



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 «Вал-шестерня» на станках с ЧПУ	
УДК 621.81-2-043.61	

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А91	Кривошеев Денис Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пустовых Ольга Сергеевна	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	К.Т.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ефременков Е.А.	К.Т.Н.		

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 стандартами, 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
4А91	Кривошеев Денис Юрьевич

Тема работы:

Технологическая подготовка производства детали «Вал-шестерня» на станках с ЧПУ	
Утверждена приказом директора	№34-98/с от 03.02.2023

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Чертеж детали «Вал-шестерня» Тип производства: мелкосерийное</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<p>Технологическая подготовка производства. Проектирование альтернативного процесса изготовления заданной детали на современных станках с ЧПУ. Разработка принципиальной схемы автоматизированного оборудования.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Чертеж детали. Сборочный чертёж приспособления. Комплект документов. Карты наладки.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологический	Пустовых Ольга Сергеевна
Конструкторский	Пустовых Ольга Сергеевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пустовых Ольга Сергеевна	—		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А91	Кривошеев Денис Юрьевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 125 страниц, 17 рисунков, 36 таблиц, 10 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, вал-шестерня, технологический процесс, специальное приспособление, управляющая программа, средства технологического оснащение, размерный анализ, режимы резания.

Объектом исследования является деталь типа «Вал-шестерня».

Цель работы – технологическая подготовка производства детали «Вал-шестерня» на станках с ЧПУ.

В процессе работы был проведён анализ технологичности, спроектирован технологический процесс изготовления детали, подобраны средства технологического оснащения, рассчитаны припуски и режимы резания, получены управляющие программы для станков с ЧПУ, произведён размерный анализ, разработано специальное приспособление.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: технологичность конструкции, простота изготовления, надёжность, безопасность, материалоемкость.

Степень внедрения: мелкосерийное производство

Область применения: машиностроение

Экономическая эффективность/значимость работы определена в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Влияние на окружающую среду отражено в разделе «Социальная ответственность».

Обозначения, сокращения

ЧПУ – числовое программное управление;

ТПП – технологическая подготовка производства;

ТКИ – технологичность конструкции изделия;

ТП – технологический процесс;

УП – управляющая программа;

СТО – средства технологического оснащения;

СПИЗ – (станок-приспособление-инструмент-заготовка);

КИМ – коэффициент использования материала;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ГПС – гибкая производственная система;

ГПМ – гибкий производственный модуль;

УП – управляющая программа.

Оглавление

Введение.....	11
Раздел 1. Проектирование технологического процесса изготовления детали	12
1.1. Анализ технологичности конструкции детали	12
1.2. Обеспечение эксплуатационных свойств детали.....	16
1.3. Способ получения заготовки	18
1.4. Проектирование технологического процесса	20
1.5. Расчёт припусков на обработку	30
1.6. Выбор средств технологического оснащения.....	36
1.7. Выбор и расчёт режимов резания.....	44
1.8. Нормирование и уточнение технологических переходов.....	53
1.9. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ	56
1.10. Размерный анализ технологического процесса	58
Выводы.....	64
Раздел 2. Проектирование средства технологического оснащения.....	65
2.1. Обоснование выбора схемы приспособления.....	65
2.2. Расчёт сил зажима	68
2.3. Подбор параметров пневмопривода.....	73
2.4. Расчёт приспособления на точность	78
2.5. Проектирование гибкой производственной системы (модуля)	81
Выводы.....	83
Раздел 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	85
Введение.....	85
3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИР с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	85
3.1.1. Анализ конкурентных технических решений.....	85
3.1.2. SWOT-анализ.....	87
3.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	90

3.2.1. Структура работ	90
3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	91
3.2.3. Разработка графика проведения работ.....	94
3.3. Бюджет научно-исследовательских работ.....	95
3.3.1. Расчет материальных затрат	95
3.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование	96
3.3.3. Заработная плата исполнителей	97
3.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы	99
3.3.5. Формирование бюджета затрат	100
3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	101
Выводы.....	103
Раздел 4. Социальная ответственность	106
Введение.....	106
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..	107
4.1.1. Правовые вопросы обеспечения безопасности.....	107
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны ..	108
4.2. Производственная безопасность.....	109
4.2.1. Опасный уровень напряжения в электрической цепи.....	110
4.2.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	110
4.2.3. Зрительное напряжение.....	111
4.2.4. Отклонение показателей микроклимата.....	111
4.2.5. Нервно-психические перегрузки, монотонность труда	112
4.3. Экологическая безопасность.....	113
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	114
Выводы.....	116
Заключение	117
Список используемых источников.....	118
Приложение А Чертёж детали	121

Приложение Б Размерная схема	122
Приложение В Комплект технологической документации	123
Приложение Г Специальное приспособление	124

Введение

Развитие машиностроительной отрасли характеризует уровень научно-технического потенциала страны. Основная задача машиностроения – снабдить все отрасли промышленности эффективным оборудованием и машинами [1]. Добиться этого можно за счёт введения новых и усовершенствования старых технологических процессов (ТП), использования современных средств технологического оснащения (СТО) и др. Все эти вопросы изучает технологическая подготовка производства, которая направлена на технологическую готовность предприятия к изготовлению изделий.

Введение новых ТП связано с разработкой нового изделия, что является комплексной задачей, связанной не только с достижением требуемого технического уровня этого изделия, но и с приданием его конструкции таких свойств, которые обеспечивают максимально возможное снижение затрат труда, материалов и энергии на его разработку, изготовление, эксплуатацию и ремонт [2]. Усовершенствование ТП может быть выражено в повышении производительности труда, например за счет использования автоматизированного оборудования, в повышении и стабилизации качества изделий, в снижении себестоимости продукции [3].

Цель выпускной квалификационной работы состоит в технологической подготовке производства детали «Вал-шестерня» на станках с ЧПУ.

В ходе работы требуется решить следующие задачи:

- Провести анализ технологичности детали
- Рассчитать припуски на обработку и подобрать режимы резания для изготовления детали
- Подобрать требуемые средства технологического оснащения, а именно: оборудование, станочные приспособления и инструмент
- Разработать технологический процесс изготовления детали
- Спроектировать специальное приспособление для шлицефрезерования

Раздел 1. Проектирование технологического процесса изготовления детали

1.1. Анализ технологичности конструкции детали

Вал-шестерня применяется в редукторах, коробках переключения передач, раздаточных коробках автомобилей и т.д. Вал-шестерня представляет собой ступенчатое полое тело вращения с элементами зубчатого зацепления и эвольвентными шлицами. В качестве зубчатого зацепления выступает зубчатый венец с прямыми зубьями в количестве 25 штук. Шероховатость зубьев $Ra = 2,5$ мкм. Шлице эвольвентные с центрированием по боковым поверхностями шероховатостью $Ra = 1,6$ мкм. Деталь содержит стандартные элементы: фаски, канавки, зубья, шлицы. Требования к изготовлению детали приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к изготовлению детали

1. Минимальный допуск	1. Допуск круглости и профиля продольного сечения шейки вала под подшипник не более 10 мкм
2. Максимальный допуск	2. Допуск радиального биения торца отверстия $\varnothing 95K7$ относительно базы в виде общей оси не более 54 мкм
3. Минимальная шероховатость	3. Шейка вала $\varnothing 65h10$: $Ra = 0,63$ мкм
4. Максимальная шероховатость	4. $\varnothing 48$ вала и отверстия $Ra = 12,5$ мкм
5. Минимальный квалитет	5. Шейка вала под подшипник: $\varnothing 75k6^{+0,021}_{+0,002}$
6. Максимальный квалитет	6. $\varnothing 48$ вала и отверстия (h14 и H14)

- В ходе изготовления детали требуются дополнительные шлифовальные операции, с целью достижения шероховатости порядка $Ra = 0,4 - 1,6$ мкм
- На чистовых операциях токарной обработки требуется применение твердосплавного инструмента с целью достижения шероховатости порядка $Ra = 0,8 - 2,5$ мкм

- Материал сталь 25ХГТ – легированная конструкционная хромомарганцовая сталь, которая применяется при изготовлении нагруженных зубчатых колёс и других деталей с твёрдостью выше 59 HRCэ. Склонна к отпускной хрупкости.

Для уменьшения износа поверхностей вала применяется химико-термическая обработка - нитроцементация на глубину 0,8...1,3 мм; после нормализации в состоянии поставки имеет твёрдость 217 HB.

Поверхности зубьев должны иметь твёрдость 57...64 HRC, поверхности шлицев не менее 51 HRC, ядро зубьев 30...46 HRC, остальные обработанные поверхности не менее 47 HRC. Это требует применения большого комплекса термических операций: нормализация – до обработки, нитроцементация с последующими закалкой и отпуском – перед началом шлифования.

В таблицах 2 и 3 и приведены химический состав и механические свойства стали 25ХГТ, а в таблице 4 – оценка параметров технологичности.

Таблица 2 – Химический состав стали 25ХГТ, массовая доля элементов %

Кремний	Марганец	Медь	Никель	Сера	Титан	Углерод	Фосфор	Хром
0,17– 0,37	0,8–1,1	0,3	0,3	0,035	0,03– 0,09	0,22– 0,29	0,035	1–1,3

- Сталь 25ХГТ относится к низкоуглеродистым сталям. Их особенность – пониженный предел прочности при повышенных значениях вязкости и пластичности. Для улучшения обрабатываемости резанием проводят предварительную нормализацию (в состоянии поставки).
- Буква Х в обозначении стали указывает, что сталь легирована хромом (Cr). Хром повышает твердость и прочность, незначительно уменьшая пластичность, увеличивает коррозионную стойкость. Хром делает сталь более восприимчивой к термической обработке, повышает закаляемость стали и при этом в случае цементируемых и улучшенных сталей влияют на обрабатываемость (ухудшает её) резанием за счет структуры в прочности.

- Буква Г в обозначении стали указывает, что сталь легирована марганцем (Mn). Сплавы, подвергнутые легированию марганцем, легче справляются с высокими динамическими нагрузками и проявляют податливость к тепловому воздействию.
- Содержание марганца до 1,5 % у сталей с низким содержанием углерода благоприятно сказывается на их обрабатываемости резанием благодаря оптимальному характеру стружкообразования.
- Легирование кремнием, никелем, медью применяется с целью повышения прочности и ударной вязкости.
- Добавление титана в малых количествах может способствовать значительному повышению прочности. Вследствие значительного уменьшения размера зерен следует ожидать плохих результатов в отношении сил резания и характера стружкообразования.
- За счёт добавления в сплав фосфора получают сыпучую стружку. При содержании до 0,1 % фосфор оказывает положительное влияние на обрабатываемость резанием.
- Сера растворяется в железе лишь в небольших количествах, но в зависимости от легирующих компонентов, содержащихся в стали, образует стабильные сульфиды. Сульфиды марганца MnS являются предпочтительными, т. к. они положительно воздействуют на обработку резанием (быстроломкая стружка, слабое образование наростов на режущей кромке, улучшенное качество поверхности детали).

Таблица 3 – Механические свойства стали 25ХГТ

Предел прочности, σ_B	Предел текучести, σ_T	Относительное удлинение образца, δ	Относительное сужение, ψ	Ударная вязкость, КСУ
1270 МПа	980 МПа	10 %	50%	589 кДж/м ²

Таблица 4 – Оценка параметров технологичности детали

Положительное влияние	Отрицательное влияние
1. В качестве конструкторских баз – наиболее точные поверхности $\varnothing 75k6$, $\varnothing 95K7$, которые совпадают с измерительными базами Е, Ж соответственно. Соблюдается принцип единства баз.	1. Заготовка – пруток (мелкосерийное производство). Из-за большого перепада диаметров ступеней будет сниматься большой напуск, что, соответственно, уменьшает коэффициент использования материала.
2. Форма детали имеет сложный контур, но состоит из стандартных и унифицированных конструктивных элементов: диаметральных и линейных размеров, зубчатого венца, шлицов. Это способствует использованию стандартных режущих и измерительных инструментов.	2. Нетехнологичными элементами являются зубья; шлицы, которые имеют эвольвентный профиль. С точки зрения механической обработки шлицевые и зубчатые поверхности нетехнологичны. Операция нарезания зубьев и шлицев со снятием стружки производится в основном малопроизводительными методами.
3. Деталь симметрична относительно своей оси вращения.	3. К отдельным поверхностям детали (шейкам вала и ступенчатым отверстиям) предъявляются повышенные требования по достижению точности обработки $Ra = 0,4 \dots 1,6$ мкм
4. На детали имеются канавки для свободного выхода режущего инструмента и фаски, причем все эти элементы являются унифицированными, что способствует повышению технологичности конструкции детали	4. Вал подвергается термической и химико-термической обработке, что свидетельствует об усложненном технологическом процессе его получения
5. Конструкция вала имеет одностороннюю ступенчатость и выполняется заодно с шестерней, что повышает её технологичность и ведёт к увеличению прочности	5. Из-за наличия нетехнологичного сквозного отверстия, деталь имеет разную жёсткость в разных сечениях, с уменьшением в сторону шлицев. Требуется применение подводимых опор или разжимных втулок, цанг, центров.

Таким образом, из-за наличия высоких требований к точности обработки, химико-термической обработки, нетехнологичных элементов в виде зубьев и шлицов, но также с учётом преобладания простых геометрических форм и доступности обработки, деталь «Вал-шестерня» обладает умеренной технологичностью.

1.2. Обеспечение эксплуатационных свойств детали

Наиболее важными эксплуатационными показателями деталей являются износостойкость и сопротивление усталости.

Износостойкость – способность детали сопротивляться изнашиванию в процессе эксплуатации. При изнашивании изменяются размеры и геометрическая форма поверхностей, приводящие к изменению характера сопряжения деталей, потере точности относительного расположения деталей.

Сопротивление усталости характеризует способность детали противостоять многократно повторяющимся знакопеременным нагрузкам в процессе эксплуатации. Недостаточное сопротивление усталости приводит к быстрой поломке деталей, вызывая отказ в работе машины.

Качество рабочих поверхностей детали, получаемых при ее изготовлении, имеет большое влияние на ее эксплуатационные свойства. Поэтому для обеспечения надежности изготавливаемой детали, нужно обеспечить высокое качество ее поверхностного слоя.

Проверка работоспособности детали выполнялась в САЕ-модуле программы SolidWorks, рисунок 1. В качестве креплений были выбраны опоры подшипников, в качестве средней нагрузки – вращающий момент 1000 Н, передающийся от шлицевого соединения.

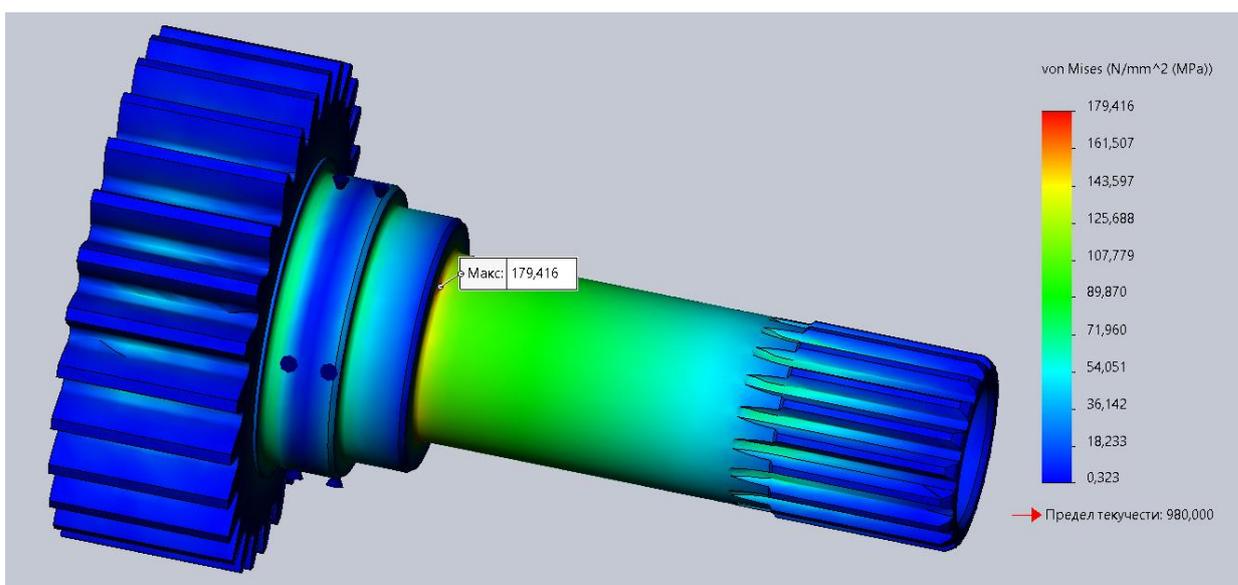


Рисунок 1 – Статический анализ детали Вал-шестерня

Из эпюры эквивалентных напряжений видно, что наибольшие контактные напряжения возникают в корне шлицев и увеличиваются к области выхода фрезы. Основная область скопления напряжений у шестерни также в корне зуба. Среди напряженных мест можно также выделить области перемены диаметров ступеней детали. Наибольшие напряжения возникают в месте перехода от 1-й ко 2-й ступени ввиду малой жёсткости из-за тонкой стенки. Как видно из рисунка 1, максимальные напряжения в детали составляют 179,4 МПа, что меньше предела текучести 980 МПа, а это значит, что деталь работает в области упругих деформаций.

Поверхности шлицев и шестерни наиболее подвержены износу, а значит, для них должны быть представлены требования по повышению износостойкости. В данной работе методом повышения износостойкости поверхностей зубьев шестерни и шлицев является химико-термическая обработка – нитроцементация.

1.3. Способ получения заготовки

При выборе метода получения заготовки решающими факторами являются: форма детали, масса, материал, объём выпуска деталей. Окончательное решение о выборе метода принимается на основе технико-экономических расчетов.

Исходными данными при расчёте заготовки являлись следующие:

- материал – сталь 25ХГТ, $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$;
- масса детали – 3,9 кг;

Сравнивались два варианта получения заготовки:

- Отрезка заготовки из проката
- Поковка, получаемая методом горячей объёмной штамповки по ГОСТ 7505-89

Коэффициент использования материала (КИМ) определяется отношением массы детали к массе израсходованного материала. При расчете КИМ находится коэффициент выхода годного материала в процессе изготовления:

$$\text{КИМ} = \frac{m}{Q}, \quad (1)$$

где m - масса готовой детали, кг; Q - масса заготовки, кг.

Масса заготовки из проката находится как произведение объёма цилиндра на плотность материала:

$$Q_{\text{проката}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot \rho, \quad (2)$$

где d – диаметр заготовки, м; L - длина заготовки, м.

$$Q_{\text{проката}} = \frac{\pi \cdot 0,135^2}{4} \cdot 0,241 \cdot 7800 = 26,9 \text{ кг}$$

Массу поковки определяется расчётным путём по ГОСТ 7505-89:

$$Q_{\text{поковки}} = m \cdot K, \quad (3)$$

где $K = 2$ – ориентировочный коэффициент для деталей с отверстиями типа полых валов, фланцев, втулок и др.

$$Q_{\text{поковки}} = 3,9 \cdot 2 = 7,8 \text{ кг}$$

$$\text{КИМ}_{\text{проката}} = \frac{3,9}{26,9} = 0,15$$

$$\text{КИМ}_{\text{поковки}} = \frac{3,9}{7,8} = 0,5$$

Сравнив коэффициенты, видно, что заготовка, полученная штамповкой, больше подходит для производства вала-шестерни, нежели пруток.

При использовании такой заготовки уменьшается время на механическую обработку, снятие припусков. Но при получении заготовки штамповкой требуется изготовление форм и присутствие необходимого оборудования, либо его закупка, что в случае мелкосерийного производства является экономически не выгодным.

Исходя из вышеперечисленного, выбрали для заготовки пруток, причём пруток горячекатаный по ГОСТ 2590-88, как самый экономичный из всех видов прутков.

1.4. Проектирование технологического процесса

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Технологический процесс непосредственно связан с изменением размеров, форм и свойств обрабатываемой детали.

Метод обработки поверхностей назначается исходя из габаритных размеров детали, точности обработки, шероховатости поверхностей.

Задачей проектирования технологического процесса механической обработки является определение такой ее последовательности, при которой наиболее полно используются технологические возможности станков, приспособлений и инструментов, а деталь изготавливается с наименьшими материальными затратами.

При мелкосерийном производстве используется концентрированный принцип построения операций (с совмещением черновой и чистовой обработки большинства поверхностей), при котором технологический процесс состоит из малого числа сравнительно сложных операций, в каждой из которых выполняется большое число переходов.

Ввиду специфики мелкосерийного производства фрезерно-центровальная операция заменяется токарно-винторезной.

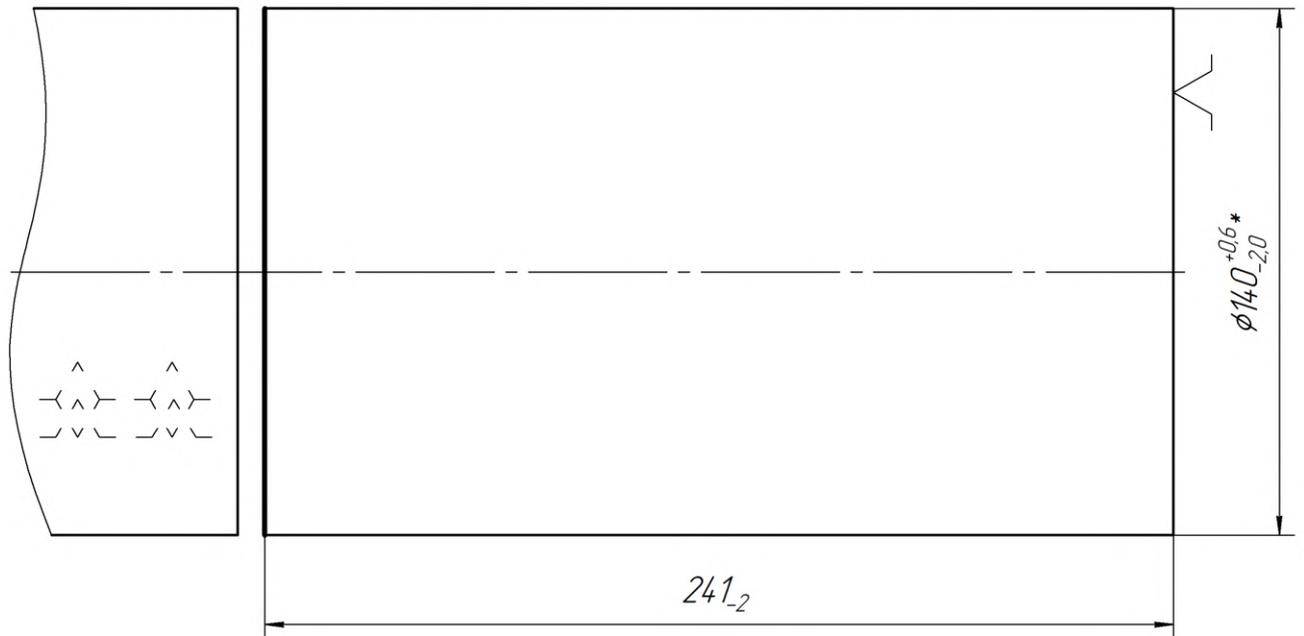
Проектирование технологического процесса обработки детали типа «Вал-шестерня» велось согласно рекомендациям [4, с. 28-30], с использованием типовых маршрутов обработки валов.

005 Заготовительная

А. Установить заготовку в призмы

База: наружная поверхность и правый торец

1. Отрезать пруток горячекатаный в размер $\phi 140_{-2,0}^{+0,6}$ * длиной 241_{-2} мм



010 Токарно-винторезная

А. Установить заготовку в 3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон

База: наружная поверхность и левый торец

1. Подрезать торец в размер $237_{-1,15}$

2. Точить наружную поверхность $\phi 133_{-1}$

Б. Переустановить заготовку в 3-х кулачковом патроне

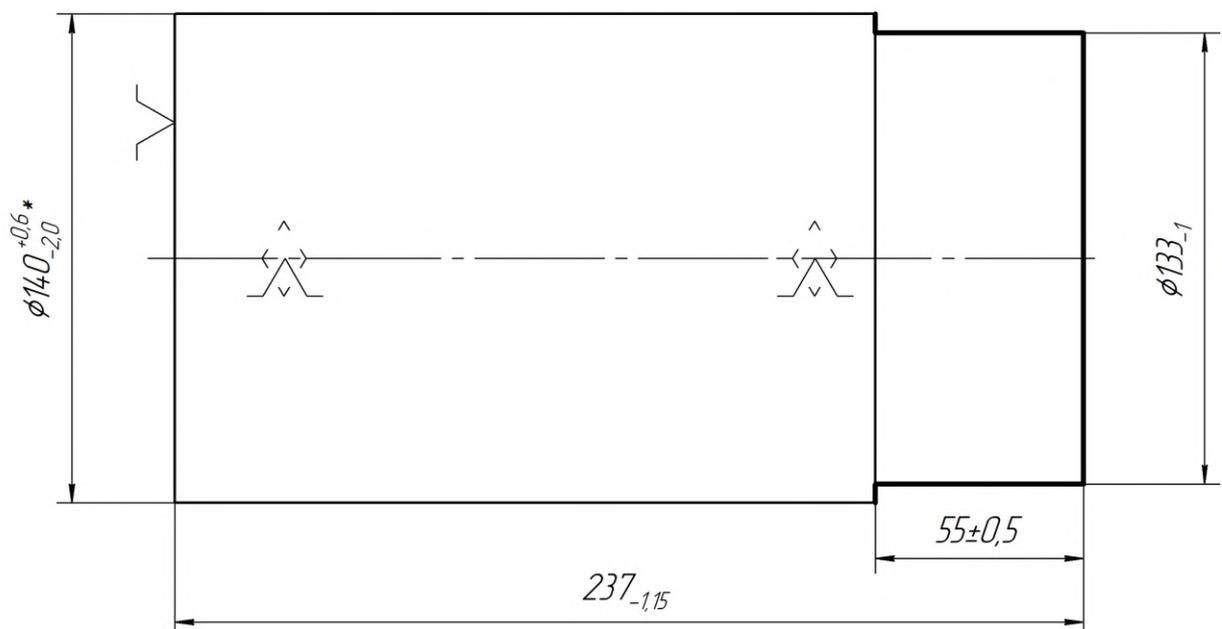
База: наружная поверхность и левый торец

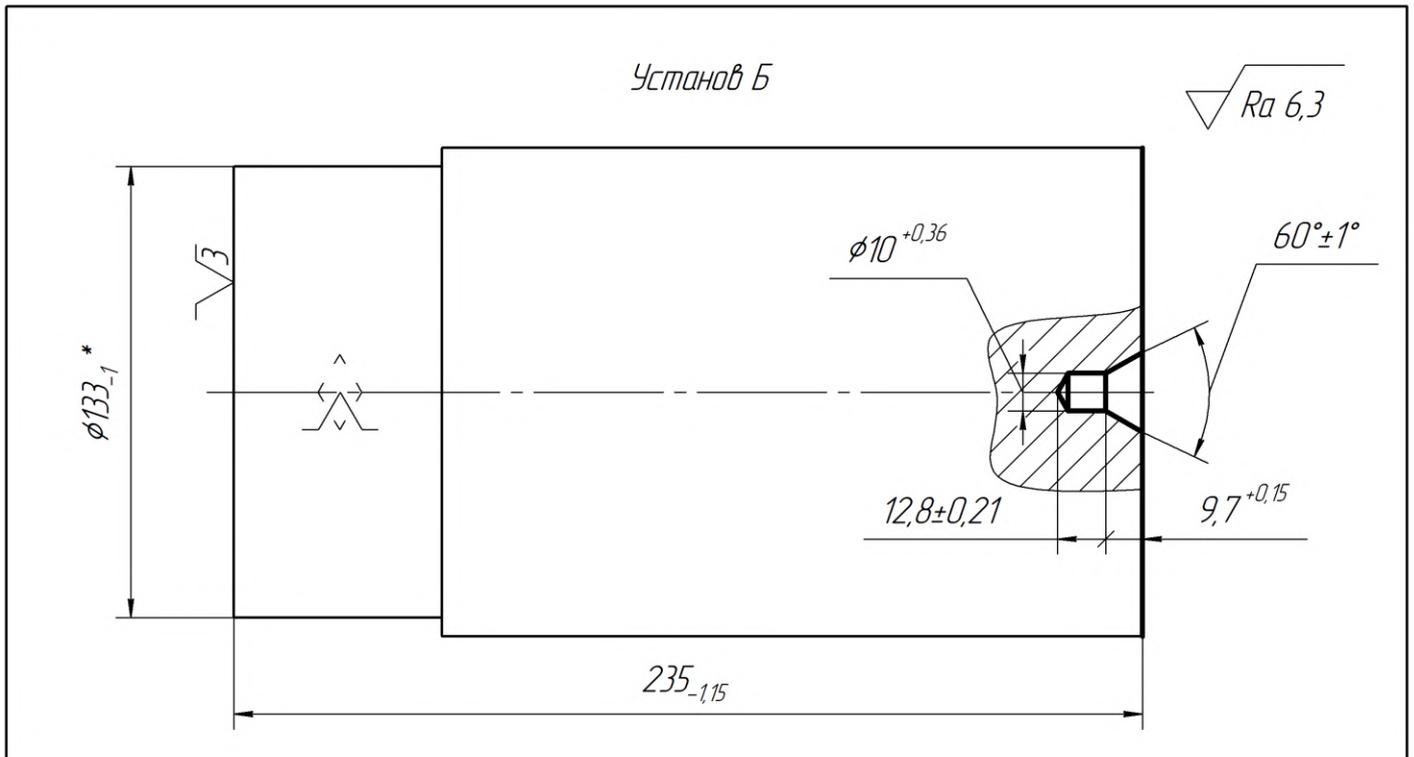
3. Подрезать торец в размер $235_{-1,15}$

4. Центровать отверстие $\phi 10^{+0,36}$

$\sqrt{Ra 6,3}$

Установ А

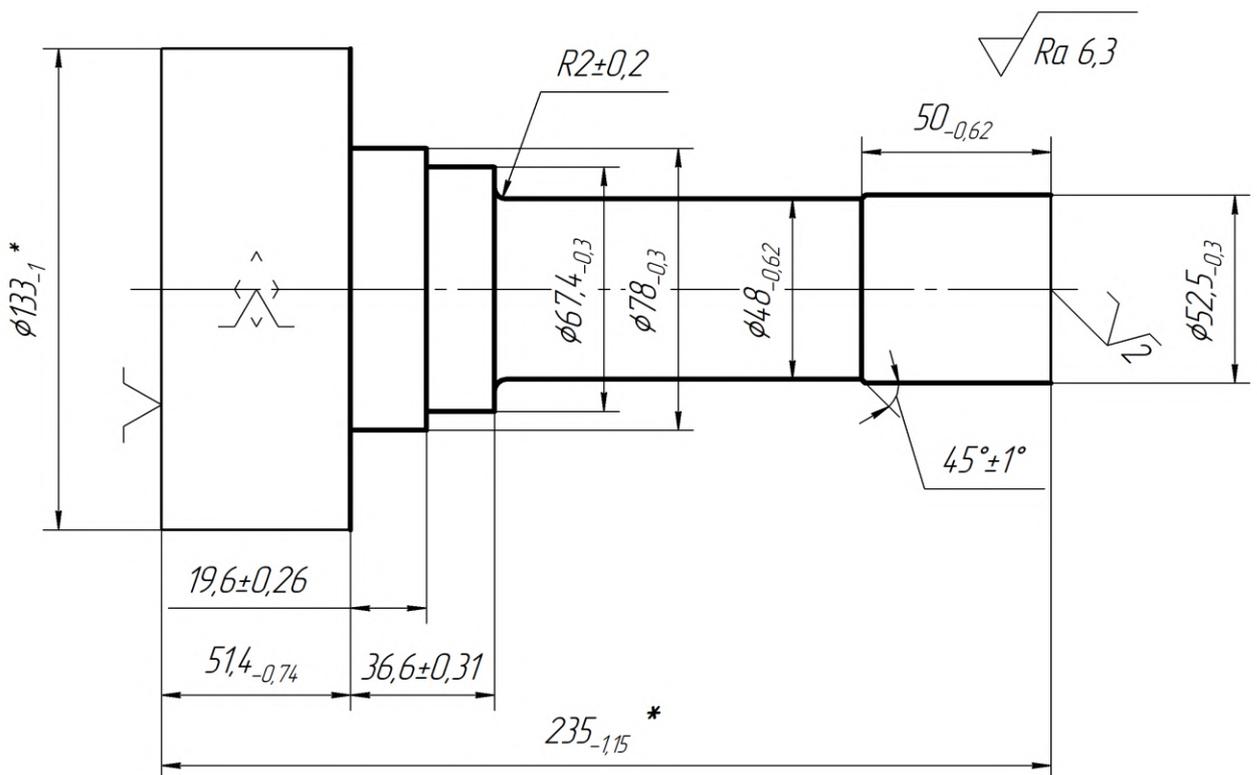




015 Токарная с ЧПУ

А. Установить вал в 3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон с упором в заднем центре
База: наружная поверхность, левый торец и центровочное отверстие

1. Точить наружную поверхность по контуру $\phi 52,5_{-0,3}$, $\phi 67,4_{-0,3}$, $\phi 78_{-0,3}$ с подрезкой торца, выдерживая размеры $51,4_{-0,74}$, $36,6 \pm 0,31$, $19,6 \pm 0,26$
2. Точить $\phi 48_{-0,62}$ и радиус $R2$
3. Подрезать левый торец, выдерживая размер под шлицы $50_{-0,62}$



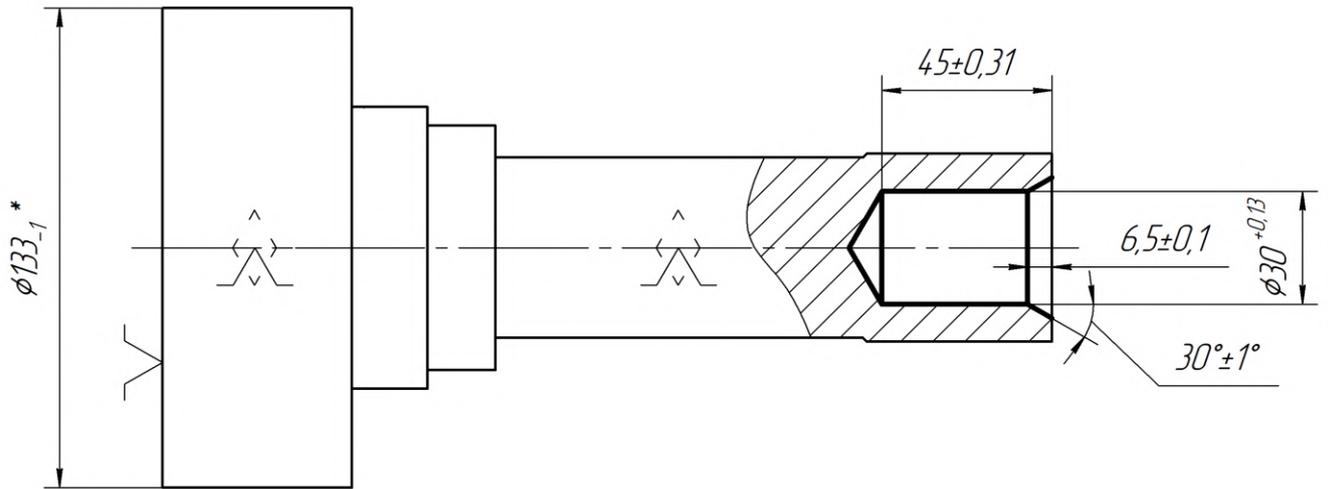
020 Токарная

А. Установить вал в 3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон с подведением люнета

База: наружные поверхности вала и левый торец

1. Сверлить пилотное отверстие $\phi 30^{+0,13}$
2. Зенковать фаску шириной 6,5 под углом 30°

$\nabla Ra 6,3$



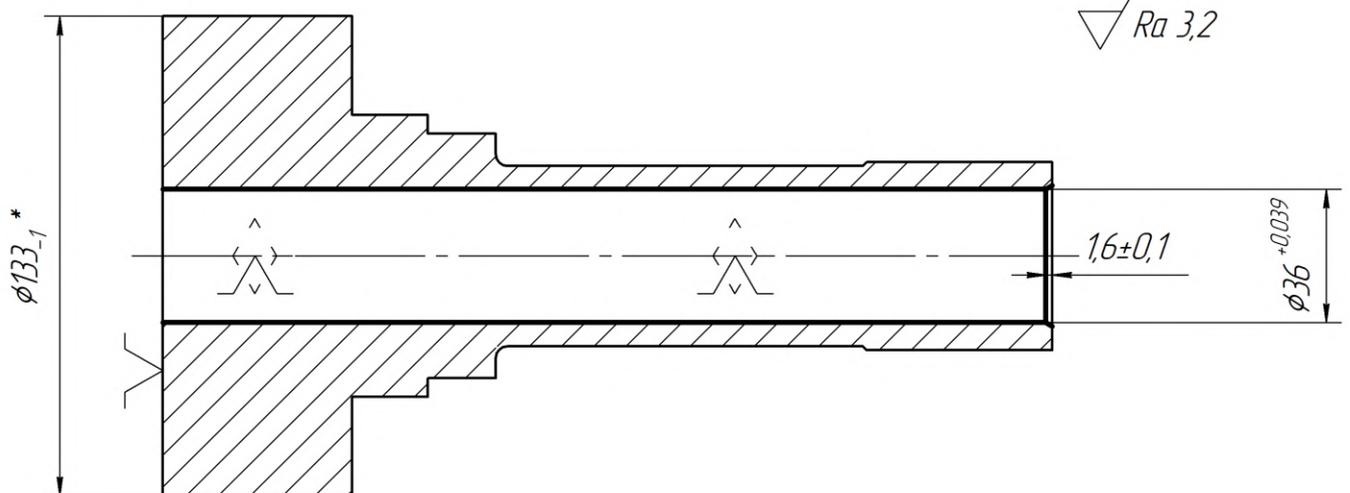
025 Токарная с ЧПУ

А. Установить вал в 3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон с подведением люнета

База: наружные поверхности вала и левый торец

1. Сверлить сквозное отверстие $\phi 36^{+0,039}$

$\nabla Ra 3,2$



030 Термическая

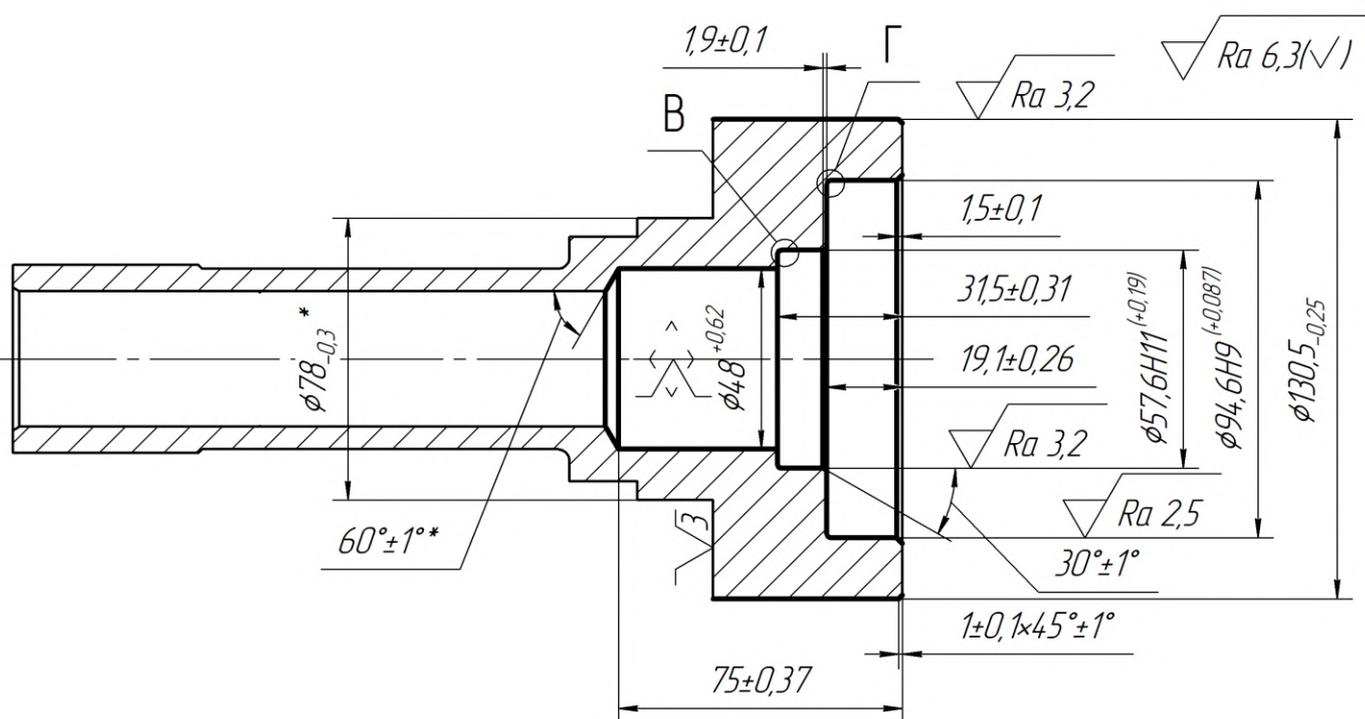
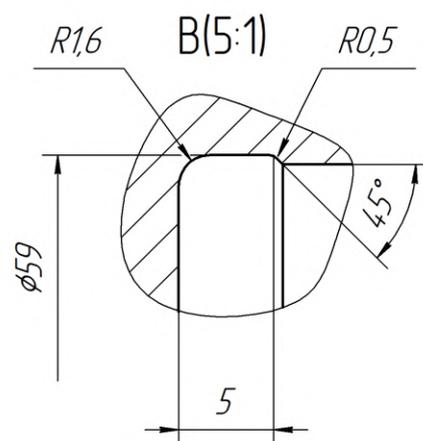
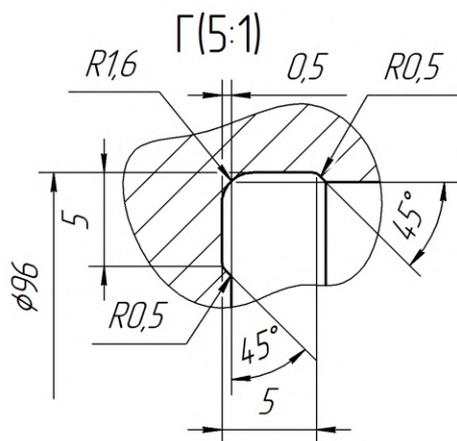
1. Стабилизировать деталь с помощью искусственного старения при температуре $500-600^\circ C$ в течение 1-6 часов

035 Токарная с ЧПУ

А. Установить вал в 3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон

База: шейка вала и торец

1. Точить наружную поверхность $\phi 130,5_{-0,25}$ окончательно со снятием фаски $1 \times 45^\circ$
2. Рассверлить отверстие $\phi 48^{+0,62}$ на глубину $75 \pm 0,37$
3. Расточить отверстие $\phi 55,6^{+0,74}$ предварительно на глубину $31,5 \pm 0,12$
4. Расточить отверстие $\phi 91,6^{+0,87}$ предварительно на глубину $19,1 \pm 0,1$
5. Точить канавки В и Г по чертежу
6. Расточить отверстие $\phi 57,6^{+0,19}$ окончательно с образованием фаски шириной $1,9$ под углом 30° до выхода в канавку В
7. Расточить отверстие $\phi 93,6^{+0,22}$
8. Расточить отверстие $\phi 94,6^{+0,087}$ окончательно с образованием фаски шириной $1,5$ под углом 30° до выхода в канавку Г



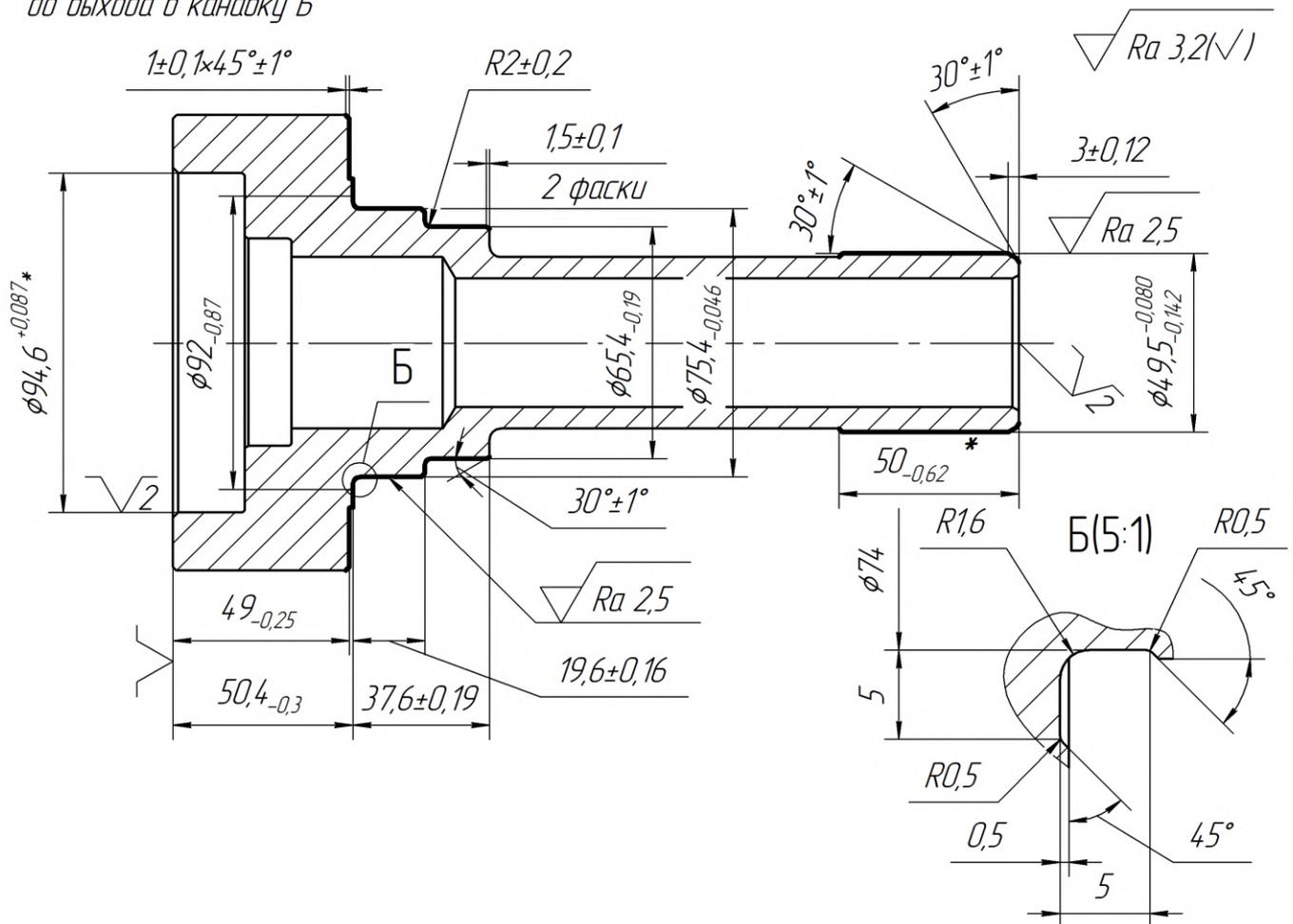
КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

040 Токарная с ЧПУ

А. Установить вал в 3-х кулачковый патрон с подведением рифлёного центра

База: внутреннее отверстие и торец; центральное отверстие

1. Точить поверхность под шлицы $\phi 50,5_{-0,1}$
2. Точить по контуру $\phi 65,4_{-0,19}$, $\phi 76_{-0,12}$ и радиус R2 с подрезкой торца, выдерживая размеры $50,4_{-0,3}$, $37,6 \pm 0,19$
3. Точить канавку Б под выход шлифовального круга
4. Точить уступ $\phi 92_{-0,87}$, выдерживая размер $49_{-0,25}$, со снятием фаски $1 \times 45^\circ$
5. Точить поверхность под шлицы $\phi 49,5_{-0,142}^{-0,080}$ окончательно и фаски под углом 30° на длину 3
6. Точить фаски шириной 1,5 под углом 30° и поверхность $\phi 75,4_{-0,046}$ окончательно до выхода в канавку Б



045 Контрольная

1. Контролировать размеры после токарных операций

050 Зубофрезерная

А. Установить вал в

наладку при станке

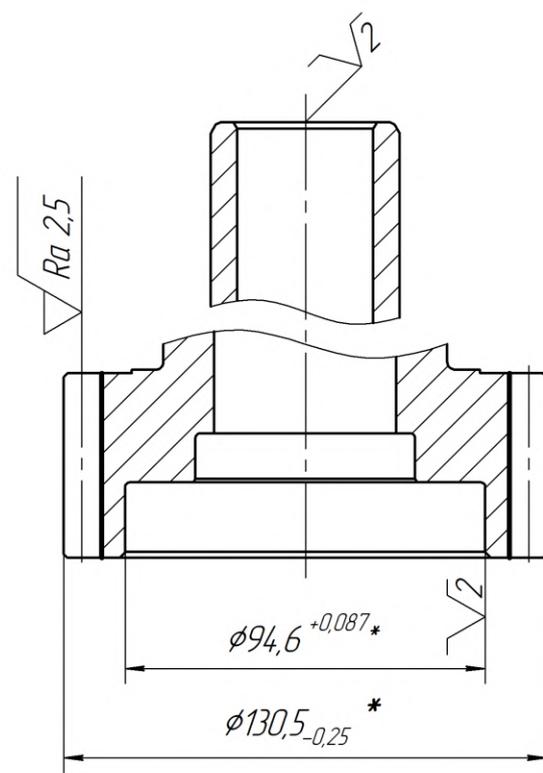
База: внутреннее отверстие и

центральное отверстие

1. Фрезеровать зубья согласно данным таблицы

Модуль	m	4,5
Число зубьев	z	27
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-2015
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	9-B
Длина общей нормали	W	$48,198_{-0,26}^{-0,12}$
Делительный диаметр	d	121,5
Обозначение чертежа сопряжённого зубчатого колеса		

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.



∇ Ra 6,3(√1)

055 Слесарная

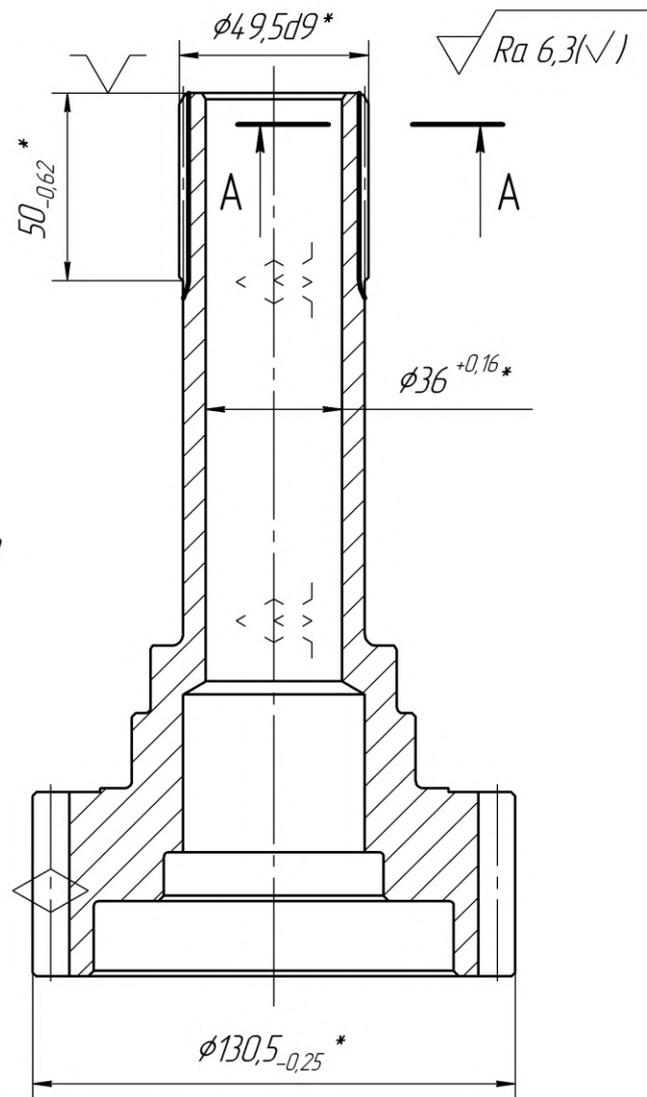
1. Снять заусенцы и притупить острые кромки

060 Шлицефрезерная

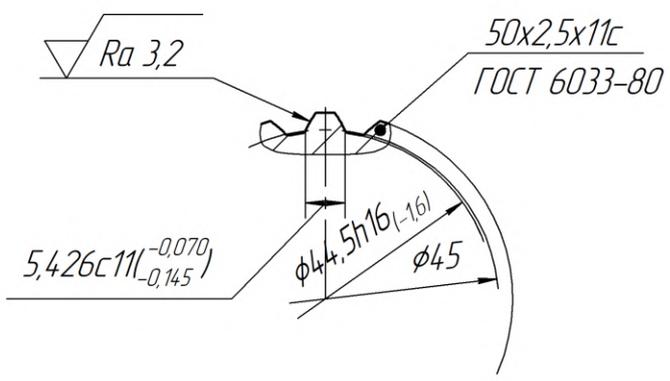
А. Установить вал в специальное приспособление

База: центральное отверстие и торец

1. Фрезеровать шлицы согласно чертежу



A-A(2:1)



Не для коммерческого использования

065 Слесарная

1. Снять заусенцы и притупить острые кромки

070 Промывочная

1. Промыть деталь согласно ТТП 01279-00002

075 Контрольная

1. Контролировать размеры после зубообрабатывающих операций

080 Химико-термическая

1. Нитроцементировать $h0,8..1,3$ мм

2. Закалить при температуре 840–860 °С, масло

3. Отпустить при температуре 190–210 °С, воздух, 47min HRCэ

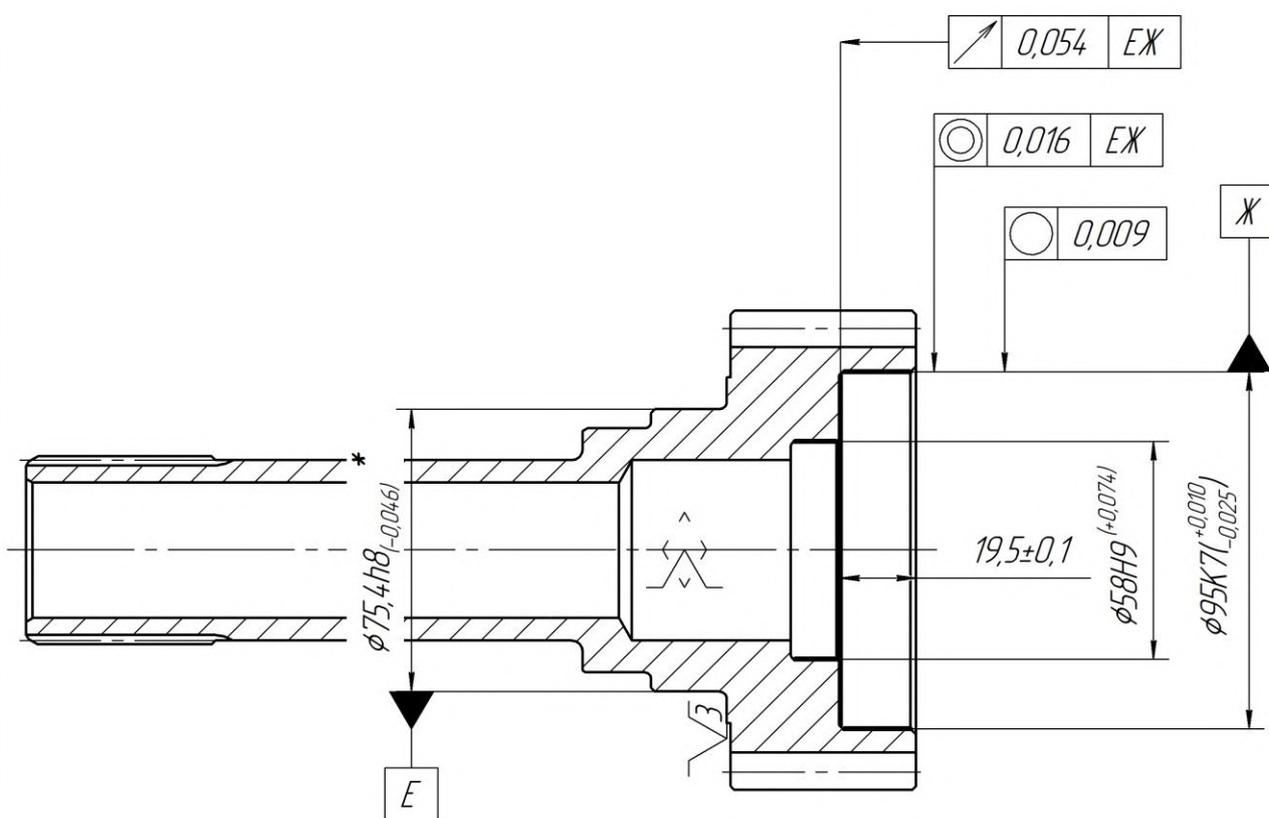
085 Внутришлифовальная

А. Установить вал в 3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон

База: шейка вала и торец

1. Шлифовать отверстие $\phi 58^{+0,074}$ и отверстие $\phi 95^{+0,010}_{-0,025}$ с подшлифовкой торца

$\sqrt{Ra 1,6(\checkmark)}$



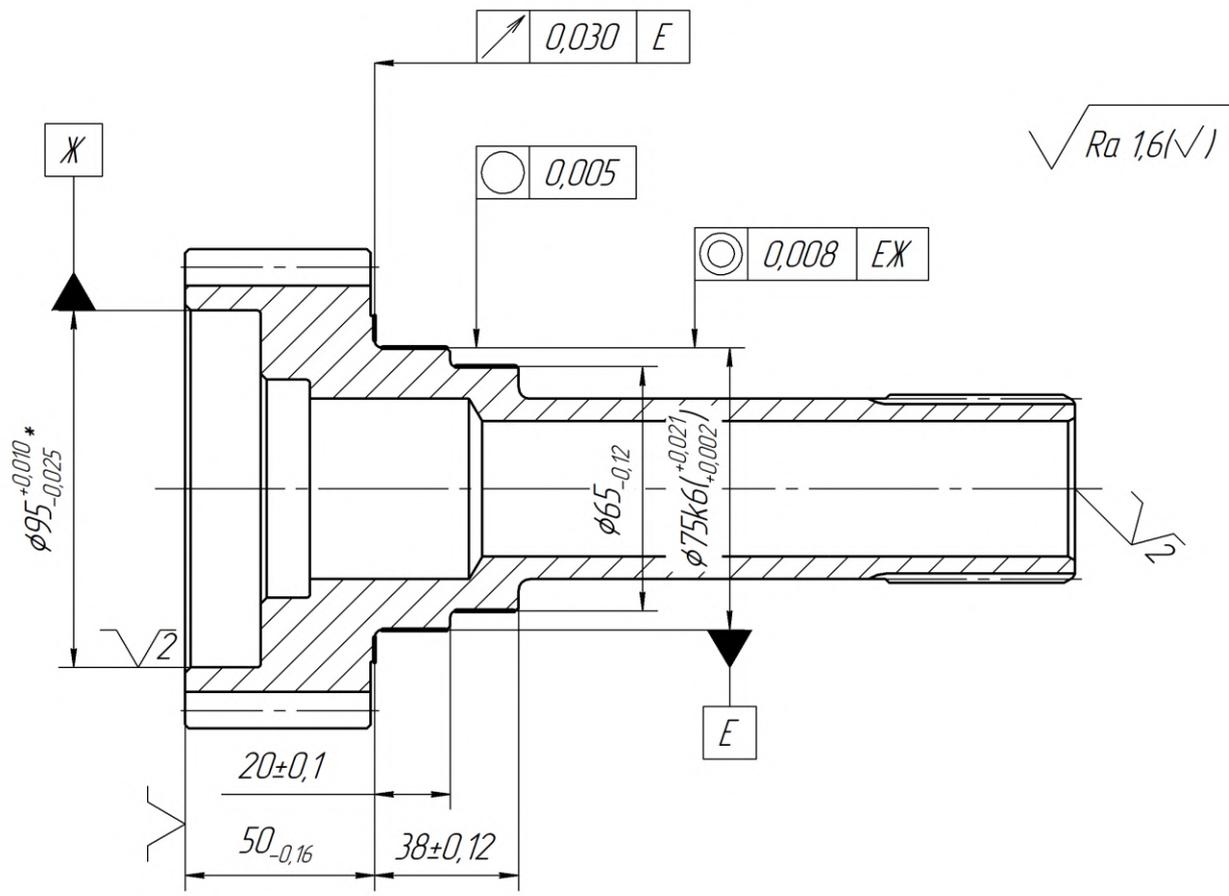
090 Круглошлифовальная

А. Установить вал в 3-х кулачковый патрон с подведением рифлёного центра

База: внутреннее отверстие и торец; центральное отверстие

1. Шлифовать шейки вала с подшлифовкой торца

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

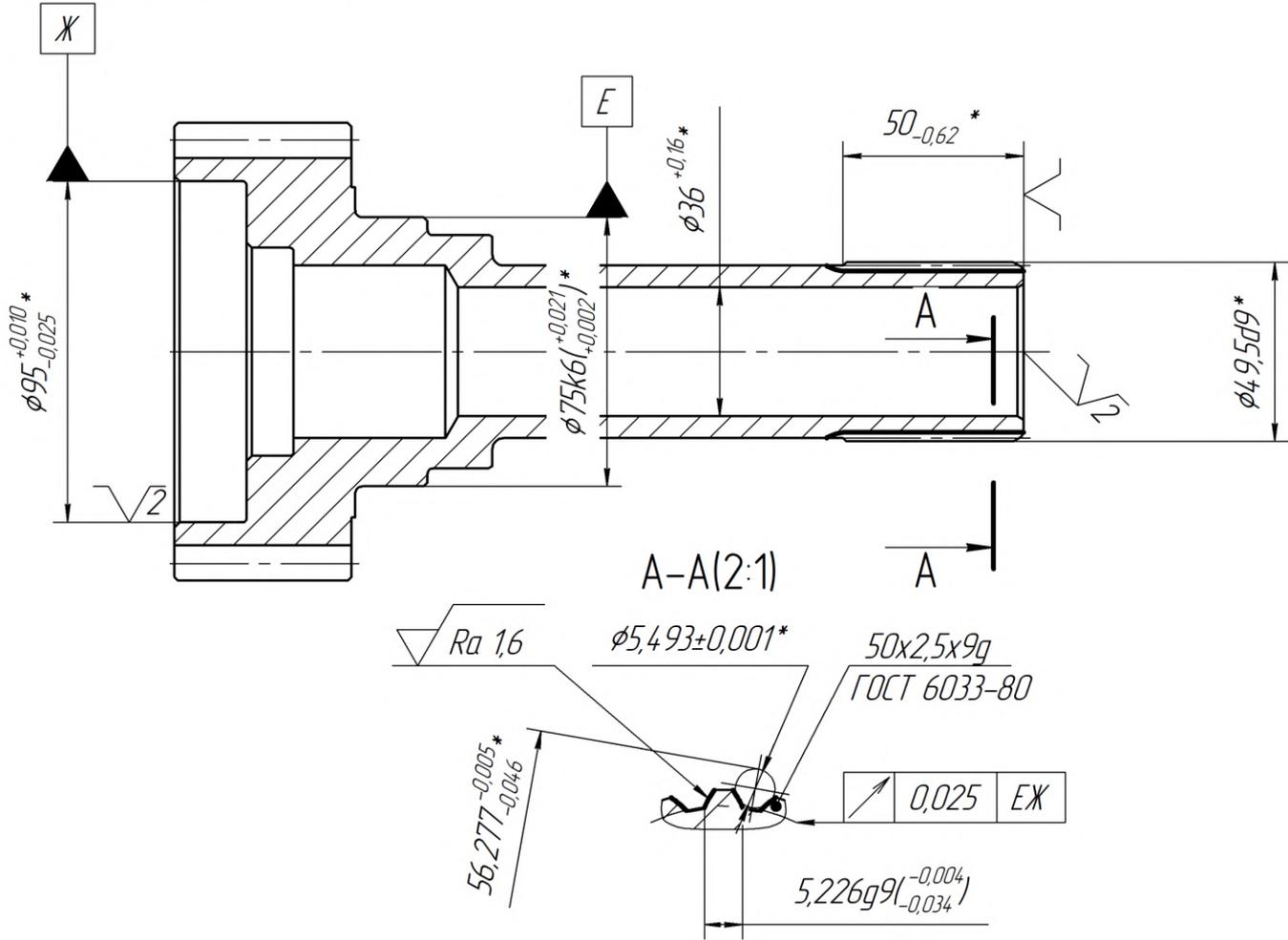


095 Шлицешлифовальная

А. Установить вал в 3-х кулачковый патрон с подведением рифлёного центра

База: внутреннее отверстие и торец; центральное отверстие

1. Шлифовать шлицы согласно чертежу



100 Слесарная

1. Снять заусенцы и притупить острые кромки
2. Полировать шейку вала $\phi 65h10$ до $Ra = 0,63$ мкм

105 Промывочная

1. Промыть деталь согласно ТТП 01279-00002

110 Контрольная

1. Контролировать размеры по чертежу детали, глубину нитроцементированного слоя поверхностей Е, Ж $h \geq 0,6$ мм

115 Консервация

1. Консервировать деталь согласно ТТП 60270-00001, вариант 15

1.5. Расчёт припусков на обработку

В условиях высоких цен на материалы, одной из основных задач технологического проектирования является уменьшение материалоемкости производства. Уменьшение припусков на обработку является одним из путей, позволяющих снизить материалоемкость. Размеры припусков можно либо назначить по справочным таблицам, либо рассчитать.

При расчете операционные припуски обычно получаются меньше, чем выбранные по таблицам, что позволяет экономить металл, снизить себестоимость обработки. Установление правильной толщины припусков на обработку является ответственной технико-экономической задачей.

Назначение чрезмерно больших припусков приводит к потерям материала, превращаемого в стружку; к увеличению упругой деформации технологической системы СПИЗ (станок – приспособление – инструмент – заготовка) вследствие увеличения силы резания, а значит и к уменьшению точности обработки; к увеличению трудоемкости механической обработки (если припуск больше максимально допустимой глубины резания и приходится его удалять за несколько проходов); усложняется применение приспособлений вследствие увеличения силы резания; к повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии; к увеличению потребности в оборудовании и рабочей силе.

Назначение недостаточно больших припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала и достижения требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также вызывает повышение требований к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию, затрудняет разметку и выверку положения заготовок на станках при обработке по методу пробных ходов и увеличивает опасность появления брака.

Расчёт припусков расчётно-аналитическим методом был произведён согласно рекомендациям [5, с. 1-21] и представлен в таблице 5:

Таблица 5 – Расчёт припусков расчётно-аналитическим методом

Техн. переходы обработки пов-й	Составляющие минимального припуска на обработку, мкм				Расч. $2Z_{min}$, мкм	Итог. размер	Td, мкм	Предельный размер	
	R_z	h	Δ_ε	ε				d_{min}	d_{max}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наружная поверхность Ø75k6									
Заготовка (отрезка)	100	100	784	250	-	-	2600	138	140,6
Черновое точение (h12)	25	60	47	100	напуск	Ø78h12	300	76,264 76,7	76,564 77
Получист. точение (h10)	12,8	40	2,4	0	264	Ø75,8h10 <i>Примем</i> Ø76h8	120	75,664 75,88	75,784 76
Чистовое точение (h8)	10	20	-	0	110,4	Ø75,2h8 <i>Примем</i> Ø75,4h8	46	75,131 75,354	75,177 75,4
Термо-обработка	-	-	18	-	-	-	-	-	-
Шлифование (k6)	6,4	-	-	0	56	Ø75k6	19	75,002	75,021
Наружная поверхность Ø130,5h11									
Заготовка (отрезка)	100	100	784	250	-	Ø140^{+0,6}_{-2,0}	2600	134,98 138	137,58 140,6
Черновое точение (h12)	50	60	47	100	1980	Ø131,3h12 <i>Примем</i> Ø133h14	1000	130,81 131,6	131,21 132,6
Получистовое точение (h11)	12,8	20	2,4	0	314	Ø130,5h11	250	130,25	130,5
Обточка левого и правого торцов заготовки для получения её длины 235h12									
Заготовка (отрезка)	100	100	784	250	-	240,1-2 <i>Примем</i> 241-2	2000	238,08 239	240,08 241
Обточка левого торца (h14)	25	60	47	100	1084	236,4h14 <i>Примем</i> 237h14	1150	235,23 235,85	236,38 237
Обточка правого торца (h14)	25	60	47	100	232	235h14	1150	233,85	235

Пояснения к расчёту припусков наружных поверхностей тел вращения:

$$2Z_{min_i} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\varepsilon_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right); \quad (4)$$

При односторонней обработке (для поверхностей не тел вращения):

$$Z_{min_i} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\varepsilon_{i-1}} + \varepsilon_i, \quad (5)$$

где $2Z_{min_i}$ – минимальный припуск на диаметр для данной операции

$R_{z_{i-1}}$ – шероховатость поверхности после предыдущей обработки

h_{i-1} – глубина дефектного слоя после предыдущей обработки

$\Delta_{\varepsilon_{i-1}}$ – сумма погрешностей формы и расположения поверхностей

заготовки, оставшихся или полученных после предыдущей обработки

ε_i – погрешность установки и закрепления перед данной обработкой

В случае сортового проката:

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\Delta_{\varepsilon_k}^2 + \Delta_{\varepsilon_c}^2}, \quad (6)$$

где Δ_{ε_k} – общее отклонение оси от прямолинейности

Δ_{ε_c} – смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования

$$\Delta_{\varepsilon_c} = 0,25 \cdot \sqrt{Td^2 + 1}; \quad (7)$$

$$\Delta_{\varepsilon_k} = \Delta_k \cdot L, \quad (8)$$

где $\Delta_k = 1,5 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – кривизна профиля сортового проката

Для расчета последующих отклонений формы, используются коэффициенты уточнения:

$$K_{y-\text{черн.точ.}} = 0,06$$

$$K_{y-\text{получист.точ.}} = 0,05$$

$$K_{y-\text{чист.точ.}} = 0,04$$

$$K_{y-\text{шлиф.}} = 0,02$$

- **Наружная поверхность Ø75к6**

$$\Delta_{\varepsilon_c} = 0,25 \cdot \sqrt{2,6^2 + 1} = 0,696 \text{ мм} = 696 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\varepsilon_k} = 1,5 \cdot 240 = 360 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{696^2 + 360^2} = 784 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на черновое точение: напуск

Минимальный припуск при полустачковом точении:

$$2Z_{min3} = 2(25 + 60 + 47) = 264 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск при чистовом точении:

$$2Z_{min2} = 2(12,8 + 40 + 2,4) = 110,4 \text{ мкм}$$

После чистового точения производится термообработка, для которой дополнительные пространственные отклонения определяются по формуле:

$$\Delta_{то} = \frac{0,001 \cdot n_k \cdot L}{(0,1 \cdot d + 0,3)}, \quad (9)$$

где n_k – коэффициент, зависящий от вида термической обработки; принимают для закалки в печи $n_k = 0,1$. L и d – размеры исходной заготовки.

$$\Delta_{то} = \frac{0,001 \cdot 0,1 \cdot 241}{(0,1 \cdot 135 + 0,3)} = 0,01746 \text{ мм} \approx 18 \text{ мкм}$$

Значение $\Delta_{то}$ учитывается при расчёте минимальных припусков на операцию шлифования.

Минимальный припуск при шлифовании:

При шлифовании у заготовки после её термической обработки поверхностный слой должен быть сохранён, следовательно, слагаемое h_{i-1} должно быть исключено из расчётной формулы:

$$2Z_{min1} = 2 \cdot (10 + 18) = 56 \text{ мкм}$$

Для охватываемых размеров («вал») рассчитывается максимальный размер детали (максимальный конструкторский размер): $\varnothing 75,021$ мм

$$d_{min_{i-1}} = d_{max_i} + 2Z_{min_i}$$

$$d_{min_1} = 75,021 + 0,0128 = 75,034 \text{ мм}$$

$$d_{max_{i-1}} = d_{min_{i-1}} + T_{d_{i-1}}$$

$$d_{max_1} = 75,034 + 0,030 = 75,064 \text{ мм}$$

- **Наружная поверхность $\varnothing 127,5h11$**

Минимальный припуск на черновое точение:

$$2Z_{min2} = 2(100 + 100 + 790) = 1980 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск при получистовом точении:

$$2Z_{min1} = 2(50 + 60 + 47) = 314 \text{ мкм}$$

Для охватываемых размеров («вал») рассчитывается максимальный размер детали (максимальный конструкторский размер): $\varnothing 130,5$ мм

Оставшиеся колонки таблицы 5 заполнены согласно примеру выше.

- **Обточка торцов заготовки для получения её длины 235h14**

Минимальный припуск на черновое точение торцов:

$$Z_{min2} = (100 + 100 + 784 + 100) = 1084 \text{ мкм}$$

$$Z_{min2} = (25 + 60 + 47 + 100) = 232 \text{ мкм}$$

Расчёт технологических размеров длины заготовки выполняется как для охватываемых размеров (валов), начиная с окончательного (конструкторского) размера.

Согласно проведённым расчётам, были определены конечные размеры заготовки:

Пруток горячекатаный круглый из сортового проката обычной точности $\varnothing 140_{-2,0}^{+0,6}$, $l = 241_{-2}$ по ГОСТ 2590-2006.

Припуски на оставшиеся размеры определены по соответствующим таблицам.

Для выполнения поставленной задачи использовался справочник: Балабанов А.Н. 1992 «Краткий справочник технолога-машиностроителя».

Результаты представлены в таблице 6 [6, с. 191-196, табл. 3.73].

Таблица 6 – Методы обработки поверхностей детали «Вал-шестерня»

Размер	Ra, мкм	Методы обработки
1. Шлицы Ø49,5	3,2	Точение: черновое Ø52,5h12, получистовое Ø50,5h10, чистовое Ø49,5d9. Шлицефрезерование.
2. Вал Ø65	0,63	Точение: черновое Ø67,4h12, получистовое Ø65,4h10. Шлифование Ø65h10.
3. Вал Ø75	1,6	Точение: черновое Ø78h12, получистовое Ø76h10, чистовое Ø75,4h8. Шлифование Ø75k6.
4. Вал Ø130,5	3,2	Точение: черновое Ø133h14, получистовое Ø130,5h11.
5. Отверстие Ø36	3,2	Сверление Ø25H14. Растачивание Ø36H11.
6. Отверстие Ø48	6,3	Сверление Ø25H14. Расверливание Ø48H14.
7. Отверстие Ø58	1,6	Сверление Ø25H14. Расверливание Ø48H14. Растачивание: черновое Ø55,6H14, получистовое Ø57,6H11. Шлифование Ø58H9.
8. Отверстие Ø95	1,6	Сверление Ø25H14. Расверливание Ø48H14. Растачивание: черновое Ø35,5H14, Ø91,6H14, получистовое Ø93,6H11, чистовое 94,6H9. Шлифование Ø95K7.
9. Размер 235	—	Точение: черновое 237h14, 235h14.
10. Размер 50	—	Точение: черновое 51,4h14; получистовое: 50,4h12. Шлифование 50h11.
11. Размер 38	—	Точение: черновое $36,6 \pm 0,31$, получистовое $37,6 \pm 0,19$. Шлифование: $38 \pm 0,12$.
12. Размер 20	—	Точение: черновое $19,6 \pm 0,26$, получистовое $19,6 \pm 0,16$. Шлифование: $20 \pm 0,1$.
13. Размер 49	—	Точение уступа 49h12
14. Размер 75	—	Расверливание на глубину $75 \pm 0,37$
15. Размер 31,5	—	Растачивание: черновое $31,5 \pm 0,31$.
16. Размер 19,5	—	Растачивание: черновое $19,1 \pm 0,26$. Шлифование внутреннее: $19,5 \pm 0,1$.

1.6. Выбор средств технологического оснащения

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, были подобраны средства технологического оснащения: оборудование и приспособления, представленные в таблице 7, а также режущий, измерительный и вспомогательный инструмент, представленный в таблице 8.

Таблица 7 – Выбор средств технологического оснащения: оборудование и приспособление

Операция	Оборудование	Приспособление
005 Заготовительная	Ленточнопильный станок по металлу ЛПС8535	Призмы 7033-0040 ГОСТ 12195-66
010 Токарно-винторезная	Станок токарно-винторезный 16К20	3-х кулачковый патрон самоцентрирующийся Ø250 Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80
015 Токарная с ЧПУ	Станок токарный с ЧПУ ТС1625Ф3 <i>Sinumerik 828D</i>	3-х кулачковый патрон самоцентрирующийся Ø250 Патрон 7100-0037 ГОСТ 2675-80; Центр упорный 7032-0045 ГОСТ 13214-67
020 Токарная	Станок токарно-винторезный 16К20	3-х кулачковый патрон самоцентрирующийся Ø250 Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80; Люнет неподвижный кулачк. D = 20 – 130 мм 16К20.101
025 Токарная с ЧПУ	Одношпиндельный станок для глубокого сверления с ЧПУ ML 300	3-х кулачковый патрон самоцентрирующийся Ø250 Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80; Люнет ML 300
030 Термическая	Вакуумная печь Ipsen H2424	—
035 Токарная с ЧПУ	Станок токарный с ЧПУ ТС1625Ф3 <i>Sinumerik 828D</i>	3-х кулачковый патрон самоцентрирующийся Ø250 Патрон 7100-0037 ГОСТ 2675-80
040 Токарная с ЧПУ	Станок токарный с ЧПУ ТС1625Ф3 <i>Sinumerik 828D</i>	3-х кулачковый патрон самоцентрирующийся Ø250 Патрон 7100-0037

Операция	Оборудование	Приспособление
		ГОСТ 2675-80; Центр упорный рифлёный MT5-L196-D49-d15-60°
045 Контрольная	Стол ОТК 11008/18	—
050 Зубофрезерная	Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5Д32	Наладка при станке
055 Слесарная	Верстак слесарный Proffi 216Д3Д5 ГОСТ Р 58863-2020	—
060 Шлицефрезерная	Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5Д32	Специальное приспособление
065 Слесарная	Верстак слесарный Proffi 216Д3Д5 ГОСТ Р 58863-2020	—
070 Промывочная	Ванна промывочная ВП-6.8.10/0,7	—
075 Контрольная	Стол ОТК 11008/18	—
080 Термическая	Вакуумная печь Ipsen H2424	—
085 Внутришлифовальная	Станок внутришлифовальный универсальный полуавтомат 3К227В	3-х кулачковый патрон самоцентрирующийся Ø250; Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80
090 Круглошлифовальная	Станок круглошлифовальный универсальный полуавтомат 3М151	Патрон токарный 3-х кулачковый К11-125 с хвостовиком КМ4; Центр упорный рифлёный MT4-L169-D49-d10,4-60°
095 Шлицешлифовальная	Станок шлицешлифовальный универсальный полуавтомат 3451	Патрон токарный 3-х кулачковый К11-125 с хвостовиком КМ4; Центр упорный рифлёный MT4-L169-D49-d10,4-60°
100 Слесарная	Верстак слесарный Proffi 216Д3Д5 ГОСТ Р 58863-2020	—
105 Промывочная	Ванна промывочная ВП-6.8.10/0,7	—
110 Контрольная	Стол ОТК 11008/18	—
115 Консервация	—	—

Таблица 8 – Выбор средств технологического оснащения: инструмент

Операция	Инструмент		
	Режущий	Вспомогательный	Измерительный
005 Заготовительная	Ленточное полотно биметаллическое М42 «SGLB» 34x1,1 ГОСТ Р 53924-2010	—	Линейка – 300 ГОСТ 427-75
010 Токарно-винторезная	Р. прох. 25x25 (черновой): <i>Резец</i> <i>PCLNR2525M12</i> <i>ГОСТ 26611-85</i> Пластина Т15К6: <i>CNUN-120408</i> <i>ГОСТ 19056-80</i> Сверло центров. Ø 10 Р6М5: <i>Сверло 2317-0011</i> <i>ГОСТ 14952-75</i>	Резцедержатель четырёхпозицион. 16к20.041.001; Цанговый патрон: Патрон 1-40-25-100 ГОСТ 26539-85	ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89; ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89; Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
015 Токарная с ЧПУ	Р. прох. 25x25 (черновой): <i>Резец</i> <i>PCLNR2525M12</i> <i>ГОСТ 26611-85</i> Пластина Т15К6: <i>CNMG-120408</i> <i>ГОСТ 24249-80</i> Р. прох. 25x25 (черновой): <i>Резец</i> <i>PSSNL2525M12</i> <i>ГОСТ 26611-85</i> Пластина Т15К6: <i>SNMG-120408</i> <i>ГОСТ 24248-80</i>	Револьверная головка УГ9326-06; Резцедержатель 291.341.121 Ø40 ГОСТ 24900-81	ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89; ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89; Набор шаблонов радиус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82; Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
020 Токарная	Сверло спиральное <i>Сверло 2301-0106</i> <i>ГОСТ 10903-77;</i> Зенковка 2353-0147 <i>ГОСТ 14953-80</i>	Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85	ШЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89; 1267-63 Фаскомер 30°, 0-10 мм, 0,02 мм; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93

Операция	Инструмент		
	Режущий	Вспомогательный	Измерительный
025 Токарная с ЧПУ	<p><i>Сверл. головка ВТА: DSD-EI Ø36 T15K6</i></p> <p><i>Стебель: Труба TS-110-L1000</i></p>	<p>Инструментальная оправка ТВТ 5006386; Кондукторная втулка ТВН 2310 36x48x42; Держатель конд. втулки D55 190005-7111-01</p>	<p>Нутромер НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82; 1267-63 Фаскомер 30°, 0-10 мм, 0,02 мм; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93</p>
030 Термическая	—	—	—
035 Токарная с ЧПУ	<p>Р. прох. 25x25 для контур. точения (получистовой): <i>Резец PDJNR2525M11 ГОСТ 20872-80</i> Пластина T15K6: <i>DNMG-110404 ГОСТ 24257-80;</i></p> <p>Сверло спиральное <i>Сверло 2301-0161 ГОСТ 10903-77;</i></p> <p>Р. раст. d25 (черн.): <i>Резец A25R PDUNR-11 ГОСТ 26612-85</i> Пластина T15K6: <i>DNMG-110408 ГОСТ 24257-80;</i></p> <p>Р. канав. d25 T15K6: <i>Резец GHIR 25-25-4</i></p> <p>Р. раст. d25 (получ.): <i>Резец A25S SDUCR-13 ГОСТ 26612-85</i> Пластина T15K6: <i>DCMT-13T504 ГОСТ 24255-80</i></p> <p>Р. раст. d25 (чист.): <i>Резец S25S SVQCR-11</i></p>	<p>Револьверная головка УГ9326-06; Резцедержатель 291.341.121 Ø40 ГОСТ 24900-81; Резцедержатель 291.341.132 Ø40 ГОСТ 24900-81; Резцедержатель 291.342.331 Ø40 ГОСТ 24900-81</p>	<p>ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89; Штангенглубиномер ШГ-150-0,05 ГОСТ 162-90; 1267-63 Фаскомер 30°, 0-10 мм, 0,02 мм; 1267-6 Фаскомер 45°, 0-10 мм, 0,02 мм; Нутромер НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82; Нутромер НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82; НИ 10-150-2 МЕГЕОН 80150; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93</p>

Операция	Инструмент		
	Режущий	Вспомогательный	Измерительный
	<p><i>ГОСТ 26612-85</i> Пластина Т30К4: <i>VCMT-110302</i> <i>ГОСТ 24255-80</i></p>		
040 Токарная с ЧПУ	<p>Р. прох. 25x25 для контур. точения (получистовой): <i>Резец</i> <i>PDJNR2525M11</i> <i>ГОСТ 20872-80</i> Пластина Т15К6: <i>DNMG-110404</i> <i>ГОСТ 24257-80;</i></p> <p>Р. канавочн. 25x25 Т15К6: <i>Резец</i> <i>GHDL 25-3</i></p> <p>Р. прох. 25x25 (чистовой): <i>Резец</i> <i>SVJCR2525M16</i> <i>ГОСТ 20872-80</i> Пластина Т30К4: <i>VCMT 160402</i> <i>ГОСТ 24255-80;</i></p>	<p>Револьверная головка УГ9326-06; Резцедержатель 291.341.121 Ø40 ГОСТ 24900-81</p>	<p>ШЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89; ШЦЦ-НК-150-0,02; ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89; Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88; 1267-63 Фаскомер 30°, 0-10 мм, 0,02 мм; 1267-6 Фаскомер 45°, 0-10 мм, 0,02 мм; Микрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90; Микрометр МК100-1 ГОСТ 6507-90 Набор шаблонов радиус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93</p>
045 Контрольная	<p>ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89: $\varnothing 48_{-0,62}^{+0,62}$; $\varnothing 92_{-0,87}^{+0,87}$; $50_{-0,62}^{+0,62}$ ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89: $235_{-1,15}^{+1,15}$ ШЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89: $\varnothing 65,4_{-0,12}^{+0,12}$; $37,6 \pm 0,19$; $19,6 \pm 0,16$ ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89: $\varnothing 130,5_{-0,25}^{+0,25}$; $49_{-0,25}^{+0,25}$; $50,4_{-0,3}^{+0,3}$ ШЦЦ-НК-150-0,02: канавка Б $\varnothing 74_{-0,74}^{+0,74}$ МК50-1 ГОСТ 6507-90: $\varnothing 49,5_{-0,142}^{+0,080}$ МК100-1 ГОСТ 6507-90: $\varnothing 75,4_{-0,046}^{+0,046}$ Набор шаблонов радиус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82: $R2 \pm 0,2$ 1267-63 Фаскомер 30° 0-10 мм, 0,02 мм: $1,5 \pm 0,1$; $1,9 \pm 0,1$; $30^\circ \pm 1^\circ$ 1267-6 Фаскомер 45° 0-10 мм, 0,02 мм: $1 \pm 0,1$; $45^\circ \pm 1^\circ$ НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82: $\varnothing 48_{+0,62}^{+0,62}$, $\varnothing 36_{+0,039}^{+0,039}$ НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82: $\varnothing 57,6_{+0,19}^{+0,19}$; $\varnothing 94,6_{+0,087}^{+0,087}$</p>		

Операция	Инструмент		
	Режущий	Вспомогательный	Измерительный
	НИ 10-150-2 МЕГЕОН 80150: канавки В $\varnothing 59^{+0,74}$ и Г $\varnothing 96^{+0,87}$ ШГ-150-0,05 ГОСТ 162-90: $75\pm 0,37$; $31,5\pm 0,31$; $19,1\pm 0,26$ Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93		
050 Зубофрезерная	Фреза червячная: Фреза 2510-4317 ГОСТ 9324-80 P6M5	Оправка $\varnothing 32$ для закрепления инструмента	Микрометр М350-2 ГОСТ 6507-90; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
055 Слесарная	Надфиль 2826-0025 ГОСТ 1513-77	—	—
060 Шлицефрезерная	Фреза червячная: Фреза 2520-0676 2,5 А ГОСТ 6637-80 P6M5	Оправка $\varnothing 27$ для закрепления инструмента	Штангензубомер ШЗН-18 ГОСТ 1643-81; Кольцо 1 – 50x2,5x11с – 4 ГОСТ 24969-81; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
065 Слесарная	Надфиль 2826-0025 ГОСТ 1513-77	—	—
070 Промывочная	—	Раствор по ТТП 01279-00002	—
075 Контрольная	Штангензубомер ШЗН-18 ГОСТ 1643-81: $5,426_{-0,145}^{-0,070}$ Микрометр М350-2 ГОСТ 6507-90: длина общей нормали $48,198_{-0,26}^{-0,12}$ Кольцо 1 – 50x2,5x11с – 4 ГОСТ 24969-81: комплексный контроль Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93		
080 Термическая	Ацетилен газ. C_2H_2 ОКП 2411220300 ГОСТ 5457-75; Аммиак газ. NH_3 ОКП 2114610100 ГОСТ 6221-90		Ультразвуковой твердомер ТКМ-459С ГОСТ 23677-79
085 Внутришлифовальная	Шлифовальный круг чашечный: ЧЦ 50x32x13 25А 25П СМ1 7К 50 м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83	Оправка для круга чашечной формы: $d13$ ГОСТ 2270-78; Карандаш алмаз. для правки круга 3908-0053 ГОСТ 607-80	Штангенглубино- мер ШГ-150-0,05 ГОСТ 162-90; Нутромер НИ 50-100-1 ГОСТ 9244-75;

Операция	Инструмент		
	Режущий	Вспомогательный	Измерительный
			Индикатор 1 МИГ - 0 ГОСТ 9696-82; Стойка С-П-8-100х40 ГОСТ 10197-70; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
090 Круглошлифовальная	Шлиф. круг с одност. выточкой: ПВ 600х80х305 63С 25П СМ1 7К 50 м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83	Крепление на переходн. фланцах остальных кругов: d305 ГОСТ 2270-78 исполнение 2; Карандаш алмаз. для правки круга 3908-0053 ГОСТ 607-80	ЩЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89; Микрометр МР100 ГОСТ 4381-87; Индикатор 1 МИГ - 0 ГОСТ 9696-82; Стойка С-П-8-100х40 ГОСТ 10197-70; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
095 Шлицешлифовальная	Круг фасонный 125х5х32 КНБ 25П СТ3 3Б 35 м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83	Крепление на переходн. фланцах остальных кругов: d32 ГОСТ 2270-78 исполнение 1; Карандаш алмаз. для правки круга 3908-0053 ГОСТ 607-80	Измерительные ролики 5,5 – 50х2,5 ГОСТ 6528-53; Кольцо 1 – 50х2,5х9g – 4 ГОСТ 24969-81; Индикатор 1 МИГ - 0 ГОСТ 9696-82; Стойка С-П-8-100х40 ГОСТ 10197-70; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
100 Слесарная	Надфиль 2826-0025 ГОСТ 1513-77; Деревянные жимки для валов	Паста ГОИ ГОСТ 3647-80	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93

Операция	Инструмент		
	Режущий	Вспомогательный	Измерительный
105 Промывочная	–	Раствор по ТТП 01279-00002	–
110 Контрольная	<p>ШЦ-I-250-0,1 ГОСТ 166-89: 235^{-1,15}, \varnothing48^{-0,62}; \varnothing92^{-0,87}; 50^{-0,62} ШЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89: \varnothing65^{-0,12}; 38\pm0,12; 20\pm0,1 ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89: \varnothing130,5^{-0,25}; 49^{-0,25}; 50^{-0,16} ШЦЦ-НК-150-0,02: канавка Б \varnothing74^{-0,74} МК50-1 ГОСТ 6507-90: \varnothing49,5^{-0,080}_{-0,142} МР100 ГОСТ 4381-87: \varnothing75^{+0,021}_{+0,002} Набор шаблонов радиус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82: R2\pm0,2 1267-63 Фаскомер 30° 0-10 мм, 0,02 мм: 1,5\pm0,1; 30°\pm1° 1267-6 Фаскомер 45° 0-10 мм, 0,02 мм: 1\pm0,1; 45°\pm1° НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82: \varnothing48^{+0,62}, \varnothing36^{+0,039} НИ 50-100-1 ГОСТ 9244-75: \varnothing95^{+0,010}_{-0,025}, \varnothing58^{+0,074} НИ 10-150-2 МЕГЕОН 80150: канавки В \varnothing59^{+0,74} и Г \varnothing96^{+0,87} ШГ-150-0,05 ГОСТ 162-90: 75\pm0,37; 31,5\pm0,31; 19,5\pm0,1 Микрометр М350-2 ГОСТ 6507-90: 48,198^{-0,12}_{-0,26} Кольцо 1 – 50x2,5x9g – 4 ГОСТ 24969-81: комплексный контроль Измерительные ролики 5,5 – 50x2,5 ГОСТ 6528-53: 56,277^{-0,005}_{-0,046} Индикатор 1 МИГ - 0 ГОСТ 9696-82, Стойка С-II-8-100x40 ГОСТ 10197-70: контроль отклонений формы и расположения (круглости, соосности, радиального и торцового биения). Ультразвуковой твердомер ТКМ-459С ГОСТ 23677-79 Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93</p>		
115 Консервация	–	Материалы по ТТП 60270-00001 вариант 15	–

1.7. Выбор и расчёт режимов резания

Режимом резания называется совокупность элементов, определяющих условия протекания процесса резания. К элементам режима резания относятся – глубина резания, подача, период стойкости режущего инструмента и скорость резания. Производится выбор и расчет оптимальных режимов обработки, уточнение геометрии и материала режущей части инструмента.

Операция 040. Токарная с ЧПУ

Чистовое точение шейки вала $\Phi 75,4_{-0,046}$

Необходимые расчёты были проведены согласно рекомендациям [9, с. 261-275]

Исходные данные для расчёта:

- Инструмент – резец проходной 25x25 Т30К4 (чистовой)
- Обрабатываемый материал – сталь 25ХГТ, $\sigma_B = 1270$ МПа при твёрдости 217 НВ
- Размеры поверхности перед чистовой обработкой $d_{\text{заг}} = 76$ мм

1. Определение глубины резания

$$t = \frac{d_{\text{заг}} - d_{\text{дет}}}{2} = \frac{76 - 75,4}{2} = 0,3 \text{ мм}, \quad (10)$$

2. Определение подачи инструмента

Подачи при чистовом точении выбирают в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца согласно [9, с. 268, табл. 14]:

$$s = 0,18 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

3. Расчёт скорости резания

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (11)$$

где $T = 30 - 60$ мин = 60 мин – период стойкости инструмента при одноинструментальной обработке;

K_v – коэффициент, учитывающий, соответственно, влияние материала заготовки, состояние поверхности, материала инструмента:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (12)$$

Значения коэффициента C_v и показателей степеней m, x, y определяются согласно [9, с. 269-270, табл. 17]:

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2$$

K_{mv} определяется согласно [1, с. 261-263, табл. 1-4]:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n, \quad (13)$$

где $\sigma_B = 1270$ МПа – предел прочности материала детали;

$K_r = 0,7$ – коэффициент для материала инструмента;

$n = 1$ – показатель степени при обработке резцами из твёрдого сплава.

$$K_{mv} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{1270} \right)^1 = 0,413$$

$K_{pv} = 1$, определяется согласно [9, с.263, табл. 5].

$K_{iv} = 1,4$; определяется согласно [9, с.263, табл. 6].

$$K_v = 0,413 \cdot 1 \cdot 1,4 = 0,578$$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,18^{0,2}} \cdot 0,578 = 180,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Определение фактического числа оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi d} \quad (14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180,7}{\pi \cdot 76} = 756,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_{\text{факт}} = 757 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Расчёт силы и мощности резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (15)$$

где P_z – главная составляющая силы резания (тангенциальная);

K_p – поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания.

Значения коэффициента C_p и показателей степеней n, x, y определим согласно [9, с. 273-274, табл. 22]:

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15$$

K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания: [9, с. 264-265, 275; табл. 9-10, 23]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (16)$$

K_{mp} учитывает влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (17)$$

где $n = 0,75$ – показатель степени при обработке резцами из твёрдого сплава

$$K_{mv} = \left(\frac{1270}{750} \right)^{0,75} = 1,48$$

$$K_{\varphi p} = 0,89$$

$$K_{\gamma p} = 1,1$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 0,93$$

При подборе поправочных коэффициентов, учитывающих влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания приняли:

- Главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$
- Угол наклона главного лезвия $\lambda = 0^\circ$
- Передний угол $\gamma = 0^\circ$

$$K_p = 1,48 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,35$$

Тогда непосредственно сила резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 180,7^{-0,15} \cdot 1,35 = 154 \text{ Н}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (18)$$
$$N = \frac{154 \cdot 180,7}{1020 \cdot 60} = 0,45 \text{ кВт}$$

Согласно паспортным данным станка:

$$N_{max} = 11 \text{ кВт}$$

Таким образом, согласно расчётам, подобная обработка возможна.

Операция 060. Шлицефрезерная

Необходимые расчёты были проведены согласно рекомендациям [8, с. 9]

Нарезание эвольвентных шлицев червячной фрезой для шлицевых валов по ГОСТ 6637-80.

Фреза 2520-0676 2,5 А ГОСТ 6637-80.

5Д32 Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат

1. Определение глубины фрезерования t (по чертежу)

$$t = 5 \text{ мм}; m = 2,5 \text{ мм}$$

Если модуль нарезаемых шлицев до $m \leq 5$ мм, то обработка ведётся за один проход.

2. Определение подачи

Назначение режимов обработки при нарезании зубьев на шлицевых валах заключается в выборе величины продольной подачи (S_0 , мм/об) и скорости резания (v , м/мин).

Режимы резания при обработке шлицевых валов с эвольвентным профилем назначаются так же, как и при нарезании прямозубых цилиндрических колес червячными фрезами.

$$S_0 = S_{0.табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (19)$$
$$S_{0.табл} = 2 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

при высоте шлицев $h = 5$ мм и числе зубьев $z = 18 > 14$

$$K_1 = 0,9 - \text{для стали 25ХГТ}$$

$K_2 = 1$ – в зависимости от угла наклона зуба (как для прямозубой)

$$s_o = 2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,8 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

3. Скорость резания (окружная скорость фрезы):

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_v \quad (20)$$

Значение периода стойкости: $T = 240$ мин

$K_v = 1$ – коэффициент, зависящий от стойкости фрезы

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_v = 35 \cdot 1 = 35 \text{ м/мин}$$

Диаметр червячной фрезы: $D = 71$ мм

4. Определение фактического числа оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D_{\text{фр}}} \quad (21)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 35}{\pi \cdot 71} = 156,9 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Согласно паспортным данным станка, скорость шпинделя фрезы:

$$n_{\text{факт}} = 80 \dots 250 = 157 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$v_{\text{ф}} = \frac{\pi D \cdot n_{\text{факт}}}{1000} = 35 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Расчёт мощности резания

$$N = 10^{-5} \cdot C_N \cdot \vartheta \cdot s_o^y \cdot d^u \cdot K_N \quad (22)$$

$d = 49,5$ – диаметр шлицевого валика

Значения коэффициента C_N и показателей степеней:

$$C_N = 42; y = 0,65; u = 1,1$$

Поправочный коэффициент на мощность, в зависимости от обрабатываемого материала:

$$K_N = 1,1$$

$$N = 10^{-5} \cdot 42 \cdot 35 \cdot 1,8^{0,65} \cdot 49,5^{1,1} \cdot 1,1 = 1,6 \text{ кВт}$$

Согласно паспортным данным станка:

$$N_{\text{max}} = 2,8 \text{ кВт}$$

Таким образом, согласно расчётам, подобная обработка возможна.

б. Определение сил резания при фрезеровании

P_z – основная сила резания (окружная)

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{откуда} \quad (23)$$

$$P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 2,8}{35} = 2797,7 \text{ Н}$$

Операция 090. Круглошлифовальная

Чистовое шлифование шейки вала $\Phi 75,4_{-0,046}$

Необходимые расчёты были проведены согласно рекомендациям [9, с. 168-176]

Исходные данные для расчёта:

- Инструмент – шлифовальный круг ПП 600x80x305 63С 25П СМ1 7К 50 м/с АА 2кл. ГОСТ 2424-83
- Обрабатываемый материал – сталь 25ХГТ, $\sigma_B = 1270$ МПа при твёрдости 217 НВ
- Размеры поверхности перед чистовой обработкой $d_{\text{заг}} = 75,4$ мм
- Припуск на сторону $a = 0,2$ мм
- Ширина шлифования $b = 16$ мм

1. Расчёт скорости шлифовального круга

$$v_{\text{кр}} = \frac{\pi D_{\text{кр}} \cdot n_{\text{факт}}}{1000 \cdot 60} \quad (24)$$

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин:

$$n_{\text{факт}} = 1590 \text{ об/мин}$$

$$D_{\text{кр}} = 600 \text{ мм}$$

$$v_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot 600 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (соотв. паспорту станка)}$$

2. Выбор характеристики шлифовального круга [9, с. 172]

- Характер обработки – шлифование гладких шеек
- Класс чистоты поверхности 7-8 (Ra1,6)
- Точность обработки $< 0,03$ мм

3. Расчёт скорости и числа оборотов детали [9, с. 173]

$$v_{\text{дет}} = 40 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$
$$n = \frac{1000v_{\text{дет}}}{\pi d_{\text{заг}}} = 170 \frac{\text{об}}{\text{МИН}}$$

4. Выбор минутной поперечной подачи [9, с. 173-175]

$$s_{\text{М}} = s_{\text{М.табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (25)$$

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга; K_2 – от припуска и точности; K_3 – от диаметра круга, количества кругов и характера поверхности.

$$s_{\text{М.табл.}} = 1,75 \frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$$

$$K_1 = 1,2 \text{ [9, с. 174]}$$

$$K_2 = 0,5 \text{ [9, с. 175]}$$

$$K_3 = 1 \text{ [9, с. 175]}$$

$$s_{\text{М}} = 1,75 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 1 = 1,05 \frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$$

Тогда величина радиальной подачи:

$$s = \frac{s_{\text{М}}}{n} = 0,0062 \frac{\text{ММ}}{\text{об}}$$

7. Расчёт мощности и силы резания при круглом шлифовании

При врезном шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot v_{\text{дет}}^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z \quad (26)$$

$$C_N = 0,14; r = 0,8; y = 0,8; q = 0,2; z = 1 \text{ [7, с. 303]}$$

$$N_{\text{пр}} = 0,14 \cdot 40^{0,8} \cdot 0,0062^{0,8} \cdot 75,4^{0,2} \cdot 16^1 = 1,74 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{з.пр}} = \frac{1020 \cdot 1,74}{50} = 35,5 \text{ Н}$$

Согласно паспортным данным станка: $N_{\text{шлиф}} = 10 \text{ кВт}$

Таким образом, согласно расчётам, подобная обработка возможна.

На остальные поверхности режимы резания назначены подбором по справочникам и оформлены в виде таблицы 9 [10, с. 627-706].

Таблица 9 – Режимы резания

Стадия обработки	Элементы режимов резания					
	t, мм	i	S ₀ , мм/об;	S _м , мм/мин	v, м/мин	n, об/мин
005 Заготовительная						
Отрезка прутка	1,1	1	0,03	45	55	1500
010 Токарно - винторезная						
Подрезка торца 237h14	4	1	0,3	94,5	131,6	315
Точение Ø133 ₋₁	3,5	1	0,8	200	109,9	250
Подрезка торца 235h14	2	1	0,6	189	131,6	315
Центрование Ø10	10,6	1	0,1	50	15	250
015 Токарная с ЧПУ						
Точение Ø78h12	3,1	10	0,8	178	98	223
Точение Ø67,4h12	2,65	2	0,8	346	105,9	432
Точение Ø52,5h12	2,49	3	0,8	393	103,9	491
Точение Ø48h14 и R2	2,25	1	0,8	512	105,6	640
Подрезка торца 50h14	2	1	0,6	480	131,9	800
020 Токарная						
Засверлить отв. Ø30H11	15	1	0,3	94,5	35	315
Зенковать фаску	4	1	0,21	13,2	11	63
025 Токарная с ЧПУ						
Глубокое сверление Ø36H8	18	1	0,15	132,6	100	884
035 Токарная с ЧПУ						
Точить поверхность Ø130,5h11	1,25	1	0,4	146	152	364
Расверлить отверстие Ø48H14	6	1	0,3	60	35	200
Расточить отверстие Ø55,6H14	1,9	2	0,2	118	88,8	589
Расточить отверстие Ø91,6H14	2	9	0,2	110	96	550

Точить канавку Ø96	2,2	1	0,2	96	138	480
Точить канавку Ø59	1,7	1	0,2	158	138	790
Расточить отверстие Ø57,6H11	1	1	0,1	70	122,3	700
Расточить отверстие Ø93,6H11	1	1	0,1	45	129,5	450
Расточить отверстие Ø94,6H9	0,25	1	0,06	34,8	170,5	580
040 Токарная с ЧПУ						
Точение Ø50,5h10	1	1	0,4	366	150,7	914
Точение Ø65,4h10	1	1	0,4	291	154,1	728
Точение Ø76h10	1	1	0,4	240	147	600
Точить канавку Б	1	1	0,1	61,4	146,5	614
Точить уступ Ø92 _{-0,87}	1,2	1	0,3	180	173,4	600
Точение Ø49,5d9	0,5	1	0,18	212	186,6	1176
Точение Ø75,4h8	0,5	1	0,18	136	180,7	757
050 Зубофрезерная						
Нарезание зубьев	10,13	1	1,9	235,6	36	124
060 Шлицефрезерная						
Нарезание шлицев	2,75	1	1,8	282,6	35	157
085 Внутришлифовальная						
Шлифовать Ø95K7	0,2	1	0,0055	2,12	70 50 м/с	387 18000
Шлифовать Ø58H9	0,2	1	0,0035	0,94	80 50 м/с	269 18000
090 Круглошлифовальная						
Шлифовать Ø65h10	0,2	1	0,0054	1,05	40 50 м/с	195 1590
Шлифовать Ø75k6	0,2	1	0,0062	1,05	40 50 м/с	170 1590
095 Шлицешлифовальная						
Шлифовать шлицы	0,1	1	0,033	-	30 м/с	4550

1.8. Нормирование и уточнение технологических переходов

Структура технологической операции зависит от технологических переходов, последовательности их выполнения и определяет время выполнения операции, которое определяется штучным временем, затрачиваемым на производство одной единицы продукции:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{пер}, \quad (27)$$

где T_o – основное технологическое время, затрачиваемое непосредственно на изменение состояния заготовки – время воздействия инструмента на заготовку; T_v – вспомогательное время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных переходов, ходов, управление оборудованием, контроль, смену инструмента; $T_{об}$ – время технического и организационного обслуживания; $T_{пер}$ – потери на подготовку оборудования к работе, организационные перерывы.

Нормы времени были определены согласно рекомендациям [11, с. 110-140] и представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Нормы времени

№ Операции	T_o , мин	T_v , мин	$T_{об}$, мин	$T_{пер}$, мин	$T_{пз}$, мин	$T_{шт}$, мин	Норма времени на операцию
005 Заготовительная	3	0,47	0,12	0,24	6	3,83	9,83
010 Токарно- винторезная	2,8	1,3	0,38	0,5	8	9,14	12,98
015 Токарная с ЧПУ	10	2,2	3,1	2,5	10	17,8	27,8
020 Токарная	1,2	0,7	3,5	0,22	10,7	5,62	16,32
025 Токарная с ЧПУ	1,8	0,54	0,37	0,27	10,7	2,98	13,68
030 Термическая	240	8	49	42	30	339	369
035 Токарная с ЧПУ	6	2,46	5,96	0,64	12	15,06	27,06
040 Токарная с ЧПУ	2	1,87	2,58	0,36	12	6,81	18,81
045 Контрольная	-	6,45	-	-	3	6,45	9,45
050 Зубофрезерная	6,64	0,68	3,73	0,6	17	11,65	28,65
055 Слесарная	2	0,5	-	-	1	2,5	3,5
060 Шлицефрезерная	4,36	0,77	3,27	1,2	17	9,6	26,6
065 Слесарная	2	0,5	-	-	1	2,5	3,5
070 Промывочная	12	3	0,9	0,5	1	16,4	17,4
075 Контрольная	-	0,7	-	-	1	0,7	1,7
080 Химико- термическая	600	8	49	42	30	699	729

085 Внутришлифовальная с ЧПУ	0,21	1,87	1	0,08	7	3,16	10,16
090 Круглошлифовальная с ЧПУ	0,2	1,25	1,8	0,06	8	3,31	11,31
095 Шлицешлифовальная	2,35	0,91	1,8	0,05	20	5,11	25,11
100 Слесарная	4	0,5	-	-	1	2,5	5,5
105 Контрольная	-	7,3	-	-	3	7,3	10,3
110 Промывочная	12	3	0,9	0,5	1	16,4	17,4
115 Консервация	1,5	0,3	0,11	0,07	1	1,98	2,98

Технологическим переходом называется законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Рабочий ход – это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки.

В технологической документации рабочий ход называется проходом. В работе уточняется содержание переходов, их рациональная последовательность выполнения, производится уточнение количества ходов в переходе. Результаты оформлены в виде таблицы 11.

Таблица 11 – Уточнение содержания переходов

Стадия обработки	Число переходов	Число проходов
005 Заготовительная		
Отрезка заготовки	1	1
010 Токарно - винторезная		
Подрезка торца 235h14	2	$2 \cdot 1 = 2$
Точение $\varnothing 133_{-1}$	1	1
Центрование $\varnothing 10$	1	1
015 Токарная с ЧПУ		
Точение $\varnothing 52,5h12$, $\varnothing 67,4h12$, $\varnothing 78h12$	1	$3 + 2 + 10 = 15$
Точение $\varnothing 48h14$ и R2	1	1
Подрезка торца 50h14	1	1

020 Токарная		
Засверловка отверстия Ø30H11	1	1
Зенкование фаски	1	1
025 Токарная с ЧПУ		
Глубокое сверление сквозного отверстия	1	1
035 Токарная с ЧПУ		
Наружное точение 130,5h11	1	1
Рассверливание отверстия Ø48H14	1	1
Расточка отверстия Ø94,6H9	3	9 + 1 = 10
Расточка отверстия Ø57,6H11	2	2 + 1 = 3
Точение канавок Ø96; Ø59	1	1 + 1 = 2
040 Токарная с ЧПУ		
Точение Ø49,5d9	2	1 + 1 = 2
Точение Ø65,4h10	1	1
Точение Ø75,4h8	2	1 + 1 = 2
Точение канавки Ø74	1	1
Точение уступа	1	1
050 Зубофрезерная		
Нарезание зубьев	1	1
060 Шлицефрезерная		
Нарезание шлицев	1	1
085 Внутришлифовальная		
Шлифовка Ø95K7	1	1
Шлифовка Ø58H9	1	1
090 Круглошлифовальная		
Шлифовка Ø65h10	1	1
Шлифовка Ø75,1h7	1	1
095 Шлицешлифовальная		
Шлифование шлицев	1	1

1.9. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ

Разработка УП произведена с помощью САМ – системы SprutCAM. SprutCAM — российская САМ-система для разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ, поддерживающая разработку управляющих программ для многокоординатного, электроэрозионного, токарно-фрезерного оборудования и промышленных роботов с учетом полной кинематической 3D-модели всех узлов.

В данной работе разработка управляющих программ велась для следующих операций с применением ЧПУ: 015 Токарная с ЧПУ, 035 Токарная с ЧПУ, 040 Токарная с ЧПУ. Схемы обработки представлены на рисунке 2.

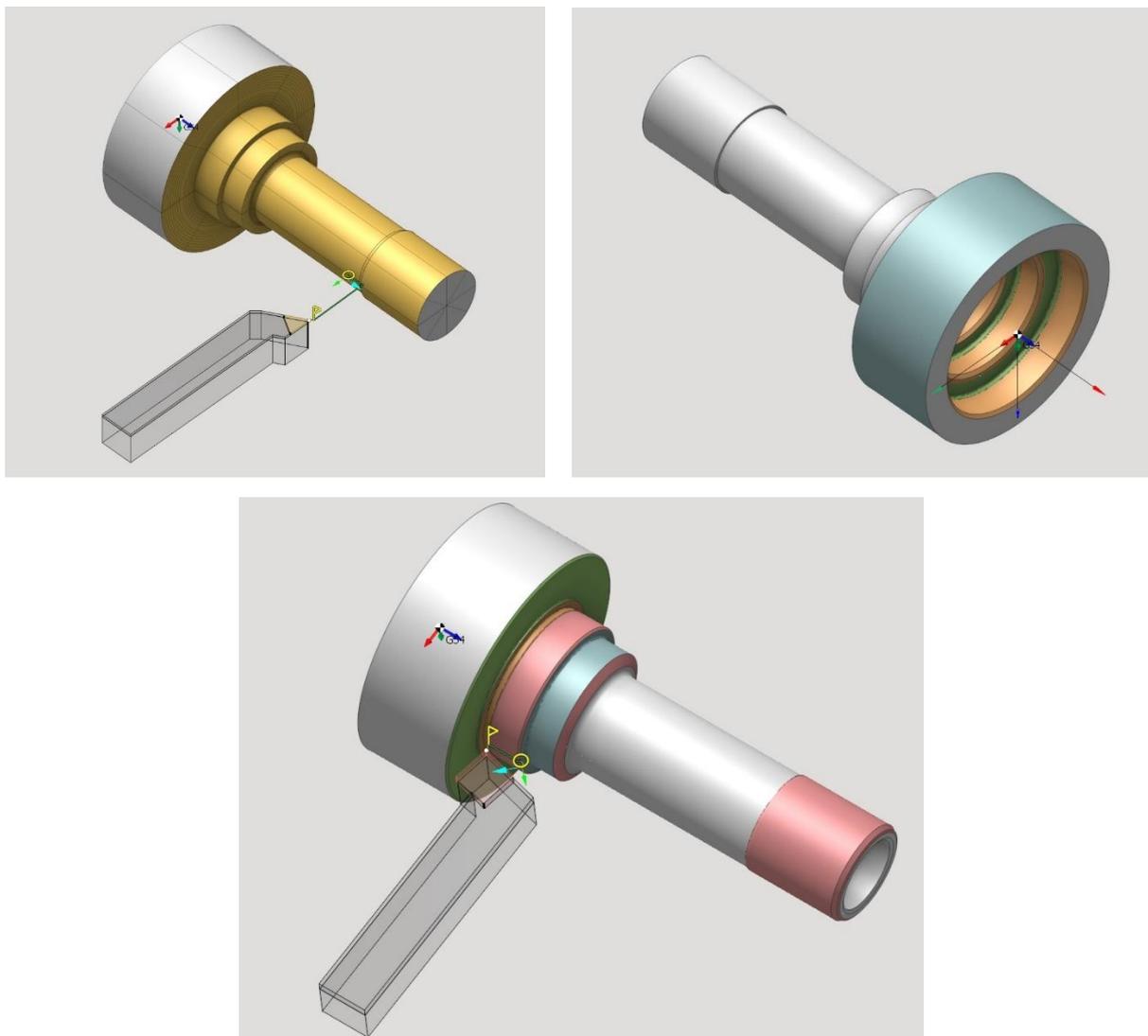


Рисунок 2 – Схемы обработки на операциях:
015 Токарная с ЧПУ, 035 Токарная с ЧПУ, 040 Токарная с ЧПУ

Разработка программ велась на системе ЧПУ Sinumerik 828D для станка TC1625Ф3. Изображение станка показано на рисунке 3, а его основные характеристики – в таблице 12.



Рисунок 3 – Станок токарный с ЧПУ TC1625Ф3

Таблица 12 – Технические характеристики токарного станка с ЧПУ TC1625Ф3

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	580
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	280
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	77
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Мощность двигателя главного движения, кВт	11
Центр шпинделя передней бабки по ГОСТ 13214-67	Морзе №6
Центр пиноли задней бабки по ГОСТ 13214-67	Морзе №5
Конец шпинделя по ГОСТ 12593-72	D8
Диаметр 3-х кулачкового патрона, мм	250
Размер хвостовика режущего инструмента, мм	VDI40
Масса станка с ЧПУ, кг	3380
Система ЧПУ	Sinumerik 828D

1.10. Размерный анализ технологического процесса

Размерный анализ технологического процесса производится для того, чтобы дать гарантию точности выполнения всех получаемых размеров и допусков расположения.

В ходе работы была построена размерная схема технологического процесса изготовления детали «Вал-шестерня» и граф технологических размерных цепей, рисунок 4 (размерная схема представлена в приложении Б).

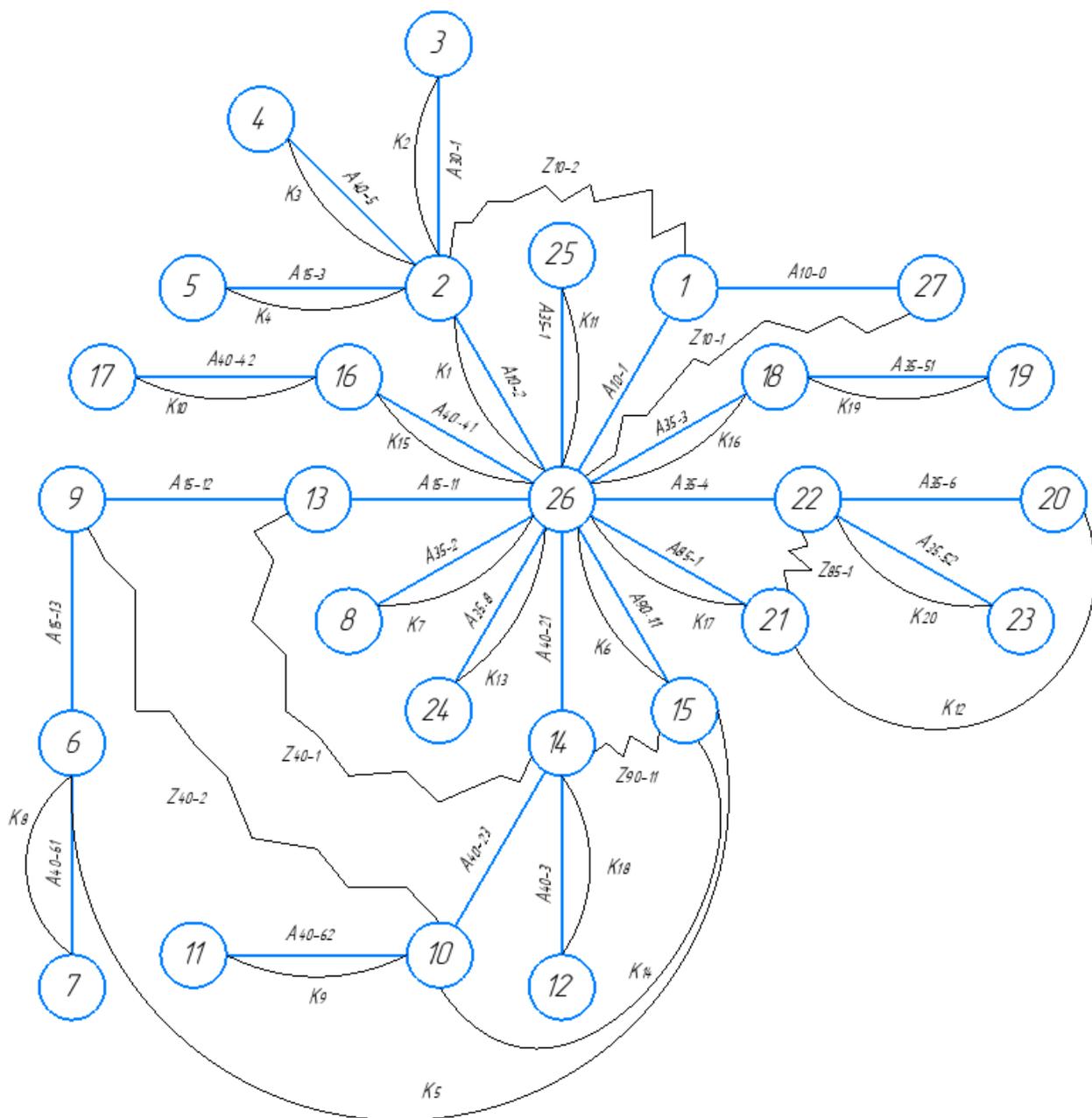


Рисунок 4 – Граф технологических размерных цепей

Размеры, требующиеся к получению по чертежу отражены в таблице 13.

Таблица 13 – Конструкторские размеры

K_1	K_2	K_3	K_4
$235_{-1,15}$	$1,6 \pm 0,1$	$3 \pm 0,12$	$50_{-0,62}$
K_5	K_6	K_7	K_8
$38 \pm 0,12$	$50_{-0,16}$	$75 \pm 0,37$	$1,5 \pm 0,1$
K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}
$1,5 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$
K_{13}	K_{14}	K_{15}	K_{16}
$1,5 \pm 0,1$	$20 \pm 0,1$	$49_{-0,25}$	$31,5 \pm 0,31$
K_{17}	K_{18}	K_{19}	K_{20}
$19,5 \pm 0,1$	$5^{+0,3}$	$5^{+0,3}$	$5^{+0,3}$

Запишем основные данные:

Операция 010: $A_{10-0} = 241_{-2}$; $A_{10-1} = 237_{-1,15}$; $A_{10-2} = K_1 = 235_{-1,15}$

Операция 015: $A_{15-11} = 51,4_{-0,74}$; $A_{15-12} = 19,6 \pm 0,26$; $A_{15-13} = 36,6 \pm 0,31$; $A_{15-3} = K_4 = 50_{-0,62}$

Операция 030: $A_{30-1} = K_2 = 1,6 \pm 0,1$;

Операция 035: $A_{35-1} = K_{11} = 1 \pm 0,1$; $A_{35-2} = K_7 = 75 \pm 0,37$; $A_{35-3} = K_{16} = 31,5 \pm 0,31$; $A_{35-4} = 19,1 \pm 0,26$; $A_{35-51} = K_{19} = 5^{+0,3}$; $A_{35-52} = K_{20} = 5^{+0,3}$; $A_{35-6} = 1,9 \pm 0,1$; $A_{35-8} = K_{13} = 1,5 \pm 0,1$

Операция 040: $A_{40-21} = 50,4_{-0,3}$; $A_{40-22} = 37,6 \pm 0,19$; $A_{40-23} = 19,6 \pm 0,16$; $A_{40-3} = K_{18} = 5^{+0,3}$; $A_{40-41} = K_{15} = 49_{-0,25}$; $A_{40-42} = K_{10} = 1 \pm 0,1$;

$A_{40-5} = K_3 = 3 \pm 0,12$; $A_{40-61} = K_8 = 1,5 \pm 0,1$; $A_{40-62} = K_9 = 1,5 \pm 0,1$

Операция 085: $A_{85-1} = K_{17} = 19,5 \pm 0,1$; $A_{85-2} = K_{12} = 1,5 \pm 0,1$

Операция 090: $A_{90-11} = K_6 = 50_{-0,16}$; $A_{90-12} = K_5 = 38 \pm 0,12$; $A_{90-13} = K_{14} = 20 \pm 0,1$

Размеры A_{40-22} , A_{85-2} , A_{90-12} , A_{90-13} получаются автоматически.

В ходе построения размерной схемы технологического процесса и графа технологических размерных цепей, получили 26 технологических размеров (А), 2 конструкторских размеров (К) и 6 чистовых припуска (Z).

Оценивается выполнение следующих условий:

$$П - 1 = А, (27 - 1 = 26) \rightarrow \text{выполняется}$$

$$К + Z = А (20 + 6 = 26) \rightarrow \text{выполняется}$$

Расчёт технологических размерных цепей проведён по методу максимума-минимума при числе составляющих звеньев размерной цепи не более четырёх, и вероятностным методом при числе составляющих звеньев более четырёх. Результаты представлены в форме таблицы 14.

Таблица 14 – Расчёт технологических размерных цепей

Технологические размерные цепи (линейные)		
Провер. размер	Схемы размерных цепей	Уравнения размерных цепей
K_5		$K_5 = A_{15-13} + A_{15-11} - A_{90-11}$ $K_{13} = 36,6 \pm 0,31 + 51,4_{-0,74} - 50_{-0,16}$ $K_{13} = 38_{-1,05}^{+0,47}$
K_{12}		$K_{12} = A_{35-6} + A_{35-4} - A_{85-1}$ $K_{12} = 1,9 \pm 0,1 + 19,1 \pm 0,26 - 19,5 \pm 0,1$ $K_{12} = 1,5_{-0,46}^{+0,46}$
K_{14}		$K_{14} = A_{40-23} + A_{40-21} - A_{90-11}$ $K_{14} = 19,6 \pm 0,16 + 50,4_{-0,3} - 50_{-0,16}$ $K_{14} = 20_{-0,46}^{+0,32}$
Z_{10-1}		$Z_{10-1} = A_{10-0} - A_{10-1}$ $Z_{10-1} = 241_{-2} - 237_{-1,15}$ $Z_{10-1} = 4_{-2}^{+1,15}$

Технологические размерные цепи (линейные)		
Провер. размер	Схемы размерных цепей	Уравнения размерных цепей
Z_{10-2}		$Z_{10-2} = A_{10-1} - A_{10-2}$ $Z_{10-2} = 237_{-1,15} - 235_{-1,15}$ $Z_{10-2} = 2_{-1,15}^{+1,15}$
Z_{40-1}		$Z_{40-1} = A_{15-11} - A_{40-21}$ $Z_{40-1} = 51,4_{-0,74} - 50,4_{-0,3}$ $Z_{40-1} = 1_{-0,74}^{+0,3}$
Z_{40-2}		$Z_{40-2} = A_{15-12} + A_{15-11} - A_{40-21} - A_{40-23}$ $Z_{40-2} = 19,6_{-0,26}^{+0,26} + 51,4_{-0,74} - 19,6_{-0,16}^{+0,16} - 50,4_{-0,16}$ $Z_{40-2} = 1_{-0,74}^{+0,16}$
Z_{85-1}		$Z_{85-1} = A_{85-1} - A_{35-4}$ $Z_{85-1} = 19,5 \pm 0,1 - 19,1 \pm 0,26$ $Z_{85-1} = 0,4_{-0,36}^{+0,36}$
Z_{90-11}		$Z_{90-11} = A_{40-21} - A_{90-11}$ $Z_{90-11} = 50,4_{-0,3} - 50_{-0,16}$ $Z_{90-11} = 0,4_{-0,3}^{+0,16}$

Также был проведён размерный анализ диаметральных размеров, полученных при расчёте припусков расчётно-аналитическим методом в разделе 1.5. Соответствующие размерные схемы отражены на рисунках 5 и 6.

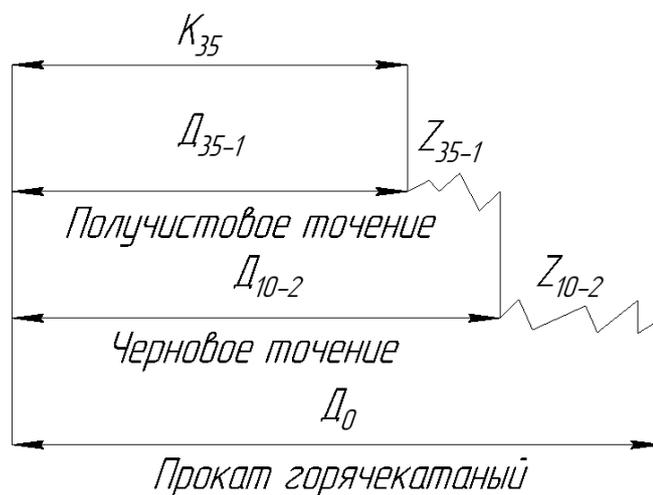


Рисунок 5 – Размерная схема технологического маршрута обработки поверхности 130,5h11

$$K_{35} = D_{35-1} = 130,5_{-0,25}$$

$$D_{10-2} = 133_{-1}$$

$$D_0 = 140^{+0,6}_{-0,2}$$

$$Z_{10-2} = D_0 - D_{10-2} = 140^{+0,6}_{-0,2} - 133_{-0,1} = 7^{+1,6}_{-0,2}$$

$$Z_{35-1} = D_{10-2} - D_{35-1} = 133_{-1} - 130,5_{-0,25} = 2,5^{+0,25}_{-1}$$

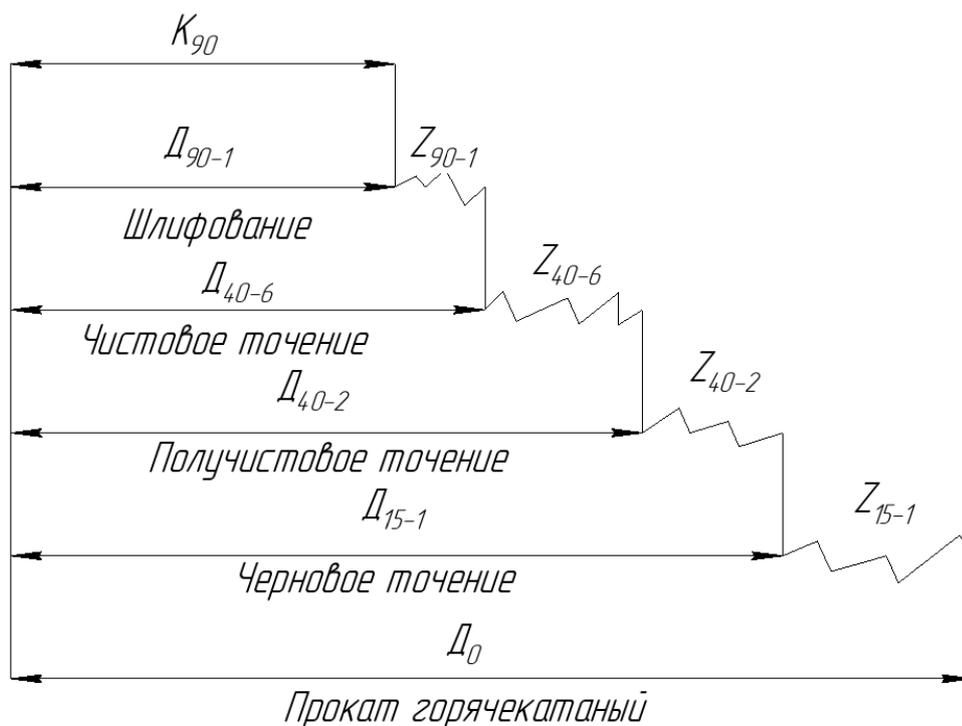


Рисунок 6 – Размерная схема технологического маршрута обработки поверхности 75k6

$$K_{90} = D_{90-1} = \varnothing 75_{+0,002}^{+0,021}$$

$$D_{15-1} = 78_{-0,3}; D_{40-2} = 76_{-0,12}; D_{40-6} = 75,4_{-0,046};$$

$$D_0 = 140_{-0,2}^{+0,6}$$

$$Z_{15-1} = D_0 - D_{15-1} = 140_{-0,2}^{+0,6} - 78_{-0,3} = 62_{-0,2}^{+0,9} \text{ (напуск)}$$

$$Z_{40-2} = D_{15-1} - D_{40-2} = 78_{-0,3} - 76_{-0,12} = 2_{-0,3}^{+0,12}$$

$$Z_{40-6} = D_{40-2} - D_{40-6} = 76_{-0,12} - 75,4_{-0,046} = 0,6_{-0,12}^{+0,046}$$

$$Z_{90-1} = D_{40-6} - D_{90-1} = 75,4_{-0,046} - 75_{+0,002}^{+0,021} = 0,4_{-0,067}^{-0,002}$$

Из результатов размерного анализа видно, что предельные отклонения линейных и диаметральных размеров не выходят за ограничения, заданные конструктором. В противном случае рекомендуется переназначить предельные отклонения на все размеры для соблюдения требований согласно чертежу.

Выводы

По итогам выполнения раздела «Проектирование технологического процесса изготовления детали» были достигнуты следующие результаты:

1) Проведён анализ технологичности, согласно которому шлицы выделены как самый нетехнологичный элемент конструкции. В то же время, к шлицам предъявлены повышенные требования по изготовлению и контролю, что отражает необходимость в специальном приспособлении;

2) В качестве заготовки был выбран пруток горячекатаный как самый экономичный в условиях мелкосерийного производства;

3) Был спроектирован технологический процесс детали Вал-шестерня. Особенности техпроцесса являются: принцип концентрации переходов, использование токарной операции с ЧПУ, наличие нитроцементации, получение эвольвентных шлицев с использованием специального приспособления, работа с глубоким сверлением;

4) Были рассчитаны и подобраны режимы резания и нормы времени для изготовления детали Вал-шестерня;

5) Проведён размерный анализ, отражающий правильность распределения припусков на обработку;

6) Подобраны средства технологического оснащения для производства детали Вал-шестерня;

7) Разработаны управляющие программы на токарные операции с ЧПУ для станка ТС1625Ф3.

Раздел 2. Проектирование средства технологического оснащения

2.1. Обоснование выбора схемы приспособления

Для обработки заготовки её нужно лишить необходимого числа степеней свободы, придать определённое положение в пространстве, т.е. базирующую. Точность базирования заготовки зависит от выбранной схемы базирования, т.е. от схемы расположения опорных точек на базах заготовки. Схема базирования заготовки для нарезания шлицев червячной фрезой с учётом ГОСТ 21495-76 представлена на рисунке 7.

060 Шлицефрезерная

А. Установить вал в специальное приспособление

База: центральное отверстие и торец

1. Фрезеровать шлицы согласно чертежу

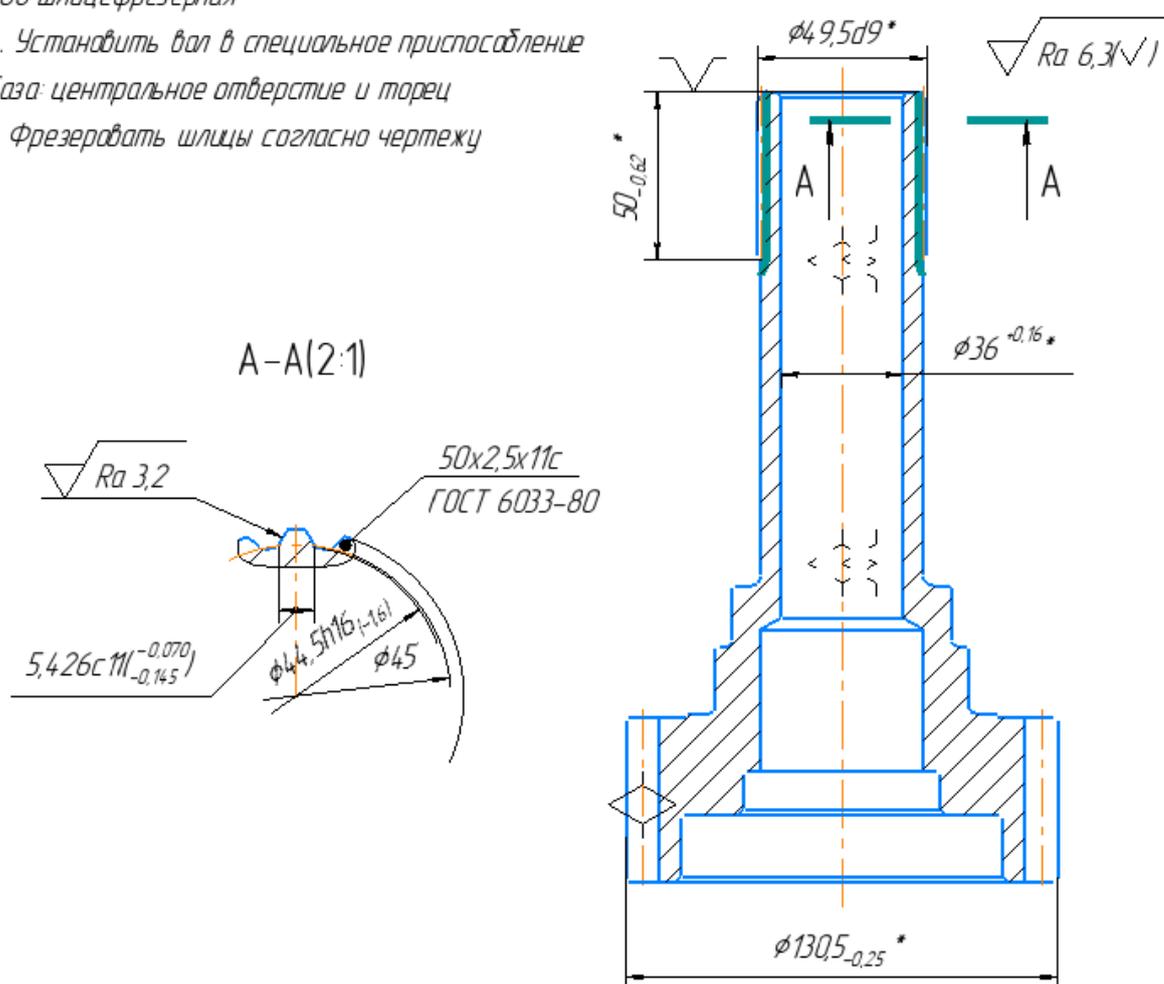


Рисунок 7 – Схема базирования детали на операции 060 Шлицефрезерная

Характеристика базирования:

- Двойная направляющая база (лишает 4-х степеней свободы)
- Опорная база, определяющая длину нарезания шлицев
- Опорная база, определяющая попадание фрезы при нарезании шлицев

Закрепление заготовки происходит по внутреннему диаметру $\varnothing 36$ в специальном приспособлении с использованием цанги, работающей на разжим. Схема закрепления детали с учётом ГОСТ 3.1107-81 представлена на рисунке 8.

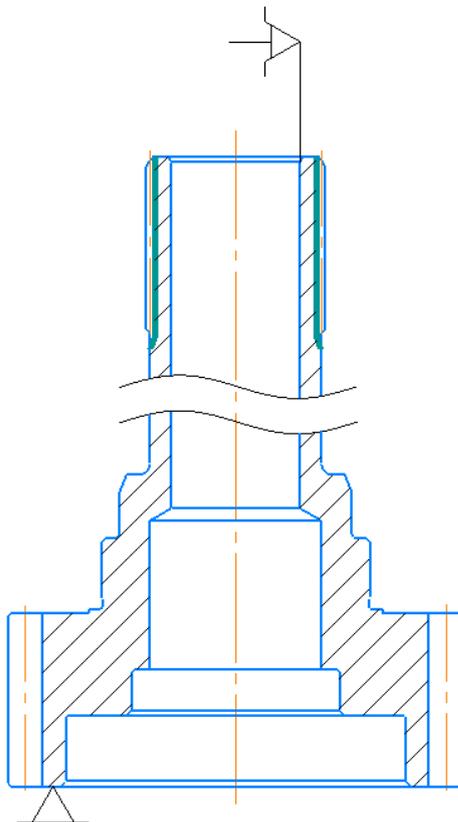


Рисунок 8 – Схема закрепления детали на операции 060 Шлицефрезерная

Способ установки: в специальном приспособлении с пневматическим механизмом разжима/зажима цанги, с упором в нижний торец.

Реализация схемы базирования представляет собой принципиальную схему приспособления, отражённую на рисунке 9.

Принцип действия: приспособление с цанговым пневматическим зажимом для фрезерования эвольвентных шлицев червячной фрезой устанавливают основанием 1 на поворотном столе зубофрезерного станка 5Д32. При переключении распределительного крана, сжатый воздух через штуцер 9 поступает в нижнюю (бесштоковую) полость пневмоцилиндра, встроенного в корпусе 5 приспособления. При этом, верхний конический конец тяги 11 выходит из отверстия цанги 10 и деталь освобождается.

При движении поршня 3 со штоком 2 вверх, с ними вместе перемещается втулка 4 со стержнями 8, которые снимают деталь с цанговой оправки. Зажим детали обеспечивается пружиной 7 при откачке воздуха из бесштоковой полости, при этом цанга 10 разжимается по конической оправке 6.

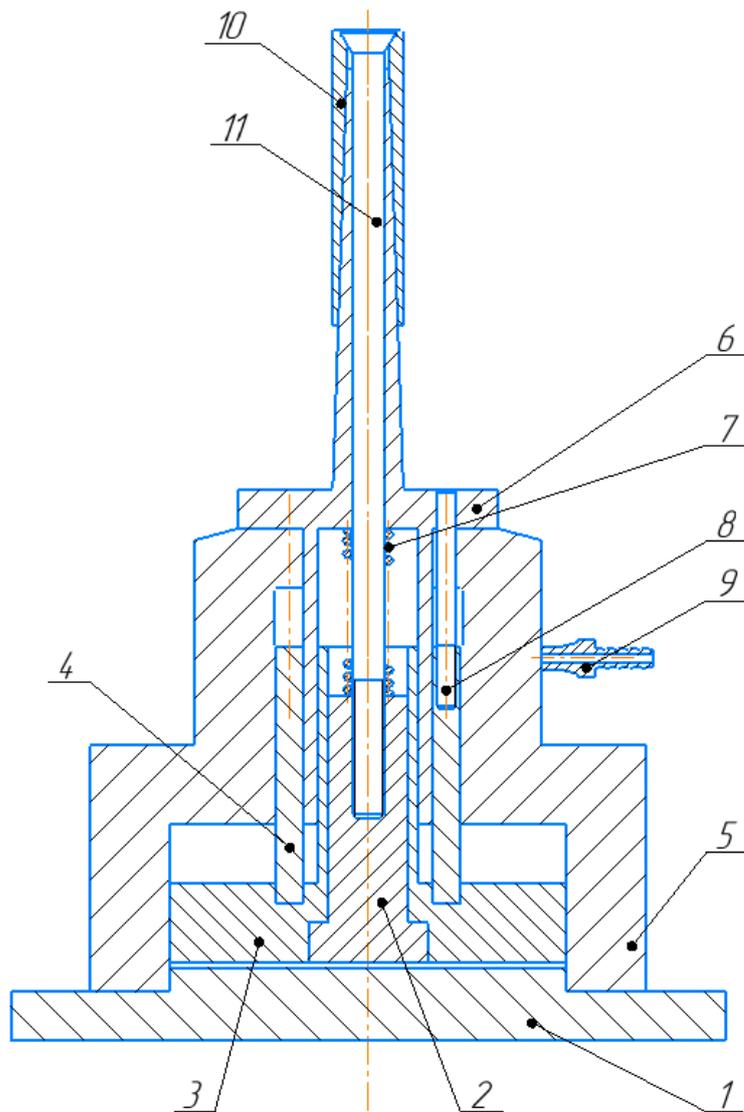


Рисунок 9 – Принципиальная схема специального приспособления с цанговым пневмозажимом

2.2. Расчёт сил зажима

Исходные данные для расчёта:

- Операция 060: Шлицефрезерная
- Шлицы 50x2,5x11с (18 шлицев) по ГОСТ 6033-80
- Режущий инструмент: Фреза 2520-0676 2,5 А ГОСТ 6637-80 P6M5
- Оборудование: станок 5Д32 зубофрезерный вертикальный полуавтомат
- Приспособление: специальное приспособление с пневматическим цанговым зажимом для нарезания шлицев

Общий вид станка 5Д32 отражен на рисунке 10, а его основные характеристики – в таблице 15.



Рисунок 10 – Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5Д32

Таблица 15 – Характеристики станка 5Д32

Наибольший модуль нарезаемого колеса по стали, мм	2...6
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес (0°), мм	800
Расстояние между осями стола и фрезы, мм	30...500
Расстояние от плоскости стола до оси фрезы, мм	200...510
Диаметр стола, мм	475
Наибольший диаметр режущего инструмента - фрезы, мм	120
Пределы оборотов фрезы, об/мин	47,5...192
Пределы вертикальных (продольных) подач фрезы, мм/об	0,5...3
Электродвигатель главного привода, кВт	2,8
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг	3660

Расчёт сил зажима был проведён согласно рекомендациям [13, с.6-17].

Цанговые зажимные механизмы предназначены для базирования и закрепления деталей вращения (типа валов, втулок, гильз, колец, дисков и др), по обработанным внутренним или наружным цилиндрическим поверхностям при обработке на токарных, шлифовальных, зуборезных станках при выполнении финишных операций).

Цанги обеспечивают высокую точность центрирования обрабатываемых деталей вследствие использования для закрепления упруго деформируемых зажимных элементов, объединенных в одну деталь и перемещающихся при закреплении в пределах упругих деформаций, ограниченных величиной исходного радиального зазора между цангой и поверхностью закрепляемой детали).

Упруго деформируемые зажимные элементы называют лепестками цанги. Лепестки цанги образованы продольными прорезями и представляют собой консольно закрепленную балку, которая получает радиальные упругие перемещения при продольном движении самой цанги или штока за счет взаимодействия с конусами в корпусе или на штоке. Перемещение всех лепестков цанги происходит одновременно, что обеспечивает самоцентрирование детали.

Точность центрирования на разжимной оправке обусловлена погрешностью, не превышающей 0,05...0,08 мм.

Распределение сил зажима в разжимной цанге показано на рисунке 11.

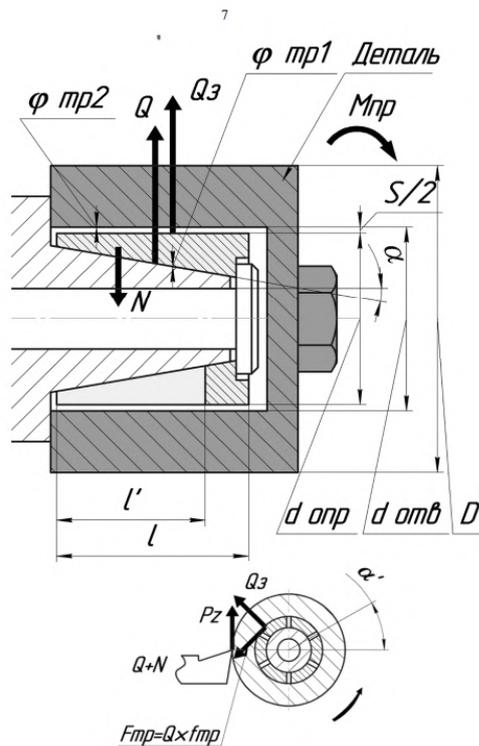


Рисунок 11 – Характеристики силы зажима для разжимной цанги

На заготовку действует крутящий момент от сил резания $M_{рез}$, стремящийся повернуть её вокруг оси, направленная по оси и стремящаяся её сдвинуть. Суммарная сила зажима всеми лепестками цанговой оправки создаёт в месте контакта с заготовкой силу и момент трения, уравнивающие выше названные силы.

Условие неподвижности детали на оправке определяется условием:

$$M_{тр.сумм} \geq K_3 \cdot M_{рез}, \quad (28)$$

где $M_{тр.сумм}$ – суммарный момент трения от всех лепестков цанги

$$M_{тр.сумм} = z \cdot Q \cdot f_{тр2} \cdot \frac{d}{2}, \quad (29)$$

где Q – сила зажима от одного лепестка;

$d = 36$ – рабочий диаметр закрепления

$z = 6$ – число лепестков цанговой оправки

$f_{тр2} = 0,2$ – коэффициент трения на рабочей поверхности оправки

K_3 – коэффициент запаса (1,5 ... 3)

$$M_{рез} = P_z \cdot \frac{D}{2} \text{ – момент от силы резания,} \quad (30)$$

где $P_z = 2797,7$ Н – окружная сила резания;

$D = 49,5$ мм – диаметр обработки

$$M_{\text{рез}} = 69,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$K_3 = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (31)$$

где k_0 – гарантированный коэффициент запаса, рекомендуется принимать для всех случаев равным 1,5;

k_1 – коэффициент, учитывающий наличие случайных неровностей на поверхности заготовки, вызывающих увеличение сил резания. Для чистой заготовки $k_1 = 1$;

k_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при затуплении инструмента. При фрезеровании сталей $k_2 = 1,4$;

k_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании. При обработке без ударов $k_3 = 1$;

k_4 – коэффициент, учитывающий постоянство развиваемых сил зажима. Для механических устройств прямого действия (пневматических, гидравлических и т.п.) $k_4 = 1$;

k_5 – коэффициент, учитывающий удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах. При удобном расположении и малом диапазоне угла её поворота $k_5 = 1$;

k_6 – коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку. Если заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта, $k_6 = 1$.

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,1$$

Требуемая сила закрепления детали на оправке от одного лепестка цанги из данного уравнения определяется по формуле:

$$Q = \frac{K_3 \cdot M_{\text{рез}}}{z \cdot f_{\text{гр2}} \cdot \frac{d}{2}} = 6727,7 \text{ Н} \quad (32)$$

Для создания этой силы от лепестков на деталь, при перемещении оправки на конусе, необходимо преодолеть силу упругого сопротивления лепестков в пределах радиального зазора между оправкой и отверстием детали. Сила упругого сопротивления одного лепестка цанговой втулки:

$$N = \frac{3 \cdot E \cdot J}{(2l)^3} \cdot y, \quad (33)$$

где $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости материала цанги (сталь)

$y = \frac{S}{2}$ – стрела перегиба

$S = 0,3$ мм – диаметральный зазор до закрепления

$l = 150$ мм – длина лепестка цанги рабочей части цанговой втулки

J – момент инерции сечения сектора лепестка цанги

$$J = \frac{d^3 \cdot h}{8} \left(\alpha + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \cdot \sin^2 \alpha}{\alpha_1} \right) [\text{м}^4] \quad (34)$$

С учётом рекомендаций ГОСТ 31.1066.02-85:

$$\alpha = 1^\circ 54' 33'' \approx 1,91^\circ$$

$$= 0,0333 \text{ – половина угла конуса цанговой втулки}$$

$$\alpha_1 = 30^\circ = 0,523 \text{ – половина угла сектора лепестка цанги}$$

$h = 3$ мм – толщина стенки лепестка

$$J = \frac{0,036^3 \cdot 0,003}{8} (0,0333 + 0,433 - 0,0042) = 8,1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

$$N = \frac{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8,1 \cdot 10^{-9} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}{(2 \cdot 0,15)^3} \cdot \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{2} = 28,4 \text{ Н}$$

Расчётная формула требуемой силы тяги на штоке привода выглядит следующим образом:

$$W = z \cdot (N + Q) \cdot (\tan(\alpha + \varphi_1) + \tan \varphi_2) \quad \#(35)$$

$$\varphi_1 = \arctg(f_{\text{тр}1}) = 5,71^\circ$$

$f_{\text{тр}1} = 0,1$ – коэффициент трения на поверхности конуса цанги

$$\varphi_2 = \arctg(f_{\text{тр}2}) = 11,3^\circ$$

$$W = 6 \cdot (28,4 + 6727,7) \cdot (\tan(1,91^\circ + 5,71^\circ) + \tan 11,3^\circ) = 13523,8 \text{ Н}$$

2.3. Подбор параметров пневмопривода

Силовой привод представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в механическую, необходимую для работы зажимных механизмов. по виду преобразуемой энергии различают приводы: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические, электромагнитные, магнитные, вакуумные, центробежно–инерционные. В качестве силового привода разжимной цанги был выбран пневмоцилиндр. Пневмоцилиндры предназначены для преобразования энергии сжатого воздуха в поступательное перемещение штока.

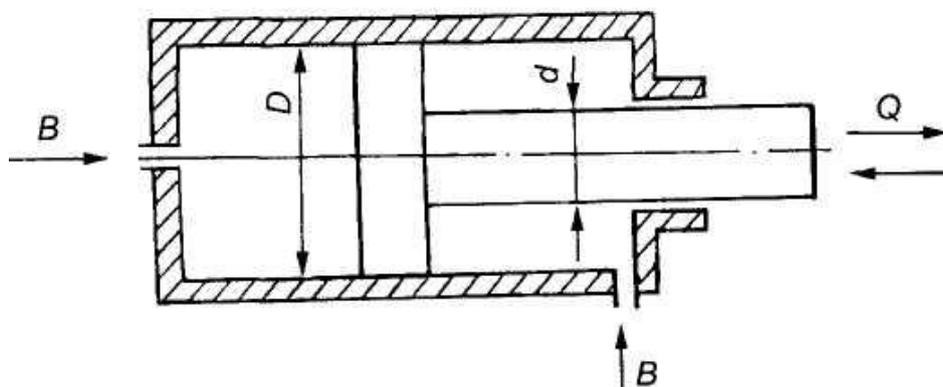


Рисунок 12 – Принципиальная схема пневмоцилиндров

Пневмоприводы применяются для зажимных устройств приспособлений, устанавливаемых на непрерывно или периодически вращающихся столах станков.

Преимущества:

- Значительное сокращение времени на зажим и разжим (в 4-8 раз) вследствие быстроты действия (0,5- 1,2 с) пневмопривода
- Постоянство силы зажима заготовки в приспособлении
- Возможность регулирования силы зажима детали
- Простота управления зажимными устройствами приспособлений
- Бесперебойность работы пневмопривода при изменениях температуры воздуха в окружающей среде

Для пневмоцилиндров двустороннего действия:

- В штоковой области:

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (36)$$

где D – диаметр поршня пневмоцилиндра

d – диаметр штока пневмоцилиндра

p – давление сжатого воздуха (0,4 ... 0,63 МПа)

$\eta \approx 0,9$ – К. П. Д. пневмоцилиндров

- В бесштоковой области:

$$W_2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (37)$$

В условиях задачи, сила зажима $W = W_1$, следовательно:

$$\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta = 13523,8 \text{ Н}$$

Согласно рекомендациям, $D \approx 5d$, тогда:

$$\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{24}{25} D^2\right) \cdot p \cdot \eta = 13523,8 \text{ Н}$$

$$D = 5 \sqrt{\frac{6W}{\pi} \cdot \frac{1}{p \cdot \eta}}$$

$$D = 5 \sqrt{\frac{13523,8}{6\pi} \cdot \frac{1}{0,5 \cdot 0,9}} = 199,6 \text{ мм}$$

Согласно ГОСТ 15608-81 назначаем пневмоцилиндр:

$$D = 200 \text{ мм}, d = 40 \text{ мм}, p = 0,5 \text{ МПа}$$

Предел толкающей силы (в штоковой полости) не менее

$$W_{1min} = 13568 \text{ Н} \text{ и не более } W_{1max} = 20676 \text{ Н}$$

Предел тянущей силы (в бесштоковой полости) не менее

$$W_{2min} = 14130 \text{ Н} \text{ и не более } W_{2max} = 22078 \text{ Н}$$

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta = 13572 \text{ Н (удовлетворяет)}$$

$$W_2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = 14137 \text{ Н (удовлетворяет)}$$

Для пневмоцилиндров одностороннего действия тянущая нагрузка осуществляется за счёт пружины сжатия. Использование пружины удобно при малом ходе штока пневмоцилиндра. Пружины сжатия представляют собой детали, принимающие на себя продольно-осевую нагрузку и сжимающиеся под ее действием. Когда нагрузка снимается, пружина возвращается в исходное состояние.

Для пневмоцилиндров одностороннего действия:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta - P, \quad (38)$$

где P – предельная сила сопротивления пружины обратного хода

Сила пружины при рабочей деформации соответствует наибольшему принудительному перемещению подвижного звена в механизме.

Исходя из известных параметров:

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta - W = 14137 - 13523,8 = 613,2 \text{ Н}$$

По ГОСТ 18793-80 подберём пружину сжатия, рисунок 13:

Пружина 1086-0892, номер пружины 66

$$D = 38 \text{ мм}; d = 4,5 \text{ мм}; H_0 = 70,5 \text{ мм}; t = 12,73 \text{ мм}$$

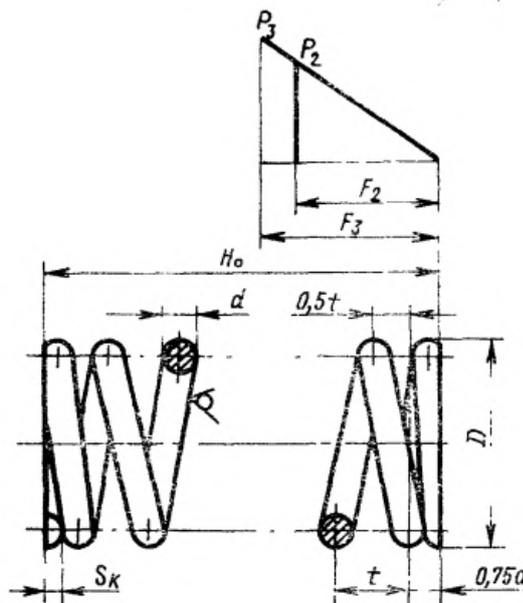


Рисунок 13 – Параметры пружины сжатия

Толщина стенки и днища корпуса пневмоцилиндра вычисляются по формулам:

$$\delta_{\text{ст}} \geq \frac{p_{\text{max}} \cdot D}{2[\sigma]}; \quad (39)$$

$$\delta_{\text{дн}} \geq 0,433D \sqrt{\frac{p_{\text{max}}}{[\sigma]}}, \quad (40)$$

где $p_{\text{max}} = 1$ МПа – максимальное давление в полостях гидроцилиндра;

$D = 200$ мм – диаметр поршня гидроцилиндра;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение растяжения материала корпуса.

Корпуса пневмоцилиндров (гильзы) изготавливаются обычно из сталей 35 и 45 или легированных сталей 40ХН, 40Х, 30ХГСА и др. Внутренние поверхности корпусов обрабатываются по посадке Н7, а наружные поверхности штока и поршня обрабатывают по посадке гб.

В качестве материала корпуса была выбрана сталь 45 и $[\sigma] = 170$ МПа

$$\delta_{\text{ст}} \geq \frac{1 \cdot 200}{2 \cdot 170} = 0,59 \text{ мм (примем } \delta_{\text{ст}} = 25 \text{ мм);}$$

$$\delta_{\text{дн}} \geq 0,433 \cdot 200 \sqrt{\frac{1}{170}} = 6,64 \text{ мм (примем } \delta_{\text{дн}} = 25 \text{ мм)}$$

Расчёт резьбы на штоке производится по формуле:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{[\sigma] \cdot \pi}}, \quad (41)$$

где $\alpha = 2,25$ – коэффициент затяжки;

$Q = 13523,8$ Н – сила зажима;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение растяжения материала штока.

В качестве материала штока была выбрана сталь 40Х13 и $[\sigma] = 160$ МПа.

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 13523,8}{160 \cdot \pi}} = 15,56 \text{ мм} = 16 \text{ мм}$$

В качестве дополнительной пневмоаппаратуры был подобран пневмораспределитель Camozzi для управления потоком воздуха в специальном приспособлении (рисунок 14, каналы 2,3 – заглушены).



Рисунок 14 – Пневмораспределитель Camozzi 474-900 с ручным управлением

2.4. Расчёт приспособления на точность

Расчёт приспособления на точность был проведён согласно [14, с. 203-227].

Цель расчёта на точность заключается в определении требуемой точности изготовления приспособления по выбранному параметру.

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_0 , которая не должна превышать допуск δ выполняемого размера при обработке заготовки, т.е. $\varepsilon_0 \leq \delta$.

Расчет погрешности изготовления приспособления $\varepsilon_{пр}$ сводится к вычитанию из допуска выполняемого размера всех других составляющих общей погрешности обработки.

$$\varepsilon_{пр} = \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T_1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{и}^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{п}^2 + (k_{T_2} \cdot \omega)^2}, \quad (42)$$

где δ – допуск выполняемого при обработке размера заготовки;

$k_T = 1 \dots 1,2 = 1$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$k_{T_1} = 0,8 \dots 0,85 = 0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$k_{T_2} = 0,6 \dots 0,8 = 0,6$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления;

ω – экономическая точность обработки, принимается по таблицам;

ε_6 – погрешность базирования заготовки в приспособлении;

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

$\varepsilon_{и}$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;

ε_y – погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_{\text{п}}$ – погрешность от перекоса инструмента.

Расчет точности изготовления приспособления из условия обеспечения размера заготовки $5,426_{-0,145}^{-0,070}$.

1. Определяется погрешность базирования. $\varepsilon_6 = 0$, вследствие того, что лепестки цанги самоцентрирующиеся.

2. Определяется погрешность закрепления. $\varepsilon_3 = 0$, вследствие наличия упора при затяжке цанги.

3. Определяется погрешность установки приспособления на станке. $\varepsilon_y = 0$, так как осуществляется надежный контакт установочной плоскости приспособления с плоскостью стола станка.

4. Выявляется погрешность от перекоса (смещения) инструмента $\varepsilon_{\text{п}} = 0$, так как в приспособлении отсутствуют направляющие элементы.

5. Определяется погрешность от изнашивания установочных элементов.

$$\varepsilon_{\text{и}} = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (43)$$

где $U_0 = 0,025$ мм – значение среднего износа при установке в цанге;

$k_1 = 0,97$ – коэффициент, учитывающий материал детали (сталь незакалённая);

$k_2 = 1,25$ – коэффициент, учитывающий тип оборудования (специальное);

$k_3 = 0,94$ – коэффициент, учитывающий условия обработки (с охлаждением);

$k_4 = 2,8$ – коэффициент, учитывающий число установок в год (500 в год).

$$\varepsilon_{\text{и}} = 0,025 \cdot 0,97 \cdot 1,25 \cdot 0,94 \cdot 2,8 \cdot \frac{5}{1000} = 0,0004 \text{ мм}$$

6. Определяется экономическая точность обработки. В данном случае $\omega = 0,075$ мм.

7. Определяется погрешность изготовления приспособления.

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{пр}} &= 0,075 - 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,0004^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,075)^2} \\ &= 0,030 \text{ мм}\end{aligned}$$

Погрешность установки заготовки в приспособлении ε как суммарное поле рассеяния случайных величин определяется из выражения:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} & (44) \\ \varepsilon &= 30 \text{ мкм}\end{aligned}$$

Таким образом, точность центрирования детали при установке в специальном приспособлении обеспечивается погрешностью, не превышающей величину 30 мкм, для обеспечения размера ширины эвольвентного шлица $5,426_{-0,145}^{-0,070}$.

2.5. Проектирование гибкой производственной системы (модуля)

Исходными данными для проектирования гибкой производственной системы (ГПС) являются:

- сведения о продукции: вид, номенклатура, габариты, требования к точности и качеству изготовления и др.;
- сведения о технологических процессах изготовления изделий: сведения о заготовках (вид, точность), способах обработки, технологических базах, составе технологических переходов и др.

Станочный комплекс ГПС может быть представлен в виде отдельных одно- и многоцелевых станков с ЧПУ, гибких производственных модулей (ГПМ), роботизированных технологических комплексов (РТК).

Основой ГПС является станочное оборудование. При обработке деталей типа тел вращения чаще используются оснащенные ЧПУ токарные станки.

ГПМ – это ГПС, которая оснащена единицей технологического оборудования, устройством управления и средствами автоматизации технологического процесса. Основу ГПМ составляет базовый комплект – непереналаживаемая часть ГПМ в пределах принятых типоразмеров изделия. Базовый комплект включает: единицу технологического оборудования и устройство загрузки-выгрузки деталей. При добавлении операционного накопителя заготовок и деталей получается ГПМ, связанный со складом при помощи транспортного робота и являющийся автономной единицей автоматизированной системы, которая способна функционировать без участия человека.

ГПМ успешно эксплуатируются автономно в условиях мелкосерийного производства с максимальным использованием их технологических возможностей и гибкости в переналадке.

В условиях поставленной задачи, была проведена автоматизация токарных операций с ЧПУ с использованием станка с ЧПУ ТС1625Ф3, и представлен на его основе гибкий производственный модуль.

Для производства детали «Вал-шестерня» необходимо провести автоматизацию процесса снятия и установки заготовок с помощью промышленного робота напольного типа М20П.40.01, рисунок 15.

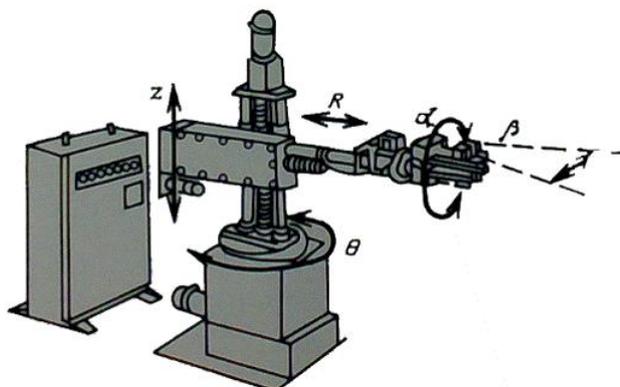


Рисунок 15 – Промышленный робот напольного типа М20П.40.01

Данный робот является весьма распространенным в ГПМ для токарной обработки. Робот имеет одну горизонтальную выдвижную руку, оборудованную механизмом продольного и вертикального перемещения, и вертикальную колонну, вокруг оси которой рука поворачивается. Рабочая зона робота охватывает загрузочные и разгрузочные позиции транспортера-накопителя, а также зону обработки на станке, примыкающую к его шпинделю. Рисунок 14 иллюстрирует ГПМ с использованием робота М20П.40.01 и токарного станка с ЧПУ ТС1625Ф3.

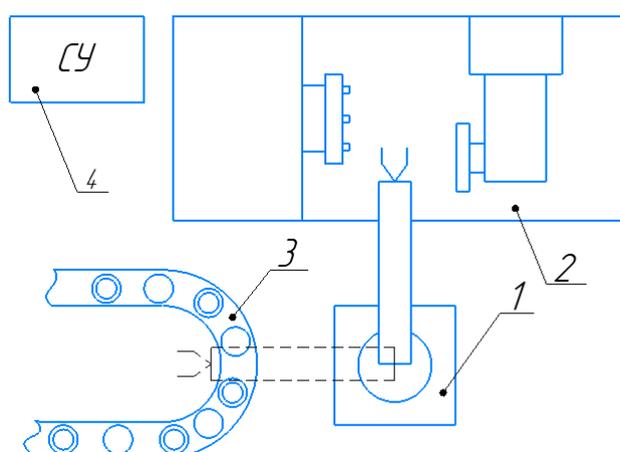


Рисунок 16 – Компонировка ГПМ:

- 1 – промышленный робот; 2 – станок ТС1625Ф3;
- 3 – накопитель; 4 – система управления

Выводы

По итогам выполнения раздела «Проектирование средства технологического оснащения» были достигнуты следующие результаты:

- 1) Разработана схема базирования и схема закрепления детали Вал-шестерня в специальном приспособлении с цанговым пневмозажимом;
- 2) Рассчитаны усилия зажима детали в приспособлении $Q = 13523,8 \text{ Н}$;
- 3) Подобрана пневмоаппаратура и выбран метод закрепления детали в цанге – за счёт пружины сжатия;
- 4) Проведён расчёт приспособления на точность, согласно которому точность центрирования детали при установке в специальном приспособлении обеспечивается погрешностью, не превышающей 30 мкм;
- 5) Спроектирован ГПМ с применением промышленный робота напольного типа М20П.40.01 для автоматизации работы при изготовлении детали на станке с ЧПУ ТС1625Ф3;
- 6) Разработан сборочный чертёж специального приспособления с цанговым пневмозажимом для нарезания эвольвентных шлицев детали Вал-шестерня.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4А91	Кривошеев Денис Юрьевич

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение школы (НОЦ)	Машиностроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала:

<i>Оценка конкурентоспособности НИР Матрица SWOT Диаграмма Ганта Бюджет НИР Основные показатели эффективности НИР</i>

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	Кривошеев Денис Юрьевич		

Раздел 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка коммерческой ценности научно-исследовательских работ (НИР), проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

Цель ВКР – технологическая подготовка производства детали "Вал-шестерня" (включает в себя разработку требуемой технологической и конструкторской документации).

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИР 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 разработки и определить направления для ее будущего повышения. В данной работе оценивается технологическая подготовка производства детали «Вал-шестерня», в частности, технологический процесс изготовления. Следовательно, потенциальными конкурентами могут выступать любые машиностроительные предприятия, способные написать технологию получения требуемой детали и обладающие нужными мощностями для механообработки.

В Томске можно выделить несколько влиятельных предприятий-конкурентов в области производства детали «Вал-шестерня». Анализ будем проводить на основе предприятий: АО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева» и ООО «Томский машиностроительный завод».

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, представленной в таблице 16.

Таблица 16 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность технологии	0,18	4	5	5	0,72	0,9	0,9
2. Простота изготовления	0,25	5	4	3	1,25	1	1
3. Эффективность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
4. Безопасность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
5. Надёжность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена заготовки	0,12	5	4	3	0,6	0,48	0,36
2. Стоимость средств технологического оснащения	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
3. Материалоёмкость	0,08	4	5	5	0,32	0,4	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого:	1	42	42	39	4,66	4,55	4,35

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы;

Б_{к1} – АО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева»;

Б_{к2} – ООО «Томский машиностроительный завод»

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i B_i, \text{ где}$$

К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Проведённый анализ конкурентных технических решений позволяет выделить определяющие преимущества нашей разработки: соотношение простоты применяемой технологии с доступностью материалов и оборудования, что также делает техпроцесс универсальным и применимым для любого производства.

3.1.2. SWOT-анализ

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

Первый этап заключается в составлении матрицы SWOT, таблица 17, в которой описываются слабые и сильные стороны проекта и выявляются возможности и угрозы для реализации проекта.

Таблица 17 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Актуальность технологии	Сл1. Требуется квалифицированный персонал для работы
С2. Простота изготовления детали	Сл2. Наличие термообработки
С3. Низкая стоимость заготовки и оборудования	Сл3. Низкая материалоемкость
С4. Использование САПР	Сл4. Потребность в специальной оснастке
Возможности	Угрозы
В1. Изготовление детали на любом предприятии	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов
В2. Разработка типовых и групповых ТП	У2. Отсутствие спроса и перенасыщение рынка
В3. Повышение серийности производства	У3. Рост стоимости оборудования и материалов
В4. Удешевление ТП	У4. Появление новых технологий

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, представленные в таблицах 18, 19, 20, 21, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

Таблица 18 – Интерактивная матрица «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	-	-	+
	B3	-	-	-	-
	B4	+	+	-	-

Таблица 19 – Интерактивная матрица «Возможности проекта и слабые стороны»

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

Таблица 20 – Интерактивная матрица «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	+	+	+	-
	У4	+	-	-	+

Таблица 21 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	+	+	+
	У4	+	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 22.

Таблица 22 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Актуальность технологии</p> <p>С2. Простота изготовления детали</p> <p>С3. Низкая стоимость заготовки и оборудования</p> <p>С4. Использование САПР</p>	<p>Сл1. Требуется квалифицированный персонал</p> <p>Сл2. Наличие термообработки</p> <p>Сл3. Низкая материалоемкость</p> <p>Сл4. Потребность в специальной оснастке</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Изготовление детали на любом предприятии</p> <p>В2. Разработка типовых и групповых ТП</p> <p>В3. Повышение серийности производства</p> <p>В4. Удешевление ТП</p>	<p>Направления развития</p> <p><u>В1С1С2С3С4:</u> Простота технологии и доступность средств технологического оснащения делает данный ТП применимым практически на любом предприятии.</p> <p><u>В2С1С4:</u> Актуализация технологий и использование компьютерного моделирования позволяет разрабатывать типовые и групповые ТП, что ведёт к упрощению процесса производства.</p> <p><u>В4С1С2:</u> Дальнейшее улучшение технологии и обработка детали по простым геометрическим формам ведут к упрощению и удешевлению ТП.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p><u>В1Сл2Сл4:</u> Наличие термообработки, а также потребность в специальном приспособлении ставит под вопрос унифицированность его техпроцесса и его применимость в условиях любого производства.</p> <p><u>В2Сл1:</u> Типовой и групповой ТП разрабатывается с целью экономически целесообразного применения методов и средств крупносерийного производства в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. В связи с этим возникает потребность в персонале с высокой квалификацией.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Снижение стоимости разработок конкурентов</p> <p>У2. Отсутствие спроса и перенасыщение рынка</p> <p>У3. Рост стоимости оборудования и материалов</p> <p>У4. Появление новых технологий</p>	<p>Угрозы развития</p> <p><u>У3С1С2С3:</u> Рост стоимости оборудования и материалов создаст потребность в поиске более высокопроизводительных и дешёвых методах обработки.</p> <p><u>У4С1С4:</u> Появление новых технологий будет создавать конкуренцию между предприятиями за скорейшее освоение новых методов обработки, использования САПР и внедрения их в существующие ТП.</p>	<p>Уязвимости</p> <p><u>У3Сл2Сл3Сл4:</u> Рост стоимости оборудования и материалов может вызвать снижение такта выпуска деталей или вовсе застой производства в связи с наличием термической обработки и потребности в специальной оснастке, которые невозможно исключить.</p> <p><u>У4Сл1:</u> Внедрение новых технологий невозможно реализовать без квалифицированного персонала.</p>

3.2. Планирование научно-исследовательских работ

Данный этап характеризуется планированием работ по разработке технологического процесса, анализом трудоёмкости и необходимых средств для реализации проекта. В ходе выполнения, определили состав рабочей группы в таблице 23 и структуру работ в таблице 24.

Таблица 23 – Состав рабочей группы

№ п/п	Ф.И.О, место работы/учёбы	Роль в проекте	Основные обязанности
1	Пустовых О.С. Старший преподаватель ТПУ ИШНПТ	Руководитель НИР	Проверка и анализ результатов проекта
2	Кривошеев Д.Ю. ТПУ ИШНПТ	Инженер	Выполнение проекта

3.2.1. Структура работ

Таблица 24 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель НИР
Технологическая часть	2	Анализ технологичности детали	Инженер
	3	Выбор заготовки	Инженер
	4	Составление технологического процесса	Руководитель НИР, Инженер
	5	Расчёт припусков	Инженер
	6	Размерный анализ	Инженер
	7	Расчёт режимов резания	Инженер
	8	Выбор средств технологического оснащения	Инженер
	9	Нормирование времени	Инженер
Конструкторская часть	10	Разработка схемы базирования и закрепления детали	Инженер
	11	Разработка принципиальной схемы приспособления	Инженер
	12	Расчёт сил зажима и подбор приводов	Инженер
	13	Расчёт приспособления на точность, прочность	Инженер

	14	Разработка сборочного чертежа приспособления и спецификации	Руководитель НИР, Инженер
Оформление НИР	15	Анализ и оценка социальной ответственности	Инженер
	16	Анализ и оценка раздела менеджмента	Инженер
	17	Оформление комплекта документов	Инженер
	18	Оформление пояснительной записки	Инженер

3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников.

Трудоемкость выполнения оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож-i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож-i} = \frac{3t_{min-i} + 2t_{max-i}}{5}, \quad (45)$$

где t_{min-i} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{max-i} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{p-i} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{p-i} = \frac{t_{ож-i}}{Ч_i}, \quad (46)$$

где $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{k-i} = T_{p-i} \cdot k, \quad (47)$$

где T_{k-i} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

k – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (48)$$

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).

$$k = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Расчёт трудоёмкости выполнения работ представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Временные показатели проведения НИР

№	Содержание работ	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{p-i}	Длительность работ в календарных днях T_{k-i}
		t_{min-i} , чел-дни		t_{max-i} , чел-дни		$t_{ож-i}$, чел-дни			
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	3	-	1,8	-	1,8	3
2	Анализ технологичности детали	-	1	-	3	-	1,8	1,8	3
3	Выбор заготовки	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
4	Составление технологического процесса	4	10	8	20	5,6	14	9,8	15
5	Расчёт припусков	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6

№	Содержание работ	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{p-i}	Длительность работ в календарных днях T_{k-i}
		t_{min-i} , чел-дни		t_{max-i} , чел-дни		$t_{ож-i}$, чел-дни			
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
6	Размерный анализ	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
7	Расчёт режимов резания	-	7	-	14	-	9,8	9,8	15
8	Выбор средств технологического оснащения	-	3	-	10	-	5,8	5,8	9
9	Нормирование времени	-	1	-	3	-	1,8	1,8	3
10	Разработка схемы базирования и закрепления детали	-	1	-	3	-	1,8	1,8	3
11	Разработка принципиальной схемы приспособления	-	1	-	3	-	1,8	1,8	3
12	Расчёт сил зажима и подбор приводов	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
13	Расчёт приспособления на точность, прочность	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
14	Разработка сборочного чертежа приспособления и спецификации	4	10	8	20	5,6	14	9,8	15
15	Анализ и оценка социальной ответственности	-	1	-	3	-	1,8	1,8	3
16	Анализ и оценка раздела менеджмента	-	1	-	3	-	1,8	1,8	3
17	Оформление комплекта документов	-	4	-	8	-	5,6	5,6	9
18	Оформление пояснительной записки	-	2	-	7	-	4	4	6
Итого:						13	83		120

3.2.3. Разработка графика проведения работ

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения работ в форме диаграммы Ганта, таблица 26.

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках НИР на основе таблицы 25 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 26– Диаграмма Ганта

№	Содержание работ	Исп.	T_{k-i} кал. дн.	Продолжительность работ														
				Февр.			Март			Апр.			Май					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение ТЗ	Исп.1	3	█														
2	Анализ технологичности	Исп.2	3	█														
3	Выбор заготовки	Исп.2	6	█	█													
4	Составление технологического процесса	Исп.1 Исп.2	15		█	█	█											
5	Расчёт припусков	Исп.2	6				█											
6	Размерный анализ	Исп.2	6				█											
7	Расчёт режимов резания	Исп.2	15				█	█	█									
8	Выбор средств технологического оснащения	Исп.2	9							█	█							
9	Нормирование времени	Исп.2	3								█							
10	Разработка схемы базирования и закрепления детали	Исп.2	3									█						
11	Разработка принципиальной схемы приспособления	Исп.2	3										█					
12	Расчёт сил зажима и подбор приводов	Исп.2	6											█				
13	Расчёт приспособления на точность, прочность	Исп.2	6												█			
14	Разработка сборочного чертежа приспособления и спецификации	Исп.1 Исп.2	15												█	█	█	

№	Содержание работ	Исп.	T_{k-i} , кал. дн.	Продолжительность работ													
				Февр.			Март			Апр.			Май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
15	Анализ и оценка соц. ответственности	Исп.2	3														
16	Анализ и оценка раздела менеджмент	Исп.2	3														
17	Оформление КД	Исп.2	9														
18	Оформление ПЗ	Исп.2	6														

Примечание:

 – Исп. 1 (руководитель НИР),  – Исп. 2 (инженер)

3.3. Бюджет научно-исследовательских работ

При планировании бюджета работы требуется учесть все виды расходов, связанных с её выполнением. В этой работе использовалась следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты опытно-конструкторской работы;
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР

3.3.1. Расчет материальных затрат

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции. Материальные затраты проекта отражены в таблице 27.

Таблица 27 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	шт.	4	340	1200
Набор бумаги А4	шт.	1	320	320
Набор бумаги А3	шт.	1	800	800

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Набор бумаги А2	шт.	1	3500	3500
Заправка картриджа для принтера	шт.	1	500	500
Заправка картриджа для плоттера	шт.	1	2000	2000
Итого:				8320

3.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, то при расчете затрат на оборудование учитываются только рабочие дни по данной теме.

При выполнении выпускной квалификационной работы использовался ноутбук Asus. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года. Специальное оборудование отражено в таблице 28.

Таблица 28 – Затраты на специальное оборудование

№	Наименование	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Ноутбук ASUS VivoBook K540UB-DM597T	1	3	39990	39990

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (49)$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t, \quad (50)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; t – время использования, мес.

Таким образом, была найдена общая сумма амортизационных отчислений по формуле вида:

$$A = \frac{И}{12 \cdot n} \cdot m = \frac{39990}{12 \cdot 3} \cdot 4 = 4443,3 \text{ руб.}$$

3.3.3. Заработная плата исполнителей

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{p-i}, \quad (51)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_{p-i} – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 25).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (52)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб. дней;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 24 раб. дн. – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 48 раб. дн. – $M = 10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (53)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2-0,5;

k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Баланс рабочего времени исполнителей и расчёт основной заработной платы представлены в таблицах 29 и 30 соответственно.

Таблица 29 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52/14	104/14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48/5	24/10
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд	246	213

Таблица 30 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_{p-i} раб. дн	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	26300	0,3	0,3	1,3	54704	2312,7	13	30065,1
Инженер	16300	0,3	0,3	1,3	33904	1782,7	83	147964,1
Итого:								178029,2

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (54)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Для руководителя:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп} = 30065,1 \cdot 0,15 = 4509,77 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}} = 147964,1 \cdot 0,15 = 22194,62 \text{ руб.}$$

Тогда полная заработная плата:

Для руководителя:

$$Z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 30065,1 + 4509,77 = 34574,87 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 147964,1 + 22194,62 = 170158,72 \text{ руб.}$$

3.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z, \quad (55)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ):

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование.

Для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z = 0,3 \cdot 34574,87 = 10372,46 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z = 0,3 \cdot 170158,72 = 51047,62 \text{ руб.}$$

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать, ксерокопирование материалов работы, оплата услуг связи и интернета и т.д.

Данные для расчёта накладных расходов представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Затраты на специальное оборудование, руб.	Материальные затраты, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Итого без накладных расходов, руб.
4443,3	8320	178029,2	26704,39	61420,08	278916,97

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (56)$$

где $k_{\text{нр}} = 0,16$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 278916,97 = 44626,72 \text{ руб.}$$

3.3.5. Формирование бюджета затрат

Бюджет затрат проекта и соответствующих аналогов отражён в таблице 32.

Таблица 32 – Формирование бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2	
1. Материальные затраты	8320	10000	10000	Пункт 3.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	4443,3	13555,6	11111,1	Пункт 3.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	178029,2	178029,2	178029,2	Пункт 3.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	26704,39	26704,39	26704,39	Пункт 3.3.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	61420,08	61420,08	61420,08	Пункт 3.3.4
6. Накладные расходы	44626,72	44626,72	44626,72	Пункт 3.3.4
Бюджет затрат ОКР	323543,69	334335,99	331891,49	Сумма ст. 1 - 6

3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Данный раздел служит для сравнения реально действующего технологического процесса с разработанным.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{p-i}}{\Phi_{max}}, \quad (57)$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{p-i} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_1} = \frac{323543,69}{334335,99} = 0,967$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_1}{\Phi_1} = 1; \quad I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_2}{\Phi_1} = 0,993$$

Определение **интегрального показателя ресурсоэффективности** вариантов исполнения объекта исследования на основе таблицы 16:

$$I_T^p = 4,66; \quad I_{a1} = 4,55; \quad I_{a2} = 4,35$$

Определение **интегрального показателя эффективности** разработки (I_{Φ}^p) и аналога (I_{Φ}^a):

Определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\Phi}^p = \frac{I_T^p}{I_{\Phi}^p}; \quad I_{\Phi}^a = \frac{I_T^a}{I_{\Phi}^a} \quad (58)$$

$$I_{\Phi}^p = \frac{4,66}{0,967} = 4,82$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{a1}} = \frac{4,55}{1} = 4,55; I_{\text{финр}}^{\text{a2}} = \frac{4,35}{0,993} = 4,38$$

Определение сравнительной эффективности проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{p}}}{I_{\text{финр}}^{\text{a}}} \quad (59)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{p}}}{I_{\text{финр}}^{\text{a1}}} = \frac{4,82}{4,55} = 1,06$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{p}}}{I_{\text{финр}}^{\text{a2}}} = \frac{4,82}{4,38} = 1,10$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности в таблице 33 позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Таблица 33 – Показатели эффективности

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,967	1	0,993
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,66	4,55	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	4,82	4,55	4,38
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,06	1,10

Выводы

В результате выполнения целей раздела были сделаны следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 120 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 83 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 13 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 323543,69 руб;

4. Результат оценки эффективности НИР показывает следующее:

1) значение интегрального финансового показателя НИР составляет 0,967, что является показателем того, что НИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИР составляет 4,66, по сравнению с 4,55 и 4,35 у аналогов;

3) значение интегрального показателя эффективности НИР составляет 4,82, по сравнению с 4,55 и 4,38 у аналогов, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в НИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено, что разработанный технологический процесс изготовления детали «Вал выходной» экономичен, ресурсоэффективен, характеризуется относительной простотой изготовления, высокой производительностью труда, что делает данный проект конкурентоспособным.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 4А91		ФИО Кривошеев Денис Юрьевич	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Машиностроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

<i>Технологическая подготовка производства детали "Вал-шестерня" на станках с ЧПУ</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p><i>Объект исследования:</i> технологический процесс производства детали «Вал-шестерня» <i>Область применения:</i> машиностроительная <i>Рабочая зона:</i> офис конструкторско-технологического бюро (КТБ) <i>Размеры помещения:</i> 25 м² <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> компьютеры, столы, стулья, клавиатуры и мыши, принтеры для печати чертежей <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> разработка чертежа детали, написание маршрута обработки и технологического процесса, написание управляющих программ, разработка приспособления, подготовка конструкторской и технологической документации</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</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. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 3. ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. 4. СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда". 5. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шума и вибраций 2. Высокая степень электромагнитного воздействия 3. Несоответствие нормам показателей микроклимата 4. Нагрузки, связанные с длительным сидячим положением тела 5. Несоответствие нормам освещения рабочего места <p>Опасные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий уровень наличия статического электричества <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Приэкранные защитные фильтры 2. Нейтрализаторы электрических полей 3. Очки защитные 4. Заземление электрической техники 5. Система пожаротушения

<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону:</i> загрязнение воздуха и отходы рабочей зоны</p> <p><i>Воздействие на литосферу:</i> вырубка лесов (потребность в бумаге) и засорение почв (неправильная утилизация материалов и оборудования)</p> <p><i>Воздействие на гидросферу:</i> отравление воды (неправильная утилизация материалов и оборудования)</p> <p><i>Воздействие на атмосферу:</i> пылеобразование и выпуск вредных веществ от компьютера при нагреве</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</p>	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв, землетрясение, обрушение здания</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	Кривошеев Денис Юрьевич		

Раздел 4. Социальная ответственность

Введение

Цель выпускной квалификационной работы – технологическая подготовка производства детали "Вал-шестерня". Работа предполагает выполнение четырёх основных размеров: проектирование технологического процесса изготовления детали; проектирование средства технологического оснащения; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.

Непосредственно в разделе социальной ответственности были рассмотрены: правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях.

При выполнении выпускной квалификационной работы основным видом деятельности являлась разработка конструкторско-технологической документации детали «Вал-шестерня». Работа инженера связана с большими нагрузками как умственными, так и психологическими. Длительная работа в плохо вентилируемом помещении, с высоким уровнем шума, нестабильной температурой и влажностью воздуха, а также недостаточным уровнем освещения и областью рабочего места – всё это неблагоприятно сказывается на самочувствии работника, вследствие чего возникает снижение производительности труда.

Основным рабочим местом при написании ВКР выступало конструкторско-технологическое бюро.

Область применения – машиностроительная. Деталь «Вал-шестерня» является элементом сцепления в трансмиссии трактора РТМ-160.

В ходе выполнения ВКР основная часть работы производилась за компьютерной техникой, что повлекло за собой ряд вредных и опасных факторов. Данный раздел ВКР посвящён анализу факторов, негативно влияющих на рабочего и окружающую среду, и минимизации их влияния.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1. Правовые вопросы обеспечения безопасности

В трудовом кодексе РФ содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и так далее.

Работа в офисе относится к первой категории тяжести труда – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Продолжительность рабочего дня работников не должна превышать 40 часов в неделю.

Продолжительность перерывов на отдых и питание от 30 до 60 мин. Ежедневный и междуменный отдых – это отдых после окончания рабочего дня или смены. Так, если вы работаете в условиях нормальной продолжительности рабочего времени, что составляет 40 часов в неделю, продолжительность вашего рабочего дня, как правило, будет составлять 8 часов 15 минут.

Каждый работник имеет право на выходные дни, то есть периоды еженедельного непрерывного отдыха. Продолжительность такого отдыха, по общему правилу, не может быть менее 42 часов. Если вы работаете 5 дней в неделю, то вам предоставляются 2 выходных дня, а если 6 дней, то вам предоставляется 1 выходной день - воскресенье.

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ [15] каждый сотрудник обладает правом на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В соответствии с СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда" [16] рабочие места с ПК по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Схемы размещения рабочих мест с ПК должны учитывать расстояние между рабочими столами с мониторами: расстояние между боковыми поверхностями мониторов не менее 1,2 м, а расстояние между экраном монитора и тыльной частью другого монитора не менее 2 м. Быстрое и точное считывание информации обеспечивается при расположении плоскости экрана ниже уровня глаз пользователя, предпочтительно перпендикулярно к нормальной линии взгляда в 15 градусов вниз от горизонтали. Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю. Высота рабочего стола должна составлять 680 – 800 мм.

Рабочее место должно удовлетворять требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [17].

Рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы.

Каждый день в помещениях, в которых располагаются ПК, должна проводиться влажная уборка, а также систематическое проветривание помещения. Для интерьера помещений рекомендуется использовать материалы пастельных тонов.

В работе, требующей тонкой координации движений и не столько физического, сколько нервного напряжения, желательны короткие (3...5 мин) частые перерывы. Для борьбы с монотонностью работы, которая ускоряет наступление усталости и приводит к быстрому нервному истощению, надо менять ритм работы, позу, вводить кратковременные перерывы

4.2. Производственная безопасность

Производственная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на рабочих, опасных производственных факторов до приемлемого уровня.

При выполнении работ на персональном компьютере (ПЭВМ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [18] могут иметь место следующие факторы, представленные в таблице 34:

Таблица 34 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через человека	+	+	+	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
3. Зрительное напряжение	+	+	+	СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда"

4. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
5. Нервно-психические перегрузки, монотонность трудового процесса	-	+	+	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)

4.2.1. Опасный уровень напряжения в электрической цепи

Опасность поражения электрическим током существует всегда, если имеется контакт с устройством, питаемым напряжением 36 В и выше, тем более от электрической сети 220 В. Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие.

Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на которых остался заряд или появилось напряжение.

Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА.

Мерами защиты от воздействия электрического тока являются устройства понижения напряжения, изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления, устройства автоматического отключения, предохранительные устройства.

4.2.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для обеспечения достаточной освещенности рабочей зоны используется СП 52.13330.2016 [19].

При работе средней точности освещенность рабочего места при системе комбинированного освещения должна составлять 750 лк, коэффициент пульсаций не более 10 %. Имеется необходимость в использовании локализованного искусственного освещения совместно с общим.

При выполнении работ средней точности общая освещенность должна составлять 200 лк, комбинированная освещенность – 300 лк.

Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол, оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп. Для искусственного освещения могут быть использованы как лампы накаливания, так и газоразрядные лампы: люминесцентные и дуговые ртутные — ДРЛ.

Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.

4.2.3. Зрительное напряжение

Работа на ПК сопровождается постоянным и значительным напряжением функций зрительного анализатора. Для снижения зрительного напряжения нужно соблюдать визуальные параметры экрана, описанные в таблице 35.

Таблица 35 – Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м ²
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более ±20%
Контрастность (для монохромного режима)	3:1
Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение положения фрагментов изображения экрана)	Не более $2 \cdot 10L^{-4L}$, где L – расстояние наблюдения

4.2.4. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат определяется действующими на организм человека показателями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Согласно нормативному документу СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [20] устанавливается

комплекс допустимых метеорологических условий для помещения рабочей зоны, включающий значение температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Допустимые показатели микроклимата приведены в таблице 36.

Таблица 36 – Допустимые величины показателей микроклимата

Категория работ	Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость воздуха, м/с
Ia (до 139 Вт)	Допустимые параметры микроклимата			
	Холодный	20-25	15-75	0,1
	Тёплый	21-28	15-75	0,1-0,2

4.2.5. Нервно-психические перегрузки, монотонность труда

Нервно-психические перегрузки – совокупность сдвигов в психофизиологическом состоянии организма человека, которые развиваются после совершения работы и приводят к временному снижению эффективности труда.

Состояние утомления (усталость) характеризуется определенными объективными показателями и субъективными ощущениями.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на следующие:

- умственное перенапряжение;
- перенапряжение анализаторов;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

При первых симптомах психического перенапряжения необходимо:

- дать нервной системе расслабиться;
- рационально чередовать периоды отдыха и работы;
- начать заниматься спортом;
- ложиться спать в одно и то же время;

4.3. Экологическая безопасность

Основным источником загрязнения окружающей среды, который в равной степени влияет на селитебную зоны, гидросферу, литосферу и атмосферу, является отработанная электронно-вычислительная техника, в частности, компьютерная.

Вышедшее из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации. Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, при которой более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.

Первая стадия процесса утилизации – списание невооруженных или вышедших из строя устройств с баланса предприятия. Оборудование отправляется на склад для временного хранения или сразу передается утилизационной компании для переработки.

Этапы утилизации компьютера:

- разборка блока, сортировка деталей по типу для упрощения дальнейшей переработки;
- отправка металлических деталей на вторсырье, измельчение пластика, использование гранул в производстве;
- обработка системных плат, извлечение драгоценных металлов, снятие припоя с деталей электроники;
- уничтожение материалов, которые не могут быть использованы повторно или переработаны;
- подготовка документации, передача документов заказчику, консультации и сопровождение при проверках.

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным чрезвычайным ситуациям на данном рабочем месте можно отнести внезапное обрушение здания, землетрясение, взрыв, пожар и др.

С учетом специфики работы и наличием электронно-вычислительной техники в помещении наиболее вероятно возникновение пожара, под которым понимается вышедший из-под контроля процесс горения, обусловленный возгоранием техники и угрожающий жизни и здоровью работников.

Причинами возгорания при работе с компьютером могут быть:

- токи короткого замыкания;
- неисправность устройства компьютера или электросетей;
- небрежность оператора при работе с компьютером;
- воспламенение ПК из-за перегрузки

В связи с этим, согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [21], при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие нормы пожарной безопасности:

- для предохранения сети от перегрузок запрещается одновременно подключать к сети количество потребителей, превышающих допустимую нагрузку;
- работы за компьютером проводить только при исправном состоянии оборудования, электропроводки;
- иметь средства для тушения пожара (огнетушитель);
- установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;
- обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям.

Для обеспечения тушения пожара в начальной стадии его возникновения используется система пожарных водопроводов и аппараты пожаротушения,

Выводы

Согласно проведённому выше анализу, были выделены основные положения по разделу:

- Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ – **без повышенной опасности**
- Группу персонала по электробезопасности согласно «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» – **группа I**
- Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 – **Ia (до 139 Вт)**
- Категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 – **V1-V4 (пожароопасное)**
- Категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду – **IV категория (отработанная электронно-вычислительная техника)**

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы основная цель по технологической подготовке производства детали «Вал-шестерня» на станках с ЧПУ была полностью достигнута: определена технологичность детали, разработан наиболее эффективный ТП в условиях мелкосерийного производства, подобраны режимы резания и СТО для изготовления детали.

Для модернизации процесса разработки ТП были использованы различные САПР: КОМПАС-3D для работы с чертежами и эскизами, SolidWorks для проведения инженерных расчётов, SprutCAM для разработки управляющих программ, а также Вертикаль для составления комплекта технологической документации.

В процессе работы:

- исследованы особенности и закономерности в составлении технологии для деталей типа валов;
- определено соответствие между режимами резания и требуемыми для их реализации средствами технологического оснащения;
- изучены особенности разжимных цанг, принцип работы пневмоприводов, для их реализации в виде специального приспособления.

Ключевой проблемой в процессе выполнения работы можно выделить невозможность контроля и подбора соответствующего инструмента для некоторых параметров отклонений формы и расположения детали Вал-шестерня. Ввиду того, что валы чаще реализуются в крупносерийном производстве, для них проектируются специальные контрольные приспособления для особо сложных размеров и параметров. К сожалению, в условиях мелкосерийного производства реализовать подобное не представляется возможным.

В заключение, внедрение новых технологий и нового оборудования в машиностроение будет ускорять и улучшать технологическую подготовку производства, что позволит отрасли в целом быть более конкурентоспособной.

Список используемых источников

1. Цель машиностроения: [Электронный ресурс].
URL: https://spravochnick.ru/mashinostroenie/cel_mashinostroeniya/
2. Технологические процессы в машиностроении: текст лекций / В.М. Никитенко, Ю. А. Курганова. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 212 с.
3. Руководство к выпускной квалификационной работе по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»: учеб. пособие / С. Г. Танкова, А. И. Пронин. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – 64 с.
4. Типовые технологические процессы изготовления деталей машин: учебное пособие / А.Г. Ткачев, И.Н. Шубин. – 2-е изд., стер. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 112 с.
5. Методические указания по расчёту припусков ТПУ: [Электронный ресурс]. URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KOVN/academic/Tab3/7_raschet_pripuskov_VN_rusPDF.pdf
6. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя – М.: Издательство стандартов, 1992 – 464 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986, 496 с.
8. Расчет режимов резания при шлиценарезании [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/7762219/page:9/>
9. Режимы резания металлов: справочник / Ю.В. Барановский. – 3-е изд., переработанное и дополненное – Москва: Изд-во «Машиностроение», 1972. – 409 с.
10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога [Текст] А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.

11. Расторгуев, Д.А. Проектирование технологических операций: электронное учеб. – метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 140 с.

12. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е издание. – Томск:

Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 91 с

13. Справочник конструктора по расчёту и проектированию станочных приспособлений: справочное пособие / В.Е. Антонюк, В.А. Королёв, С.М. Башеев – Минск: Изд-во «Беларусь», 1969. – 392 с.

14. Приспособления для металлорежущих станков: учеб. пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 316 с.

15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12125268/> (дата обращения 01.05.2023)

16. СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда". [Электронный ресурс].

URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372741/

17. ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/31970/>

18. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62075/>

19. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». [Электронный ресурс].

URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293747/4293747646.htm>

20. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/

21. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/> (дата обращения 01.05.2023)

Приложение А
Чертёж детали

Приложение Б
Размерная схема

Приложение В
Комплект технологической документации

Дцдл.			
Взам.			
Подл.			

66

1

НИ ТПУ

ИШНПТ-4А91010.00.00.00

ИШНПТ Группа 4А91

Вал-шестерня

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 «Национальный исследовательский
 Томский политехнический университет»

Комплект технологической документации
 на технологический процесс механической обработки
 детали "Вал-шестерня"

Проверил: руководитель ВКР

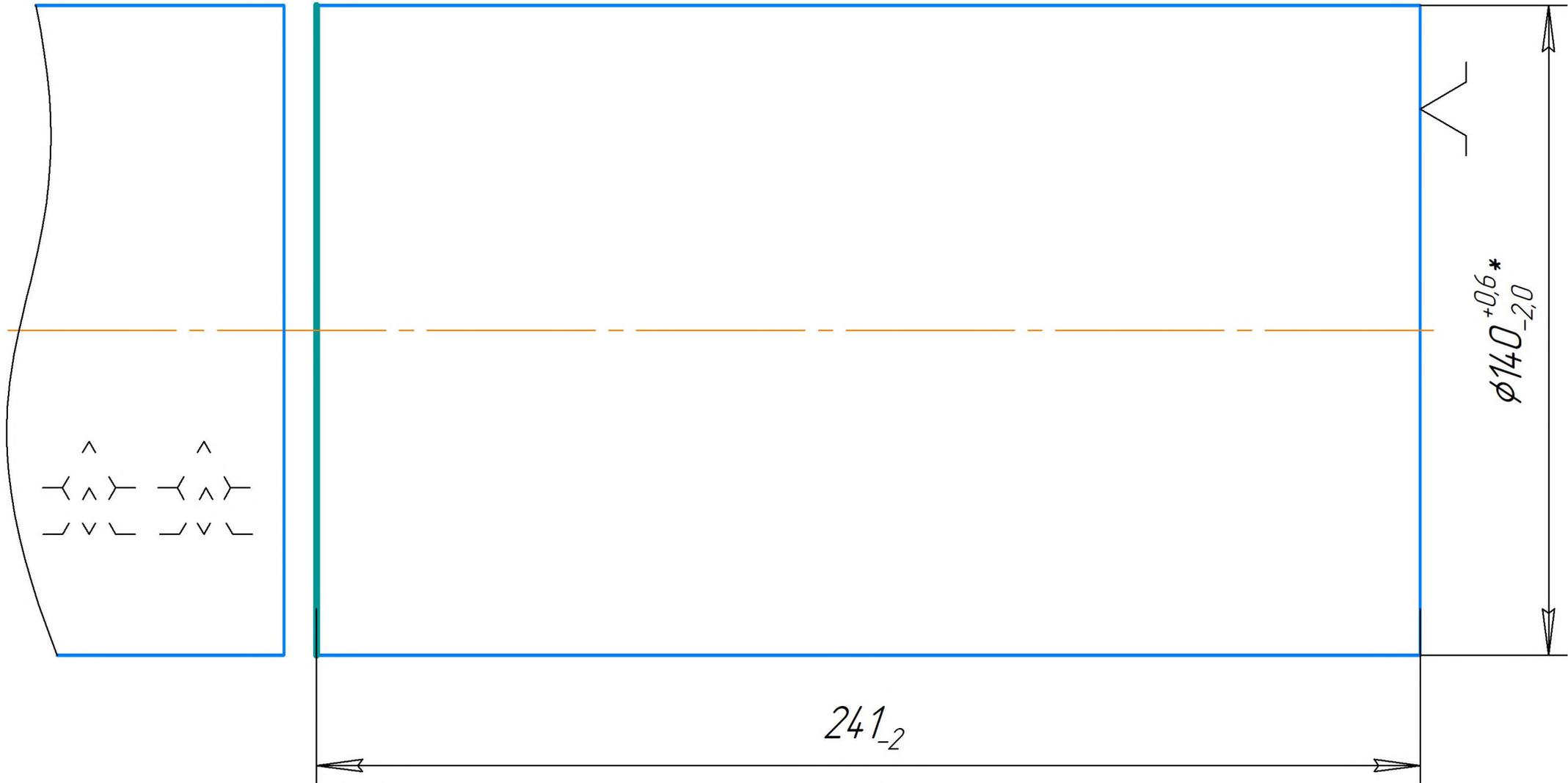
Выполнил: студент гр. 4А91

Пустовых О.С.

Кривошеев Д.Ю.

Дцбл.			
Взам.			
Подл.			

								1	1	
Разраб.	Кривошеев			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91010.00.00.00		ИШНПТ Группа 4А91			
Проверил	Пустовых									
Утвердил										
Н. контр.				Вал-шестерня				1	1	005

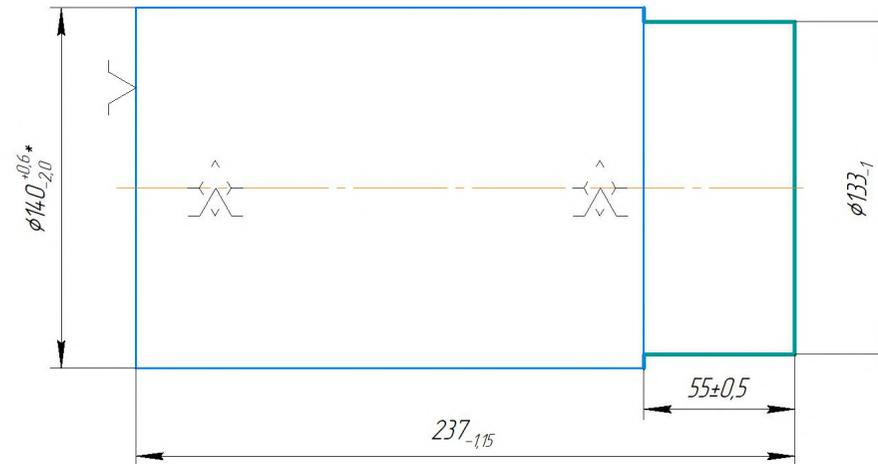


Дцдл.			
Взам.			
Подл.			

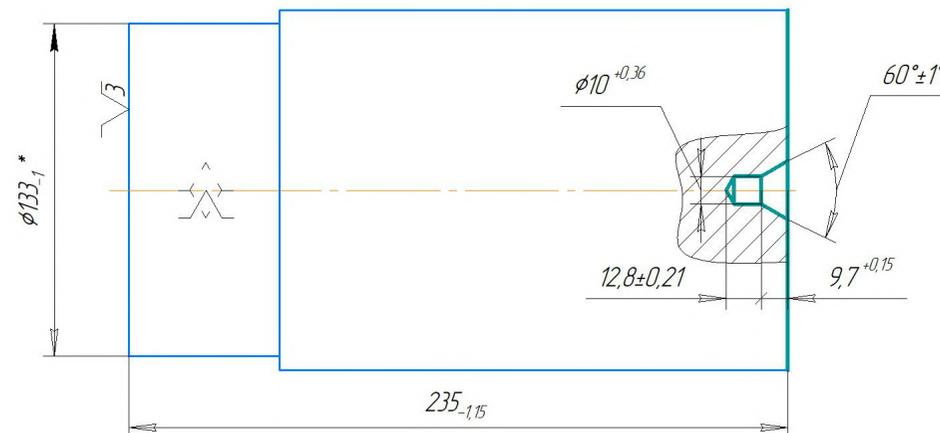
								1	1
Разраб.	Кривошеев			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91010.00.00.00			ИШНПТ Группа 4А91	
Проверил	Пустовых								
Утвердил									
Н. контр.					Вал-шестерня		2	1	010

 $\sqrt{Ra\ 6,3}$

Установ А



Установ Б

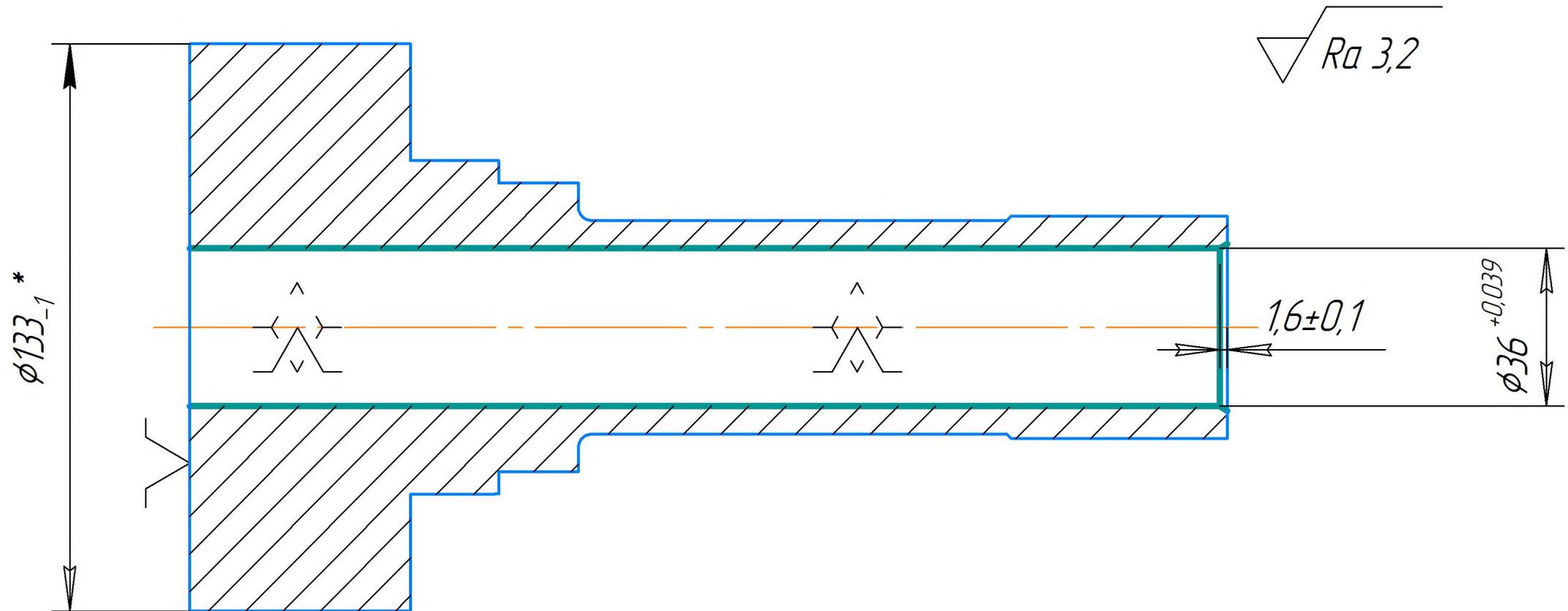


Дцдл.			
Взам.			
Подл.			

1

1

Разраб.	Кривошеев								
Проверил	Пустовых			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91010.00.00.00			ИШНПТ Группа 4А91	
Утвердил									
Н. контр.					Вал-шестерня		2	1	025



Дцдл.																				
Взам.																				
Подл.																				

																		3
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

																		ИШНПТ-4А91010.00.00.00	ИШНПТ Грунна 4А91	035
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------	-------------------	-----

<i>P</i>											<i>PI</i>	<i>D или B</i>		<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>s</i>		<i>n</i>	<i>v</i>
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------	----------------	--	----------	----------	----------	----------	--	----------	----------

T01	Нутромер НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82																		
-----	----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T02	Штангенциркуль ШГ-150-0,05																		
-----	----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T03	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93																		
-----	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

P04											3	55,6	19,1	2	9	0,2	550	96
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	------	------	---	---	-----	-----	----

O05	5. Точить канавки В и Г по чертежу: $\phi 59^{+0,74}$, $\phi 96^{+0,87}$																		
-----	---------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T06	Револьверная головка УГ9326-06																		
-----	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T07	291.34.1.132 Резцедержатель 040 ГОСТ 24900-81																		
-----	-----------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T08	Резец GHR 25-25-4 T15K6																		
-----	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T09	Нутромер НИ 10-150-2 МEGEON 80150																		
-----	-----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T10	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93																		
-----	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

P11											4	55,6	5	1,7	1	0,2	790	138
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	------	---	-----	---	-----	-----	-----

P12											4	91,6	5	2,2	1	0,2	480	138
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	------	---	-----	---	-----	-----	-----

O13	6. Расточить отверстие $\phi 57,6^{+0,19}$ окончательно с образованием фаски шириной 1,9 под углом 30° до выхода в канавку В																		
-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T14	Револьверная головка УГ9326-06																		
-----	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T15	291.34.1.132 Резцедержатель 040 ГОСТ 24900-81																		
-----	-----------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T16	Резец A25S SDUCR-13 T15K6 ГОСТ 26612-85																		
-----	-----------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T17	Нутромер НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82																		
-----	----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T18	1267-63 Фаскомер 30° 0-10 мм, 0,02 мм																		
-----	---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

OK	Операционная карта																		27
----	--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Дцдл.																				
Взам.																				
Подл.																				

																		2
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

																		ИШНПТ-4А91010.00.00.00	ИШНПТ Грунна 4А91	040
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------	-------------------	-----

<i>P</i>											<i>PI</i>	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>v</i>
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------	----------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

T01	Револьверная головка УГ9326-06																		
-----	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T02	291.34.1.121 Резцедержатель 040 ГОСТ 24900-81																		
-----	-----------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T03	Резец PDJNR2525M11 T15K6 ГОСТ 20872-80																		
-----	----------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T04	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,02 ГОСТ 166-89																		
-----	------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T05	Штангенциркуль ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89																		
-----	-------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T06	Набор шаблонов радиус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82																		
-----	----------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T07	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93																		
-----	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

P08											1	67,4	20	1	1	0,4	728	154,1
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	------	----	---	---	-----	-----	-------

P09											1	78	17	1	1	0,4	600	14,7
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	----	----	---	---	-----	-----	------

O10	3. Точить канавку Б под выход шлифовального круга																		
-----	---------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T11	Револьверная головка УГ9326-06																		
-----	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T12	291.34.1.132 Резцедержатель 040 ГОСТ 24900-81																		
-----	-----------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T13	Резец GHDL 25-3 T15K6																		
-----	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T14	Штангенциркуль ШЦЦ-НК-150-0,02																		
-----	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T15	Набор шаблонов радиус. (1-6 мм) ГОСТ 4126-82																		
-----	----------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T16	Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88																		
-----	-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

T17	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93																		
-----	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

P18											2	76	5	1	1	0,1	614	146,5
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	----	---	---	---	-----	-----	-------

OK	Операционная карта																		38
----	--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Дцбл.																				
Взам.																				
Подл.																				

4

ИШНПТ-4А91010.00.00.00

ИШНПТ Грунна 4А91

040

<i>P</i>		<i>Π</i>	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>v</i>
T01	Револьверная головка УГ9326-06								
T02	291.34.1.121 Резцедержатель 040 ГОСТ 24900-81								
T03	Резец SVJCR2525M16 Т30К4 ГОСТ 20872-80								
T04	Микрометр МК100-1 ГОСТ 6507-90								
T05	1267-63 Фаскомер 30° 0-10 мм, 0,02 мм								
T06	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93								
P07		3	76	17	0,3	1	0,18	757	180,7
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

OK

Операционная карта

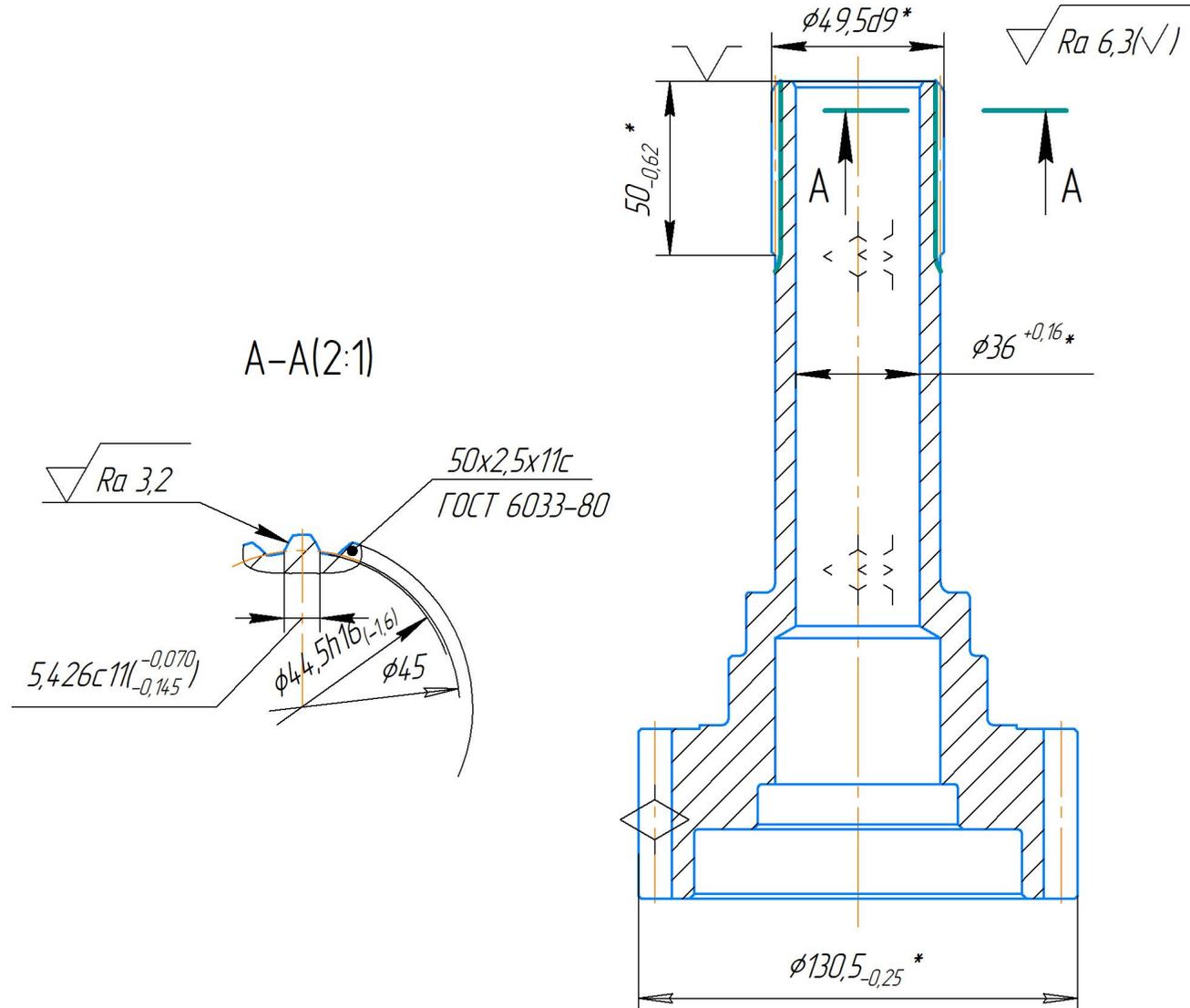
40

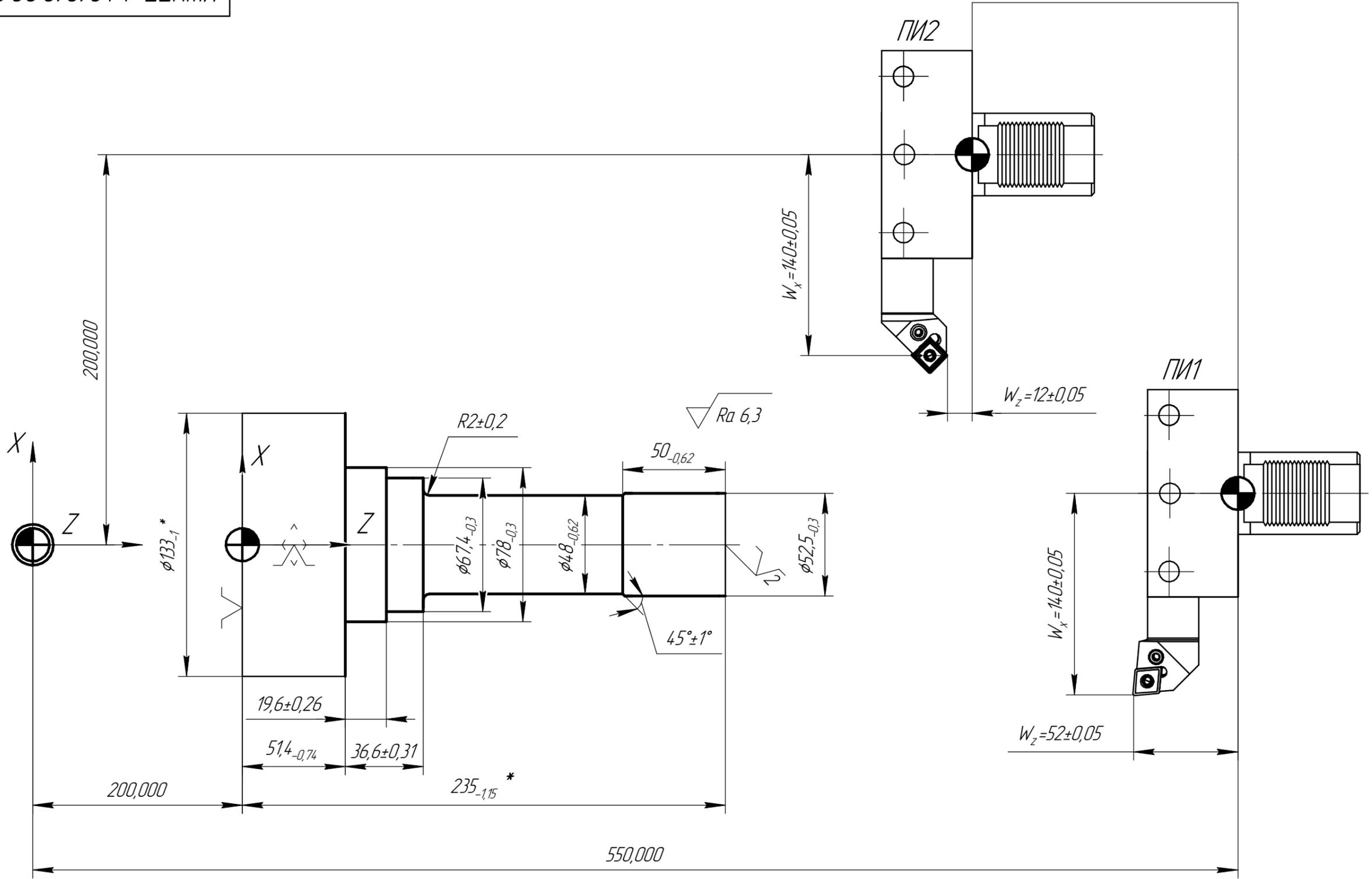
Дцдл.			
Взам.			
Подл.			

1

1

Разраб.	Кривошеев								
Проверил	Пустовых			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91010.00.00.00			ИШНПТ Группа 4А91	
Утвердил									
Н. контр.					Вал-шестерня		3	1	060





- Нуль станка
- Нуль детали
- Нуль инструмента

Изм.	Лист	докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Кривошеев			
Проб.	Пустовых			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

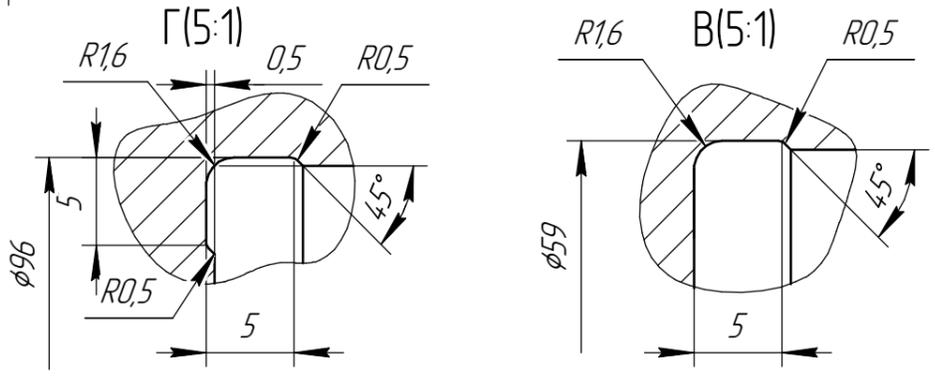
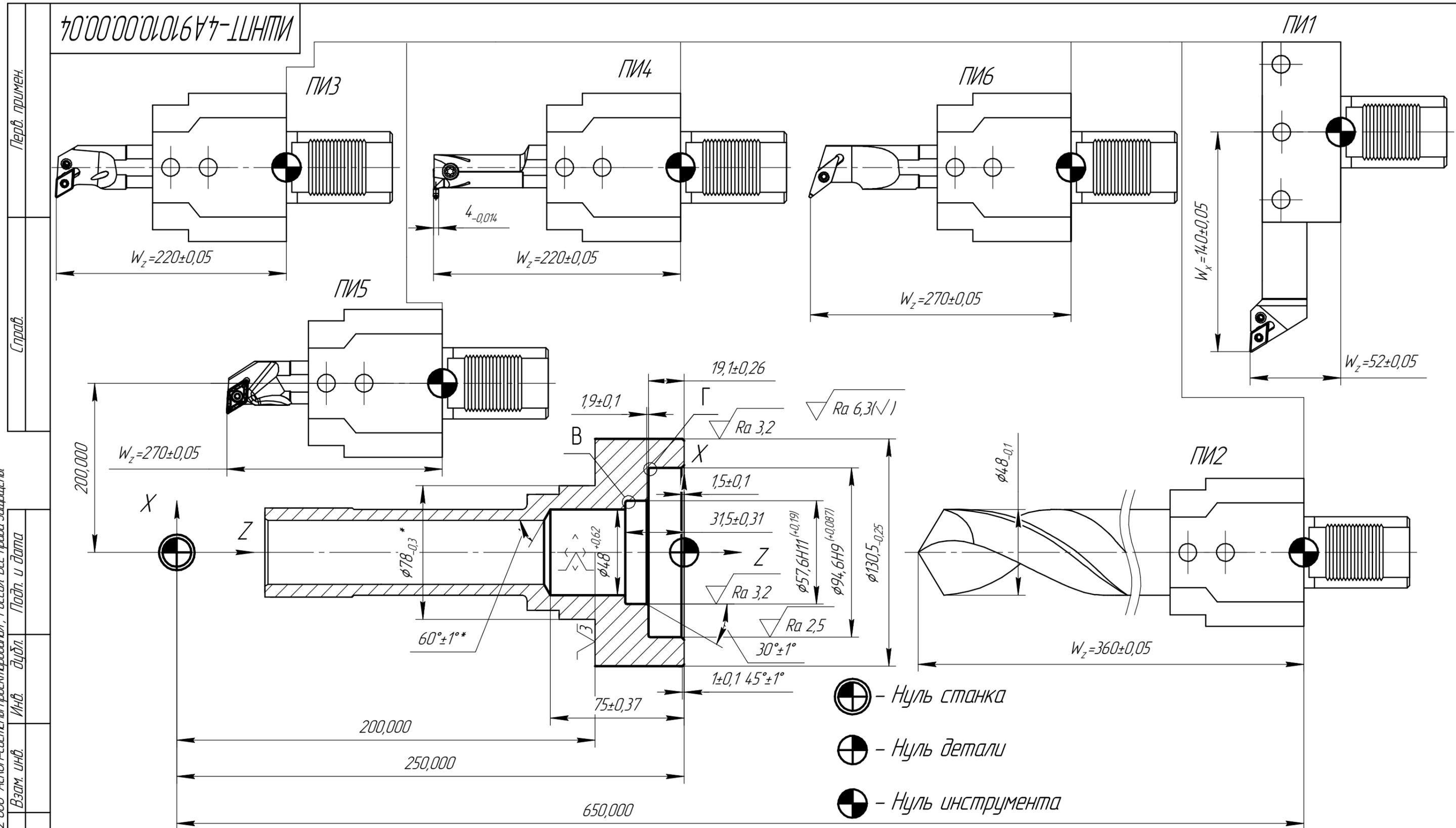
ИШНПТ-4А91010.00.00.03

Карта наладки
Операция 015
Токарная с ЧПУ

Лит.	Масса	Масштаб
у		1:2
Лист	Листов	1

ТПУ ИШНПТ
Группа 4А91

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Инв. подл. Инв. дцкл. Инв. инв. Подп. и дата
 Инв. подл. Подп. и дата



Изм.	Лист	докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Кривошеев			
Проб.	Пустовых			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ИШНПТ-4А91010.00.00.04

Карта наладки
 Операция 035
 Токарная с ЧПУ

Лит.	Масса	Масштаб
у		1:2
Лист	Листов	1

ТПУ ИШНПТ
 Группа 4А91

Приложение Г
Специальное приспособление

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
		A4			ИШНПТ-4А91010.00.01.00 ПЗ	Пояснительная записка			
		A2			ИШНПТ-4А91010.01.00.00 СБ	Сборочный чертеж			
						<u>Детали</u>			
				1	ИШНПТ-4А91010.01.00.11	Основание	1		
				2	ИШНПТ-4А91010.01.00.12	Корпус	1		
				3	ИШНПТ-4А91010.01.00.13	Оправка	1		
				4	ИШНПТ-4А91010.01.00.14	Разжимная цанга	1		
				5	ИШНПТ-4А91010.01.00.15	Тянущая штанга	1		
				6	ИШНПТ-4А91010.01.00.16	Шток	1		
				7	ИШНПТ-4А91010.01.00.17	Поршень	1		
				8	ИШНПТ-4А91010.01.00.18	Втулка	1		
				9	ИШНПТ-4А91010.01.00.19	Воздушная камера	1		
				10	ИШНПТ-4А91010.01.00.20	Стержень	3		
				11	ИШНПТ-4А91010.01.00.21	Винт	1		
						<u>Стандартные изделия</u>			
				12		Винт М6-6dх40 ГОСТ 11738-84	4		
				13		Винт М8-6dх25 ГОСТ 11738-84	3		
				14		Винт М10-6dх40 ГОСТ 11738-84	6		
				15		Гайка М14х2-6Н ГОСТ 11871-88	1		
				16		Кольцо 094-100-36-1-0 ГОСТ 9833-73	3		
				17		Кольцо 135-145-46-2-0 ГОСТ 9833-73	2		
				18		Манжета 1-200-1 ГОСТ 6678-72	1		
		ИШНПТ-4А91010.01.00.00							
		Изм. Лист	№ докум.		Подп.	Дата			
		Разраб.	Кривошеев				Лит.	Лист	
		Пров.	Пустовых				4	1	
		Н.контр.					Листов		
		Утв.					2		
		Специальное приспособление с цанговым пневмозажимом					ТПУ ИШНПТ Группа 4А91		
		Не для коммерческого использования					Копировал		
							Формат А4		

