверяем пригодность подшипников сопоставлением расчетной динамической нагрузки с базовой:

$$C_{гр} \leq C_r,$$

где $C_r = 76100 \text{ Н}$ – базовая динамическая грузоподъемность подшипников.

Условие выполняется, так как $C_{гр} = 13933 \text{ Н} < C_r = 76100 \text{ Н}$, следовательно, выбранные подшипники пригодны.

2.12 Проверочный расчет шпоночных соединений

Для закрепления на валах зубчатых колес и муфт, применены призматические шпонки, выполненные по ГОСТ 23360-78.

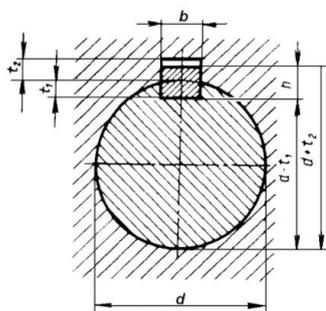


Рисунок 2.15 – Шпоночные пазы вала и втулки

Проверим шпоночное соединение по напряжениям смятия.

Условие прочности на смятие [23]:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot (l - b)} \leq [\sigma_{см}], \quad (2.35)$$

где T - передаваемый вращающий момент, $\text{Н} \cdot \text{мм}$;

d - диаметр вала в месте установки шпонки, мм ;

h - высота шпонки, мм ;

t_1 - глубина шпоночного паза на валу, мм ;

l - полная длина шпонки, мм ;

b - ширина шпонки, мм ;

$[\sigma_{\text{см}}]$ - допускаемое напряжение на смятие. При стальной ступице $[\sigma_{\text{см}}] = 110 \dots 190$ МПа. Примем $[\sigma_{\text{см}}] = 130$ МПа [23].

Рассчитаем шпонку выходного участка червячного вала по формуле (2.35):

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 9,2 \cdot 10^3}{14 \cdot (5 - 3) \cdot (28 - 5)} = 28,6 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{см}}] = 130 \text{ МПа},$$

условие прочности выполняется.

Рассчитаем шпонку под тормозное колесо выходного вала по формуле (2.35):

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 255 \cdot 10^3}{55 \cdot (8 - 5) \cdot (28 - 12)} = 193 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{см}}] = 130 \text{ МПа},$$

условие прочности НЕ выполняется.

Примем две шпонки данных размеров, расположенные под углом 180° , каждая из которых воспринимает половину нагрузки, тогда:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 255 \cdot 10^3}{\frac{55 \cdot (8 - 5) \cdot (28 - 12)}{2}} = 96,5 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{см}}] = 130 \text{ МПа},$$

условие прочности выполняется.

Рассчитаем шпонку под червячное колесо выходного вала по формуле (2.35):

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 255 \cdot 10^3}{55 \cdot (8 - 5) \cdot (40 - 12)} = 110,4 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{см}}] = 130 \text{ МПа},$$

условие прочности выполняется.

2.13 Расчет винтового зажима

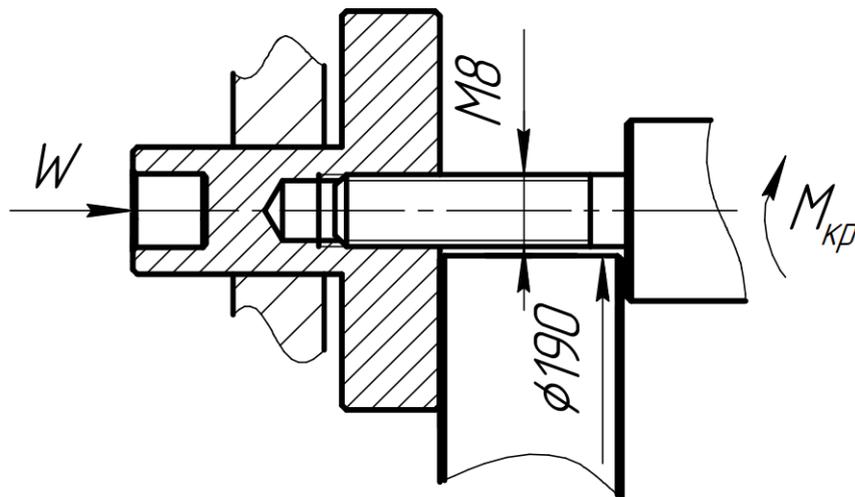


Рисунок 2.16 – Принципиальная схема винтового зажима

Крутящий момент, приложенный к винтовой втулке [24]:

$$M_{кр} = \frac{M_{III}}{D} = \frac{255}{190} = 1,34 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сила зажима винта [24]:

$$W = \frac{M_{кр}}{r_{ср} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + K_f \cdot f'} \quad (2.36)$$

где W – сила зажима, Н;

$M_{кр} = 1,34 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – крутящий момент, приложенный к винтовой втулке;

$r_{ср} = 3,594 \text{ мм}$ - средний радиус резьбы;

$\alpha = 2^{\circ}30'$ - угол подъема витка резьбы;

$\varphi = 6^{\circ}34'$ - угол трения в резьбовом соединении;

K_f – коэффициент, зависящий от формы и размеров поверхности соприкосновения зажимного элемента с зажимной поверхностью; $f = 0,1$ – коэффициент трения [24].

Коэффициент K_f [24]:

$$K_f = 0,6 \cdot f_T \cdot R, \quad (2.37)$$

где $f_T = f = 0,1$ – коэффициент трения;

$R = 19$;

Тогда

$$K_f = 0,6 \cdot 0,1 \cdot 19 = 1,14;$$

$$W = \frac{1,34 \cdot 10^3}{3,594 \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 6^\circ 34') + 1,14 \cdot 0,1} = 1950 \text{ Н}$$

Наружный диаметр винта в зависимости от требуемой силы зажима и допускаемого напряжения винта рассчитаем на растяжение-сжатие [24]:

$$d = c \cdot \sqrt{\frac{W}{[\sigma]_p}}, \quad (2.38)$$

где $c = 1,4$ - коэффициент для метрической резьбы;

$W = 1950 \text{ Н}$ – сила зажима;

$[\sigma]_p = 80 \dots 100 \text{ МПа}$ – допускаемое напряжение на растяжение (сжатие) при переменной нагрузке [24].

Тогда

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{1950 \cdot 10^{-6}}{100}} = 6,18 \text{ м} \leq 8 \text{ мм},$$

условие выполняется.

2.14 Расчет массы приспособления

Массу приспособления определим по формуле (2.39):

$$m = m_{\text{ред}} + m_{\text{плиты}} + m_{\text{бабки}} + m_{\text{м-р}} + m_{\text{патрона}}, \quad (2.39)$$

где $m_{ред}$ – масса червячного редуктора делительной головки, кг;

$m_{плиты}$ – масса плиты приспособления, кг;

$m_{бабки} \approx 7,4$ кг – масса поджимной бабки, согласно 3D-модели в КОМПАС 3D V21;

$m_{м-р} = 1,78$ кг – масса мотор-редуктора по паспорту;

$m_{патрона} = 4$ кг – масса трехкулачкового самоцентрирующегося патрона.

Масса червячного редуктора делительной головки [22]:

$$m_{ред} = \varphi \cdot \rho \cdot d_1 \cdot \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot 10^{-9}, \quad (2.40)$$

где $\varphi = 8,7$ – коэффициент заполнения по графику в зависимости от делительного диаметра колеса $d_2 = 160$ мм;

$d_1 = 40$ мм – делительный диаметр червяка;

$\rho = 7400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – плотность чугуна [22].

Тогда

$$m_{ред} = 8,7 \cdot 7400 \cdot 40 \cdot \frac{3,14 \cdot 160^2}{4} \cdot 10^{-9} = 52 \text{ кг.}$$

Масса плиты делительной головки [22]:

$$m_{плиты} = \rho \cdot V = \rho \cdot (L \times B \times H) \cdot 10^{-9}, \quad (2.41)$$

где $\rho = 7400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – плотность чугуна [22];

$L = 516$ мм – длина плиты;

$B = 234$ мм – ширина плиты;

$H = 19,5$ – высота плиты.

Тогда

$$m_{плиты} = 7400 \cdot (516 \times 234 \times 19,5) \cdot 10^{-9} = 17,4 \text{ кг;}$$

$$m = 52 + 17,4 + 7,4 + 1,78 + 4 = 82,58 \text{ кг}$$

2.15 Проверочный расчет рым-болтов

Исходные данные:

рым-болт М12 ГОСТ 4751-73 – 3 шт.;

материал сталь 30, класс прочности 5.6;

$$\sigma_B = 500 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2};$$

$$\sigma_T = 300 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2};$$

$$R_Y = m \cdot g = 82,58 \cdot 10 = 825,8 \text{ Н};$$

Сила, приходящаяся на один рым-болт [22]:

$$F_B = \frac{R_Y}{3} = \frac{825,8}{3} = 275,3 \text{ Н} \quad (2.42)$$

Примем коэффициент затяжки $K_3 = 1,7$, коэффициент основной нагрузки $x = 0,3$ [22].

Механические характеристики материала винтов [22]:

$$[\sigma] = 0,25\sigma_T = 0,25 \cdot 300 = 75 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2};$$

Расчетная сила затяжки винтов [22]:

$$F_p = [K_3(1 - x) + x]F_B = [1,7 \cdot (1 - 0,3) + 0,3] \cdot 275,3 = 410,2 \text{ Н} \quad (2.43)$$

Площадь опасного сечения винта [22]:

$$A = \frac{\pi d_p^2}{4} = \frac{\pi(d_2 - 0,94p)^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (14 - 0,94 \cdot 1,75)^2}{4} = 119,8 \text{ мм}^2 \quad (2.44)$$

Эквивалентные напряжения [22]:

$$\sigma_{\text{эkv}} = \frac{1,3F_p}{A} = \frac{1,3 \cdot 410,2}{119,8} = 4,5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \leq [\sigma] = 75 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}, \quad (2.45)$$

условие выполняется.

2.16 Расчет приспособления на точность

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_0 , которая не должна превышать допуска T выполняемого размера [25]:

$$\varepsilon_0 \leq T$$

Выражение для определения допуска T может быть представлено в виде [25]:

$$T = \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + \varepsilon^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_m^2} + \sum \Delta_\phi, \quad (2.46)$$

где Δ_y - погрешность вследствие упругих деформаций под влиянием сил резания, мкм;

Δ_n – погрешность настройки, мкм;

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении, мкм;

Δ_u – погрешность от размерного износа инструмента, мкм;

Δ_m – погрешность обработки, вызываемая тепловыми деформациями, мкм;

Δ_ϕ – суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности, обусловленная геометрическими погрешностями станка и деформацией заготовки, мкм [25].

Можно определить погрешность установки ε , принимая ее за допустимое значение погрешности установки $[\varepsilon]$ заготовки в приспособлении [25]:

$$[\varepsilon] = \sqrt{(T - \sum \Delta_\phi)^2 - \Delta_y^2 - \Delta_n^2 - 3\Delta_u^2 - 3\Delta_m^2} \quad (2.47)$$

С другой стороны, погрешность установки заготовки определяется как суммарное поле рассеяния случайных величин [25]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2}, \quad (2.48)$$

где ε_6 – погрешность базирования заготовки в приспособлении, мкм;

ε_3 – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил закрепления, мкм;

ε_n – погрешность положения заготовки, зависящая от приспособления, мкм.

Для принятой схемы установки должно выполняться условие [25]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq [\varepsilon]$$

Значение ε_n изменяется в зависимости от условий и типа производства, а также от особенностей конструкции приспособления. При использовании приспособления в мелкосерийном и серийном производствах [25]:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_{\text{пр}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{у.п}}^2 + 3\varepsilon_u^2}, \quad (2.49)$$

где $\varepsilon_{\text{пр}}$ – рассматривается как постоянная величина, которая может компенсироваться настройкой станка, мкм [25].

Погрешность изготовления приспособления определяется по формуле [25]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{(T - \sum \Delta_{\phi})^2 - \Delta_y^2 - \Delta_n^2 - \varepsilon_6^2 - \varepsilon_3^2 - \varepsilon_{\text{у.п}}^2 - \varepsilon_u^2 - \varepsilon_{n.u}^2 - 3\Delta_u^2 - 3\Delta_m^2} \quad (2.50)$$

В связи со сложностью определения ряда величин, входящих в выражение выше, погрешность изготовления приспособления можно рассчитывать по упрощенному выражению [25]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - k_m \sqrt{(k_{m1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{у.п}}^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{n.u}^2 + (k_{m2} \cdot \omega_{m.c})^2}, \quad (2.51)$$

где k_m – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения: $k_m = 1 \dots 1,2$, примем $k_m = 1$ [25];

k_{m1} – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках, $k_{m1} = 0,8 \dots 0,85$, примем $k_{m1} = 0,8$ [25];

k_{m2} – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления: $k_{m2} = 0,5 \dots 0,8$, примем $k_{m2} = 0,5$ [25];

$\omega_{m.c} = 10$ мкм – средняя экономическая точность обработки, принимаемая по таблицам допустимых погрешностей для данного метода обработки [25].

Выражение с учетом упрощений примет вид [25]:

$$[\varepsilon] = \sqrt{T^2 - (k_{m2} \cdot \omega_{m.c})^2}, \quad (2.52)$$

где $T = 18$ мкм;

$k_{m2} = 0,5$ – для размеров 7 качества точности и грубее;

$\omega_{m.c} = 10$ мкм – средняя экономическая точность обработки на координатно-расточных станках с ЧПУ [25].

Тогда

$$[\varepsilon] = \sqrt{18^2 - (0,5 \cdot 10)^2} = 17,3 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{пр} = 18 - 1\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 8^2 + 5^2 + 4^2 + 0 + (0,5 \cdot 10)^2} = 7 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{пр} = 7 \text{ мкм} \leq [\varepsilon] = 17,3 \text{ мкм},$$

условие точности приспособления выполняется.

Расчет допуска углового шага:

$$\delta = \frac{\delta_{шд}}{U_{чп} \cdot U_{ред}} \cdot \eta_{общ} = \frac{1,8^\circ}{40 \cdot 15,3} \cdot 0,67 = 0,0044^\circ = 16'',$$

т.к. допуск на угловые размеры при сверлении отверстий составляет $10'$, то спроектированная автоматизированная делительная головка является пригодной для выполнения данной операции.

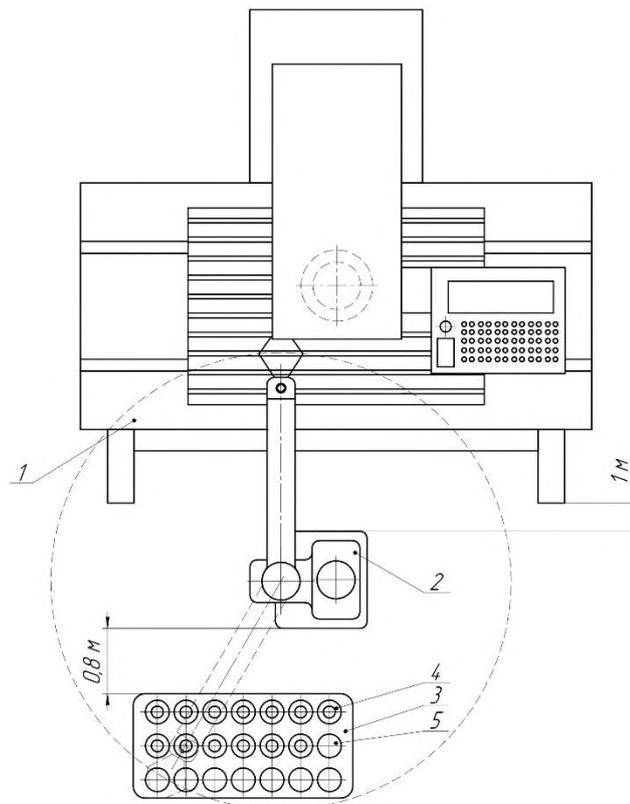
2.17 Проектирование гибкой производственной системы (ГПС)

Для производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» целесообразно провести автоматизацию для операции «045 Координатно-расточная с ЧПУ» с использованием координатно-расточного станка с ЧПУ 2E450AФ30, базирующегося на устройстве ЧПУ – Fanuc 19i-TD, так как на ней затрачивается наибольшее количество времени на обработку (отверстия в два ряда, а также время на наладку головки делительной). Для автоматизации операции используем промышленного робота BRTIRUS 1506A (рисунок 2.17). Его грузоподъемность составляет 6 кг, а радиус действия 1500 мм, что отлично подойдет для проектируемой ГПС. Робот помогает выполнять функцию загрузки заготовок и разгрузки готовых деталей, осуществляет регулировку, зажим приспособления посредством шарнирной пары и ключом 3-х кулачкового патрона, монтируемого в захватное устройство при его проектировании. Заготовки робот берет с накопителя-приемника, подводит их к автоматизированной делительной головке, осуществляется зажим заготовки, после зажима он возвращается в исходное положение. По завершению обработки робот извлекает готовую деталь из зажимного устройства и помещает ее обратно в накопитель приемник, далее цикл повторяется.



Рисунок 2.17 – Промышленный робот BRTIRUS 1506A

Далее (рисунок 2.18) приведена схема ГПС на базе координатно-расточного станка с ЧПУ 2E450AФ30 и промышленного робота BRTIRUS 1506A.



- 1 – координатно-расточной станок с ЧПУ 2E450AФ30;
 2 – промышленный робот BRTIRUS 1506A; 3 – накопитель позиционный;
 4 – готовые детали; 5 – заготовки

Рисунок 2.18 – Принципиальная схема ГПС

Вывод по разделу: основным нетехнологичным элементом изделия «Сепаратор 1-ой ступени» являются отверстия $\varnothing 15$ мм на цилиндрической поверхности, которые выполняются на операции «045 координатно-расточная с ЧПУ» и именно для данной операции спроектировано приспособление – автоматизированная делительная головка.

При разработке специального приспособления выполнены следующие подразделы: обоснование выбора схемы приспособления; выбор функции, подвергаемой автоматизации; разработка схемы закрепления детали; расчет усилий зажима; энерго-кинематический расчет; расчет червячной передачи, валов, подшипников, рым-болтов и т.д.

Опираясь на основные принципы проектирования, минимальные габариты и вес, получены габариты специального приспособления: длина 566 мм, ширина 460 мм, высота 290 мм, масса 82,58 кг.

Усилие зажима детали в патроне составляет 4,6 кН на кулачок.

Приспособление соответствует необходимым параметрам, а именно точности и допуску углового шага, согласно ТЗ для получения отверстий и является пригодным.

Сборочный чертеж приспособления приведен в приложении Ж, а спецификация к нему в приложении И.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4А91	Савлук Артур Альфредович

Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Отделение машиностроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала

Оценка конкурентоспособности НИ;
Матрица SWOT;
Диаграмма Ганта;
Бюджет НИ;
Основные показатели эффективности НИ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А91	Савлук Артур Альфредович		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок [28].

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач [28]:

- оценка коммерческого потенциала проекта;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной работы – технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ.

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

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности технологической подготовки производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ.

На сегодняшний день в городе Томск можно выделить лишь два наиболее влиятельных предприятий-конкурентов в области производства детали «Сепаратор 1-ой ступени»: ООО «Томская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки».

Проведем анализ конкурентных технических решений с помощью оценочной карты (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Сравнение конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Производительность	0,3	4	5	5	1,2	1,5	1,5
2. Срок службы	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
3. Надежность	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
4. Срок выхода на рынок	0,05	2	5	5	0,1	0,25	0,25
Итого	1	29	27	30	4,45	3,8	4,2

Подведем итоги: исходя из таблицы 3.1 можно сделать вывод, что спроектированный технологический процесс производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» составит конкуренцию уже устоявшимся на рынке предприятиям, таким как ООО «Томская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки». Основными плюсами данного проекта являются более высокий срок службы и надежность готовой продукции, низкая цена детали и предполагаемый срок эксплуатации. Однако, следует учесть и минусы, такие как производительность и срок выхода на рынок, так как рассмотренные конкуренты уже закрепились на рынке и являются лидерами в области механообработки.

3.1.2 SWOT-анализ

Первый этап: составляется матрица SWOT, в которой описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для его реализации, которые проявились или могут появиться во внешней среде, приведены в таблице 3.2 [28].

Таблица 3.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая стоимость сырья;	Сл1. Трудоемкость производства;
С2. Использование современного оборудования;	Сл2. Дорогостоящее оборудование;
С3. Актуальность проекта;	Сл3. Необходимость изготовления специального приспособления;
С4. Экологичность технологии;	Сл4. Высокие требования к качеству продукции;
С5. Квалифицированные рабочие.	Сл5. Необходимость в обслуживании оборудования.
Возможности	Угрозы
В1. Выход на новые рынки сбыта продукции (за пределы г. Томск);	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов;
В2. Внедрение технологии в массовое производство;	У2. Появление новых производственных технологий;
В3. Увеличение объема продаж.	У3. Отсутствие спроса.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.3–3.6 [28].

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	+	-	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	+	-	+	-	-

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

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

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

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

Таблица 3.6 – 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 3.7.

Таблица 3.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта С1. Низкая стоимость сырья; С2. Использование современного оборудования; С3. Актуальность проекта; С4. Экологичность технологии; С5. Квалифицированные рабочие.</p>	<p>Слабые стороны проекта Сл1. Трудоемкость производства; Сл2. Дорогостоящее оборудование; Сл3. Необходимость изготовления специального приспособления; Сл4. Высокие требования к качеству продукции; Сл5. Необходимость в обслуживании оборудования.</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 3.7

<p>Возможности В1. Выход на новые рынки сбыта продукции (за пределы г. Томск); В2. Внедрение технологии в массовое производство; В3. Увеличение объема продаж.</p>	<p>Направления развития В1С1С2С3. За счет низкой стоимости сырья, актуальности проекта и использования современного оборудования имеется возможность выхода на новые рынки сбыта продукции: Восточная Европа, Средняя Азия и т.д. В3С1С3. Низкая стоимость сырья и актуальность данного проекта способствуют увеличению объема продаж.</p>	<p>Сдерживающие факторы В2Сл2Сл3Сл4Сл5. В данном проекте используется дорогостоящее оборудование и имеется необходимость в его обслуживании и изготовлении специального приспособления, также предъявляются высокие требования к качеству продукции, что не дает возможности внедрения данной технологии в массовое производство.</p>
<p>Угрозы У1. Снижение стоимости разработок конкурентов; У2. Появление новых производственных технологий; У3. Отсутствие спроса.</p>	<p>Угрозы развития У1С1С2С3С4С5. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, данная технология является актуальной, экологичной, используется дешевое сырье, а также в ее реализации участвуют квалифицированные рабочие с использованием современного оборудования. У2С2С3С4. Актуальность и экологичность данного проекта позволяют осуществлять его на уже имеющемся современном оборудовании без использования новых технологий.</p>	<p>Уязвимости: У2Сл1Сл2Сл3. Постоянное появление новых производственных технологий способствует снижению актуальности проекта, так как данная технология достаточно трудоемкая, используется дорогостоящее оборудование и существует необходимость изготовления специального приспособления.</p>

Подведем итоги: при выполнении SWOT-анализа, согласно итоговой таблице SWOT-анализа, представленной выше можно сделать вывод, что даже при наличии сдерживающих факторов, таких как использование дорогостоящего оборудования (имеется необходимость в его обслуживании) и изготовлении специального приспособления, высокие требования к качеству

продукции, что не дает возможности внедрения данной технологии в массовое производство параллельно имеются и направления развития данного проекта:

- 1) за счет низкой стоимости сырья, актуальности проекта и использования современного оборудования имеется возможность выхода на новые рынки сбыта продукции: Восточная Европа, Средняя Азия и т.д.;
- 2) низкая стоимость сырья и актуальность проекта способствуют увеличению объема продаж.

Следует отметить, что несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, данная технология является актуальной, экологичной, используется дешевое сырье, а также в ее реализации участвуют квалифицированные рабочие с использованием современного оборудования. Актуальность и экологичность проекта позволяют осуществлять его на уже имеющемся современном оборудовании без использования новых технологий. Однако, постоянное появление новых производственных технологий способствует снижению актуальности проекта, так как данная технология достаточно трудоемкая, используется дорогостоящее оборудование и существует необходимость изготовления специального приспособления.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ осуществляется в порядке [28]:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение количества исполнителей для каждой из работ;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) 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 данного проекта, приведен в таблице 3.8 [28].

Таблица 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка ТЗ	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Выбор способа обработки	Научный руководитель, инженер
Проектирование технологического процесса производства детали «Сепаратор 1-ой ступени»	3	Анализ технологичности конструкции детали	Инженер
	4	Обеспечение эксплуатационных свойств детали	Инженер
	5	Способ получения заготовки	Инженер
	6	Проектирование технологического маршрута	Инженер
	7	Расчет припусков на обработку	Инженер
	8	Проектирование технологических операций	Научный руководитель, инженер
	9	Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки	Инженер
	10	Уточнение содержаний переходов	Инженер
	11	Выбор средств технологического оснащения	Инженер
	12	Выбор и расчет режимов резания	Инженер
	13	Расчет норм времени технологического процесса	Инженер
	14	Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	Научный руководитель, инженер
	15	Размерный анализ технологического процесса	Инженер
	16	Технико-экономические показатели технологического процесса	Инженер
Проектирование средств технологического оснащения	17	Проектирование специального приспособления	Научный руководитель, инженер
	18	Проектирование гибкой производственной системы (ГПС)	Инженер
Составление и оформление ПЗ	19	Составление и оформление пояснительной записки	Инженер
Обобщение и оценка результатов	20	Оценка качества исполнения	Научный руководитель

Подведем итоги: при выполнении данного подраздела для оптимизации работ разработана таблица 3.8 линейного планирования и управления, согласно которой составлен линейный график выполнения всех работ, а также порядок этапов работ и распределение исполнителей для данного проекта.

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости проекта составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования [28].

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов [28].

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости воспользуемся формулой [28]:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min_i} + 2t_{max_i}}{5}, \quad (3.1)$$

где $t_{ожi}$ – 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 [28].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (3.2)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож_i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой [28]:

$$T_{k_i} = T_{p_i} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3.3)$$

где T_{k_i} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{p_i} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле [28]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \quad (3.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – общее количество праздничных дней в году (2023 год).

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож_i}$, чел-дни			
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Выбор способа обработки	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	1
3. Анализ технологичности конструкции детали	-	1	-	2	-	1,4	1,4	2
4. Обеспечение эксплуатационных свойств детали	-	2	-	3	-	2,4	2,4	4
5. Способ получения заготовки	-	1	-	1	-	1	1	1
6. Проектирование технологического маршрута	-	1	-	1	-	1	1	1
7. Расчет припусков на обработку	-	3	-	4	-	3,4	3,4	5
8. Проектирование технологических операций	10	10	15	15	12	12	6	9
9. Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки	-	1	-	1	-	1	1	1
10. Уточнение содержания переходов		1	-	1	-	1	1	1

Продолжение таблицы 3.9

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		$t_{ож_i}$, чел-дни			
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11. Выбор средств технологического оснащения	-	2	-	3	-	2,4	2,4	4
12. Выбор и расчет режимов резания	-	1	-	4	-	2,2	2,2	3
13. Расчет норм времени технологического процесса	-	1	-	2	-	1,4	1,4	2
14. Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	2
15. Размерный анализ технологического процесса	-	3	-	4	-	3,4	3,4	5
16. Техничко-экономические показатели технологического процесса	-	2	-	3	-	2,4	2,4	4
17. Проектирование специального приспособления	10	10	15	15	12	12	6	9
18. Проектирование гибкой производственной системы (ГПС)	-	3	-	4	-	3,4	3,4	5
19. Составление и оформление пояснительной записки	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
20. Оценка качества исполнения	4	-	5	-	4,4	-	4,4	7
Итого	29	48	45	74	35,4	58,4	51,5	76

Примечание – Исп. 1 – научный руководитель, исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.10) [28].

Таблица 3.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	T _{кi} , кал · дн.	Продолжительность работ															
				февраль				март				апрель				май			
				-	-	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	-	-
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп. 1	4			▨													
2	Выбор способа обработки	Исп. 1, Исп. 2	1			▨	■												
3	Анализ технологичности и конструкции детали	Исп. 2	2			■													
4	Обеспечение эксплуатационных свойств детали	Исп. 2	4			■													
5	Способ получения заготовки	Исп. 2	1			■													
6	Проектирование технологического маршрута	Исп. 2	1			■													
7	Расчет припусков на обработку	Исп. 2	5			■	■												
8	Проектирование технологических операций	Исп. 1, Исп. 2	9				▨	■											
9	Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки	Исп. 2	1					■											
10	Уточнение содержаний переходов	Исп. 2	1					■											

Продолжение таблицы 3.10

1 1	Выбор средств технологического оснащения	Исп. 2	4																
1 2	Выбор и расчет режимов резания	Исп. 2	3																
1 3	Расчет норм времени технологического процесса	Исп. 2	2																
1 4	Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	Исп. 1, Исп. 2	2																
1 5	Размерный анализ технологического процесса	Исп. 2	5																
1 6	Технико-экономические показатели технологического процесса	Исп. 2	4																
1 7	Проектирование специального приспособления	Исп. 1, Исп. 2	9																
1 8	Проектирование гибкой производственной системы (ГПС)	Исп. 2	5																
1 9	Составление и оформление пояснительной записки	Исп. 2	6																
2 0	Оценка качества исполнения	Исп. 1	7																

Примечание –  – Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер).

Подведем итоги: в результате выполнения подраздела разработан план-график выполнения этапов работ для научного руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также

рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе используется следующая группировка затрат по следующим статьям [28]:

- 1) материальные затраты проекта;
- 2) затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- 3) основная заработная плата исполнителей темы;
- 4) дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- 5) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 6) накладные расходы НИ.

3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты – это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле [28]:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}_i}, \quad (3.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}_i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов, примем $k_T = 0,2$. Результаты расчетов представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы Z_M , руб.
	Исп. 2	Исп. 2	Исп. 2	Исп. 2
Сталь 45	кг	6,7	45	361,8
Раствор по ТТП 01279-00001	л	0,5	56	33,6
Масло закалочное МЗМ-120	л	5	1700	10200
Мерительный инструмент (штангенциркули, микрометры, скобы, индикаторные головки и др.)	комплект	20	-	240000
Режущий инструмент (резцы, сверла, зенкер, развертки)	комплект	21	-	360000
Итого				610595,4

Примечание – Цены приняты на основании прайс-листа поставщика материалов и инструмента [19, 26, 27].

Подведем итоги: в результате выполнения подраздела осуществлен расчет материальных затрат, необходимых для производства единицы продукции, а именно детали «Сепаратор 1-ой ступени» из материала сталь 45, стоимостью 610595,4 руб. В данную стоимость также включена стоимость раствора для промывки детали, масла для термообработки, мерительного инструмента (т.к. данный вид материальных затрат не относится к затратам на специальное оборудование).

3.3.2 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 [28].

Таблица 3.12 – Стоимость специального оборудования для реализации проекта

№	Наименование оборудования	Количество ед. оборудования	Цена ед. оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Ленточнопильный станок MDL-115 18401	1	40000	40000
2	Универсальный токарно-винторезный станок DMTG CDS6250B/1000	1	1750000	1750000
3	Токарный станок с ЧПУ KDCCK-40F CNC	1	6750000	6750000
4	Универсальный фрезерный станок PROMA FHV-50PD	1	900000	900000
5	Координатно-расточной станок с ЧПУ 2E450AФ30	1	8450000	8450000
6	Вертикально-сверлильный станок JET JDP-15M 10000370M	1	52000	52000
7	Муфельная печь КЭП-Z38/1100	1	150000	150000
8	Внутришлифовальный станок 3K227A	1	3850000	3850000
9	Станок круглошлифовальный универсальный 3С120В высокой точности	1	3500000	3500000
Итого				25292000

Примечание – Цены приняты на основании прайс-листа поставщиков оборудования.

Расчет амортизации проводится следующим образом [28]:

1) норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (3.6)$$

где n – срок полезного использования, лет.

2) амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t, \quad (3.7)$$

где I – общая стоимость оборудования, руб.;

t – время использования, мес.

Расчет амортизации приведен в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Затраты на специальное оборудование для реализации проекта

№	Наименование оборудования	Количество ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена ед. оборудования, руб.	Амортизация A , руб.
1	Ленточнопильный станок MDL-115 18401	1	3	2	33	40000	2200
2	Универсальный токарно-винторезный станок DMTG CDS6250B/1000	1	10	2	10	1750000	29166,7
3	Токарный станок с ЧПУ KDCK-40F CNC	1	5	2	20	6750000	225000
4	Универсальный фрезерный станок PROMA FHV-50PD	1	10	2	10	900000	15000
5	Координатно-расточной станок с ЧПУ 2E450AФ30	1	4	2	25	8450000	352083,3
6	Вертикально-сверлильный станок JET JDP-15M 10000370M	1	5	2	20	52000	1733,3
7	Муфельная печь КЭП-Z38/1100	1	2	2	50	150000	12500
8	Внутришлифовальный станок 3K227A	1	10	2	10	3850000	64166,7

Продолжение таблицы 3.13

9	Станок круглошлифо- вальный универсальный 3С120В высокой точности	1	10	2	10	3500000	58333,3
Итого							760183,3

Подведем итоги: в результате выполнения подраздела осуществлен расчет амортизационных отчислений на специальное оборудование для реализации проекта, а именно, для производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на современном оборудовании, в размере 760183,3 руб.

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и научного руководителя, помимо этого, необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по формуле [28]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (3.8)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

(таблица 3.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [28]:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (3.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дней – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц определим по формуле [28]:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (3.10)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, $k_{пр} = 0,3$;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, $k_d = 0,2$;

k_p – районный коэффициент, $k_p = 1,3$ (для г. Томска).

Тогда для руководителя (6-дневная рабочая неделя):

$$Z_m = 30000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 58500 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{58500 \cdot 10,3}{230} = 2619,8 \text{ руб.}$$

для инженера (5-дневная рабочая неделя):

$$Z_m = 16000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 31200 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{31200 \cdot 11,2}{209} = 1672 \text{ руб.}$$

Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней выходные дни/праздничные дни	55/14	104/14
Потери рабочего времени: отпуск/невыходы по болезни	56/10	28/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	230	209

Примечание – Баланс рабочего времени принят на 2023 год.

Расчет основной заработной платы исполнителей (научного руководителя и инженера) представлен в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	30000	0,3	0,2	1,3	58500	2619,8	35,4	92740,9
Инженер	16000				31200	1672	58,4	97644,8
Итого								190385,7

Дополнительная заработная плата определяется по формуле [28]:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.11)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы. На стадии проектирования примем $k_{доп} = 0,15$.

Тогда для научного руководителя:

$$Z_{доп} = 0,15 \cdot 92740,9 = 13911,1 \text{ руб.}$$

для инженера:

$$Z_{доп} = 0,15 \cdot 97644,8 = 14646,7 \text{ руб.}$$

Подведем итоги: в результате выполнения подраздела осуществлен расчет основной заработной платы исполнителей: научного руководителя и инженера, согласно балансу рабочего времени, на 2023 год (учет выходных, праздничных дней, отпуска и т.д.) с учетом продолжительности работ,

выполняемых каждым исполнителем. Результаты расчетов представлены в таблице 3.15.

Также выполнен расчет дополнительной заработной платы, которая составляет:

- 1) для научного руководителя 13911,1 руб.;
- 2) для инженера 14646,7 руб.

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле [28]:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Тогда для научного руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (92740,9 + 13911,1) = 31995,6 \text{ руб.}$$

для инженера:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (97644,8 + 14646,7) = 33687,5 \text{ руб.}$$

Подведем итоги: в результате выполнения подраздела осуществлен расчет отчислений во внебюджетные фонды, которые составляют:

- 1) для научного руководителя 31995,6 руб.;
- 2) для инженера 33687,5 руб.

3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма

5-ти статей затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице 3.16 и используется для расчета накладных расходов [28].

Таблица 3.16 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация А, руб.	Затраты на материалы Z_m , руб.	Основная заработная плата $Z_{осн}$, руб.	Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды $Z_{внеб}$, руб.	Итого без накладных расходов, руб.
760183,3	610595,4	190385,7	28557,8	65683,1	1655405,3

Величина накладных расходов определяется по формуле [28]:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{пр}, \quad (3.13)$$

где $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Примем величину коэффициента $k_{пр} = 0,2$.

Тогда

$$Z_{накл} = 1655405,3 \cdot 0,2 = 331081,06 \text{ руб.}$$

Подведем итоги: в результате выполнения подраздела осуществлен расчет накладных расходов, которые составляют 331081,06 руб.

3.3.6 Бюджет НИ

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ» по форме, приведенной в таблице 3.17. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих технических решений компаний ООО «Томская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки».

Таблица 3.17 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий проект	Исп. 2	Исп. 3	
1	Материальные затраты НИ	610595,4	854833,6	732714,5	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	760183,3	1064256,6	912220	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	190385,7	266540	228462,8	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	28557,8	39981	34269,4	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	65683,1	91956,3	78819,7	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	331081,06	463513,5	397297,3	Пункт 4.3.5
Бюджет затрат НИ		1986486,4	2781080,9	2383783,7	Сумма ст. 1-6

Примечание - Исп. 2 – ООО «Томская приборостроительная компания», исп. 3 – ЗАО «Центр точной механообработки».

Подведем итоги: в результате выполнения подраздела подведен итог по бюджету проекта «Технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ». Согласно таблице 3.17, необходимый бюджет для реализации проекта составляет 1986486,4 руб.

Также выполнен расчет бюджета затрат двух конкурирующих технических решений компаний ООО «Томская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки». По результатам расчета, представленным в таблице 3.17 видно, что для реализации данного проекта предпочтительным является текущий проект, т.к. бюджет затрат на реализацию существенно ниже конкурирующих технических решений.

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения

интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения [28].

В качестве аналогов данного НИ рассмотрены:

1) технология изготовления детали «Сепаратор 1-ой ступени», согласно чертежу детали, на предприятии ООО «Томская приборостроительная компания» с полным сопровождением и оформлением КД и ТД;

2) технология изготовления детали «Сепаратор 1-ой ступени», согласно чертежу детали, на предприятии ЗАО «Центр точной механообработки» с полным сопровождением и оформлением КД и ТД.

Интегральный финансовый показатель проекта определим по формуле [28]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (3.14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель проекта;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Согласно таблице 3.17, имеем:

$$\Phi_{\text{тек.пр.}} = 1986486,4 \text{ руб.};$$

$$\Phi_{\text{исп. 2}} = 2781080,9 \text{ руб.};$$

$$\Phi_{\text{исп. 3}} = 2383783,7 \text{ руб.}$$

Тогда

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{1986486,4}{2781080,9} = 0,71;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. 2}} = \frac{2781080,9}{2781080,9} = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. 3}} = \frac{2383783,7}{2781080,9} = 0,86$$

В результате расчета интегрального показателя финансовой эффективности по трем вариантам исполнения проекта вариант 1 (текущий проект) является более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИ I_{pi} определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра, приведенной в таблице 3.18 [28].

Таблица 3.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИ

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп. 2	Исп. 3
1. Соответствие изделия техническим требованиям	0,4	4	4	4
2. Биение при работе	0,1	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	2	4
4. Механические свойства	0,1	5	5	5
5. Масса изделия	0,2	5	4	5
Итого	1	4,5	3,7	4,4

Примечание – Исп. 2 – ООО «Томская приборостроительная компания», исп. 3 – ЗАО «Центр точной механообработки».

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,5;$$

$$I_{p2} = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 2 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 3,7;$$

$$I_{p3} = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,4$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения проекта вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [28]:

$$I_{\text{исп. } i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}}, \quad (3.15)$$

Тогда

$$I_{\text{исп. } 1} = \frac{4,5}{0,71} = 6,3;$$

$$I_{\text{исп. } 2} = \frac{3,7}{1} = 3,7;$$

$$I_{\text{исп. } 3} = \frac{4,4}{0,86} = 5,1$$

Далее представлен сравнительный анализ интегральных показателей эффективности каждого варианта НИ с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта. Сравнительная эффективность проекта приведена в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Сравнительная эффективность проекта

№	Показатели	Текущий проект	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель проекта	0,71	1	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности проекта	4,5	3,7	4,4
3	Интегральный показатель эффективности проекта	6,3	3,7	5,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения проекта	1	0,59	0,81

Примечание – Исп. 2 – ООО «Томская приборостроительная компания», исп. 3 – ЗАО «Центр точной механообработки».

Подведем итоги: в результате выполнения подраздела осуществлен расчет интегрального финансового показателя проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности проекта, интегрального показателя

эффективности проекта и сравнительная эффективность вариантов исполнения проекта согласно текущего проекта и двух конкурирующих технических решений компаний ООО «Томская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки». По результатам расчета, приведенным в таблице 3.19 можно сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является текущий проект, т.е. данный проект является более эффективным по сравнению с конкурентами по всем показателям.

Вывод по разделу: в результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выполнен расчет конкурентоспособности, SWOT-анализ, составлена структура работ, определена трудоемкость выполнения проекта, разработан график проведения исследования, на основе которого составлена диаграмма Ганта, выполнен расчет бюджетной стоимости НИ, интегральный финансовый показатель, интегральный показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности. На основе выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

1) спроектированный технологический процесс производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» составит конкуренцию уже устоявшимся на рынке предприятиям, таким как ООО «Томская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки». Основными плюсами данного проекта являются более высокий срок службы и надежность готовой продукции, низкая цена детали и предполагаемый срок эксплуатации. Однако, следует учесть и минусы, такие как производительность и срок выхода на рынок, так как рассмотренные конкуренты уже закрепились на рынке и являются лидерами в области механообработки;

2) согласно итоговой таблице SWOT-анализа при наличии сдерживающих факторов, таких как использование дорогостоящего оборудования (имеется необходимость в его обслуживании) и изготовлении специального приспособления, высокие требования к качеству продукции, что

не дает возможности внедрения данной технологии в массовое производство параллельно имеются и направления развития данного проекта:

- за счет низкой стоимости сырья, актуальности проекта и использования современного оборудования имеется возможность выхода на новые рынки сбыта продукции: Восточная Европа, Средняя Азия и т.д.;
- низкая стоимость сырья и актуальность проекта способствуют увеличению объема продаж.

Следует отметить, что несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, данная технология является актуальной, экологичной, используется дешевое сырье, а также в ее реализации участвуют квалифицированные рабочие с использованием современного оборудования. Актуальность и экологичность проекта позволяют осуществлять его на уже имеющемся современном оборудовании без использования новых технологий. Однако, постоянное появление новых производственных технологий способствует снижению актуальности проекта, так как данная технология достаточно трудоемкая, используется дорогостоящее оборудование и существует необходимость изготовления специального приспособления;

3) для оптимизации работ разработана таблица 3.8 линейного планирования и управления, согласно которой составлен линейный график выполнения всех работ, а также порядок этапов работ и распределение исполнителей для данного проекта;

4) разработан план-график выполнения этапов работ для научного руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей;

5) осуществлен расчет материальных затрат, необходимых для производства единицы продукции, а именно детали «Сепаратор 1-ой ступени» из материала сталь 45, стоимостью 610595,4 руб. В данную стоимость также включена стоимость раствора для промывки детали, масла для термообработки,

мерительного инструмента (т.к. данный вид материальных затрат не относится к затратам на специальное оборудование);

б) осуществлен расчет амортизационных отчислений на специальное оборудование для реализации проекта, а именно, для производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на современном оборудовании: 760183,3 руб.;

7) осуществлен расчет основной заработной платы исполнителей: научного руководителя и инженера, согласно балансу рабочего времени, на 2023 год (учет выходных, праздничных дней, отпуска и т.д.) с учетом продолжительности работ, выполняемых каждым исполнителем. Результаты расчетов представлены в таблице 3.15.

Также выполнен расчет дополнительной заработной платы, которая составляет:

- 1) для научного руководителя 13911,1 руб.;
- 2) для инженера 14646,7 руб.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды, которые составляют: для научного руководителя 31995,6 руб.; для инженера 33687,5 руб.

Расчет накладных расходов, которые составляют 331081,06 руб.

Согласно таблице 3.17, необходимый бюджет для реализации проекта составляет 1986486,4 руб.

Также выполнен расчет бюджета затрат двух конкурирующих технических решений компаний ООО «Томская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки». По результатам расчета, видно, что для реализации данного проекта предпочтительным является текущий проект.

Расчет интегрального финансового показателя проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности проекта, интегрального показателя эффективности проекта и сравнительная эффективность вариантов исполнения проекта согласно текущего проекта и двух конкурирующих технических решений показали, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является текущий проект.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
4А91		Савлуку Артуру Альфредовичу	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение машиностроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации 	<p>Объект исследования: деталь «Сепаратор 1-ой ступени».</p> <p>Область применения – машиностроительная.</p> <p>Рабочая зона: производственное помещение.</p> <p>Размеры помещения: S 360 м².</p> <p>Рабочая зона оснащена ленточнопильным станком, универсальным токарно-винторезным станком, универсальным фрезерным станком, координатно-расточным станком с ЧПУ, токарным станком с ЧПУ, вертикально-сверлильным станком, муфельной печью, круглошлифовальным станком, внутришлифовальным станком, промывочной ванной, слесарным верстаком, гидростанцией, решеткой под ноги. В рабочей зоне также имеется накопительная тара, тумбочка инструментальная (к каждому технологическому оборудованию).</p> <p>В рабочей зоне проводятся формообразующие операции технологического процесса изготовления детали «Сепаратор первой ступени»: точение, растачивание, фрезерование, сверление, зенкерование, развертывание, шлифование.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ) (ред. от 19.12.2022 N 545-ФЗ). – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. – ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень шума; – острые кромки, заусенцы и неровности поверхностей оборудования, инвентаря, заготовок; – повышенная температура поверхностей изделий и оборудования. <p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – движущиеся машины и механизмы; – пожаровзрывоопасность. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – противошумные наушники; – защитная обувь; – защитные очки; – защитные перчатки.
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на литосферу: загрязнение почвы при утилизации производственных отходов: СОЖ, смазка, стружка.</p> <p>Воздействие на гидросферу: сточные воды предприятия выделяют в гидросферу отходы от использования СОЖ, различных видов смазки, средств для обезжиривания поверхностей и др.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выделение пыли и газа в атмосферу при эксплуатации муфельной печи для осуществления термообработки.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: внезапное обрушение производственного помещения, природные бедствия, взрыв по причине перезагрузки технологического оборудования, пожар.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А91	Савлук Артур Альфредович		

4 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа основана на проектировании технологического процесса производства детали «Сепаратор 1-ой ступени». Данная деталь используется в машиностроении, относится к деталям по типу тел вращения, имеет точные поверхности по 6-му качеству, отверстия на цилиндрической поверхности – два ряда по семь отверстий по 7-му качеству.

Маршрут технологического процесса включает в себя следующие формообразующие операции: токарная, токарная с ЧПУ, фрезерная, координатно-расточная с ЧПУ, вертикально-сверлильная, внутри- и круглошлифовальная.

Рабочая зона для производства детали – производственное помещение площадью 360 м². Географическое расположение объекта: Российская Федерация, Томская область, г. Томск, район Октябрьский. Рабочая зона оснащена ленточнопильным станком, универсальным токарно-винторезным станком, координатно-расточным станком с ЧПУ, токарным станком с ЧПУ, муфельной печью, круглошлифовальным станком и т.д. В рабочей зоне рядом с каждым оборудованием имеется решетка под ноги, тара, тумбочка инструментальная.

В разделе рассмотрено воздействие вредных и опасных факторов на человека и окружающую среду в процессе производства детали. К вредным факторам на производстве можно отнести: повышенный уровень шума, острые кромки и заусенцы заготовок, повышенная температура поверхностей изделий и оборудования. К опасным факторам относятся движущиеся машины и механизмы, а также пожаровзрывоопасность.

Анализ вышеуказанных факторов позволяет определить необходимые организационные мероприятия для обеспечения безопасных условий при реализации производства.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые нормы трудового законодательства определяются согласно ТК РФ от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ) (ред. от 19.12.2022 N 545-ФЗ):

– нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю (ст. 91 ТК РФ);

– в течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается (ст. 108 ТК РФ);

– в целях обеспечения прав и свобод человека и гражданина работодатель и его представители при обработке персональных данных работника обязаны соблюдать общие требования, указанные в ст. 86 ТК РФ;

– месячная заработная плата работника, полностью отработавшего за этот период норму рабочего времени и трудовые обязанности, не может быть ниже минимального размера оплаты труда согласно ст. 133 ТК РФ. МРОТ в РФ с 1 января 2023 года составляет 16 242 руб. в месяц;

– работодатель обязан обеспечить нормальные условия для выполнения работниками норм выработки. Условия описаны в ст. 163 ТК РФ;

– оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере (ст. 147 ТК РФ).

Работа токаря, операторов станка с ЧПУ, фрезеровщика, слесаря, шлифовщиков и прочих станочников связана с рабочей позой стоя. Для создания комфортной рабочей среды в производственном помещении необходимо руководствоваться ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ, который описывает общие эргономические требования к рабочему месту при выполнении работ стоя.

При эксплуатации оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только

женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают мужчины и женщины – общие средние показатели мужчин и женщин. Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

Согласно требованиям, к размещению органов управления аварийные органы управления следует располагать в пределах зоны досягаемости моторного поля, при этом следует предусмотреть специальные средства опознавания и предотвращения их непроизвольного и самопроизвольного включения в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91.

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Вредные и опасные факторы. Нормативные документы

В таблице 4.1 приведены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации проектируемой производственной среды и нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора [29].

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенный уровень шума	Требования к уровню шума устанавливаются ГОСТ 12.2.107-85 ССБТ. Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики;

Продолжение таблицы 4.1

	Меры по защите работников от воздействия шума приведены в ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
Острые кромки, заусенцы и неровности поверхностей оборудования, инвентаря, заготовок	Требования к качеству наружных поверхностей станков, а также требования к подвижным частям станка устанавливаются ГОСТ 12.2.009-99 Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности;
Повышенная температура поверхности изделия и оборудования	
Движущиеся машины и механизмы	
Пожаровзрывоопасность	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования; ГОСТ Р 59641-2021 Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства первичные пожаротушения. Руководство по размещению, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность; СП 9.13130.2009 Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.

4.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Шум – один из наиболее распространенных неблагоприятных физических факторов окружающей среды производственных предприятий. На производстве источниками шума являются двигатели, насосы, компрессоры, станки и прочие установки, имеющие движущиеся детали.

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха. Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения скорости дыхания, общей двигательной активности, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна.

В качестве нормируемых шумовых характеристик станков устанавливаются: октавные уровни звуковой мощности L_p , скорректированный уровень звуковой мощности L_{pA} при работе станков под нагрузкой.

Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности при работе станков на холостом ходу и под нагрузкой не должны превышать значений, указанных в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Допустимые значения шумовых характеристик

Суммарная номинальная мощность электродвигателей приводов, кВт	Уровень звуковой мощности L_p , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Скорректированный уровень звуковой мощности L_{pA} , дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
До 2	82	82	82	82	79	77	75	73	84
Св. 2 до 4	89	89	89	89	86	84	82	80	91
» 4 » 12,5	95	95	95	95	92	90	88	86	97
» 12,5 » 32	100	100	100	100	97	95	93	91	102
» 32 » 64	108	108	108	105	102	100	98	96	107
» 64	111	111	111	108	105	103	101	99	110

Меры по защите работников от воздействия шума являются комплексным мероприятием с участием разных сторон.

Ответственность работодателя:

- использование малошумных машин;
- оптимальное размещение шумных машин, позволяющее минимизировать воздействие шума на рабочем месте;
- привлечение к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму, и обеспечение прохождения ими регулярных медицинских обследований с применением средств аудиометрии;
- обучение работников правильному применению машин, уменьшающему риск появления у них профессиональной тугоухости;
- контроль правильности использования средств индивидуальной защиты от шума;

– проведение послеремонтного и при необходимости периодического контроля шумовых характеристик машин.

Ответственность работника заключается в необходимости использовать в целях снижения рисков средства индивидуальной защиты от шума – противошумные наушники.

Следующая группа факторов – физические факторы: острые кромки и заусенцы, шероховатость поверхности заготовок, инструментов, оборудования, движущиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки, отлетающая стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента.

Доступные для работающих части станков, режущий инструмент и металлическая стружка при механической обработке металлических заготовок и деталей – основные носители вредоносных поверхностей. Рассматриваемый фактор несет опасность пореза, ожогов, травмирования частей тела человека.

Металлическая стружка, особенно при точении вязких металлов (сталей), имеющая высокую температуру (400–600°С) и большую кинетическую энергию, представляет серьезную опасность не только для работающего на станке, но и для лиц, находящихся вблизи станка. Наиболее распространенными у станочников являются травмы глаз. Так, при токарной обработке от общего числа производственных травм повреждение глаз превышает 50%, при фрезеровании 10% и около 8% при заточке инструмента и шлифовании. Глаза повреждаются отлетающей стружкой, пылевыми частицами обрабатываемого материала, осколками режущего инструмента и частицами абразива. Травмоопасными являются режущие инструменты, особенно быстро вращающиеся фрезы, сверла, абразивные круги. Они могут нанести травму при случайном соприкосновении с ними в процессе работы, в случае захвата ими одежды, а также в случаях внезапного их разрушения (разрыв шлифовального или заточного круга, дисковой фрезы, вылет вставных ножей торцовых фрез и т.д.).

Расстояние между движущимися элементами станка (или подвижными и неподвижными) для предупреждения защемления работающего должно быть, мм, не менее:

500 – для корпуса работающего;

300 – для головы;

180 – для ноги;

120 – для стопы;

120 – для руки;

100 – для кисти руки;

25 – для пальцев руки.

При эксплуатации станков должны быть предупреждены возможные опасности для работающих, вызванные прикосновением или нахождением в непосредственной близости от частей станка температурой более 42°C или от тепла, выделяемого в окружающую среду в процессе обработки деталей.

Станки, в конструкции которых могут применяться элементы, нагревающиеся свыше 42°C и доступные для прикосновения, должны иметь предупреждающий об опасности знак (ГОСТ 12.4.026-2015) – желтый треугольник с черной каймой и черным восклицательным знаком и надпись: «Осторожно! Возможен ожог».

Необходимо использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) – специальная защитная одежда для защиты от проколов и/или порезов, возможного захвата движущимися частями механизмов, контакта с нагретыми поверхностями. В качестве СИЗ согласно ГОСТ 12.4.103-2020 принимается специальная защитная одежда (халат, комбинезон), защитная обувь (сапоги, ботинки, тапочки), средства индивидуальной защиты рук (рукавицы, защитные перчатки). Для защиты глаз используются защитные очки, защитные лицевые щитки, лицевой экран.

Основными причинами возникновения пожара на производственных объектах являются: неисправность электроаппаратуры и коммуникаций, неисправность производственного оборудования, нарушение

технологических процессов, неисправность отопительных и вентиляционных систем, взрыв, ставший следствием аварийной ситуации или утечки взрывоопасных или легковоспламеняющихся веществ, искрообразование, несоблюдение персоналом или посетителями правил и требований пожарной безопасности, умышленный поджог.

Пожар оказывает следующие воздействия на здоровье человека:

– ожоги. Самым распространенным последствием пожара являются ожоги различных степеней тяжести, которые сопровождаются сильной интоксикацией организма. Иногда ожоговая поверхность может занимать даже 90-100% тела. Выжить в таком случае практически невозможно;

– опасности от гари и дыма: отравление, головокружение, головная боль, тошнота, боли в груди, дыхание затрудняется, что приводит к отеку носа и горла.

Противопожарная защита должна достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией:

– применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;

– применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;

– применением основных строительных конструкций и материалов, в том числе используемых для облицовок конструкций, с нормированными показателями пожарной опасности;

– применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);

– устройствами, обеспечивающими ограничение распространения пожара;

– организацией с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей;

– применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;

– применением средств противодымной защиты.

Для пожарной техники должны быть определены: быстродействие и интенсивность подачи огнетушащих веществ, допустимые огнетушащие вещества (в том числе с позиций требований экологии и совместимости с горящими веществами и материалами).

К первичным средствам пожаротушения относятся огнетушители. Огнетушитель – переносное или передвижное устройство, предназначенное для тушения очага пожара за счет выпуска огнетушащего вещества, с ручным способом доставки к очагу пожара и приведения в действие.

Огнетушители следует располагать на объекте защиты таким образом, чтобы они были защищены от воздействия прямых солнечных лучей, тепловых потоков, механических воздействий и других неблагоприятных факторов – вибрации, агрессивных сред, повышенной влажности и т.д. Огнетушители должны быть хорошо видны и легкодоступны в случае пожара. Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, по направлению движения людских потоков, а также около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара. В помещениях, заполненных производственным или другим оборудованием, должны быть установлены указатели местоположения огнетушителей. Указатели должны быть выполнены по ГОСТ 12.4.026-2015 и располагаться на видных местах на высоте 2,0-2,5 м от уровня пола, с учетом условий их видимости.

4.3 Экологическая безопасность

Механическая обработка металлов на станках и термическая обработка деталей в муфельной печи сопровождается выделением пыли, газа, стружки, туманов от СОЖ, смазки и средств для обезжиривания поверхностей, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещения.

При обработке деталей на металлорежущих станках от 15 до 70% массы заготовки превращается в металлическую стружку, поэтому возникает важная проблема уборки стружки от станков и последующей ее утилизации и переработки. Также огромное значение имеет очистка вентиляционных выбросов от механических примесей. Это происходит аппаратами мокрого и сухого пылеулавливания, волокнистыми фильтрами и электрофильтрами.

Очистку и обезвреживание газовых составляющих выбросов производства осуществляют конденсационным методом, заключающимся в охлаждении паровоздушной смеси ниже точки росы в специальных теплообменниках – конденсаторах.

Защита от тончайшей пыли и металлоабразивной стружки, а также от выбросов вредных газов осуществляется вытяжными трубами, воздухоборниками. Воздух, проходя через многочисленные фильтры (замена ориентировочно осуществляется раз в 1-2 месяца), очищается, а пыль и грязь поступает в отходы.

Загрязнение водных ресурсов металлорежущими станками может произойти при чистке станков и его узлов от СОЖ, смазки и средств для обезжиривания поверхностей. Такая чистка производится на специальном месте, оборудованном стоком с фильтрами (замена ориентировочно осуществляется раз в 1-2 месяца), задерживающими грязь, масла, кислоты и другие вредные элементы, оказывающие негативное воздействие на гидросферу.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным чрезвычайным ситуациям в производственном помещении можно отнести внезапное обрушение производственного помещения, природные бедствия, взрыв по причине перезагрузки технологического оборудования или пожар в цехе/производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности. Поэтому

следует в качестве профилактических мероприятий на участке регулярно проводить и соблюдать следующие требования:

- 1) правильную эксплуатацию машин, правильное содержание территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих;
- 2) соблюдение противопожарных правил, норм при устройстве оборудования, отопления, освещения, правильное размещение оборудования;
- 3) запрещение курения в неустановленных местах, проведение сварочных и других огнеопасных работ в пожароопасных помещениях;
- 4) своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования;
- 5) применение автоматических средств обнаружения пожаров;
- 6) повышение огнестойкости зданий и сооружений;
- 7) в доступном месте должны висеть инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планов эвакуации с телефонами спецслужб, куда стоит сообщить о возникновении чрезвычайной ситуации;
- 8) обязательно наличие звуковой пожарной сигнализации.

Для обеспечения тушения пожара в начальной стадии его возникновения используется система пожарных водопроводов и аппараты пожаротушения, предназначенные для тушения пожара, огнетушители пенные ОХВП-10 и углекислотные ОУ-2. Для обеспечения безопасности людей при пожарах в производственном помещении предусматриваются пути эвакуации и устройства для удаления из помещений дыма.

Вывод по разделу: в данном разделе изучены правовые и организационные вопросы обеспечения производственной и экологической безопасности, безопасности при чрезвычайных ситуациях. Перечисленные сферы могут оказывать влияние на здоровье человека, на окружающую среду, а также приводить к чрезвычайным ситуациям.

В результате выполнения данной работы проведён анализ с учётом нормативно-правовых законодательных актов, экологической безопасности, безопасности жизнедеятельности и охраны труда.

В ходе проделанной работы выявлены опасные и вредных факторы, возникающих при работе в заданных условиях и их последующие решения или минимизация вреда для здоровья человека. Приняты меры по оптимизации экологической обстановки и уменьшению её загрязнения. Выявлены возможные ЧС и приняты меры по ликвидации или сведению к минимуму возможного ущерба.

Производственное помещение имеет вторую категорию по электробезопасности, согласно ПУЭ. В электроустановках напряжением выше 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки должны иметь группу по электробезопасности не ниже IV. В электроустановках напряжением до 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки, должны иметь группу по электробезопасности не ниже III.

Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 – Пб (энергозатраты 233-290 Вт, работы на предприятиях машиностроения, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением).

Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009-В2, производственное помещение является пожароопасным.

Категория объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду согласно правительственному постановлению – IV категория.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы выполнен анализ технологичности конструкции детали, согласно выданному чертежу детали «Сепаратор 1-ой ступени»; анализ эксплуатационных свойств детали на примере статического анализа в программе SolidWorks; выбран метод получения заготовки по показателю коэффициента использования материалов; спроектирован технологический маршрут обработки изделия; выполнен расчёт припусков на механическую обработку и составлен технологический процесс, согласно выбранному оборудованию и средств технологического оснащения; выполнен расчет режимов резания и нормирования технологических операций; разработаны УП с помощью САМ-системы «SprutCAM 15» для операций «020 Токарная с ЧПУ» и «045 Координатно-расточная с ЧПУ»; размерный анализ технологического процесса, по итогам которого отчетливо видно, что все конструкторские размеры выдерживаются и рассчитаны технико-экономические показатели технологического процесса.

По итогам выполненных расчетов следует, что спроектированный технологический процесс детали «Сепаратор 1-ой ступени» с точки зрения технического принципа проектирования является технически совершенным и позволит с указанной точностью, шероховатостью получить изделие на выходе, согласно чертежу. С точки зрения экономического принципа проектирования разработанный ТП является экономически выгодным и целесообразным, так как себестоимость изготовления детали (без учета инструмента и амортизации на оборудование) составляет 2500 руб.

Основным нетехнологичным элементом изделия «Сепаратор 1-ой ступени» являются отверстия Ø15 мм на цилиндрической поверхности, которые выполняются на операции «045 координатно-расточная с ЧПУ» и именно для данной операции спроектировано приспособление – автоматизированная делительная головка.

При разработке специального приспособления выполнены следующие подразделы: обоснование выбора схемы приспособления; выбор функции, подвергаемой автоматизации; разработка схемы закрепления детали; расчет усилий зажима; энерго-кинематический расчет; расчет червячной передачи, валов, подшипников, рым-болтов и т.д.

Опираясь на основные принципы проектирования, минимальные габариты и вес, получены габариты специального приспособления: длина 566 мм, ширина 460 мм, высота 290 мм, масса 82,58 кг.

Усилие зажима детали в патроне составляет 4,6 кН на кулачок.

Приспособление соответствует необходимым параметрам, а именно точности и допуску углового шага, согласно ТЗ для получения отверстий и является пригодным.

Также выполнен расчет конкурентоспособности, SWOT-анализ, составлена структура работ, определена трудоемкость выполнения проекта, разработан график проведения исследования, на основе которого составлена диаграмма Ганта, выполнен расчет бюджетной стоимости НИ, интегральный финансовый показатель, интегральный показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности. На основе выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

1) спроектированный технологический процесс производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» составит конкуренцию уже устоявшимся на рынке предприятиям, таким как ООО «Гомская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки». Основными плюсами данного проекта являются более высокий срок службы и надежность готовой продукции, низкая цена детали и предполагаемый срок эксплуатации. Однако, следует учесть и минусы, такие как производительность и срок выхода на рынок, так как рассмотренные конкуренты уже закрепились на рынке и являются лидерами в области механообработки;

2) согласно итоговой таблице SWOT-анализа при наличии сдерживающих факторов, таких как использование дорогостоящего

оборудования (имеется необходимость в его обслуживании) и изготовлении специального приспособления, высокие требования к качеству продукции, что не дает возможности внедрения данной технологии в массовое производство параллельно имеются и направления развития данного проекта:

- за счет низкой стоимости сырья, актуальности проекта и использования современного оборудования имеется возможность выхода на новые рынки сбыта продукции: Восточная Европа, Средняя Азия и т.д.;

- низкая стоимость сырья и актуальность проекта способствуют увеличению объема продаж.

Следует отметить, что несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, данная технология является актуальной, экологичной, используется дешевое сырье, а также в ее реализации участвуют квалифицированные рабочие с использованием современного оборудования. Актуальность и экологичность проекта позволяют осуществлять его на уже имеющемся современном оборудовании без использования новых технологий. Однако, постоянное появление новых производственных технологий способствует снижению актуальности проекта, так как данная технология достаточно трудоемкая, используется дорогостоящее оборудование и существует необходимость изготовления специального приспособления;

3) для оптимизации работ разработана таблица 3.8 линейного планирования и управления, согласно которой составлен линейный график выполнения всех работ, а также порядок этапов работ и распределение исполнителей для данного проекта;

4) разработан план-график выполнения этапов работ для научного руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей;

5) осуществлен расчет материальных затрат, необходимых для производства единицы продукции, а именно детали «Сепаратор 1-ой ступени» из материала сталь 45, стоимостью 610595,4 руб. В данную стоимость также

включена стоимость раствора для промывки детали, масла для термообработки, мерительного инструмента (т.к. данный вид материальных затрат не относится к затратам на специальное оборудование);

б) осуществлен расчет амортизационных отчислений на специальное оборудование для реализации проекта, а именно, для производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на современном оборудовании: 760183,3 руб.;

7) осуществлен расчет основной заработной платы исполнителей: научного руководителя и инженера, согласно балансу рабочего времени, на 2023 год (учет выходных, праздничных дней, отпуска и т.д.) с учетом продолжительности работ, выполняемых каждым исполнителем. Результаты расчетов представлены в таблице 3.15.

Также выполнен расчет дополнительной заработной платы, которая составляет:

- 1) для научного руководителя 13911,1 руб.;
- 2) для инженера 14646,7 руб.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды, которые составляют: для научного руководителя 31995,6 руб.; для инженера 33687,5 руб.

Расчет накладных расходов, которые составляют 331081,06 руб.

Таким образом, подведен итог по бюджету проекта «Технологическая подготовка производства детали «Сепаратор 1-ой ступени» на станках с ЧПУ». Согласно таблице 3.17, необходимый бюджет для реализации проекта составляет 1986486,4 руб.

Также выполнен расчет бюджета затрат двух конкурирующих технических решений компаний ООО «Томская приборостроительная компания» и ЗАО «Центр точной механообработки». По результатам расчета, видно, что для реализации данного проекта предпочтительным является текущий проект.

Расчет интегрального финансового показателя проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности проекта, интегрального показателя эффективности проекта и сравнительная эффективность вариантов

исполнения проекта согласно текущего проекта и двух конкурирующих технических решений показали, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является текущий проект.

В результате выполнения данной работы проведён анализ с учётом нормативно-правовых законодательных актов, экологической безопасности, безопасности жизнедеятельности и охраны труда.

В ходе проделанной работы выявлены опасные и вредных факторы, возникающих при работе в заданных условиях и их последующие решения или минимизация вреда для здоровья человека. Приняты меры по оптимизации экологической обстановки и уменьшению её загрязнения. Выявлены возможные ЧС и приняты меры по ликвидации или сведению к минимуму возможного ущерба.

Производственное помещение имеет вторую категорию по электробезопасности, согласно ПУЭ. В электроустановках напряжением выше 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки должны иметь группу по электробезопасности не ниже IV. В электроустановках напряжением до 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки, должны иметь группу по электробезопасности не ниже III.

Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 – Пб (энергозатраты 233-290 Вт, работы на предприятиях машиностроения, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением).

Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009-В2, производственное помещение является пожароопасным.

Категория объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду согласно правительственному постановлению – IV категория.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Должиков В.П. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Технология автоматизированного производства» для студентов по направлению 15.03.01 «Машиностроение», профилю «Оборудование и высокоэффективные технологии в автоматизированном машиностроительном производстве». – URL: <http://geum.ru/next/art-51113.php> (дата обращения: 05.02.2023). – Текст: электронный.

2. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 328 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

3. САЕ-системы – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_engineering (дата обращения: 20.02.2023). – Текст: электронный.

4. CAD-система – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования (дата обращения: 20.02.2023). – Текст: электронный.

5. САМ-система – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CAM> (дата обращения: 20.02.2023). – Текст: электронный.

6. САПР технологических процессов: методические указания к выполнению лабораторных и практических работ для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») очной и заочной форм обучения / ФБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: С. Л. Новокщенов, М. В. Кондратьев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 26 с. – URL: <https://studfile.net/preview/16565892/> (дата обращения: 22.02.2023). – Текст: электронный.

7. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов образовательной программы 200102 Приборы и методы контроля и

диагностики / сост.: Л.Г. Алексеева – Муром: Изд. полиграфический центр МИ ВлГУ, 2009. – 36 с. Российская государственная библиотека: сайт. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008864764> (дата обращения: 26.02.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

8. Котляров Г.Н. Методическая разработка по УД: ОП.08 «Технология машиностроения» по теме: «Расчет припусков расчетно-аналитическим методом при проектировании технологических процессов механической обработки деталей машин». – URL: <http://amstarm.ru/warehouse/Akimova/МЕТОДИЧКИ/расчет%20припусков.pdf> (дата обращения: 03.03.2023). – Текст: электронный.

9. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие/ В.Ф. Скворцов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.

10. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Издательство стандартов, 1992 – 464 с.

11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-ое изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

12. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.

13. Р.Г. Гришин, Н.В. Лысенко, Н.В. Носов. Нормирование станочных работ. Определение вспомогательного времени при механической обработке заготовок. Самара 2008 – Учебное пособие.

14. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

15. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением – URL: <https://www.gostrf.com/normadata/1/4293832/4293832230.pdf> (дата обращения:

30.03.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

16. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие/В.П. Должиков; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с.

17. Расчет фонда времени работы оборудования. Инфопедия для углубления знаний: сайт. – URL: <https://infopedia.su/18x7548.html> (дата обращения: 02.04.2023). – Текст: электронный.

18. Расчет такта выпуска. Определение типа производства. Характеристика заданного типа производства. – URL: https://studbooks.net/1422649/tovarovedenie/raschet_takta_vypuska_opredelenie_tipa_proizvodstva_harakteristika_zadannogo_tipa_proizvodstva (дата обращения: 02.04.2023). – Текст: электронный.

19. Пруток стальной, горячекатаный, сталь 45. МеталлНефтеПроект: сайт. – URL: https://tomsk.metallnp.ru/catalog/prutok_kruglyy_stalnoy/filter/alloy-is-ст%2045/apply/ (дата обращения: 02.04.2023). – Текст: электронный.

20. Инкрементальные энкодеры OPKON. RusAutomation. – URL: <https://rusautomation.kz/promavtomatika/inkrementalnye-enkodery-opkon> (дата обращения: 14.04.2023). – Текст: электронный.

21. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов // 8-е изд., перераб. и доп. — Москва: Академия, 2009. — 496 с.

22. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Калининград: Янтар. сказ, 2002. – 454 с.: ил., черт. – Б. ц.

23. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / С. А. Чернавский, К. Н. Боков, И. М. Чернин и др.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1988. — 416 с.

24. Расчет винтовых зажимов. – URL: <https://mydocx.ru/11-104850.html> (дата обращения: 15.04.2023). – Текст: электронный.

25. Гаврилин А.Н., Пушкаренко А.Б. Расчёт приспособлений на точность и требуемую силу зажима заготовки. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов направления 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» – Томск: изд. ТПУ, 2008 г.

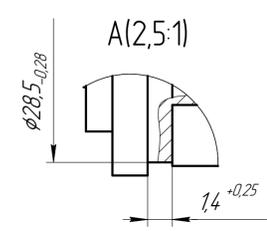
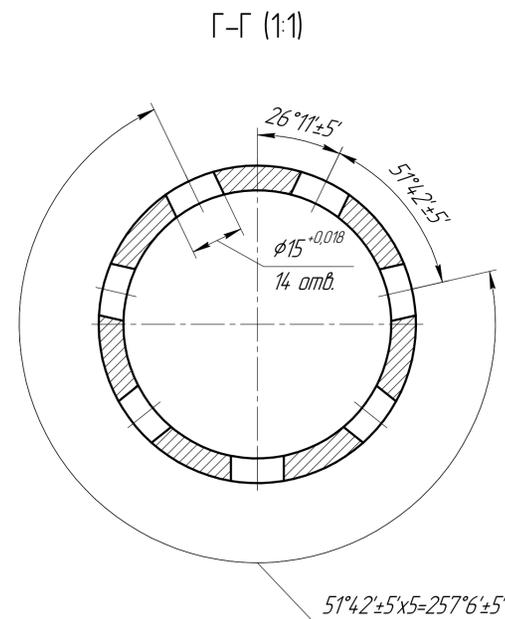
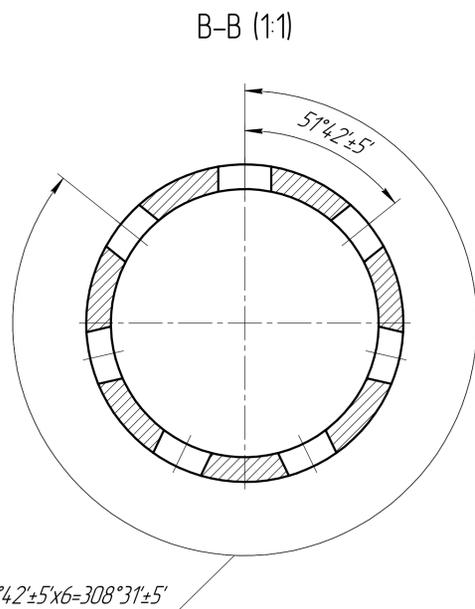
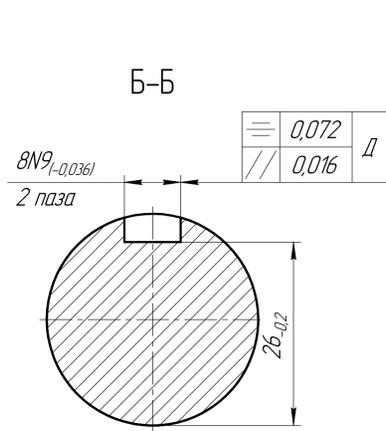
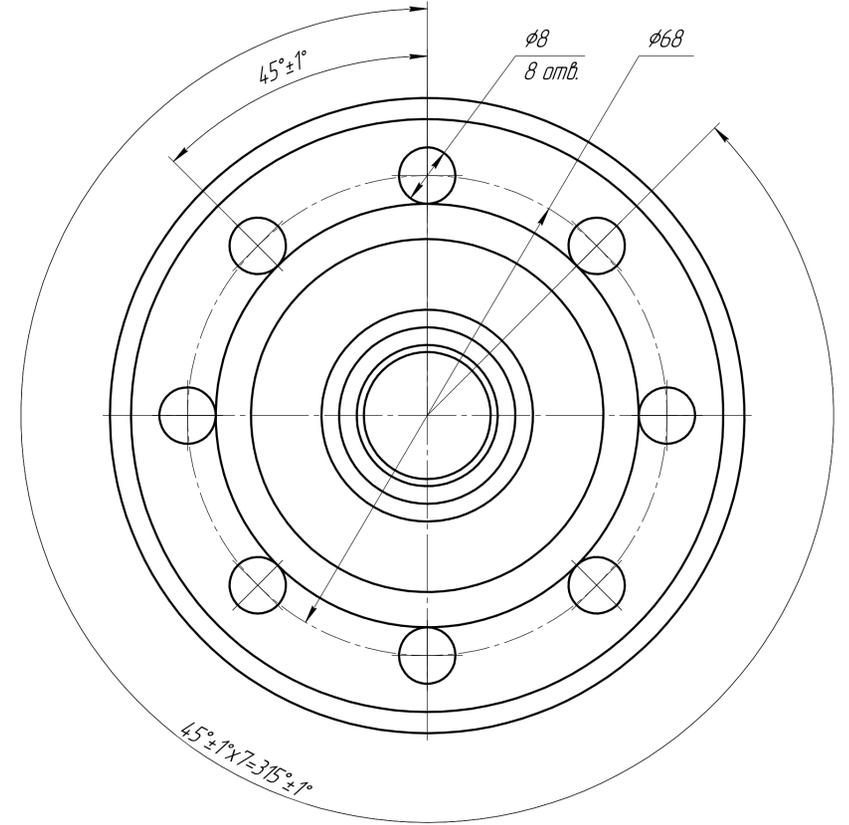
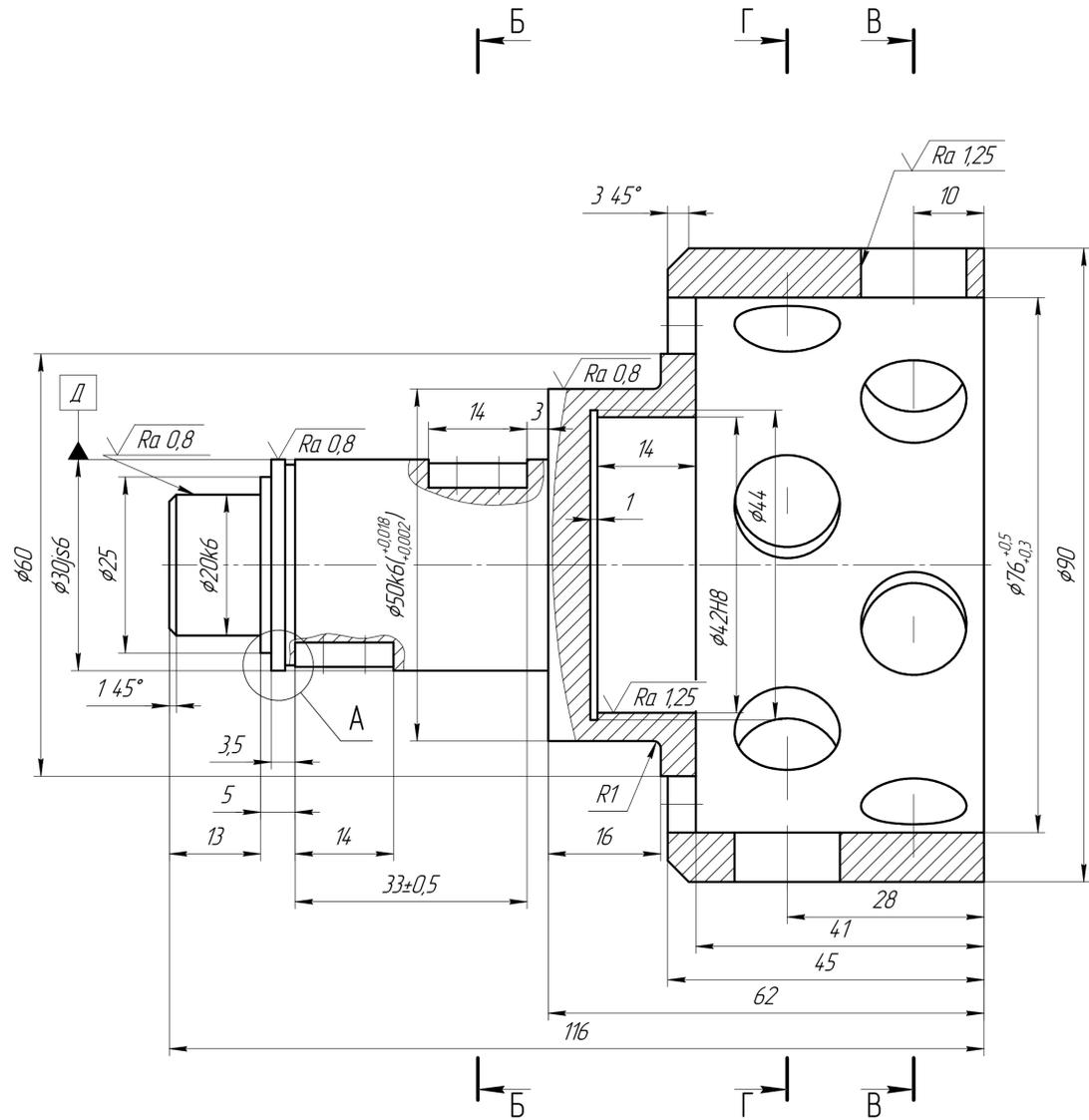
26. Масло закалочное. Пульс цен: сайт. – URL: https://ekb.pulscen.ru/products/maslo_zakalochnoye_rosneft_mzm_120_20_1_237999708 (дата обращения: 30.04.2023). – Текст: электронный.

27. Измерительный инструмент. ТД «Челябинский Инструментальный завод»: сайт. – URL: <https://chiznnov.ru/shtangencirkuli2/shtangencirkuli-shc-200-mm/> (дата обращения: 03.05.2023). – Текст: электронный.

28. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

29. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева, О.А. Антоневиц, И.И. Авдеева Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ. – URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/c/CMS1/academics/Tab3/Tab/Методическое%20пособие_CO_2022_Бак.pdf (дата обращения: 07.05.2023). – Текст: электронный.

Приложение А
Чертеж детали «Сепаратор 1-ой ступени»



- 1 HRC 38..42.
- 2 Острые края притупить.
- 3 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

ИШНПТ-4А91016.00.00.01				Лист	Масса	Масштаб
Сепаратор 1-ой ступени				у	0,98	2:1
Изм.	Лист	доким.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.	Савлюк А.А.				1	1
Проб.	Анисимова М.А.				ТТУ ИШНПТ	
Т.контр.					Группа 4А91	
Н.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
Утв.					Формат А1	

Приложение Б
Результаты расчетов

Таблица Б.1 – Припуски на остальные размеры [10]

ТП обработки поверхности	Табличное значение припуска, мм	Размер, мм	Допуск, мкм	Шероховатость
Поверхность $\varnothing 60h14(-0,74)$				
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	2,2	$\varnothing 62,2h14(-0,74)$	740	Ra 6,3
Поверхность $\varnothing 50k6(+0,018; +0,002)$				
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	2,2	$\varnothing 54,8h14(-0,74)$	620	Ra 6,3
Токарная с ЧПУ Точение получистовое (h11)	0,9	$\varnothing 52,6h11(-0,16)$	160	Ra 3,2
Токарная с ЧПУ Точение чистовое (h9)	0,4	$\varnothing 50,8h9(-0,074)$	74	Ra 2,5
Круглошлифовальная шлифование черновое (h7)	0,3	$\varnothing 50,4h7(-0,03)$	30	Ra 1,25
Круглошлифовальная шлифование чистовое (k6)	0,1	$\varnothing 50,1h6(-0,016)$	16	Ra 0,8
Поверхность $\varnothing 25h14(-0,52)$				
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	2,2	$\varnothing 27,2h14(-0,52)$	520	Ra 6,3
Поверхность $\varnothing 28,5(-0,28)$				
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	1,9	$\varnothing 30,4h14(-0,52)$	520	Ra 6,3
Поверхность $\varnothing 20k6(+0,015; +0,002)$				
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	2,2	$\varnothing 24,8h14(-0,52)$	520	Ra 6,3
Токарная с ЧПУ Точение получистовое (h11)	0,9	$\varnothing 22,6h11(-0,13)$	130	Ra 3,2
Токарная с ЧПУ Точение чистовое (h9)	0,4	$\varnothing 20,8h9(-0,052)$	52	Ra 2,5
Круглошлифовальная шлифование черновое (h7)	0,3	$\varnothing 20,46h7(-0,021)$	21	Ra 1,25
Круглошлифовальная шлифование чистовое (k6)	0,1	$\varnothing 20,1h6(-0,013)$	13	Ra 0,8

Продолжение таблицы Б.1

Поверхность Ø76(+0,5; +0,3)				
Токарная с ЧПУ Растачивание черновое (Н14)	1,1	Ø70,6Н14(+0,74)	740	Ra 6,3
Токарная с ЧПУ Растачивание получистовое (Н11)	0,9	Ø76(+0,5; +0,3)	200	Ra 6,3
Поверхность Ø90h14(-0,87)				
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	2,2	Ø92,2h14(-0,87)	870	Ra 6,3
Сквозные отверстия Ø15Н7(+0,018)				
Координатно-расточная с ЧПУ Центровка отверстий	-	-	-	Ra 6,3
Сверление (Н14)	-	Ø13,8Н14(+0,43)	430	Ra 6,3
Зенкерование черновое (Н12)	0,95	Ø14,75Н12(+0,18)	180	Ra 3,2
Развертывание черновое (Н9)	0,2	Ø14,95Н9(+0,043)	43	Ra 2,5
Развертывание чистовое (Н7)	0,05	Ø15Н7(+0,018)	18	Ra 1,25
Поверхность Ø42Н8(+0,039)				
Токарная Центровка отверстия	-	-	-	Ra 6,3
Сверление (Н14)	-	Ø20Н14(+0,52)	520	Ra 6,3
Рассверливание (Н12)	-	Ø35Н12(+0,25)	250	Ra 5
Токарная с ЧПУ Растачивание черновое (Н10)	2,2	Ø40,1Н10(+0,1)	100	Ra 3,2
Растачивание получистовое (Н9)	1,2	Ø41,3Н9(+0,062)	62	Ra 2,5
Растачивание чистовое (Н9)	0,4	Ø41,7Н9(+0,062)	62	Ra 2,5
Внутришлифовальная Шлифование черновое (Н8)	0,3	Ø41,7Н8(+0,039)	39	Ra 1,25
Длина детали 116h14(-0,87)				
Заготовительная Отрезка заготовки	2	121(-1)	1000	Ra 6,3
Токарная Подрезка торца	2	119h14(-0,87)	870	Ra 6,3
Токарная Подрезка торца	1	117(+0,12; -0,99)	1100	Ra 6,3

Таблица Б.2– Режимы резания [12]

Операция	Режущий инструмент	Глубина t, мм	Подача s, мм/об (мм/зуб, мм/дв.ход)	Скорость V, м/мин (м/с)	Частота вращения инструмента (детали) n, об/мин
005 Заготовительная					
Отрезание заготовки	Ленточное полотно 2-13-0,65-3 ГОСТ Р 53924-2010	-	0,05	63	220
010 Токарная, установ А					
Подрезка торца	Резец 2101-0601 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 Т15К6; опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80	1	0,2	100	400
Точение черновое		1,1	0,3	100	500
010 Токарная, установ Б					
Подрезка торца	Резец 2101-0601 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 Т15К6; опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80	1	0,2	100	400
Сверление	Сверло 2300-0776 ГОСТ 4010-77 Р6М5	10	0,28	21	340
Рассверливание	Сверло 2300-9755 ГОСТ 4010-77 Р6М5	7,5	0,28	25	230
Растачивание черновое	Резец 2141-0007 Т15К6 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 Т15К6	1,1	0,3	100	500
Точение черновое	Резец 2101-0601 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 Т15К6; опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80	1,1	0,3	100	360

Продолжение таблицы Б.2

020 Токарная с ЧПУ, установ А					
Подрезка торца	Резец 2101-0602	1	0,2	110	500
Точение черновое	ГОСТ 20872-80, режущая пластина	1,1	0,3	110	590
Точение черновое	08116-170405-230 Т15К6; опорная пластина 741-1704-2	1,1	0,3	110	700
Точение получистовое	ГОСТ 19073-80	0,9	0,015	140	900
Точение чистовое	резец 2101-0012 ГОСТ 18879-73, пластина 07140 0067 ГОСТ 25426-90 Т30К4	0,4	0,01	150	960
Точение галтели	Резец 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина	1,1	0,3	110	700
Точение черновое	08116-170405-230 Т15К6; опорная пластина 741-1704-2	1,8	0,3	110	1170
Точение получистовое	ГОСТ 19073-80	0,8	0,015	140	1500
Точение чистовое	Резец 2101-0012 ГОСТ 18879-73, пластина 07140 0067 ГОСТ 25426-90 Т30К4	0,25	0,01	150	1600
Точение черновое	Резец 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-230 Т15К6; опорная пластина 741-1704-2	1,1	0,3	110	1400
Точение черновое	ГОСТ 19073-80	1,1	0,3	110	1760
Точение получистовое	Резец 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-230 Т15К6; опорная пластина 741-1704-2	0,45	0,015	140	2230
Точение чистовое	ГОСТ 19073-80	0,2	0,01	150	2400
Точение чистовое	Резец 2101-0012 ГОСТ 18879-73, пластина 07140 0067 ГОСТ 25426-90 Т30К4	0,2	0,01	150	2400

Продолжение таблицы Б.2

Снятие фасок	Резец 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-230 Т15К6; опорная пластина 741- 1704-2 ГОСТ 19073-80	1	0,1	100	400
Точение проточки	Резец 2130-0373 ГОСТ 18874-73 Р6М5	1,1	0,15	30	340
020 Токарная с ЧПУ, установ Б					
Растачивание черновое	Резец 2141-0007 Т15К6	1,1	0,3	110	470
Растачивание получистовое	ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065	0,9	0,015	140	590
Растачивание черновое	ГОСТ 25393-90 Т15К6	1,1	0,3	110	850
Растачивание получистовое	Т15К6	0,6	0,015	140	1100
Растачивание чистовое	Резец 2141-0007 Т30К4 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 Т30К4	0,2	0,01	150	1150
Растачивание проточки	Резец С16М- QBDR/L04-20, пластина 13031 0026 ГОСТ 25393- 90 Т15К6	1	0,3	110	840
030 Фрезерная, установки А и Б					
Фрезерование получистовое	Фреза 2234-0363 N9 ГОСТ 9140-78 Р6М5	1	0,04	24	960
045 Координатно-расточная с ЧПУ, установ А					
Центровка	Сверло 2317-0004 ГОСТ 14952-75 Р6М5	1	0,1	25	1500
Сверление	Сверло 2302-1135 ГОСТ 20696-75 Р6М5	6,9	0,3	27,5	635
Зенкерование черновое	Зенкер 2320-2566 h8 ГОСТ 12489-71 Р6М5	0,47	0,5	23	520
Развертывание черновое	Развертка 2-14,95 Н9 ГОСТ 1672- 2016 Р6М5	0,1	0,9	17	370

Продолжение таблицы Б.2

Развертывание чистовое	Развертка 2-15 H7 ГОСТ 1672-2016 P6M5	0,02	0,5	12	260
050 Вертикально-сверлильная, установ А					
Центровка	Сверло 2317-0006 ГОСТ 14952-75 P6M5	0,5	0,1	25	1500
Сверление	Сверло 2301-0015 ГОСТ 10903-77 P6M5	4	0,16	23	920
070 Внутршлифовальная, установ А					
Шлифование черновое	Круг 1 32×16×10 14A F54 L 7 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	0,15	8	30	2000
080 Круглошлифовальная, установ А					
Шлифование черновое	Круг 1 350×40×76,2 25А F60 К 6 V 40 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	0,15	20	30	2000
Шлифование чистовое		0,05	12	35	3000
Шлифование черновое		0,15	20	30	2000
Шлифование чистовое		0,05	12	35	3000
Шлифование черновое		0,15	20	30	2000
Шлифование чистовое		0,05	12	35	3000

Приложение В
Комплект технологической документации

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

68

1

НИ ТПУ

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

Сепаратор 1-ой ступени

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Комплект технологической документации

на технологический процесс производства детали
«Сепаратор 1-ой ступени»

Руководитель: к.ф.-м.н., доцент ОМШ
/ Анисимова М.А.

Исполнитель: студент группы 4А91
/ Савлук А.А.

Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
																4		
													ИШНПТ-4A91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4A91		
A	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				CM	Проф.	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали, сб. ед. или материала				Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.					
A 01	01	02	08	080	4131	Круглошлифовальная												
Б 02	Станок круглошлифовальный универсальный 3С120В высокой				1	19630	5		1	1	1	516		14	24			
Б 03	точности																	
04																		
A 05	01	02	04	085	0108	Слесарная												
Б 06	Верстак ГОСТ Р 58863-2020				1	18466	1		1	1	1	516		8	6			
07																		
A 08	01	05	01	090	0125	Промывочная												
Б 09	Промывочная ванна ВП 12.9.6/0,9				1	14525	1		1	1	1	516		3	5			
10																		
A 11	01	04	01	095	0200	Контрольная												
Б 12	Стол контролера СПМ-01-03				1	12920	4		1	1	1	516		11	14			
13																		
A 14	01	05	02	100	0801	Консервация												
Б 15	Консервационная тара				1	18118	1		1	1	1	516		14	6			
МК																181		

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

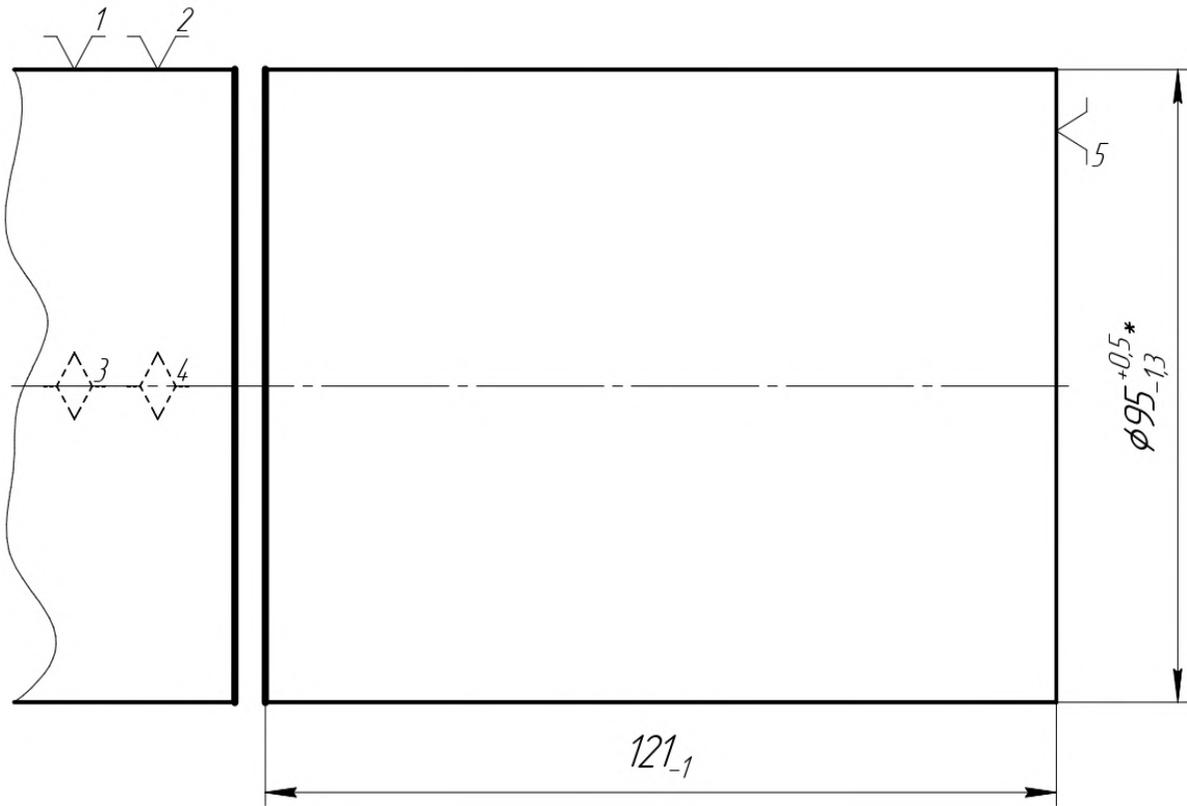
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

								11	1
--	--	--	--	--	--	--	--	----	---

Разраб.	Савлук А.А.		
Проверил	Анисимова М.А.		
Нормировал			
Н.контр.	Анисимова М.А.		

НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91			
ч	Сепаратор 1-ой ступени				01 01 01 005

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



* Размер для справок.

КЭ				182
----	--	--	--	-----

Дубл.																
Взам.																
Подл.																
										1	1					
Разраб.	Савлук А.А.			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01					ИШНПТ ОМШ 4А91						
Проверил	Анисимова М.А.															
Нормировал																
Н.контр.	Анисимова М.А.			Ч	Сепаратор 1-ой ступени					01	01	01	005			
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД				
Заготовительная		Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013			217...229	кг	0.98	Круг ф95		121	6.733	1				
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ							
Ленточнопильный станок MDL-115 18401		-			2	0.5	14	2.5	5% Укринол 1М ТУ 0258-054-23763315-2007							
Р				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V					
О 01	А. Установить заготовку в призмы. База: наружный диаметр и торец.															
Т 02	Призмы 7033-0039 ГОСТ 12195-66;															
Т 03	планка 7019-0658 ГОСТ 14735-69;															
Т 04	винт А.М8-6gx50.4.8 ГОСТ 1491-80;															
Т 05	прихват 7011-0059 ГОСТ 12937-67 – 2 шт.															
06																
О 07	1. Отрезать заготовку, выдерживая размер 121(-1) мм.															
Т 08	Ленточное полотно 2-13-0,65-3 ГОСТ Р 53924-2010;															
Р 09																
Т 10	штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 ГОСТ 166-89.															
OK													183			

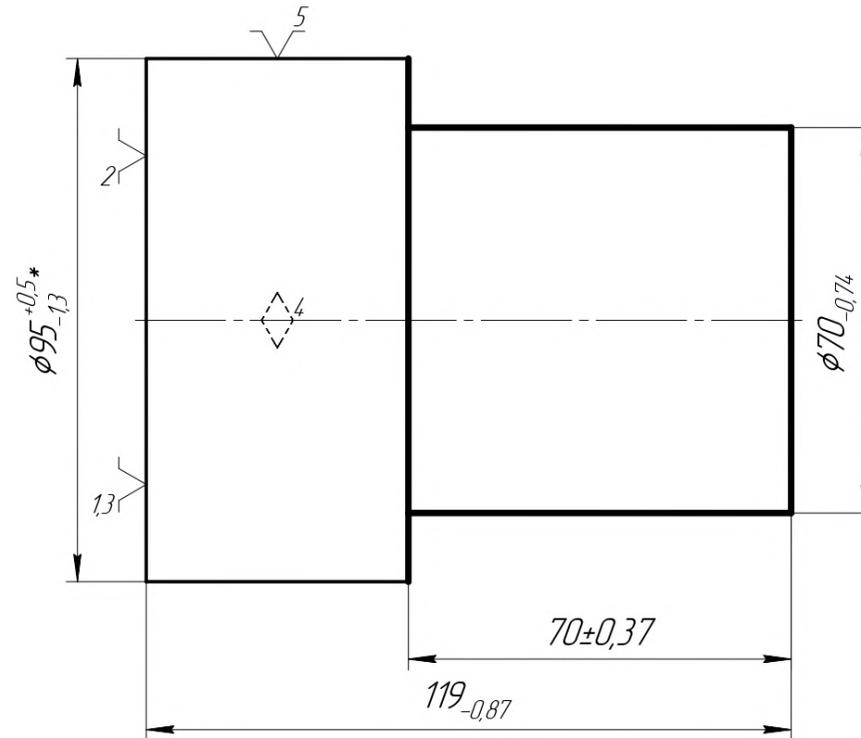
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

												2		
										ИШНПТ-4А91016.00.00.01		ИШНПТ ОМШ 4А91		010

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

Установ А



* Размер для справок.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

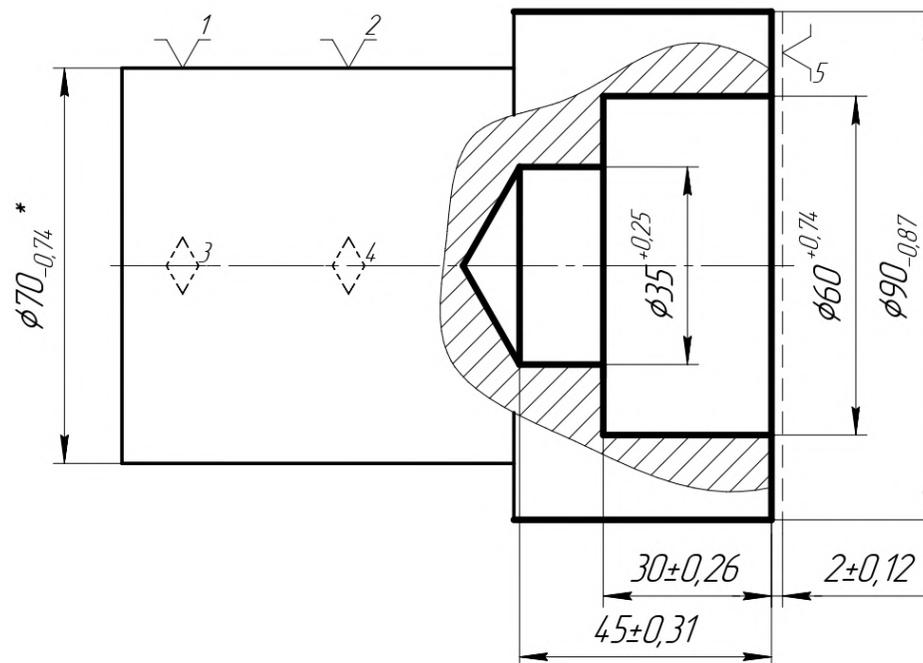
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

010

 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ *Установ Б*** Размер для справок.*

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										4	1		
Разраб.	Савлук А.А.			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОмШ 4А91					
Проверил	Анисимова М.А.												
Нормировал													
Н.контр.	Анисимова М.А.			Сепаратор 1-ой ступени						01	02	01	010
Наименование операции				Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Токарная				Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013		217...229	кг	0.98	Круг ф95 121			6.733	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
Универсальный токарно-винторезный станок DMTG CDS6250B/1000				-		6.9	4	22	11	5% Укринол 1М ТУ 0258-054-23763315-2007			
P				ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V		
О 01	А. Установить деталь в трехкулачковый патрон. База: наружный диаметр ф95(+0,5; -1,3) мм и торец.												
Т 02	3-кулачковый токарный патрон ф250 мм DMTG CDS6250B/1000;												
Т 03	4-позиционный резцедержатель DMTG CDS6250B/1000.												
04													
О 05	1. Подрезать торец, выдерживая размер 119(-0,87) мм.												
Т 06	Резец для контурного точения 2101-0601 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 Т15К6, опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80;												
P 07				-	119	1	2	0,2	1500	100			
Т 08	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;												
Т 09	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.												
10													
О 11	2. Точить поверхность ф70(-0,74) мм на длину 70±0,37 мм.												
Т 12	Резец для контурного точения 2101-0601 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 Т15К6, опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80;												
P 13				ф70	70	1,1	22	0,3	1500	100			
OK												186	

Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
																						2			
																			ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91			010
Р									П	И	Д	или	В	L	t	i	S	n	V						
Т 01	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																								
Т 02	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																								
03																									
О 04	Б. Переустановить деталь в трехкулачковом патроне. База: наружный диаметр ф70(-0,74) мм и торец.																								
Т 05	3-кулачковый токарный патрон ф250 мм DMTG CDS6250B/1000;																								
Т 06	4-позиционный резцедержатель DMTG CDS6250B/1000;																								
Т 07	задняя бабка DMTG CDS6250B/1000.																								
08																									
О 09	1. Подрезать торец, сняв припуск 2±0,12 мм.																								
Т 10	Резец для контурного точения 2101-0601 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 Т15К6, опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80;																								
Р 11									-	2	1	2	0,2	1500	100										
Т 12	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																								
Т 13	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																								
14																									
О 15	2. Сверлить отверстие ф20(+0,52) мм на глубину 45±0,31 мм.																								
Т 16	Сверло ф20 2300-0776 ГОСТ 4010-77 Р6М5;																								
Р 17									ф20	45	10	1	0,28	1200	21										
Т 18	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																								
ОК																				187					

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

4

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

010

Р

ПИ

D или B

L

t

i

S

n

V

Т 01 образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.

OK

189

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

4

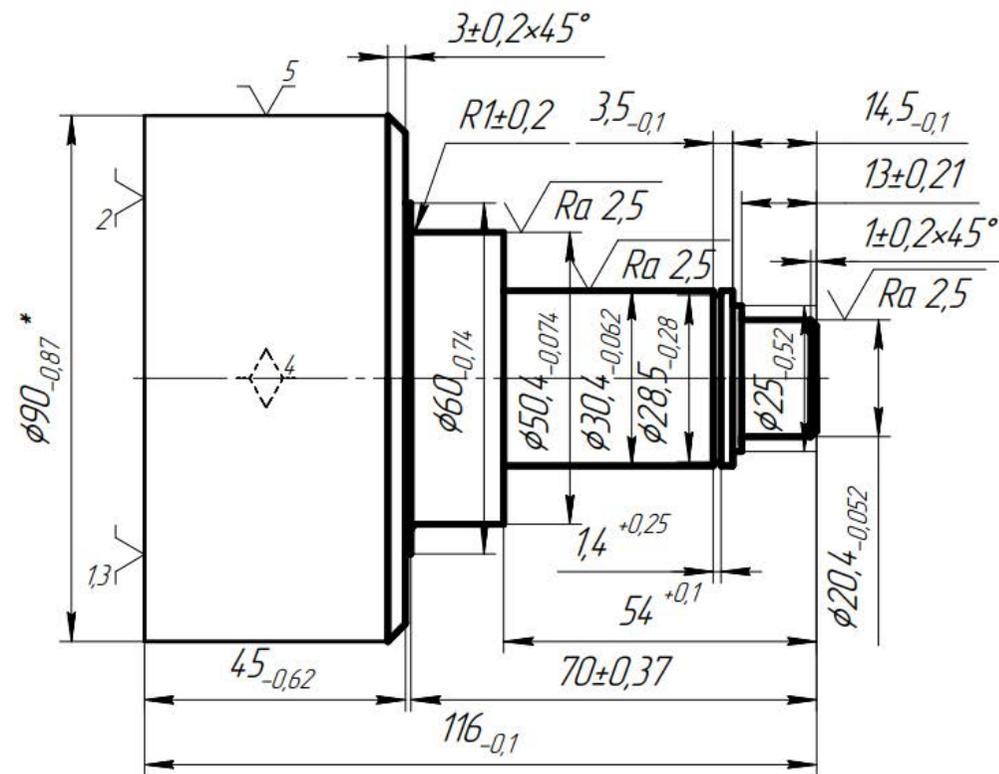
ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

020

 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)

Установ А



* Размер для справок.

КЭ

191

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5

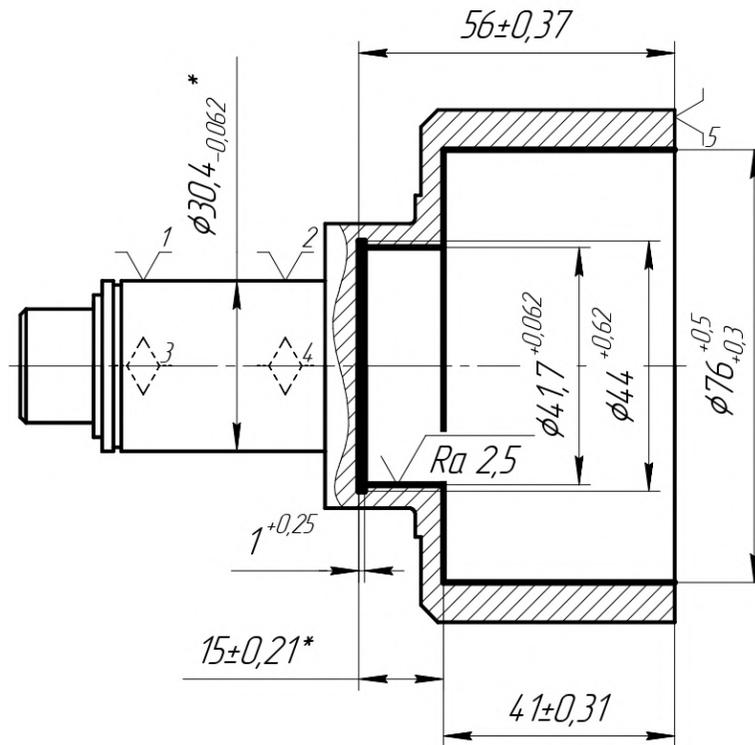
ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

020

$\sqrt{Ra 6,3 (✓)}$

Установ Б



* Размеры для справок.

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
																			2		
																			ИШНПТ-4А91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	020
Р														ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
Р 01														1	ф60	45	1,1	10	0,3	590	110
Т 02	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																				
Т 03	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																				
04																					
О 05	3. Точить поверхность ф50,8(-0,12) мм на длину 70±0,37 мм.																				
Т 06	Резец для контурного точения 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-230 Т15К6, опорная пластина 741-1704-2 ГОСТ 19073-80;																				
Р 07														1	ф52,6	70	1,1	7	0,3	700	110
Р 08														1	ф50,8	70	0,45	2	0,015	900	140
Т 09	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																				
Т 10	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																				
11																					
О 12	4. Точить окончательно поверхность ф50,4(-0,0,74) мм на длину 70±0,37 мм.																				
Т 13	Резец проходной упорный отогнутый 2101-0012 ГОСТ 18879-73, пластина 07140 0067 ГОСТ 25426-90 Т30К4;																				
Р 14														2	ф50,4	70	0,2	1	0,01	960	150
Т 15	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																				
Т 16	микрометр МК Ц75-0,001 ГОСТ 6507-90;																				
Т 17	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																				
18																					
ОК																				194	

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
																	3		
																	ИШНПТ-4А91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	020
Р												ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
О 01	5. Точить галтель R1±0,2 мм.																		
Т 02	Резец для контурного точения 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-230 Т15К6, опорная пластина 741-1704-2 ГОСТ 19073-80;																		
Р 03												1	-	-	1	1	0,3	700	110
Т 04	набор радиусных шаблонов №1 ТУ 2-034-228-087;																		
Т 05	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																		
06																			
О 07	6. Точить поверхность ф31(-0,1) мм на длину 54(+0,1) мм.																		
Т 08	Резец для контурного точения 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-230 Т15К6, опорная пластина 741-1704-2 ГОСТ 19073-80;																		
Р 09												1	ф35,8	54	1,8	4	0,3	1170	110
Р 10												1	ф31	54	0,8	3	0,015	1500	140
Т 11	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																		
Т 12	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																		
13																			
О 14	7. Точить окончательно поверхность ф30,4(-0,062) мм на длину 54(+0,1) мм.																		
Т 15	Резец проходной упорный отогнутый 2101-0012 ГОСТ 18879-73, пластина 07140 0067 ГОСТ 25426-90 Т30К4;																		
Р 16												2	ф30,4	54	0,35	1	0,01	1600	150
Т 17	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																		
Т 18	микрометр МК Ц50-0,001 ГОСТ 6507-90;																		
ОК																		195	

Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
																			5			
																			ИШНПТ-4А91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	020	
Р											ПИ	D или B		L	t	i	S	n	V			
Р 01											2	ф20,4		13	0,2	1	0,01	2400	150			
Т 02	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																					
Т 03	микрометр МК Ц25-0,001 ГОСТ 6507-90;																					
Т 04	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																					
05																						
О 06	11. Снять две фаски $3\pm 0,2 \times 45^\circ$ мм, $1\pm 0,2 \times 45^\circ$ мм.																					
Т 07	Резец для контурного точения 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-230 Т15К6, опорная пластина 741-1704-2 ГОСТ 19073-80;																					
Р 08											1	-		-	1	4	0,1	400	100			
Т 09	шаблон для фасок 86698-22;																					
Т 10	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																					
11																						
О 12	12. Точить кольцевую проточку, выдерживая размеры ф28,5(-0,28) мм, 1,4(+0,25) мм и 3,5(-0,1) мм.																					
Т 13	Резец канавочный 2130-0373 ГОСТ 18874-73 Р6М5;																					
Р 14											3	ф28,5		1,4	1,1	2	0,15	340	30			
Т 15	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																					
Т 16	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																					
17																						
О 18	Б. Переустановить деталь в трехкулачковом патроне. База: диаметр ф30,4(-0,062) мм и торец.																					
ОК																						197

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
																		6		
																		ИШНПТ-4A91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4A91	020
Р											П	И	Д или В	L	t	i	S	n	V	
Т 01	3-х кулачковый гидравлический патрон ф305 KDCK-40F CNC;																			
Т 02	револьверная головка KDCK-40F CNC;																			
Т 03	резцедержатель 291.342.222 KDCK-40F CNC - 3 шт.																			
04																				
О 05	1. Расточить поверхность ф76(+0,5; +0,3) мм, выдерживая размер 41±0,31.																			
Т 06	Резец расточной 2141-0007 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 Т15К6;																			
Р 07											4	ф70,6	41	1,1	12	0,3	470	100		
Р 08											4	ф76	41	0,9	3	0,015	590	140		
Т 09	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																			
Т 10	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																			
11																				
О 12	2. Расточить поверхность ф41,3(+0,1) мм, выдерживая размер 56±0,37 мм.																			
Т 13	Резец расточной 2141-0007 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 Т15К6;																			
Р 14											4	ф40,1	56	1,1	6	0,3	850	110		
Р 15											4	ф41,3	56	0,6	1	0,015	1100	140		
Т 16	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																			
Т 17	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																			
18																				
ОК																			198	

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
													7	
										ИШНПТ-4А91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	020		
Р					ПИ	D или B		L	t	i	S	n	V	
О 01	3. Расточить окончательно поверхность ф41,7(+0,062) мм, выдерживая размер 56±0,37 мм.													
Т 02	Резец расточной 2141-0007 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 Т30К4;													
Р 03					5	41,7		56	0,2	1	0,01	1150	150	
Т 04	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;													
Т 05	нутромер 18-50-0,002 ГОСТ 9244-75;													
Т 06	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.													
07														
О 08	4. Расточить кольцевую проточку, выдерживая размеры ф44(+0,62) мм и 1(+0,26) мм.													
Т 09	Резец канавочный С20Q-QEDR/L05-27, пластина 13031 0026 ГОСТ 25393-90 Т15К6;													
Р 10					6	ф44		1	1	1	0,3	840	110	
Т 11	калибр 1 ГОСТ 24853-81;													
Т 12	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.													
ОК													199	

Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
																2	1					
Разраб.	Савлук А.А.						НИ ТПУ			ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91									
Проверил	Анисимова М.А.																					
Нормировал																						
																4	Сепаратор 1-ой ступени					
У	Опер.		Обозначение детали, программы, оборудования, устройства ЧПУ																			
Т	Пер.		ПИ			Вспомогательный и режущий инструмент (код, наименование)						Наладочные размеры			Коррект. разм.		НК					
У	01		800000-000001; Токарный станок с ЧПУ KDCK-40F CNC, устройство ЧПУ Fanuc 0i-MATE TD																			
Т	02		1, 2, 3		1		Резцедержатель 291.341.131 KDCK-40F CNC															
Т	03		4, 5, 6				Резец подрезной 2101-0602 ГОСТ 20872-80, режущая пластина 08116-170405-130 T15K6,						Wx = 100±0,02			H		1X				
Т	04						опорная пластина 741-1704-1 ГОСТ 19073-80						Wz = 52(-0,04)			H		1Z				
Т	05		7, 8				Резцедержатель 291.341.131 KDCK-40F CNC						Wx = 100±0,02			H		2X				
Т	06		3, 5, 7		2		Резец проходной упорный отогнутый 2101-0012 ГОСТ 18879-73, пластина 07140 0067 ГОСТ 25426-90 T30K4						Wz = 54(-0,04)			H		2Z				
Т	07						Резцедержатель 291.341.131 KDCK-40F CNC						Wx = 89±0,02			H		3X				
Т	08		9		3		Резец канавочный 2130-0373 ГОСТ 18874-73 P6M5						Wz = 47(-0,04)			H		3Z				
Т	09		1, 2		4		Резцедержатель 291.342.222 KDCK-40F CNC															
Т	10						Резец расточной 2141-0007 T15K6 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 T15K6						Wx = 36±0,02			H		4X				
Т	11						Резцедержатель 291.342.222 KDCK-40F CNC						Wz = 174(-0,04)			H		4Z				
Т	12		2		5		Резцедержатель 291.342.222 KDCK-40F CNC															
Т	13						Резец расточной 2141-0007 T30K4 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 T30K4						Wx = 36±0,02			H		5X				
Т	14						Резец расточной 2141-0007 T30K4 ГОСТ 18883-73, пластина 06030 0065 ГОСТ 25393-90 T30K4						Wz = 174(-0,04)			H		5Z				
КН																					200	

Дубл.															
Взам.															
Подл.															

2

ИШНПТ-4A91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4A91

У	Опер.		Обозначение детали, программы, оборудования, устройства ЧПУ											
Т	Пер.	ПИ	Вспомогательный и режущий инструмент (код, наименование)						Наладочные размеры		Коррект. разм.		НК	
Т	01	3	6	Резцедержатель 291.342.222 KDCK-40F CNC						Wx = 39±0,02		H		6X
Т	02			Резец канавочный C20Q-QEDR/L05-27, пластина 13031 0026 ГОСТ 25393-90 T15K6						Wz = 180(-0,04)		H		6Z
КН														201

								5	1		
			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01				ИШНПТ ОМШ 4А91			
			Сепаратор 1-ой ступени					01	02	03	020
			Оборудование, устройства ЧПУ			Особые указания					
			KDCK-40F CNC			Устройство ЧПУ Fanuc 0i-MATE TD					
			Кодирование информации, содержание кадра				Содержание перехода				
			800000-000001								
			N001 G00 G54 X200 Z200								
			N002 M06 T0101								
			N003 M03 S500								
			N004 X100 Z5								
			N005 G01 Z0 F100								
			N006 X0								
			N007 Z5								
			N008 G00 X94								
			N009 Z0								
			N010 S1760								
			N011 G71 U1 R0.2								
			N012 G71 P012 Q023 U0.3 F200								
			N013 G01 X20.8 Z0								
			N014 X20,8 Z-13								
			N015 S1400								
			N016 X25 Z-13								
			N017 X25 Z-14,5								
			N018 S1170								
			N019 X31 Z-14,5								
			N020 X31 Z-54								
			N021 S700								
			N022 X50,8 Z-54								
			N023 X50,8 Z-69								
							Разраб.	Савлук А.А.			
							Проверил	Анисимова М.А.			
							Нормировал				
							Н.контр.	Анисимова М.А.			
			ККИ							202	

Дубл.

Взам.

Подл.

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

Кодирование информации, содержание кадра

Содержание перехода

N024 G02 X52 Z-70 R1

N025 G01 X60 Z-70

N026 S590

N027 X60 Z-71

N028 X90 Z-71

N029 M06 T0202

N030 S2400

N031 G00 X90 Z0

N032 G70 P027 Q034 F100

N033 G01 X20.4 Z0

N034 X20.4 Z-13

N035 X25 Z-13

N036 X25 Z-14,5

N037 S1600

N038 X30,4 Z-14,5

N039 X30,4 Z-54

N040 S960

N041 X50,4 Z-54

N042 X50,4 Z-69

N043 M06 T0101

N044 S400

N045 G00 X30 Z0 F40

N046 G01 X18,4 Z0

N047 X20,4 Z-1

N048 X84

N049 Z-71

N050 X90 X-74

N051 X100

Дубл.

Взам.

Подл.

ККИ

203

								3
				ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91	
				Кодирование информации, содержание кадра			Содержание перехода	
				N052 M06 T0303				
				N053 S340				
				N054 G00 X40 Z-17,9 F51				
				N055 G01 X28,5				
				N056 X40				
				N057 G00 X150				
				N058 Z100				
				N059 M06 T0404				
				N060 S590				
				N061 G00 X10 Z5				
				N062 G01 X70 Z0				
				N063 G71 U1 R0.2				
				N064 G71 P054 Q057 F140				
				N065 X76 Z0				
				N066 X76 Z-41				
				N067 S1760				
				N068 X41,3 Z-41				
				N069 X41,3 Z-56				
				N070 X0 Z10				
				N071 M06 T0505				
				N072 S1150				
				N073 G00 X0 Z10				
				N074 G01 X0 Z0				
				N075 G70 P063 Q064 F11,5				
				N076 X41,7 Z-41				
				N077 X41,7 Z-56				
				N078 X0 Z10				
Дубл.				ККИ				204
Взам.								
Подл.								

Дубл.															
Взам.															
Подл.															

2

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

025

Р

ПИ

D или B

L

t

i

S

n

V

Т 01 Калибр 1 ГОСТ 24853-81;

О 02 $1 \pm 2 \times 45^\circ$ мм, $3 \pm 0,2 \times 45^\circ$ мм.

Т 03 Шаблон для фасок 86698-22;

О 04 $R1 \pm 0,2$ мм.

Т 05 Набор радиусных шаблонов №1 ТУ 2-034-228-087;

Т 06 образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.

ОК

207

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

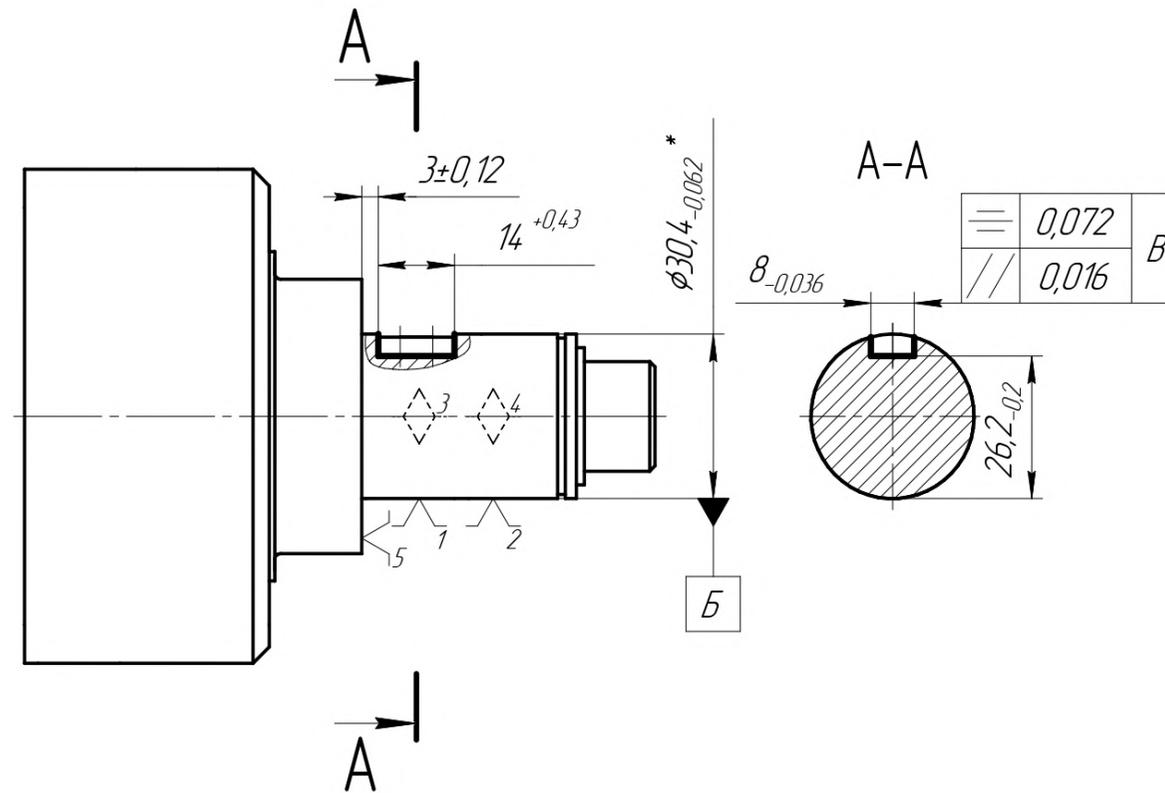
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

6

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

030

 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ *Установ А*

* Размер для справок.

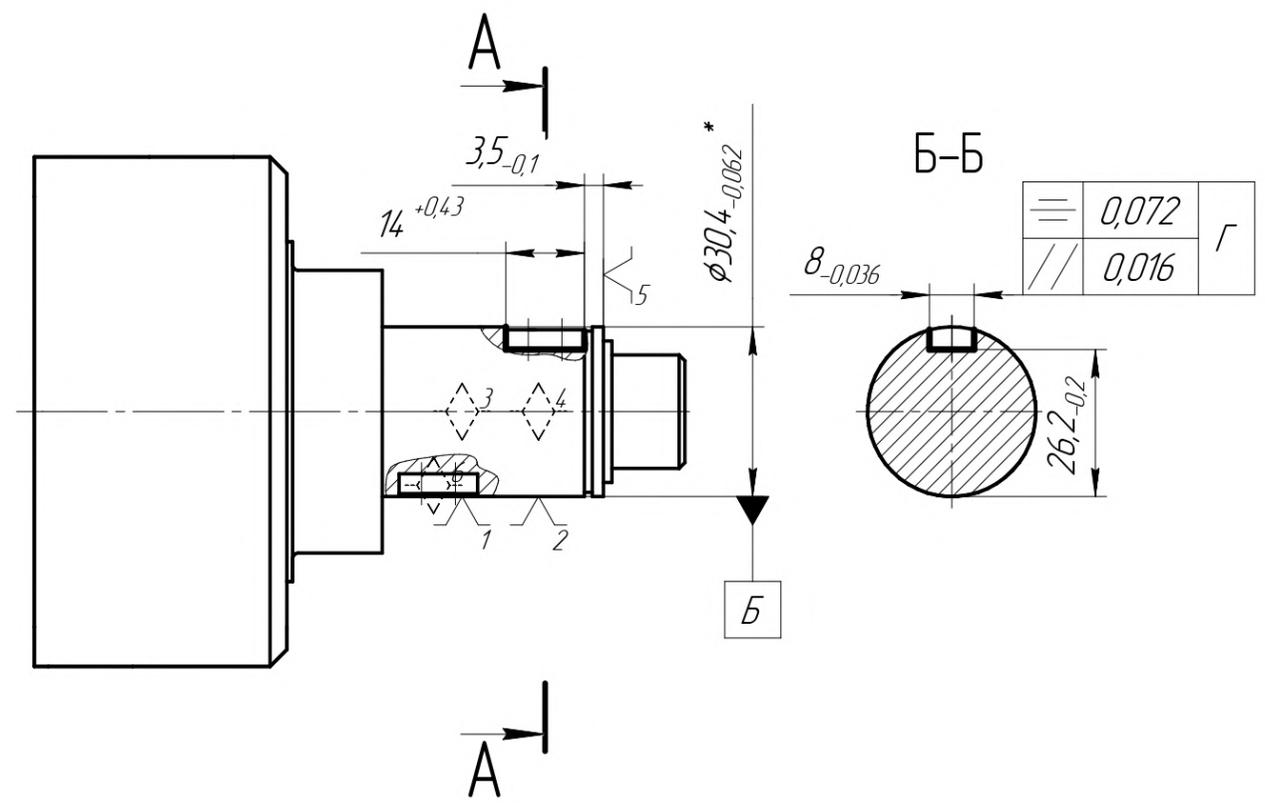
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

										7		
										ИШНПТ-4А91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	030

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

Установ Б



* Размер для справок.

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
										3	1				
Разраб.	Савлук А.А.						НИ ТПУ		ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91			
Проверил	Анисимова М.А.														
Нормировал															
Н.контр.	Анисимова М.А.						Сепаратор 1-ой ступени					01	02	02	030
Наименование операции			Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Фрезерная			Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013			217...229	кг	0.98	Круг ф95 121			6.733	1		
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы			То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ					
Универсальный фрезерный станок PROMA FHV-50PD			-			6	4	16	10	5% Укринол 1М ТУ 0258-054-23763315-2007					
Р					ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V			
О 01	А. Установить деталь в призму. База: диаметр ф30,4(-0,062) мм и торец.														
Т 02	Призма 7033-0035 ГОСТ 12195-66;														
Т 03	прихват 7011-0051 ГОСТ 12937-67;														
Т 04	цанговый патрон PROMA FHV-50PD.														
05															
О 06	1. Фрезеровать закрытый шпоночный паз, выдерживая размеры 3±0,12 мм, 26,2(-0,2) мм, 8(-0,036) мм и 14(+0,43) мм, допуск														
О 07	симметричности 0,072 мм и допуск параллельности 0,016 мм.														
Т 08	Цанга ф8 PROMA FHV-50PD;														
Т 09	фреза шпоночная ф8 2234-0363 N9 ГОСТ 9140-78 P6M5;														
Р 10					8	14	1	4	0,04	960	24				
Т 11	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;														
Т 12	глубиномер ГМ50-1-0,01 ГОСТ 7470-92;														
Т 13	призма 8314-0078 ГОСТ 24114-80;														
ОК												210			

Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
																				2		
																		ИШНПТ-4A91016.00.00.01		ИШНПТ ОМШ 4A91		030
Р													ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V		
T 01	головка 1ИПМ ГОСТ 28798-90; стойка С-III-8-50 ГОСТ 10197-70;																					
T 02	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																					
03																						
O 04	Б. Переустановить деталь в призме. База: диаметр ф30,4(-0,062) мм, торец и паз.																					
T 05	Призма 7033-0035 ГОСТ 12195-66;																					
T 06	прихват 7011-0051 ГОСТ 12937-67;																					
T 07	шпонка 8x7x14;																					
T 08	цанговый патрон PROMA FHV-50PD.																					
T 09																						
O 10	1. Фрезеровать закрытый шпоночный паз, выдерживая размеры 3,5(-0,1) мм, 26,2(-0,2) мм, 8(-0,036) мм и 14(+0,43) мм,																					
O 11	допуск симметричности 0,072 мм и допуск параллельности 0,016 мм.																					
T 12	Цанга ф8 PROMA FHV-50PD;																					
T 13	фреза шпоночная ф8 2234-0363 N9 ГОСТ 9140-78 P6M5;																					
P 14	8 14 1 4 0,04 960 24																					
T 15	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																					
T 16	глубиномер ГМ50-1-0,01 ГОСТ 7470-92;																					
T 17	призма 8314-0078 ГОСТ 24114-80;																					
T 18	головка 1ИПМ ГОСТ 28798-90; стойка С-III-8-50 ГОСТ 10197-70;																					
OK																			211			

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

3

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

030

Р

ПИ

D или B

L

t

i

S

n

V

Т 01 образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.

OK

212

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											1	1		
Разраб.	Савлук А.А.			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91						
Проверил	Анисимова М.А.													
Нормировал														
Н.контр.	Анисимова М.А.			Ч	Сепаратор 1-ой ступени						01	04	01	040
Наименование операции			Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Контрольная			Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013			217...229	кг	0.98	Круг ф95		121	6.733	1	
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы			То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ				
Стол контролера СПМ-01-03			-			2	1	11	3	-				
Р			ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V				
О 01	1. Контролировать размеры, допуски расположения форм поверхностей, полученные на предыдущей операции.													
О 02	3±0,12 мм, 14(+0,43) мм, 3,5(-0,1) мм.													
Т 03	Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;													
О 04	26,2(-0,2) мм.													
Т 05	Глубиномер ГМ50-1-0,01 ГОСТ 7470-92;													
О 06	8(-0,036) мм													
Т 07	Призма 8314-0078 ГОСТ 24114-80;													
О 08	допуск симметричности 0,072 мм и допуск параллельности 0,016 мм.													
Т 09	Головка 1ИПМ ГОСТ 28798-90; стойка С-III-8-50 ГОСТ 10197-70;													
Т 10	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.													
ОК												214		

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										4	1			
Разраб.	Савлук А.А.			НИ ТПУ			ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91				
Проверил	Анисимова М.А.													
Нормировал														
Н.контр.	Анисимова М.А.			Сепаратор 1-ой ступени						01	02	05	045	
Наименование операции				Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Координатно-расточная с ЧПУ				Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013			217...229	кг	0.98	Круг ф95		121	6.733	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы			То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
Координатно-расточной станок с ЧПУ 2E450AF30; Устройство ЧПУ Fanuc 19i-TD				800000-000002			11	14	24	25.5	5% Укринол 1М ТУ 0258-054-23763315-2007			
Р				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V			
О 01	А. Установить деталь в специальное приспособление. База: наружный диаметр ф30,4(-0,062) мм, торец и паз.													
Т 02	Специальное приспособление ИШНПТ-4А91016.01.00.00.													
03														
О 04	1. Центровать 14 отверстий А2 ГОСТ 14034 – 74, выдерживая размеры 10±0,18 мм, 28±0,26 мм, шаг 51°42'±5' и смещение во													
О 05	2-ом ряду 26°11'±5'.													
Т 06	Патрон 4-В10 ГОСТ 8522-79;													
Т 07	сверло центровочное ф2 2317-0004 ГОСТ 14952-75 Р6М5;													
Р 08				1	ф2	10, 28	1	14	0,1	1500	25			
Т 09	штангенциркуль ШЦЦ-І-150-0,01 ГОСТ 166-89;													
Т 10	микроскоп инструментальный ИМЦЛ-1 160x80-5" Б ГОСТ 8074-82;													
Т 11	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.													
12														
О 13	2. Сверлить 14 сквозных отверстий ф13,8(+0,43) мм, выдерживая размеры 10±0,18 мм, 28±0,26 мм, шаг 51°42'±5' и													
ОК													216	

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

									3
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

									ИШНПТ-4А91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	045
--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------	----------------	-----

Р				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
---	--	--	--	----	---------	---	---	---	---	---	---

О 01	4. Развернуть 14 сквозных отверстий $\phi 14,95(+0,07)$ мм, выдерживая размеры $10\pm 0,18$ мм, $28\pm 0,26$ мм, шаг $51^\circ 42' \pm 5'$ и										
О 02	смещение во 2-ом ряду $26^\circ 11' \pm 5'$.										

Т 03	Патрон цанговый с набором цанг 2Е450АФ30;										
Т 04	втулка 6100-0314 ГОСТ 13598-85;										
Т 05	развертка $\phi 14,95$ 2-14,95 Н7 ГОСТ 1672-2016 Р6М5;										

Р 06				4	$\phi 14,95$	10, 28	0,1	14	0,9	370	17
------	--	--	--	---	--------------	--------	-----	----	-----	-----	----

Т 07	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;										
Т 08	микроскоп инструментальный ИМЦЛ-1 160x80-5" Б ГОСТ 8074-82;										
Т 09	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.										

10											
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

О 11	5. Развернуть 14 сквозных отверстий $\phi 15(+0,018)$ мм, выдерживая размеры $10\pm 0,18$ мм, $28\pm 0,26$ мм, шаг $51^\circ 42' \pm 5'$ и										
О 12	смещение во 2-ом ряду $26^\circ 11' \pm 5'$.										

Т 13	Патрон цанговый с набором цанг 2Е450АФ30;										
Т 14	втулка 6100-0314 ГОСТ 13598-85;										
Т 15	развертка $\phi 15$ 2-15 Н7 ГОСТ 1672-2016 Р6М5;										

Р 16				5	$\phi 15$	10, 28	0,02	14	0,5	260	12
------	--	--	--	---	-----------	--------	------	----	-----	-----	----

Т 17	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;										
Т 18	калибр-пробка 8133-0929 Н7 ГОСТ 14810-69;										

ОК										218
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

										ИШНПТ-4А91016.00.00.01		ИШНПТ ОМШ 4А91		4
										045				

Р _____ ПИ _____ Д или В _____ L _____ t _____ i _____ S _____ n _____ V _____

Т 01 микроскоп инструментальный ИМЦЛ-1 160х80-5" Б ГОСТ 8074-82;

Т 02 образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.

Дубл.												
Взам.												
Подл.												
									1	1		
Разраб.	Савлук А.А.				НИ ТПУ		ИШНПТ-4А91016.00.00.01		ИШНПТ ОМШ 4А91			
Проверил	Анисимова М.А.											
Нормировал												
Н.контр.	Анисимова М.А.				Ч		Сепаратор 1-ой ступени					
У	Опер.		Обозначение детали, программы, оборудования, устройства ЧПУ									
Т	Пер.		ПИ			Вспомогательный и режущий инструмент (код, наименование)			Наладочные размеры		Коррект. разм.	НК
У	01		800000-000002; Координатно-расточной станок с ЧПУ 2E450AФ30, устройство ЧПУ Fanuc 19i-TD									
Т	02 1		1	Патрон 4-B10 ГОСТ 8522-79			Wz = 121±0,1		H	1Z		
Т	03		Сверло центровочное ф2 2317-0004 ГОСТ 14952-75 P6M5			D = 2(-0,02)		D	1D			
Т	04 2		2	Патрон цанговый с набором цанг 2E450AФ30								
Т	05		Втулка 6100-0314 ГОСТ 13598-85			Wz = 142±0,1		H	2Z			
Т	06		Сверло ф13,8 2302-1135 ГОСТ 20696-75 P6M5			D = 13,8(-0,03)		D	2D			
Т	07 3		3	Патрон цанговый с набором цанг 2E450AФ30								
Т	08		Втулка 6100-0314 ГОСТ 13598-85			Wz = 152±0,1		H	3Z			
Т	09		Зенкер ф14,75 2320-2566 h8 ГОСТ 12489-71 P6M5			D = 14,75(-0,015)		D	3D			
Т	10 4		4	Патрон цанговый с набором цанг 2E450AФ30								
Т	11		Втулка 6100-0314 ГОСТ 13598-85			Wz = 148±0,1		H	4Z			
Т	12		Развертка ф14,95 2-14,95 H7 ГОСТ 1672-2016 P6M5			D = 14,95(-0,013)		D	4D			
Т	13 5		5	Патрон цанговый с набором цанг 2E450AФ30								
Т	14		Втулка 6100-0314 ГОСТ 13598-85			Wz = 148±0,1		H	5Z			
Т	15		Развертка ф15 2-15 H7 ГОСТ 1672-2016 P6M5			D = 15(-0,011)		D	5D			
КН											220	

								4	1		
		НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01					ИШНПТ ОМШ 4А91			
		Сепаратор 1-ой ступени						01	02	05	045
		Оборудование, устройства ЧПУ			Особые указания						
		2Е450АФ30			Устройство ЧПУ Fanuc 19i-TD						
		Кодирование информации, содержание кадра				Содержание перехода					
		800000-000002									
		N001 M06 T01									
		N002 G00 G54 G43 H01									
		N003 M05 S1500									
		N004 X-4,45 Y0 Z50									
		N005 G98 G81 X-10 Y0 Z41 A0 F150									
		N006 A51°42'									
		N007 A103°24'									
		N008 A155°6'									
		N009 A206°48'									
		N010 A258°30'									
		N011 A310°12'									
		N012 X-4,45 Y0 Z50									
		N013 G98 G81 X-28 Y0 Z37 A26°11'									
		N014 A77°48'									
		N015 A129°30'									
		N016 A181°12'									
		N017 A232°54'									
		N018 A284°36'									
		N019 A336°28'									
		N020 G80									
		N021 G00 Z100									
		N022 M06 T02									
		N023 G43 H02									
						Разраб.	Савлук А.А.				
						Проверил	Анисимова М.А.				
						Нормировал					
						Н.контр.	Анисимова М.А.				
		ККИ								221	

Дубл.

Взам.

Подл.

									2
					ИШНПТ-4A91016.00.00.01		ИШНПТ ОМШ 4A91		
					Кодирование информации, содержание кадра		Содержание перехода		
					N024 S635				
					N025 X-12 Y0 Z50				
					N026 G98 G81 X-10 Y0 Z37 A0 F190				
					N027 A51°42'				
					N028 A103°24'				
					N029 A155°6'				
					N030 A206°48'				
					N031 A258°30'				
					N032 A310°12'				
					N033 X-12 Y0 Z50				
					N034 G98 G81 X-28 Y0 Z37 A26°11' F15				
					N035 A77°48'				
					N036 A129°30'				
					N037 A181°12'				
					N038 A232°54'				
					N039 A284°36'				
					N040 A336°28'				
					N041 G80				
					N042 G00 Z100				
					N043 M06 T03				
					N044 G43 H03				
					N045 S520				
					N046 X-12 Y0 Z50				
					N047 G98 G81 X-10 Y0 Z37 A0 F260				
					N048 A51°42'				
					N049 A103°24'				
					N050 A155°6'				
					N051 A206°48'				
					N052 A258°30'				
Дубл.	Взам.	Подл.			ККИ				222

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

Кодирование информации, содержание кадра

Содержание перехода

N082 A336°28'

N083 G80

N084 G00 Z100

N085 M06 T05

N086 G43 H05

N087 S260

N088 X-12 Y0 Z50

N089 G98 G85 X-10 Y0 Z37 A0 F130

N090 A51°42'

N091 A103°24'

N092 A155°6'

N093 A206°48'

N094 A258°30'

N095 A310°12'

N096 X-12 Y0 Z50

N097 G98 G85 X-28 Y0 Z37 A26°11' F15

N098 A77°48'

N099 A129°30'

N100 A181°12'

N101 A232°54'

N102 A284°36'

N103 A336°28'

N104 G80

N105 G00 Z100

N106 M05

N107 M30

Дубл.
Взам.
Подл.

ККИ

224

Дубл.														
Взам.														
Подл.														

2

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

050

P

ПИ

D или B

L

t

i

S

n

V

T 01 Патрон 1-30-8-90 ГОСТ 26539-85;

T 02 втулка 6100-0251 ГОСТ 13598-85;

T 03 сверло ф8 2301-0015 ГОСТ 10903-77 P6M5;

P 04 ф8

-

4

8

0,16

920

23

T 05 штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;

T 06 микроскоп инструментальный ИМЦЛ-1 160х80-5" Б ГОСТ 8074-82;

T 07 образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.

OK

227

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
											1	1							
Разраб.	Савлук А.А.				НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01					ИШНПТ ОМШ 4А91								
Проверил	Анисимова М.А.																		
Нормировал																			
Н.контр.	Анисимова М.А.				ч	Сепаратор 1-ой ступени					01	02	04	055					
Наименование операции			Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД						
Слесарная			Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013			217...229	кг	0.98	Круг ф95		121	6.733	1						
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы			То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ									
Верстак ГОСТ Р 58863-2020			-			10	2	8	12	-									
Р				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V								
О 01	1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.																		
Т 02	Тиски 7827-0323 ГОСТ 4045-75;																		
Т 03	напильник 2820-0063 ГОСТ 1465-80;																		
Т 04	надфиль 2828-0023 ГОСТ 23461-84;																		
Т 05	надфиль 2829-0004 А2 50/40 ГОСТ 23461-84.																		
OK												228							

Дубл.														
Взам.														
Подл.														

1

1

Разраб.	Савлук А.А.			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01		ИШНПТ ОМШ 4А91					
Проверил	Анисимова М.А.											
Нормировал												
Н.контр.	Анисимова М.А.			ч	Сепаратор 1-ой ступени				01	03	01	065

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Термическая	Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	38...42	кг	0.98	Круг ф95	121	6.733	1
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ		
Муфельная печь КЭП-Z38/1100	-	90	2	7	100	-		

Р	ПИ		Д или В	L	t	i	S	n	V
Т 01	Поддон, тара, кузнечные клещи.								
О 02	1. Поместить деталь в печь;								
О 03	2. Нагреть деталь до температуры 850°C;								
О 04	3. Калить деталь при заданной температуре в течение 45 мин;								
О 05	4. Охлаждать деталь в масле со скоростью выше критической.								
М 06	Масло закалочное МЗМ-120 ТУ 38.101135-88.								
О 07	5. Поместить деталь в печь;								
О 08	6. Нагреть деталь до температуры 600°C;								
О 09	7. Отпустить деталь при заданной температуре в течение 45 мин;								
О 10	8. Охлаждать деталь на воздухе.								
Т 11	Твердомер 20...70 HRC ГОСТ 23677-79.								

ОК

230

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

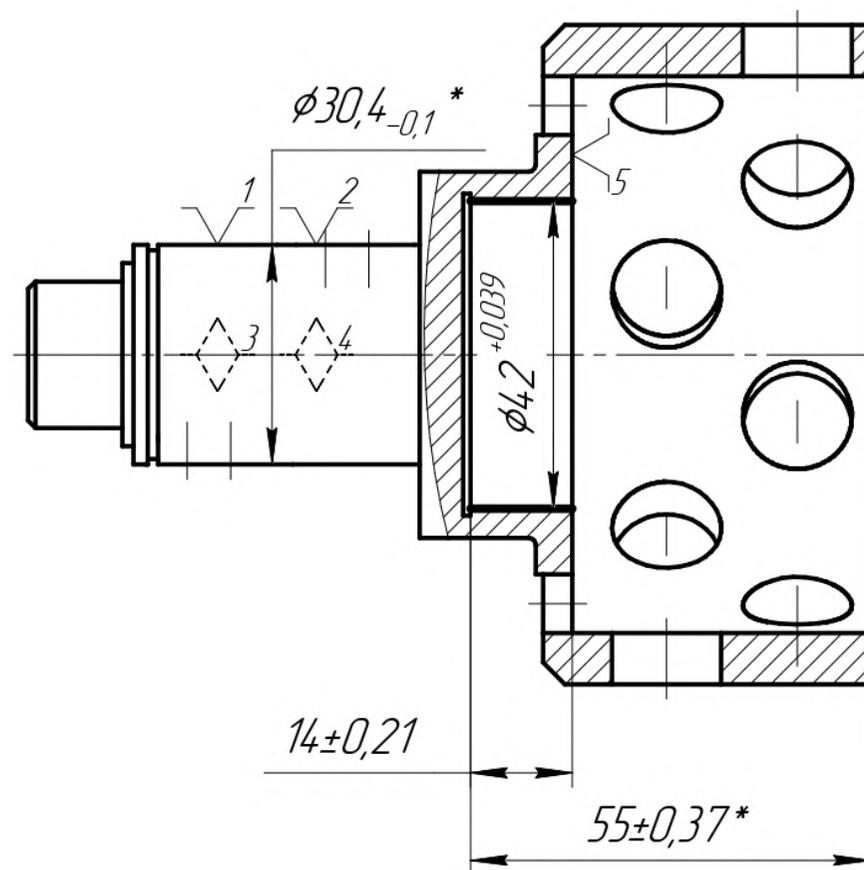
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

10

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

070

 $\sqrt{Ra} 1,25$ 

* Размеры для справок.

КЭ

231

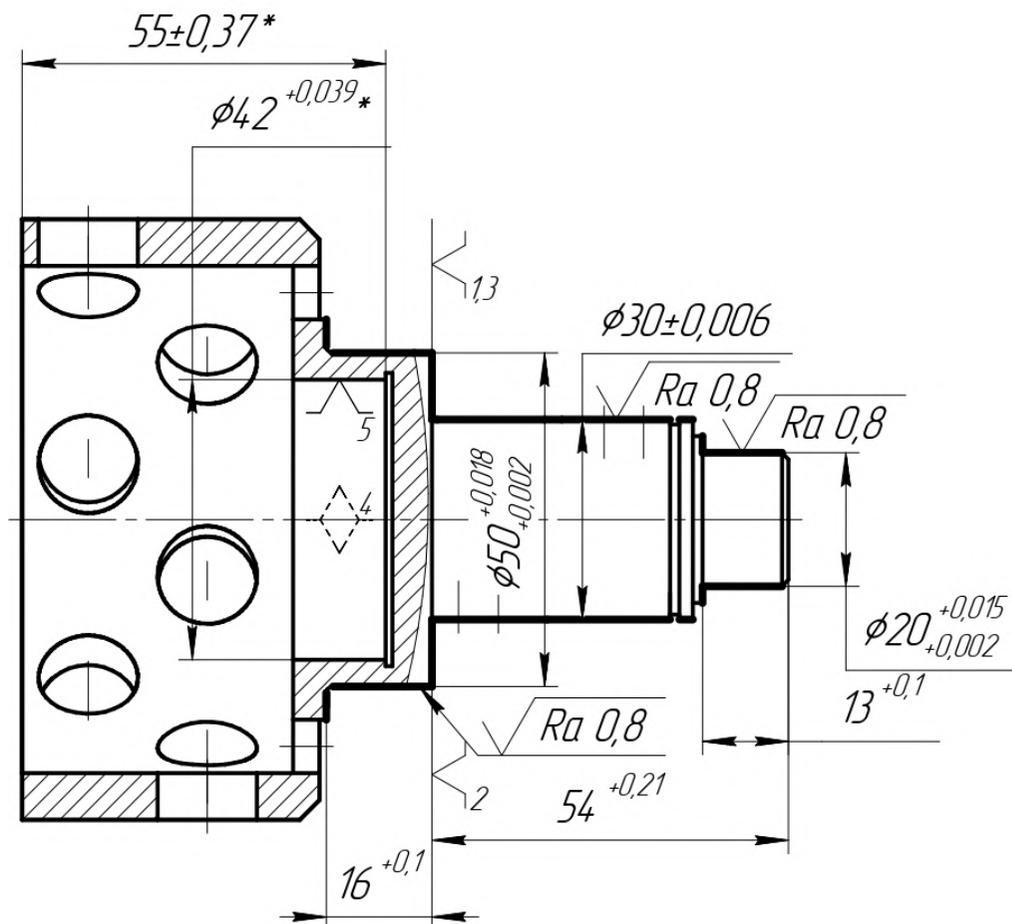
Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				

11

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

080

 $\sqrt{Ra\ 1,25}$ (✓)

* Размеры для справок.

Дубл.																										
Взам.																										
Подл.																										
													4	1												
Разраб.	Савлук А.А.				НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ Омш 4А91																	
Проверил	Анисимова М.А.								Сепаратор 1-ой ступени							01	02	08	080							
Нормировал					ч																					
Н.контр.	Анисимова М.А.																									
Наименование операции				Материал				Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры					МЗ	КОИД								
Круглошлифовальная				Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013				38...42		кг	0,98	Круг ф95 121					6.733	1								
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				То		Тв		Тпз.		Тшт.		СОЖ										
Станок круглошлифовальный универсальный 3С120В высокой точности				-				12		10		14		24		5% Укринол 1М ТУ 0258-054-23763315-2007										
Р					ПИ	D или B		L		t	i		S	n		V										
О 01	А. Установить деталь на оправку. База: диаметр ф42(+0,039) мм и торец.																									
Т 02	Патрон 7100-0025 ГОСТ 2675-80;																									
Т 03	оправка 7112-1464-I ГОСТ 31.1066.02-85; индикатор 1 МИГ-1 ГОСТ 9696-82; стойка С-III-8-50 ГОСТ 10197-70.																									
04																										
О 05	1. Шлифовать предварительно поверхность, выдерживая размеры ф50,1(-0,046) мм, 16(+0,1) мм.																									
Т 06	Круг 1 350x40x76,2 25А F60 K6 V40 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																									
Т 07	карандаш 3908-0065 ГОСТ 607-80;																									
Р 08	ф50,1 16 0,15 1 20 2000 30																									
Т 09	штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;																									
Т 10	микрометр МК Ц75-0,001 ГОСТ 6507-90;																									
Т 11	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																									
12																										
О 13	2. Шлифовать окончательно поверхность, выдерживая размеры ф50(+0,018; +0,002) мм, 16(+0,1) мм.																									
OK																			235							

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

											4
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

											ИШНПТ-4А91016.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	080
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------	----------------	-----

Р	ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
T 01	калибр-скоба 8113-0140 к6 ГОСТ 18360-93;							
T 02	образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.							

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										1	1		
Разраб.	Савлук А.А.			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91					
Проверил	Анисимова М.А.												
Нормировал													
Н.контр.	Анисимова М.А.			Ч	Сепаратор 1-ой степени					01	05	01	090
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Промывочная		Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013			38...42	кг	0.98	Круг ф95 121		6.733	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ				
Промывочная ванна ВП 12.9.6/0,9		-			4	1	3	5	-				
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V				
О 01	1. Промыть деталь по ТТП 01279-00001.												
М 02	Раствор по ТТП 01279-00001.												
OK												240	

Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
																2		
										ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91		095			
Р					ПИ	D или B		L	t	i	S	n	V					
О 01	26(-0,2) мм.																	
Т 02	Глубиномер ГМ50-1-0,01 ГОСТ 7470-92;																	
О 03	8(-0,036) мм.																	
Т 04	Призма 8314-0078 ГОСТ 24114-80;																	
О 05	φ15(+0,018) мм.																	
Т 06	Калибр-пробка 8133-0929 Н7 ГОСТ 14810-69;																	
О 07	51°42'±5', 26°11'±5', 45°±1°.																	
О 08	Микроскоп инструментальный ИМЦЛ-1 160x80-5" Б ГОСТ 8074-82;																	
О 09	φ20(+0,015; +0,002) мм.																	
Т 10	Калибр-скоба 8113-0112 к6 ГОСТ 18360-93;																	
О 11	φ30±0,006 мм.																	
Т 12	Калибр-скоба 8113-0122 js6 ГОСТ 18360-93;																	
О 13	φ50(+0,018; +0,002) мм.																	
Т 14	Калибр-скоба 8113-0140 к6 ГОСТ 18360-93;																	
О 15	2. Контролировать шероховатость полученных поверхностей.																	
Т 16	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.																	
О 17	3. Контролировать допуски расположения полученных поверхностей: допуск симметричности 0,072 мм и допуск																	
О 18	параллельности 0,016 мм.																	
ОК																242		

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

3

ИШНПТ-4А91016.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

095

Р

ПИ

D или B

L

t

i

S

n

V

Т 01 Головка ИПМ ГОСТ 28798-90; стойка С-III-8-50 ГОСТ 10197-70.

OK

243

Дубл.										
Взам.										
Подл.										

									1	1
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Разраб.	Савлук А.А.			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91016.00.00.01			ИШНПТ ОМШ 4А91		
Проверил	Анисимова М.А.									
Нормировал										

Н.контр.	Анисимова М.А.			Сепаратор 1-ой ступени				01	05	02	100
----------	----------------	--	--	------------------------	--	--	--	----	----	----	-----

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Консервация	Круг 95 ГОСТ 2590-2006 / Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	38...42	кг	0.98	Круг ф95 121	6.733	1
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ	
Консервационная тара	-	4	2	14	6	-	

Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
---	--	----	---------	---	---	---	---	---	---

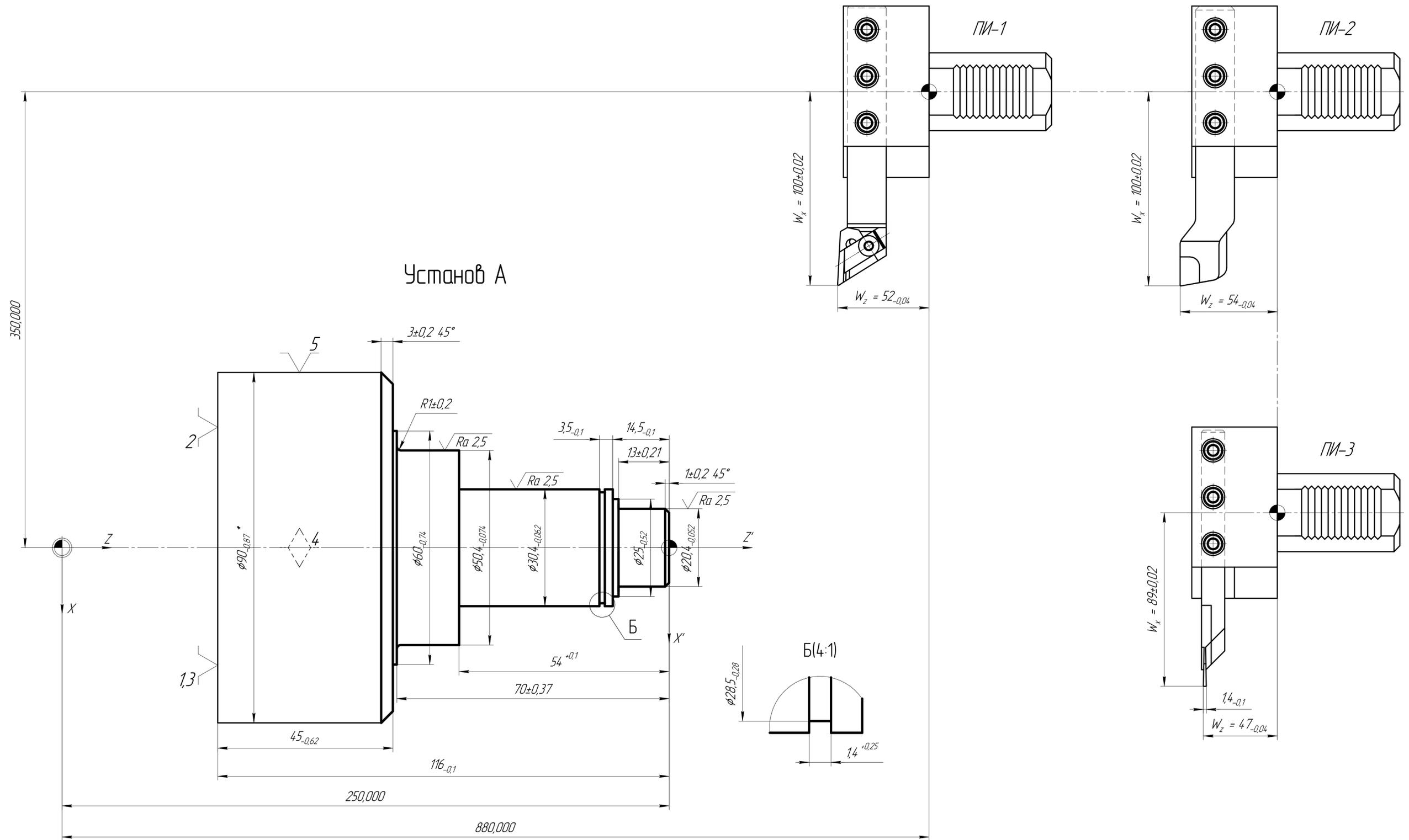
О 01	1. Консервировать деталь по ТТП 60270-00001, вариант 2.									
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

М 02	Материалы по ТТП 60270-00001, вариант 2.									
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ОК									244
----	--	--	--	--	--	--	--	--	-----

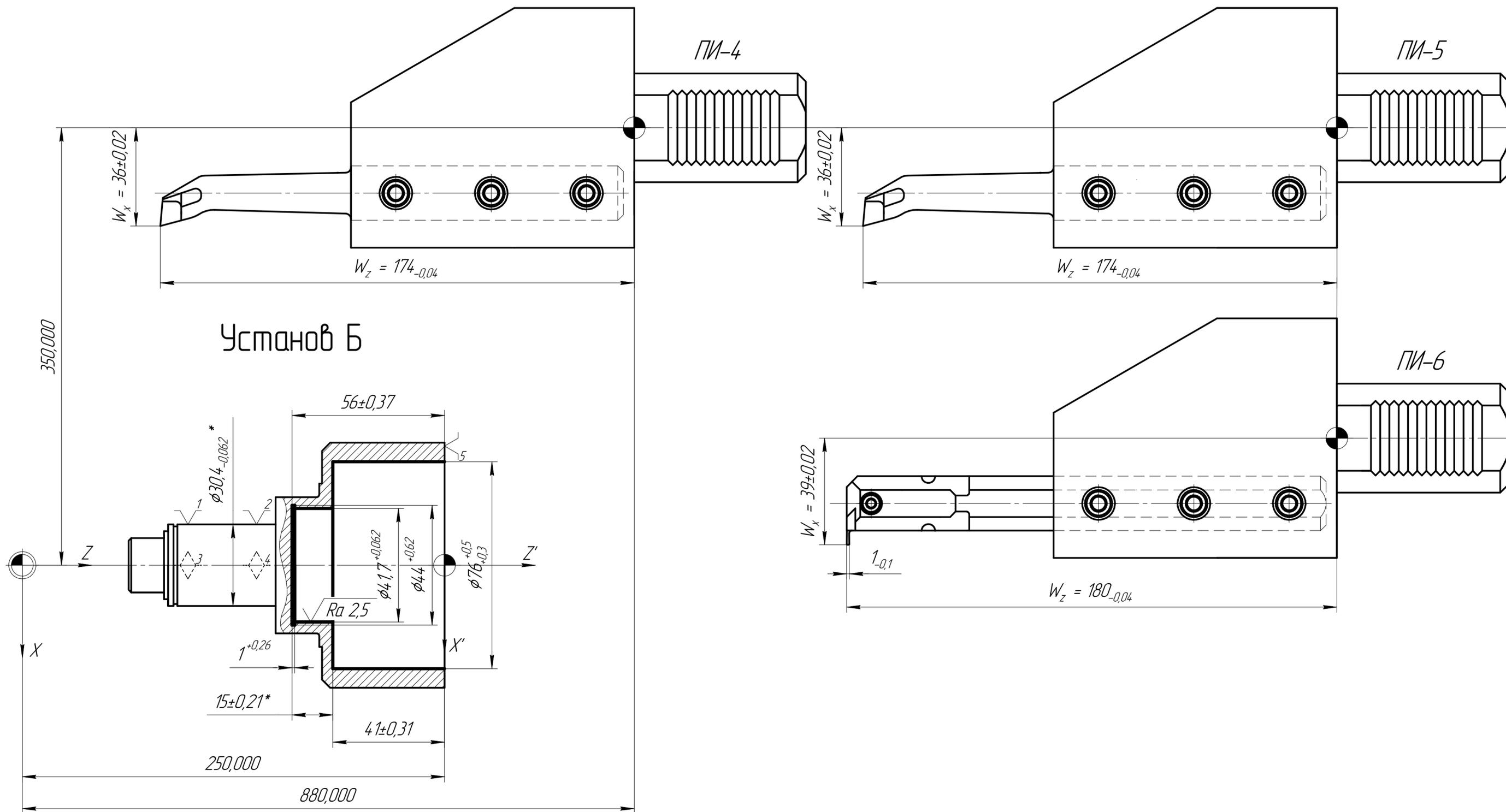
Приложение Г
Карты наладки (графическая часть)

Установ А



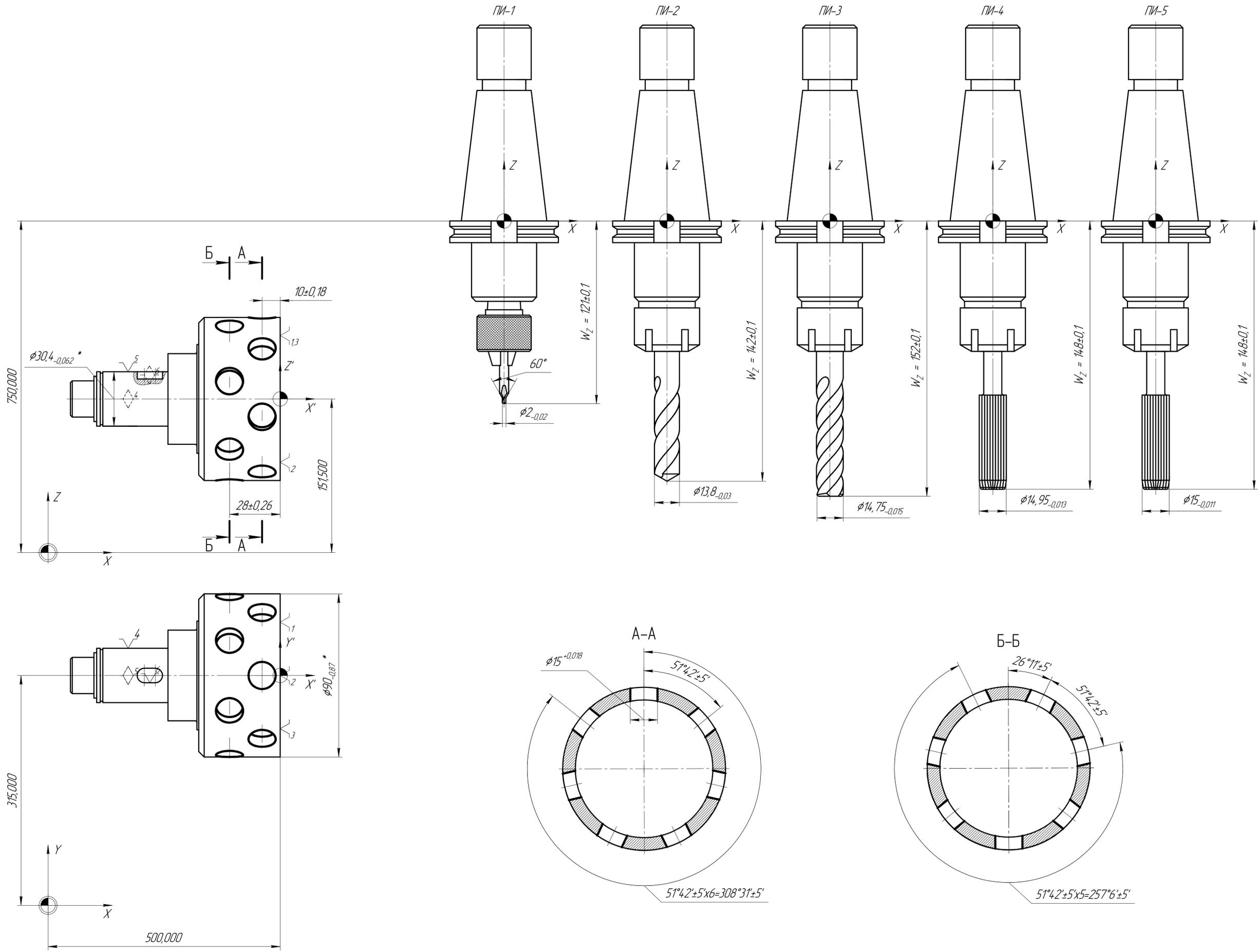
* Размер для справок.
 (Symbol with circle and dot) - ноль станка
 (Symbol with circle and dot) - ноль детали
 (Symbol with circle and dot) - ноль инструмента

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)



* Размеры для справок.

- нуль станка
- нуль детали
- нуль инструмента



* Размеры для справок.
 - нуль станка
 - нуль детали
 - нуль инструмента

Приложение Д
Технические характеристики станков с ЧПУ

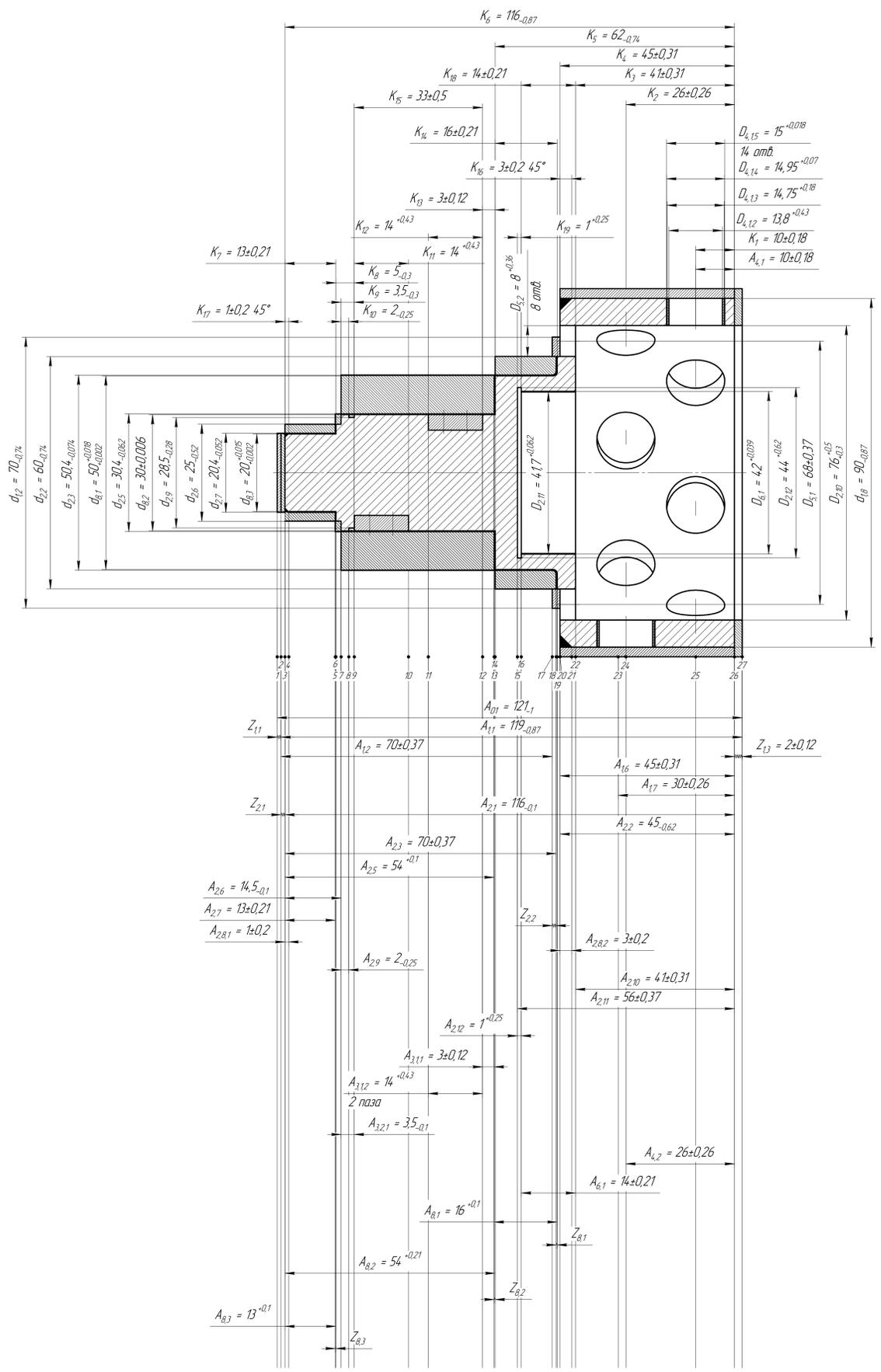
Таблица Д.1 – Технические характеристики токарного станка с ЧПУ KDCCK-40F CNC Устройство ЧПУ Fanuc 0i-MATE TD

Технические данные	Единицы измерения	Значение
Макс. Ø заготовки над станиной	мм	Ø750
Макс. Ø обточки по образующей	мм	Ø350
Макс. длина обточки по образующей	мм	870
Макс. Ø обточки по торцу	мм	Ø750
Макс. Ø заготовки над направляющей задней бабки	мм	Ø570
Ø патрона	мм	Ø305
Ø проходного отверстия в шпинделе	мм	Ø105
Макс. Ø прутка	мм	Ø86
Мощность шпинделя	кВт	15
Частота вращения шпинделя	об/мин	100-2000
Торец шпинделя	мм	220
Тип привода	-	Сервомотор
Макс. крутящий момент по оси X	Нм	15
Макс. крутящий момент по оси Z	Нм	22
Кол-во позиций инструмента	шт.	12
Макс. размер инструмента (квадратное сеч./Ø расточки)	мм	25x25/40
Макс. перемещение по оси X	мм	350
Макс. перемещение по оси Z (с/без патрона)	мм	880(1050)
Ускоренное перемещение по оси X	м/мин	10
Ускоренное перемещение по оси Z	м/мин	20
Миним. перемещение	мм	0,001
Направляющие	-	Линейные качения
Угол наклона направляющих	°	30
Конус пиноли задней бабки	-	МК-6
Ø пиноли задней бабки	мм	Ø100
Ход пиноли задней бабки	мм	200
Максимальная скорость подачи	м/мин	10
Повторяемость по оси X	мм	0,006
Повторяемость по оси X	мм	0,008
Объем бака для СОЖ	л	200
Мощность гидростанции	кВт	1,5
Мощность насоса	кВт	0,55
Габаритные размеры ДхШхВ	мм	3375x2250x1965
Масса	кг	5400

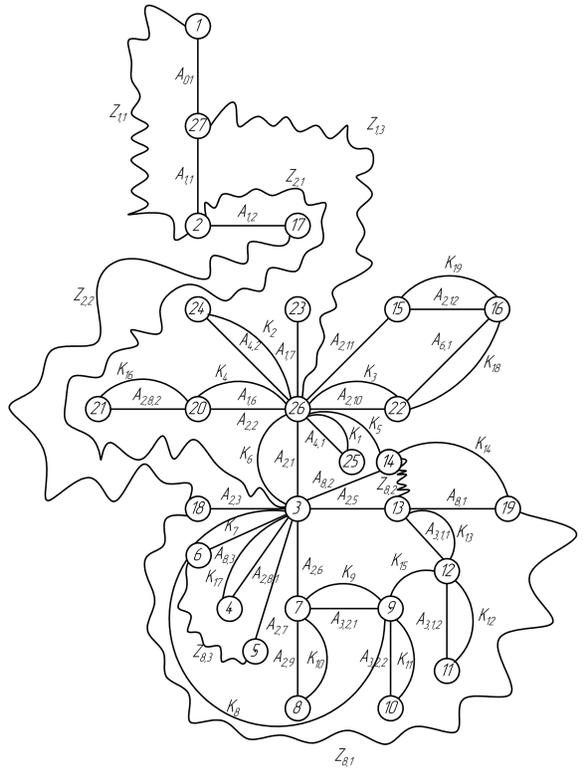
Таблица Д.2 – Технические характеристики координатно-расточного станка с ЧПУ 2E450AФ30. Устройство ЧПУ: штатное 2C42-65-03, дополнительное Fanuc 19i-TD

Наибольший диаметр сверления в стали 45	мм	30
Наибольший диаметр расточки в стали 45	мм	10..250
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола	мм	200..750
Расстояние от оси шпинделя до стойки (вылет шпинделя)	мм	710
Рабочая поверхность стола	мм	1120x630
Наибольшая масса обрабатываемого изделия	кг	600
Наибольшее продольное перемещение стола	мм	1000
Наибольшее поперечное перемещение стола	мм	630
Число Т-образных пазов на столе	шт.	7
Расстояние между пазами	мм	80
Число скоростей перемещения стола и салазок шпиндельной бабки	шт.	14
Пределы рабочих подач стола при фрезеровании	мм/мин	2,5..1000
Наибольшее усилие подачи по осям X, Y, Z	Н	10000
Частота вращения шпинделя	об/мин	10...2500
Наибольшее вертикальное (ход) перемещение гильзы шпинделя (ручное, механическое)	мм	260
Наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной коробки (установочное)	мм	310
Пределы рабочих подач шпинделя	мм/мин	1,2..1000
Внутренний конус шпинделя		Конус 45, 7:24
Наибольший конус закрепляемого инструмента		Морзе 4
Наибольший крутящий момент на шпинделе	Н·м	200
Штатная система ЧПУ		2C42-65-03
Дополнительная система ЧПУ		Fanuc 19i-TD
Количество управляемых осей координат		3
Количество одновременно управляемых осей координат		2
Дискретность отсчета по осям X, Y, Z	мм	0,001
Электродвигатель привода главного движения	кВт	7,2
Электродвигатель привода перемещения стола	кВт	1,1
Габариты станка, включая ход стола и салазок (длина x ширина x высота)	мм	2800x3000x3000
Масса станка	кг	7900

Приложение Е
Размерный анализ



Размерная схема технологического процесса



Граф-дерево технологических размерных цепей

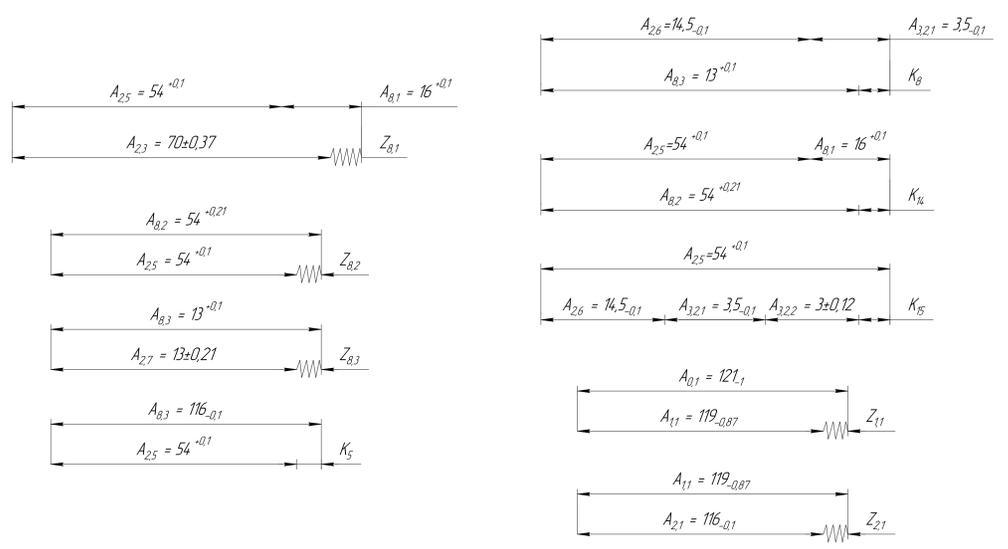
Линейные размеры
 Количество технологических размеров: $A = 26$
 Количество поверхностей: $\Pi = 27$
 Количество конструкторских размеров: $K = 19$
 Количество припусков: $Z = 7$
 Проверка правильности построения размерной схемы:

$\Pi - 1 = A$
 $27 - 1 = 26,$

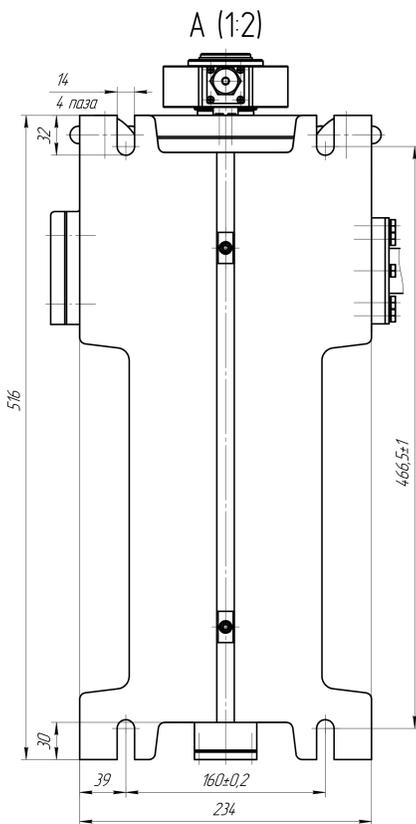
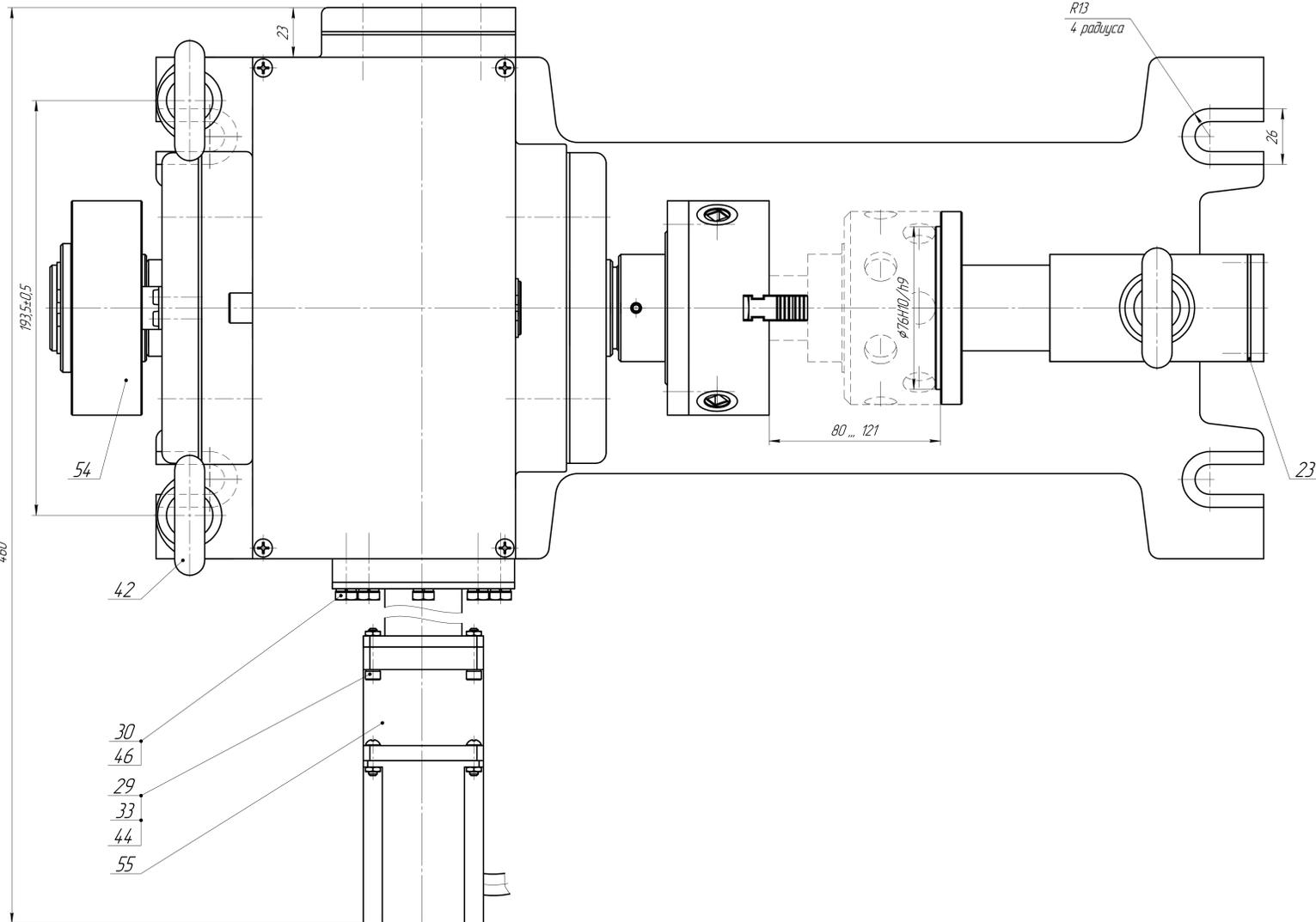
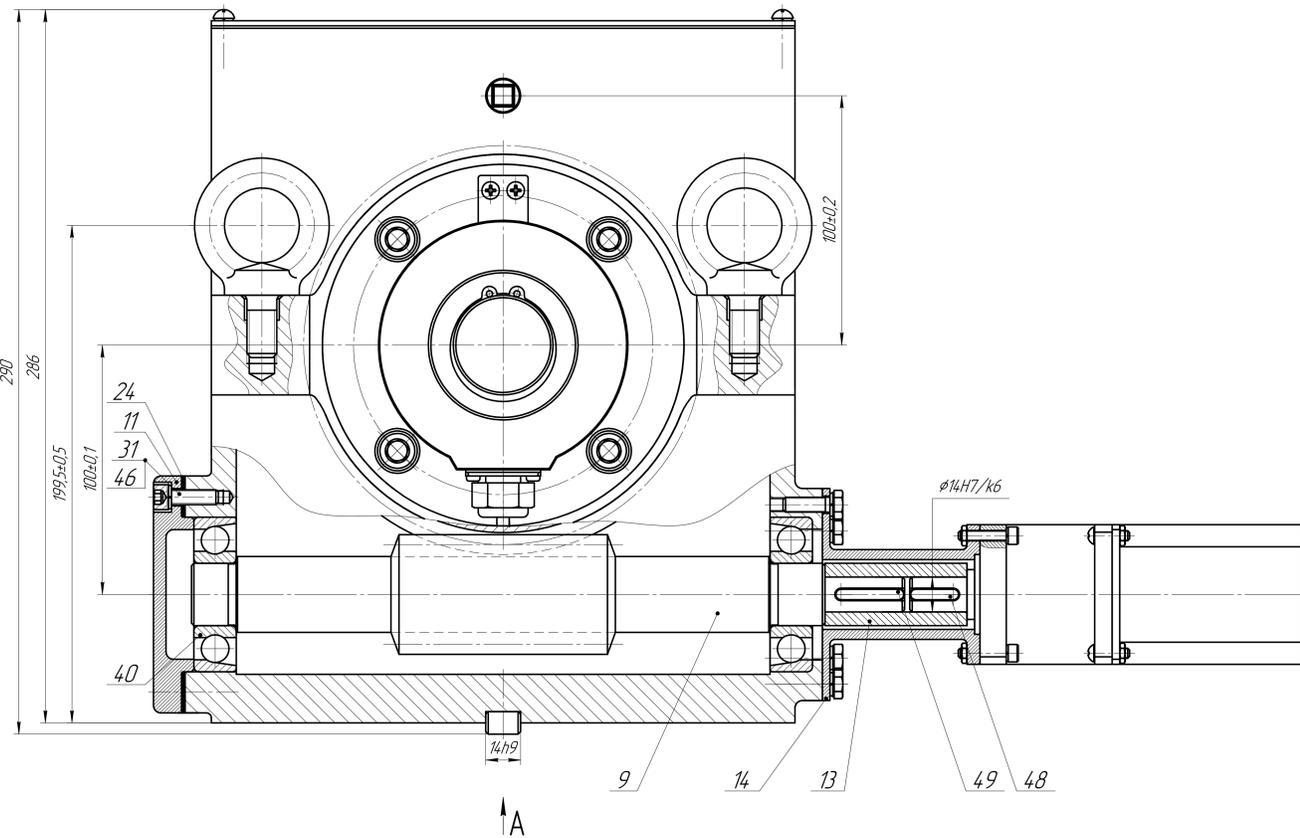
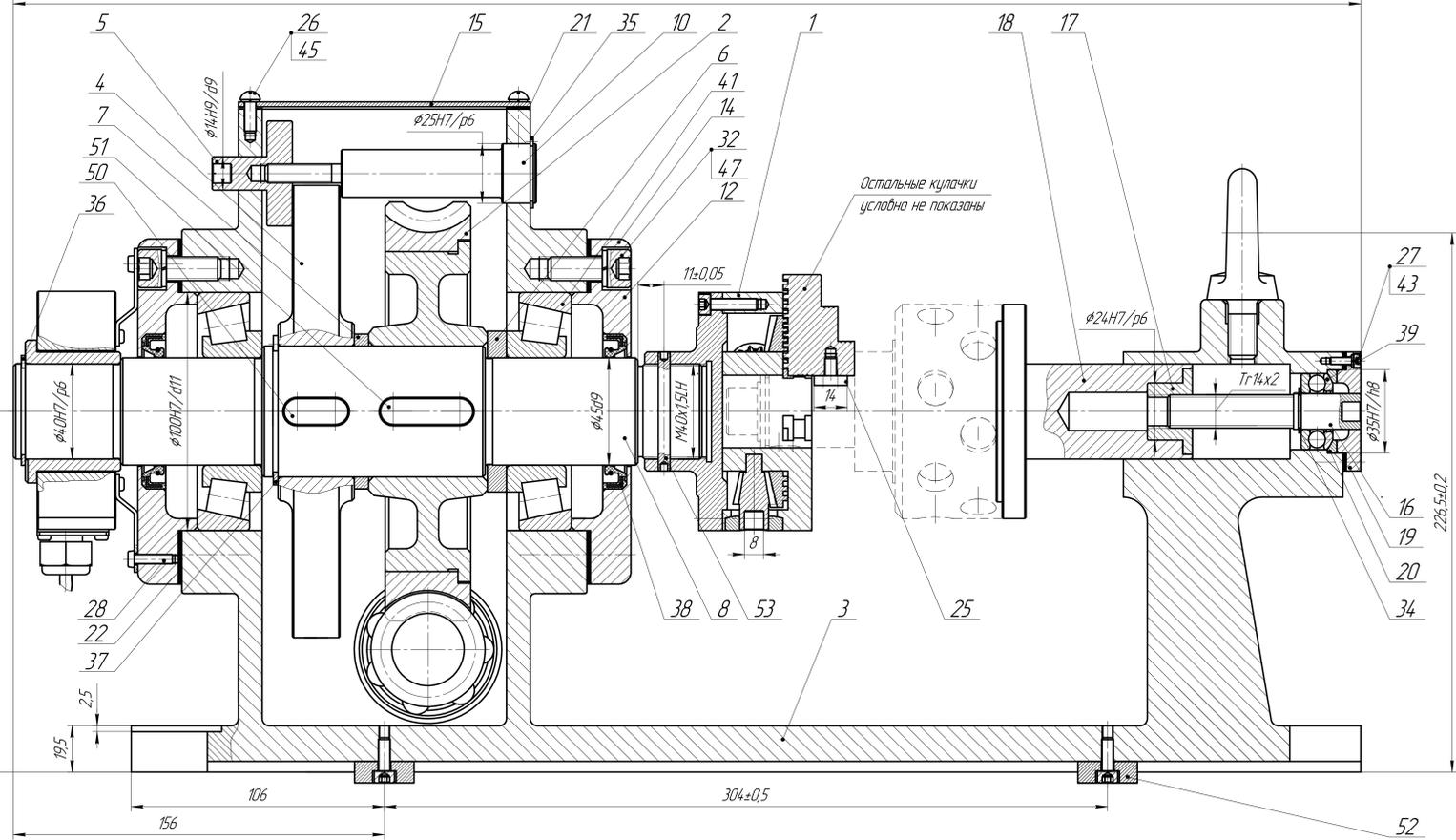
условие 1 выполняется.

$K + Z = A$
 $19 + 7 = 26,$

условие 2 выполняется.



Приложение Ж
Сборочный чертеж приспособления



Технические характеристики

1. Вращающий момент на выходном валу, Нм	255
2. Частота вращения входного вала, об/мин	0,59
3. Характеристика головки делительной	612
4. Угол шага мотор-редуктора	18°
5. Допуск углового шага	16"
6. КПД редуктора	67%
7. Ход пинны подвижной бабки, мм	41
8. Усилие зажима, кН	4,6
9. Масса приспособления, кг	82,58

Технические требования

- Подвижные элементы пп. 2, 39, 40, 41 смазать консистентной смазкой пресс-сплодл Ж ГОСТ 1033-79.
- Подшипники пп. 39, 40, 41 установить по посадке L0/k6.
- Элементы пп. 2, 4 установить по посадке H7/h6.
- Призматические шпонки пп. 48, 49, 50, 51 установить по посадке N9/h9.
- Обеспечить тепловой зазор 0,2..0,5 мм в подшипниковых узлах пп. 39, 40, 41.
- Обеспечить зазор не более 0,2..0,5 мм в тормозном элементе пп. 4.
- Обеспечить отклонение соосности выходного вала мотор-редуктора пп. 56 и червячного вала пп. 9 не более 20 мкм.
- Обеспечить отклонение соосности выходного вала пп. 8 и пинны подвижной бабки пп. 18 не более 15 мкм.

ИШНПТ-4А91016.01.00.00 СБ				Лист		Масса		Максимально	
Головка делительная				у				11	
Сварочный чертёж				Лист	Листов				
Исполнитель				ТПУ ИШНПТ					
Сред.				Группа АА91					
Копирован				Формат А0					

Приложение И
Спецификация

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
		А0			ИШНПТ-4А91016.01.00.00 СБ	Сборочный чертеж		
						<u>Сборочные единицы</u>		
Справ.		Б4	1		ИШНПТ-4А91016.01.01.00	Патрон 7100-0002 ГОСТ 2675-80	1	
		Б4	2		ИШНПТ-4А91016.01.02.00	Колесо червячное	1	
						<u>Детали</u>		
		Б4	3		ИШНПТ-4А91016.01.00.03	Корпус	1	
		Б4	4		ИШНПТ-4А91016.01.00.04	Колесо тормозное	1	
		Б4	5		ИШНПТ-4А91016.01.00.05	Втулка тормозная	1	
		Б4	6		ИШНПТ-4А91016.01.00.06	Втулка распорная	1	
		Б4	7		ИШНПТ-4А91016.01.00.07	Втулка	1	
		Б4	8		ИШНПТ-4А91016.01.00.08	Выходной вал	1	
		Б4	9		ИШНПТ-4А91016.01.00.09	Червячный вал	1	
		Б4	10		ИШНПТ-4А91016.01.00.10	Вал тормозной	1	
		Б4	11		ИШНПТ-4А91016.01.00.11	Крышка торцовая глухая	1	
		Б4	12		ИШНПТ-4А91016.01.00.12	Крышка торцовая сквозная	2	
		Б4	13		ИШНПТ-4А91016.01.00.13	Муфта соединительная	1	
		Б4	14		ИШНПТ-4А91016.01.00.14	Фланец переходный	1	
		Б4	15		ИШНПТ-4А91016.01.00.15	Смотровой люк	1	
					ИШНПТ-4А91016.01.00.00			
Изм.		Лист	докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Савлук А.А.				Лит.	Лист	Листов
Пров.		Анисимова М.А.					1	3
Н.контр.					Головка делительная ТПУ ИШНПТ Группа 4А91			
Утв.								

