

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 «Стакан подшипниковый» на станках с ЧПУ УДК 621.81-2-043.61

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А91	Быкова Дарья Алексеевна		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2023 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

### Оборудование и высокоэффективные технологии в автоматизированном машиностроительном производстве

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

<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
<b>ПК(У)-2</b>	Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
<b>ПК(У)-3</b>	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
<b>ПК(У)-4</b>	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
<b>ПК(У)-5</b>	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
<b>ПК(У)-6</b>	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
<b>ПК(У)-7</b>	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
<b>ПК(У)-8</b>	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико- механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
<b>ПК(У)-9</b>	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
<b>ПК(У)-10</b>	Умеет учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
<b>ПК(У)-11</b>	Умеет использовать стандартные средства автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
<b>ПК(У)-12</b>	Способен оформлять законченные конструкторские документы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами
<b>ПК(У)-16</b>	Способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
<b>ПК(У)-17</b>	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	Быкова Дарья Алексеевна

Тема работы:

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

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

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	1. Чертеж детали «Стакан подшипниковый»; 2. Тип производства – мелкосерийное.
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	1. Проектирование технологического процесса изготовления детали «Стакан подшипниковый» на станках с ЧПУ; 2. Конструкторская разработка автоматизированного станочного приспособления; 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 4. Социальная ответственность.
<b>Перечень графического материала</b>	1. Чертеж детали; 2. Комплект технологической документации; 3. Карты наладки; 4. Размерный анализ технологического процесса; 5. Сборочный чертеж приспособления; 6. Спецификация.



<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И. В.
Социальная ответственность	Черемискина М. С.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	30.11.2022
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4А91	Быкова Дарья Алексеевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 202 страницы, 16 рисунков, 41 таблицу, 38 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СТАКАН ПОДШИПНИКОВЫЙ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ, ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ.

Объектом исследования является деталь «Стакан подшипниковый».

Целью выпускной квалификационной работы является технологическая подготовка производства детали «Стакан подшипниковый» на станках с числовым программным управлением.

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

В процессе проектирования технологического процесса изготовления детали произведен анализ технологичности ее конструкции, осуществлена проверка работоспособности и эксплуатационных свойств конструкции детали с помощью САЕ-системы, подобран метод получения заготовки, спроектирован технологический маршрут, состоящий из 17 операций. Также осуществлен расчет припусков на механическую обработку, спроектированы технологические операции, разработаны управляющие программы для станков с ЧПУ.

При проектировании средств технологического оснащения выполнен выбор функции, подвергаемой автоматизации – закрепление детали на фрезерной операции с ЧПУ. Также в разделе приведены расчет усилий зажима и расчет приспособления на точность.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	10
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	11
1 Проектирование технологического процесса изготовления детали .....	15
1.1 Анализ технологичности конструкции детали .....	15
1.2 Обеспечение эксплуатационных свойств детали .....	18
1.3 Способ получения заготовки .....	20
1.4 Проектирование технологического маршрута.....	21
1.5 Расчет припусков на обработку .....	22
1.6 Проектирование технологических операций .....	29
1.6.1 Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки .....	35
1.6.2 Уточнение содержания переходов .....	36
1.6.3 Выбор средств технологического оснащения.....	37
1.6.4 Выбор и расчет режимов резания .....	42
1.6.5 Нормы времени технологического процесса .....	49
1.7 Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ .....	53
1.8 Размерный анализ технологического процесса .....	54
1.9 Техничко-экономические показатели технологического процесса.....	56
2 Проектирование автоматизированного приспособления .....	62
2.1 Обоснование выбора схемы приспособления.....	62
2.2 Выбор функции, подвергаемой автоматизации.....	62
2.3 Базирование. Разработка принципиальной схемы приспособления .....	64
2.4 Расчет усилий зажима детали в приспособлении.....	65
2.5 Проверочный расчет шпоночного соединения.....	66

2.6	Расчет приспособления на точность .....	67
2.7	Проектирование гибкой производственной системы (ГПС) .....	70
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	76
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	76
3.1.1	Анализ конкурентных технических решений.....	76
3.1.2	SWOT-анализ .....	78
3.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	82
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	82
3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	84
3.3	Бюджет научно-технического исследования .....	89
3.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования ..	89
3.3.2	Расчет амортизации специального оборудования.....	90
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	92
3.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	95
3.3.5	Накладные расходы .....	96
3.3.6	Бюджет НИ .....	96
3.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	98
3.5	Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	101
4	Социальная ответственность .....	106
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ....	107
4.2	Производственная безопасность .....	109

4.2.1 Вредные и опасные факторы. Нормативные документы .....	109
4.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	109
4.3 Экологическая безопасность.....	113
4.3.1 Защита атмосферы .....	113
4.3.2 Защита гидросферы .....	114
4.3.3 Защита литосферы .....	115
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	116
4.5 Вывод по разделу «Социальная ответственность».....	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	119
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	122
Приложение А (формат А2) Чертеж детали «Стакан подшипниковый» .....	127
Приложение Б Комплект технологической документации .....	129
Приложение В (формат А1) Карты наладки графическая часть .....	189
Приложение Г Технические характеристики станков с ЧПУ .....	194
Приложение Д (формат А0) Размерный анализ.....	196
Приложение Е (формат А1) Сборочный чертеж приспособления .....	198
Приложение Ж Спецификация .....	200

## ВВЕДЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) основана на миссии инженера: создавать технические объекты, используя природные ресурсы; разрабатывать новые технологии, применяя естественнонаучные знания и практический опыт. От деятельности инженера зависит уровень качества жизни человека и общества в целом.

Машиностроительный сектор – крупнейшая отрасль промышленности. Доля сектора во внутреннем валовом продукте (ВВП) России составляет около 13-14% [1].

Однако, Россия занимает 8 место в числе крупнейших экономик мира 2022 года [2].

Технический прогресс в машиностроении во многом определяет развитие всего хозяйства страны. Повышение эффективности машиностроительного производства обеспечивает автоматизация.

Данная работа позволяет решить ряд производственных задач – осуществить технологическую подготовку производства (ТПП) детали типа «Стакан» с использованием станков с числовым программным управлением (ЧПУ); разработать конструкцию автоматизированного приспособления и спроектировать гибкую производственную систему (ГПС).

Цель выпускной квалификационной работы: технологическая подготовка производства детали «Стакан подшипниковый» с использованием станков с ЧПУ.

На предприятии выпускнику удастся решать в том числе и задачи народного хозяйства, такие как обеспечение материального благосостояния населения и обеспечение экономической независимости и свободного развития страны, путем выхода России на передовые позиции по уровню ВВП в мире. Отсюда подтверждается актуальность данной ВКР.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе применены следующие определения:

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

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

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

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

В данной работе применены следующие сокращения:

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ВВП – внутренний валовой продукт;

ТПП – технологическая подготовка производства;

ЧПУ – числовое программное управления;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ТПП – типовой технологический процесс;

ШЦЦ – штангенциркуль с цифровым отчетным устройством;  
ГОСТ – государственный стандарт;  
ТУ – технические условия;  
УЧПУ – устройство числового программного управления;  
ГПС – гибкая производственная система;  
УП – управляющая программа;  
МК – конус Морзе;  
ТЗ – техническое задание;  
НИ ТПУ – национальный исследовательский Томский политехнический университет;  
ИШНПТ – инженерная школа новых производственных технологий;  
ОМШ – отделение машиностроения;  
КД – конструкторская документация;  
ТД – технологическая документация;  
СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость;  
НИ – научное исследование;  
ЗАО – закрытое акционерное общество;  
НК РФ – налоговый кодекс Российской Федерации;  
ТК РФ – трудовой кодекс Российской Федерации;  
МРОТ – минимальный размер оплаты труда;  
ССБТ – система стандартов безопасности труда;  
СИЗ – средства индивидуальной защиты;  
ПУЭ – правила устройства электроустановок;  
СанПиН – санитарно-эпидемиологические правила и нормы;  
СП – свод правил;  
ЧС – чрезвычайная ситуация.



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

ГОСТ 1050-2013Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия;

ГОСТ 2590-2006Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент;

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

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

ГОСТ 12195-66Приспособления станочные. Призмы опорные. Конструкция;

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

ГОСТ 14952-75Сверла центровочные комбинированные. Технические условия;

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

ГОСТ 25393-90Пластины твердосплавные напайваемые для режущего инструмента. Типы;

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

ГОСТ 12195-66Приспособления станочные. Призмы опорные. Конструкция;

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

ГОСТ 1465-80Напильники. Технические условия;

ГОСТ 23461-84Надфили алмазные. Технические условия;

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

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

ГОСТ 8522-79 Патроны сверлильные трехкулачковые. Основные размеры;

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

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

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

ГОСТ 2675-80 Патроны самоцентрирующие трехкулачковые. Основные размеры;

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

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

ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия;

ГОСТ 6507-90 Микрометры. Технические условия;

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

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

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

ГОСТ 5378-88 Угломеры с нониусом. Технические условия;

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

# 1 Проектирование технологического процесса изготовления детали

## 1.1 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь «Стакан подшипниковый» используется в станкостроении, предназначена точной установки валов, поэтому к ней предъявляются высокие требования по точности, по биению и шероховатости. Деталь имеет цилиндрическую форму с фланцевой частью, предназначенной для крепления детали к стенке корпуса. В центральном отверстии имеются концентрично выполненные расточки, куда устанавливаются подшипники, в которые запрессовываются концы вращающихся валов.

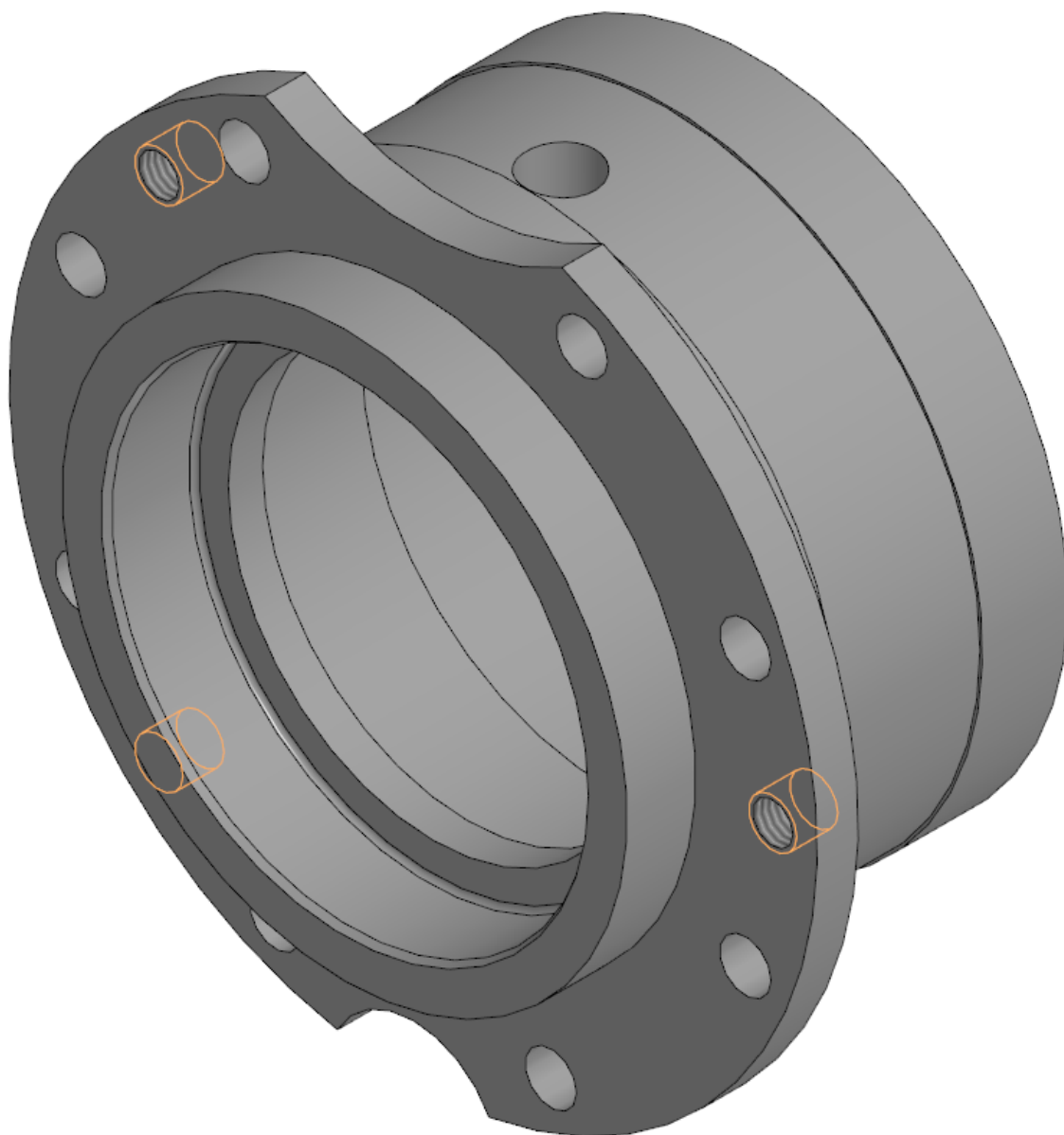


Рисунок 1.1 – 3D-модель детали «Стакан подшипниковый»

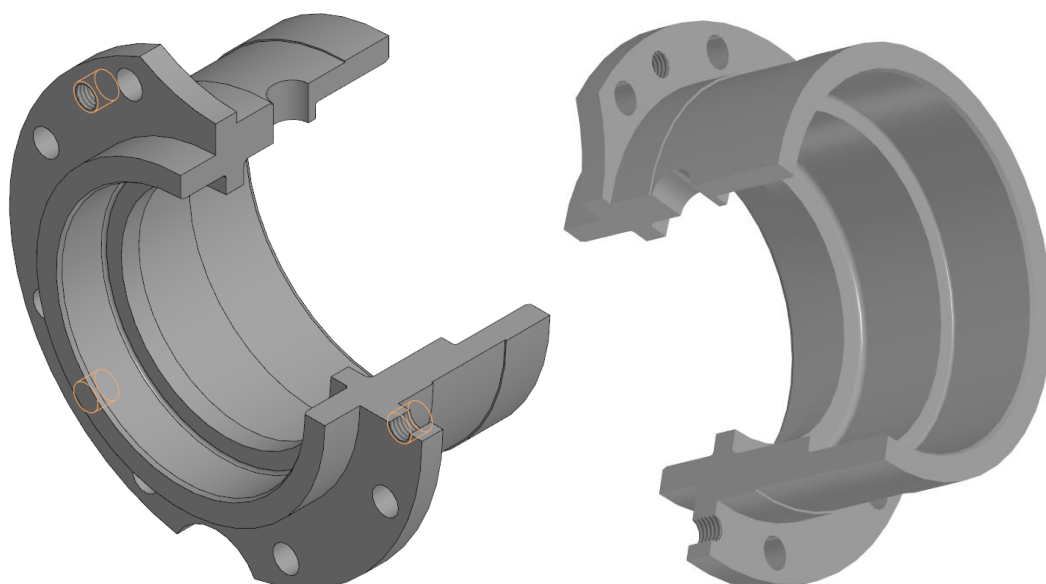


Рисунок 1.2 – Конфигурация 3D-модели детали «Стакан подшипниковый» с четвертным разрезом

Деталь изготавливается из стали 45 ГОСТ 1050-2013.

Разработав 3D-модель стакана и задав ему материал в САПР КОМПАС-3D v21 Учебная версия, удалось определить массу готового изделия – 9,3 кг.

Согласно техническому заданию, производство – мелкосерийное. Число обрабатываемых изделий одного типоразмера в год – 100...500 штук.

Сталь 45 является углеродистой, конструкционной, нелегированной, специальной. Химический состав данного материала приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 45 ГОСТ 1050-2013

Элементы	Массовая доля, %	Элементы	Массовая доля, % (не более)
Железо (Fe)	~ 97	Фосфор (P)	0,030
Углерод (C)	0,42-0,50	Сера (S)	0,035
Кремний (Si)	0,17-0,37	Хром (Cr)	0,25
Марганец (Mn)	0,50-0,80	Никель (Ni)	0,30
		Медь (Cu)	0,30

Основную часть материала составляет железо (~97%). Число 45 указывает на среднее содержание углерода в сотых долях процента. От содержания углерода зависит пластичность материала. Никель, хром и медь оказывают положительное влияние на свойства материала, увеличивая коррозионную стойкость. Также наличие хрома повышает твердость и

прочность, создавая трудности в процессе обработки резанием. В материале сталь 45 содержится фосфор и сера – вредные примеси, повышающие хрупкость и понижающие устойчивость к ударным нагрузкам. Марганец и кремний – полезные примеси, вводятся в качестве раскислителей, уменьшая вредное влияние серы.

Анализ чертежа детали «Стакан подшипниковый» (приложение А) дает следующую качественную оценку технологичности ее конструкции: деталь «Стакан подшипниковый» относится к типу «тело вращения»; на фланце имеются восемь гладких отверстий простой цилиндрической формы, однако эти отверстия имеют сложное расположение и позиционные допуски; также на фланце имеются три резьбовых отверстия М12 и два паза; на цилиндрической поверхности стакана имеется гладкое цилиндрическое отверстие; наличие точных внутренних поверхностей под подшипники  $Ra = 1,25$  мкм подразумевает применение операции, обеспечивающей высокую точность размера, например – шлифования. Это увеличивает количество операций при обработке и требует применение более точного инструмента и приспособления; допуски на радиальное и торцевое биение на некоторые поверхности детали составляют 0,02...0,08 мм; в качестве осевых баз выступают базы А, В и Г, также имеется база Б, которая является поверхностью.

По результатам анализа основные свойства приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Качественная оценка технологичности конструкции детали

Технологичность	Нетехнологичность
<ul style="list-style-type: none"> <li>– максимальная шероховатость <math>Ra12,5</math>;</li> <li>– большинство размеров по 14 качеству (Н14, h14, IT14/2);</li> <li>– сталь 45 хорошо поддается механической обработке;</li> <li>– допуски на размеры возможно обеспечить техническими характеристиками станков.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– минимальная шероховатость <math>Ra1,25</math>;</li> <li>– размеры по 7 качеству (N7, h7);</li> <li>– масса детали 9,3 кг;</li> <li>– большая часть материала удаляется в стружку из-за формы детали;</li> <li>– допуски расположения (позиционные);</li> <li>– суммарные допуски формы и расположения (радиальное, торцевое биение).</li> </ul>

## 1.2 Обеспечение эксплуатационных свойств детали

К большинству изделий предъявляются следующие требования: надежность, работоспособность, технологичность, экономичность, жесткость, прочность и устойчивость.

Проверка работоспособности конструкции детали выполняется с помощью CAE-системы. Для данной детали были проведены расчеты на определение напряженно-деформированного состояния детали в ходе ее эксплуатации. На торцы колодцев под подшипники задана осевая сила  $P = 1000$  Н. При выполнении статического анализа деталь была закреплена по торцу фланца. Моделирование детали было осуществлено в программе SolidWorks 2020, а непосредственно анализ детали проведен в модуле Simulation данной программы.

На рисунке 1.3 представлена эпюра эквивалентных напряжений, возникающих при эксплуатации детали. Вероятные места повреждений на рисунке изображены красным цветом.

Максимальное напряжение равно 1,15 МПа.

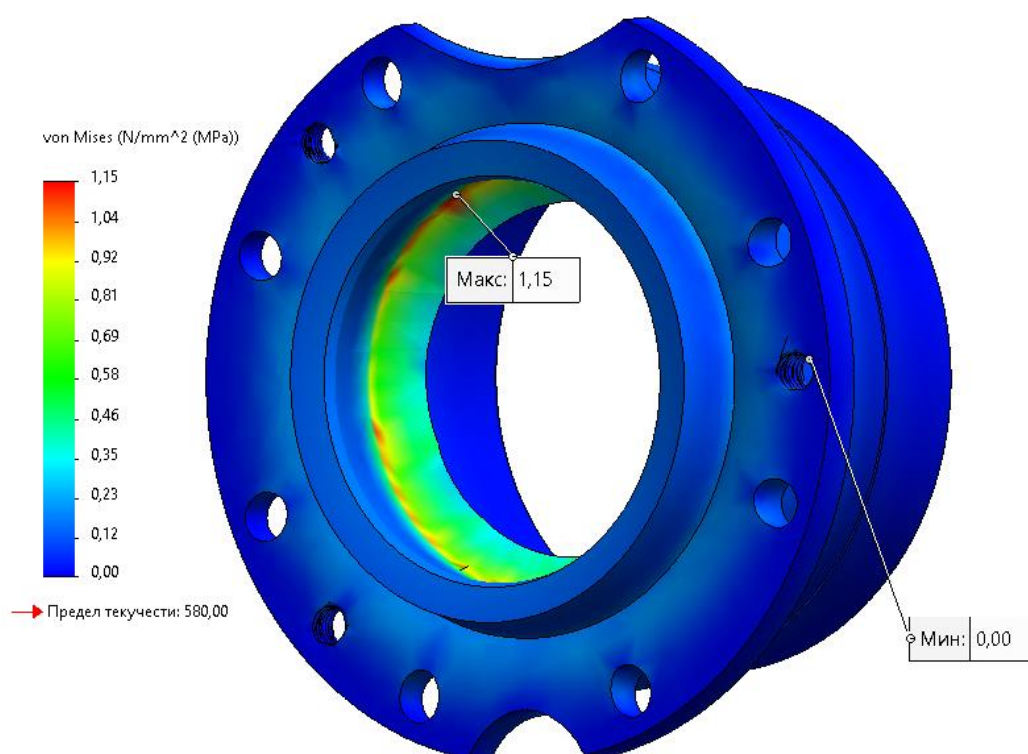


Рисунок 1.3 – Статический анализ напряжений

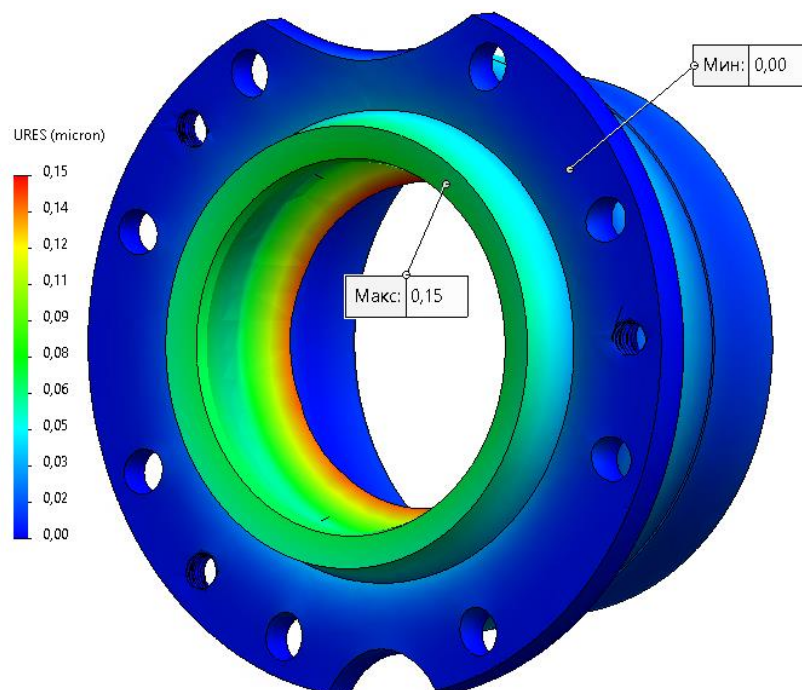


Рисунок 1.4 – Статический анализ перемещений

Согласно рисунку 1.4 максимальное перемещение детали в ходе её эксплуатации составляет всего 0,15 мкм.

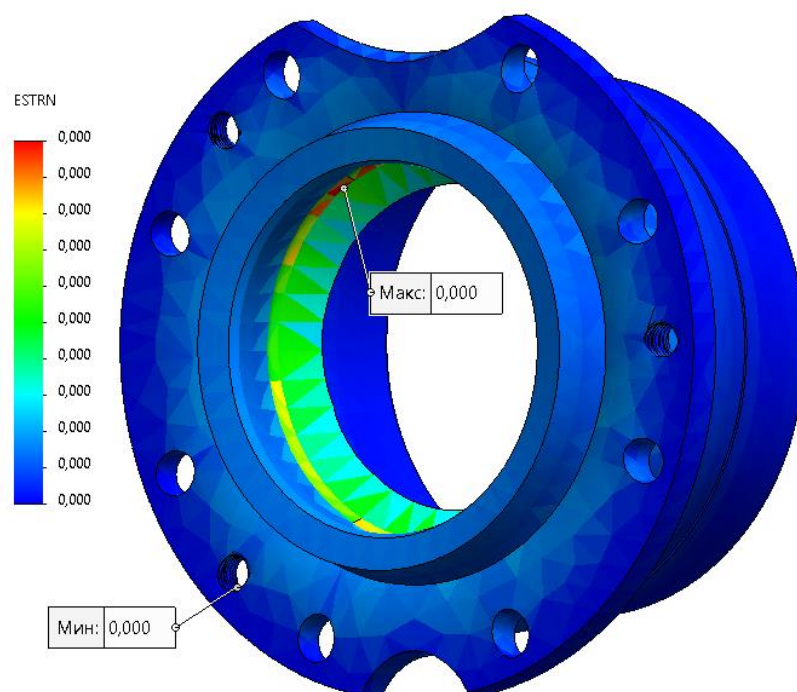


Рисунок 1.5 – Статический анализ деформации

Рисунок 1.5 показывает, что данная деталь достаточно жесткая, имеет достаточно большой коэффициент запаса прочности, а деформации в ходе эксплуатации незначительны.

### 1.3 Способ получения заготовки

Основным критерием, по которому можно сказать о правильности выбора заготовки является коэффициент использования материала (КИМ) [6]:

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

где  $q$  – масса готовой детали [кг];

$Q$  – масса заготовки [кг].

По техническому заданию стакан имеет цилиндрическую форму с фланцевой частью. В центральном отверстии имеются концентрично выполненные расточки. Исходя из конструкции детали, логично получение заготовки литьем или горячей штамповкой, что позволит получить такую конструктивную форму заготовки, которая бы максимально приближалась к форме и свойствам готовой детали.

При разработке 3D-модели детали и задании ее материала в программе КОМПАС-3D v21 Учебная версия, определена масса готового изделия – 9,3 кг. Также определена примерная масса литой заготовки – 24 кг.

$$K_{\text{литье}} = \frac{9,3}{24} = 0,4$$

Однако в качестве заготовок для деталей в мелкосерийном производстве обычно применяется недорогой полуфабрикат – прокат. Это обусловлено тем, что для литья или горячей штамповки необходимо изготовление специальных форм, что увеличивает затраты в условиях мелкосерийного производства. Выбрав прокат круглого сечения Ø240 мм по ГОСТ 2590-2006, полученная масса заготовки составила 44,2 кг.

$$K_{\text{прокат}} = \frac{9,3}{44,2} = 0,21$$

Таким образом, несмотря на результаты КИМ, в качестве заготовки принят прокат круглого сечения, поскольку данное решение не требует



дополнительных затрат и является наиболее эффективным с технико-экономической точки зрения в условиях мелкосерийного производства.

#### 1.4 Проектирование технологического маршрута

Проектировать технологический маршрут необходимо с целью определения последовательности технологических операций, технологического оснащения и оборудования для их выполнения.

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

Технологический маршрут изготовления детали «Стакан подшипниковый» представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технологический маршрут изготовления детали «Стакан подшипниковый»

Название операций и их последовательность
005 Заготовительная
010 Токарная
015 Термическая
020 Токарная с ЧПУ
025 Контрольная
030 Фрезерная с ЧПУ
035 Слесарная
040 Промывочная
045 Контрольная
050 Термическая
055 Контрольная
060 Внутришлифовальная
065 Круглошлифовальная
070 Слесарная
075 Промывочная
080 Контрольная
085 Консервация

## 1.5 Расчет припусков на обработку

Значения припусков оказывают большое влияние на эффективность и качество обработки, т.к. припуск – это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки для устранения дефектов, полученных на предшествующем переходе обработки.

При выполнении ВКР назначение припусков на механическую обработку производится расчетно-аналитическим методом и по таблицам.

Для определения припуска на обработку наружных или внутренних поверхностей вращения применяется формула (1.2) [7]:

$$2z_{i_{min}} = 2 \cdot \left( Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (1.2)$$

где:  $z_{i_{min}}$  – минимальные припуски на обработку, [мкм];

$Rz_{i-1}$  – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, [мкм];

$T_{i-1}$  – толщина дефектного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, [мкм];

$\rho_{i-1}$  – сумма погрешностей формы и расположения поверхностей заготовки, оставшихся или полученных после предыдущей обработки (с учётом предположения, что направления векторов всех погрешностей совпадают), [мкм];

$\varepsilon_i$  – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (проявляющейся во время рассматриваемой обработки) [мкм].

Для шлифования после термообработки [7]:

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

Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей (подрезка торцов) [7]:

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

Расчет межоперационных припусков аналитическим методом производится для поверхности  $\emptyset 185h7(-0,046)$ .

Последовательность переходов необходимых для получения поверхности:

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

Пространственные погрешности  $\rho$  при консольном закреплении в самоцентрирующем патроне определяются согласно рекомендациям [8]:

$$\rho = \rho_k \quad (1.5)$$

$$\rho_k = \Delta_k \cdot l \quad (1.6)$$

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

$l = 119$  мм – длина детали.

Тогда пространственная погрешность по формуле (1.6):

$$\rho = 119 \cdot 8 = 952 \text{ мкм}$$

Для переходов, следующих за первым, пространственная погрешность уменьшается и определяется по формуле (1.7) [8]:

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

где  $K_y$  – коэффициент уменьшения исходной погрешности.

Для чернового точения  $K_y = 0,06$ ;

Для получистового точения  $K_y = 0,05$ ;

Для чистового точения  $K_y = 0,04$ ;

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

Общая погрешность при черновом точении по формуле (1.7):

$$\rho_2 = 952 \cdot 0,06 = 57,1 \text{ мкм}$$

При получистовом точении по формуле (1.7):

$$\rho_3 = 952 \cdot 0,05 = 47,6 \text{ мкм}$$

При чистовом точении по формуле (1.7):

$$\rho_4 = 952 \cdot 0,04 = 38,1 \text{ мкм}$$

При термической обработке по формуле (1.8) [8]:

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

где  $\Delta_{\text{то}} = 0,3 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$  – удельное значение кривизны после термической обработки [8];

$l = 119$  мм – длина детали.

По формуле (1.8):

$$\rho_5 = 0,3 \cdot 119 = 35,7 \text{ мкм}$$

При черновом шлифовании по формуле (1.7):

$$\rho_6 = 952 \cdot 0,03 = 28,6 \text{ мкм}$$

Погрешность установки заготовки  $\varepsilon$  можно определить расчетным путем или из таблиц. В работе используется расчетный метод.

Погрешности установки  $\varepsilon$ , мкм, определяются по формуле (1.9) [8]:

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

где  $\varepsilon_3 = 600$  мкм – погрешность при установке детали в самоцентрирующем патроне [8];

$\varepsilon_p = 0$  мкм [8].

Тогда по формуле (1.9):

$$\varepsilon = \sqrt{600^2 + 0^2} = 600 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск по формуле (1.2):

под черновое точение

$$2z_{min1} = 2 \left( 320 + 400 + \sqrt{952^2 + 0^2} \right) = 3344 \text{ мкм}$$

под получистовое точение

$$2z_{min2} = 2 \left( 125 + 75 + \sqrt{57,1^2 + 600^2} \right) = 1605 \text{ мкм}$$

под чистовое точение

$$2z_{min3} = 2 \left( 40 + 50 + \sqrt{47,6^2 + 0^2} \right) = 275 \text{ мкм}$$

под черновое шлифование

$$2z_{min4} = 2(20 + 35,7 + 20) = 151 \text{ мкм}$$

Расчетный размер  $d_p$  заполняется начиная с конечного размера путем последовательного прибавления расчетного минимального припуска каждого технологического перехода [7]:

$$d_{p4} = 184,954 + 0,151 = 185,105 \approx 185,11 \text{ мм}$$

$$d_{p3} = 185,11 + 0 = 185,11 \text{ мм}$$

$$d_{p2} = 185,11 + 0,275 = 185,385 \approx 185,39 \text{ мм}$$

$$d_{p1} = 185,39 + 1,605 = 186,995 \approx 187 \text{ мм}$$

$$d_{p.заг} = 187 + 3,344 = 190,344 \approx 190,34 \text{ мм}$$

Наибольшие предельные размеры вычисляются прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру [7]:

$$d_{max5} = 184,954 + 0,046 = 185 \text{ мм}$$

$$d_{max4} = 185,11 + 0,115 = 185,255 \text{ мм}$$

$$d_{max3} = 185,11 + 0,072 = 185,182 \text{ мм}$$

$$d_{max2} = 185,39 + 0,46 = 185,85 \text{ мм}$$

$$d_{max1} = 187 + 1,15 = 188,15 \text{ мм}$$

$$d_{max.заг} = 190,4 + 2,9 = 193,3 \text{ мм}$$

Предельные значения припусков  $2z_{max}^{pp}$  определяются как разность наибольших предельных размеров и  $2z_{min}^{pp}$  – как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов [7]:

$$2z_{max5}^{pp} = 185,12 - 184,954 = 0,166 \text{ мм}$$

$$2z_{max4}^{pp} = 185,12 - 185,12 = 0 \text{ мм}$$

$$2z_{max3}^{pp} = 185,37 - 185,12 = 0,25 \text{ мм}$$

$$2z_{max2}^{pp} = 187 - 185,37 = 1,63 \text{ мм}$$

$$2z_{max1}^{pp} = 189,8 - 187 = 2,8 \text{ мм}$$

$$2z_{min5}^{pp} = 185,235 - 185 = 0,235 \text{ мм}$$

$$2z_{min4}^{pp} = 185,235 - 185,235 = 0 \text{ мм}$$

$$2z_{min3}^{pp} = 185,66 - 185,235 = 0,425 \text{ мм}$$

$$2z_{min2}^{pp} = 188,15 - 185,66 = 2,49 \text{ мм}$$

$$2z_{min1}^{pp} = 192,7 - 188,15 = 4,55 \text{ мм}$$

Составим и заполним таблицу 1.4 – припуски на механическую обработку.

Таблица 1.4 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности  $\varnothing 185h7(-0,046)$

Технологические переходы обработки поверхности $\varnothing 185h7$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	$Rz$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
Заготовка прокат горячекатанной сортовой (h16)	320	400	952	-	-	190,34	2900	190,4	193,3	-	-
Точение:											
черновое (h14)	125	75	57,1	600	3344	187	1150	187	188,15	3400	5150
получистовое (h12)	40	50	47,6	-	1605	185,39	460	185,39	185,85	1610	2300
чистовое (h8)	20	25	38,1	-	275	185,11	72	185,11	185,182	280	668
Термическая обработка	-	-	35,7	-	-	185,11	115	185,11	185,225	-	-
Шлифование: черновое (h7)	10	20	28,6	20	151	184,954	46	184,954	185	156	225
Итого, $\Sigma$ :										5446	11343

Припуски на остальные размеры и получаемые поверхности назначаются статистическим методом (по таблицам).

Таблица 1.5 – Припуски на остальные размеры [9]

ТП обработки поверхности	Табличное значение припуска, мм	Размер, мм	Допуск, мкм	Шероховатость
<b>Поверхность <math>\varnothing 236h14(-1, 15)</math></b>				
Заготовка	-	$\varnothing 240h16(-2,9)$	-	-
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	4	$\varnothing 236h14(-1,15)$	1150	Ra 12,5
<b>Поверхность <math>\varnothing 183h14(-1, 15)</math></b>				
Напуск	-	$\varnothing 185,2h9(-0,115)$	-	-
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	2,2	$\varnothing 183h14(-1,15)$	1150	Ra 12,5
<b>Поверхность <math>\varnothing 165h14(-1)</math></b>				
Напуск	-	$\varnothing 166,3h14(-1)$	-	-
Токарная с ЧПУ Точение черновое (h14)	1,3	$\varnothing 165h14(-1)$	1000	Ra 12,5

Продолжение таблицы 1.5

ТП обработки поверхности	Табличное значение припуска, мм	Размер, мм	Допуск, мкм	Шероховатость
<b>Поверхность 119h13(-0,54)</b>				
Токарная Подрезка черновая (h14)	2,5	122,5h14(-1)	1000	Ra 12,5
Токарная с ЧПУ Подрезка получистовая (h13)	1,75	120,75h13(-0,63)	630	Ra 12,5
Токарная с ЧПУ Подрезка получистовая (h13)	1,75	119h13(-0,54)	540	Ra 12,5
<b>Поверхность <math>\varnothing 184,5h7(-0,046)</math></b>				
Термическая	-	$\varnothing 185,1h9(-0,115)$	-	-
Круглошлифовальная шлифование черновое (h7)	0,6	$\varnothing 184,5h7(-0,046)$	46	Ra 2,5
<b>Поверхность <math>\varnothing 120H14(+0,87)</math></b>				
Напуск	-	$\varnothing 116$	-	-
Токарная с ЧПУ Растачивание черновое (H14)	4	$\varnothing 120H14(+0,87)$	870	Ra 12,5
<b>Поверхность <math>\varnothing 144H14(+1)</math></b>				
Напуск	-	$\varnothing 137,7$	-	-
Токарная с ЧПУ Растачивание черновое (H14)	6,3	$\varnothing 144H14(+1)$	1000	Ra 12,5
<b>Поверхность <math>\varnothing 140N7 \begin{pmatrix} -0,012 \\ -0,052 \end{pmatrix}</math></b>				
Напуск	-	$\varnothing 130,9$	-	-
Токарная с ЧПУ Растачивание черновое (H14)	6,3	$\varnothing 137,2H14(+1)$	1000	Ra 12,5
Токарная с ЧПУ Растачивание получистовое (H12)	2	$\varnothing 139,2H12(+0,4)$	400	Ra 6,3
Токарная с ЧПУ Растачивание чистовое (H8)	0,5	$\varnothing 139,7H8(+0,063)$	63	Ra 3,2
Круглошлифовальная шлифование черновое (N7)	0,3	$\varnothing 140N7 \begin{pmatrix} -0,012 \\ -0,052 \end{pmatrix}$	40	Ra 1,25



### Продолжение таблицы 1.5

ТП обработки поверхности	Табличное значение припуска, мм	Размер, мм	Допуск, мкм	Шероховатость
<b>Поверхность <math>\varnothing 160N7 \begin{pmatrix} -0,012 \\ -0,052 \end{pmatrix}</math></b>				
Напуск	-	$\varnothing 150,8$	-	-
Токарная с ЧПУ Растачивание черновое (Н14)	6,3	$\varnothing 157,1H14(+1)$	1000	Ra 12,5
Токарная с ЧПУ Растачивание получистовое (Н12)	2	$\varnothing 159,1H12(+0,4)$	400	Ra 6,3
Токарная с ЧПУ Растачивание чистовое (Н8)	0,6	$\varnothing 159,7H8(+0,063)$	63	Ra 3,2
Круглошлифовальная шлифование черновое (N7)	0,3	$\varnothing 160N7 \begin{pmatrix} -0,012 \\ -0,052 \end{pmatrix}$	40	Ra 1,25

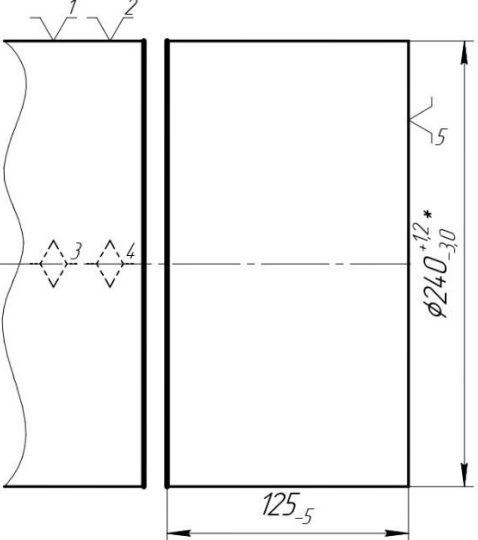
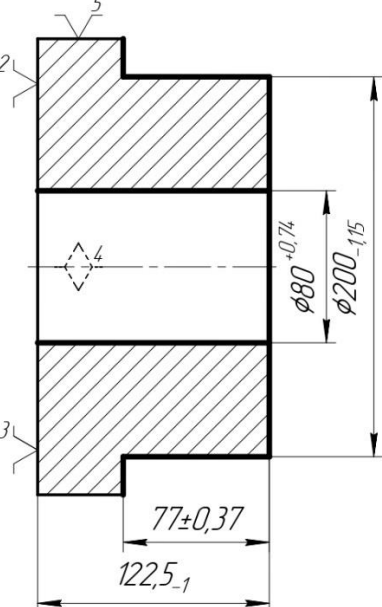
### 1.6 Проектирование технологических операций

Проектирование технологических операций – ключевой момент построения всего технологического процесса, от которого зависит точность, качество и экономичность обработки.

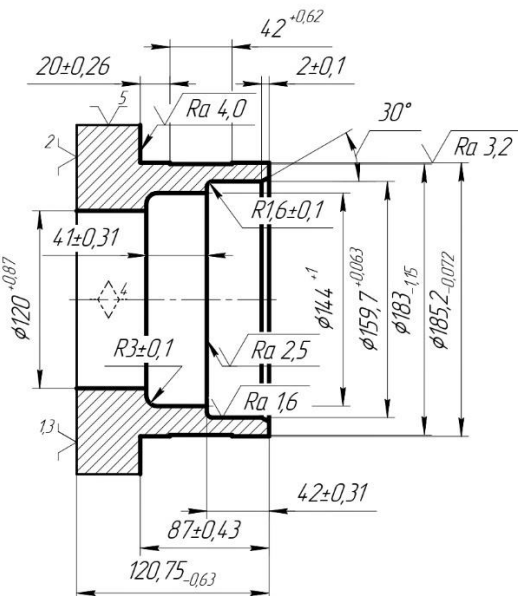
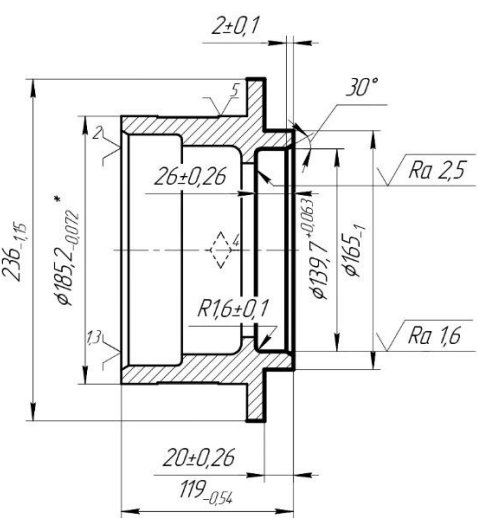
На основании построенного технологического маршрута и обозначенных припусков на обработку составлена технологическая последовательность обработки детали «Стакан подшипниковый», приведенная в таблице 1.8.

Технологический процесс в данной работе построен по принципу концентрации операций. Это значит, что большое количество простых технологических переходов соединены в одну сложную операцию.

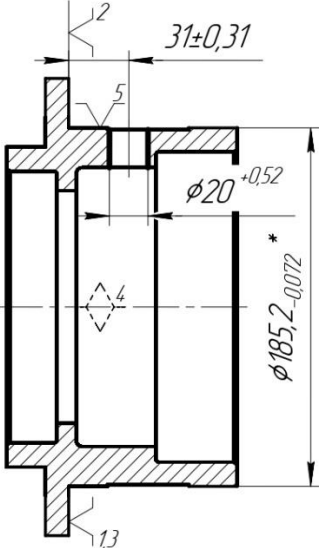
Таблица 1.6 – Последовательность обработки детали

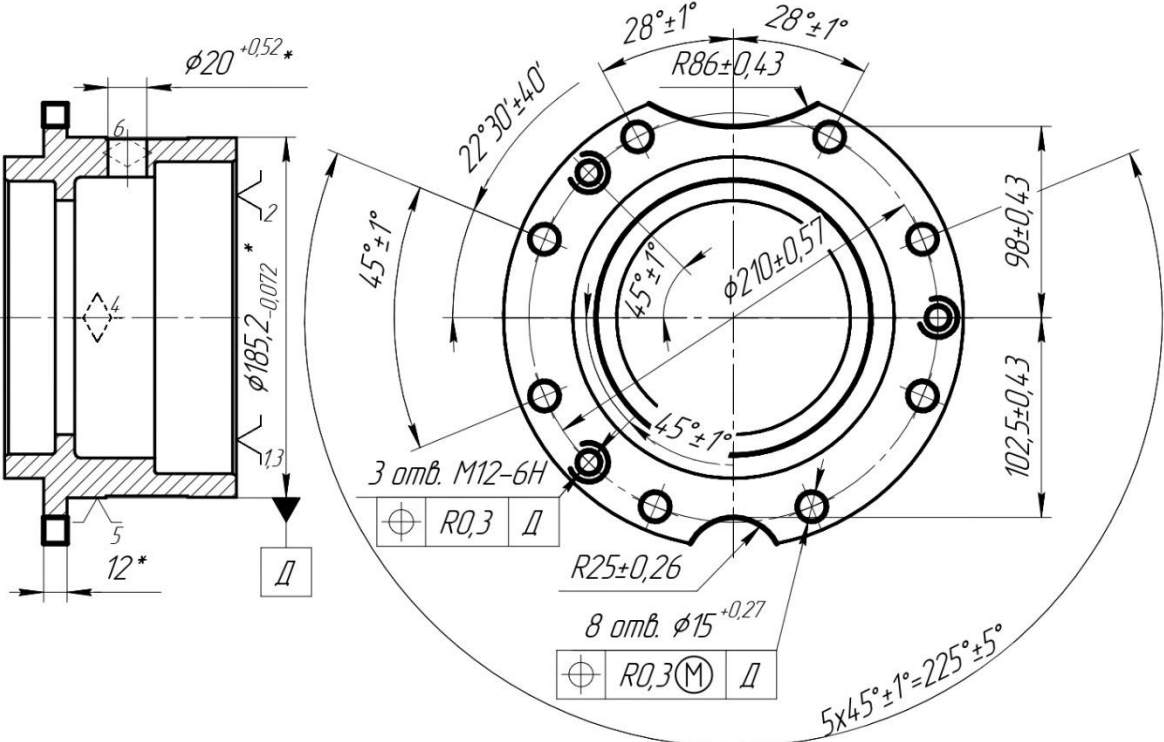
Операционный эскиз	Название и содержание операции
<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5}</math></p>  <p style="text-align: right;">* Размер для справок.</p>	<p style="text-align: center;"><b>005 Заготовительная</b></p> <p>А. Установить заготовку в призмы.          База: наружный диаметр и торец.          1. Отрезать заготовку, выдерживая размер 125.5 мм.</p>
<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5}</math></p> 	<p style="text-align: center;"><b>010 Токарная</b></p> <p>А. Установить деталь в трехкулачковом патроне.          База: наружный диаметр и торец.          1. Подрезать торец, выдерживая размер 122,5.1 мм.          2. Сверлить сквозное отверстие <math>\phi 20^{+0,52}</math> мм.          3. Рассверлить отверстие до <math>\phi 30^{+0,52}</math> мм.          4. Рассверлить отверстие до <math>\phi 40^{+0,62}</math> мм.          5. Расточить отверстие, выдерживая размер <math>\phi 80^{+0,74}</math> мм.          6. Точить поверхность <math>\phi 200_{-1,15}</math> мм, выдерживая размер <math>77 \pm 0,37</math> мм.</p>
<p style="text-align: center;"><b>015 Термическая</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поместить деталь в печь.</li> <li>2. Нагреть деталь до температуры 400...500°C.</li> <li>3. Стабилизировать деталь при заданной температуре в течение 3...4 часов.</li> <li>4. Охладить деталь на воздухе.</li> </ol>	

Продолжение таблицы 1.6

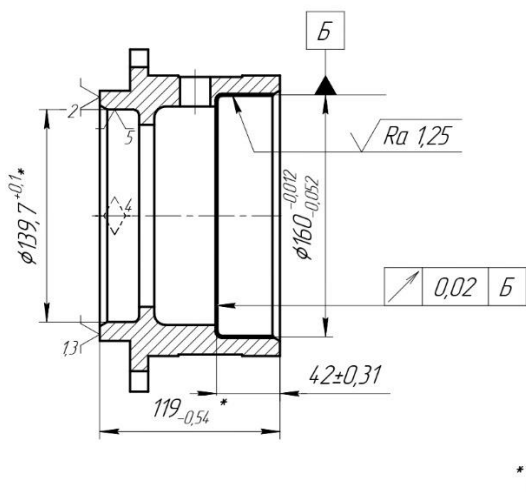
Операционный эскиз	Название и содержание операции
<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5\ (\surd)}</math></p> 	<p style="text-align: center;"><b>020 Токарная с ЧПУ</b></p> <p>А. Установить деталь в трехкулачковом патроне. База: наружный диаметр и торец.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подрезать торец, выдерживая размер <math>120,75_{-0,63}</math> мм.</li> <li>2. Точить поверхность <math>\varnothing 185,2_{-0,072}</math> мм, выдерживая размер <math>87\pm 0,43</math> мм.</li> <li>3. Точить поверхность <math>\varnothing 183_{-1,5}</math> мм, выдерживая размеры <math>20\pm 0,26</math> мм и <math>42^{+0,62}</math> мм.</li> <li>4. Расточить отверстие, выдерживая размер <math>\varnothing 120^{+0,87}</math> мм.</li> <li>5. Расточить поверхность <math>\varnothing 159,7^{+0,063}</math> мм, выдерживая размеры <math>42\pm 0,31</math> мм и <math>R1,6\pm 0,1</math> мм.</li> <li>6. Расточить поверхность <math>\varnothing 144^{+1}</math> мм, выдерживая размеры <math>41\pm 0,31</math> мм и <math>R3\pm 0,1</math> мм.</li> <li>7. Снять фаску, выдерживая размер <math>2\pm 0,1</math> мм и угол <math>30^\circ</math>.</li> </ol>
<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5\ (\surd)}</math></p>  <p style="text-align: center;">* Размер для справок.</p>	<p>Б. Переустановить деталь в трехкулачковом патроне. База: <math>\varnothing 185,2_{-0,072}^*</math> мм и торец.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подрезать торец, выдерживая размер <math>119_{-0,54}</math> мм.</li> <li>2. Точить поверхность <math>\varnothing 236_{-1,15}</math> мм.</li> <li>3. Точить поверхность <math>\varnothing 165_{-1}</math> мм, выдерживая размер <math>20\pm 0,26</math> мм.</li> <li>4. Расточить поверхность <math>\varnothing 139,7^{+0,063}</math> мм, выдерживая размеры <math>26\pm 0,26</math> мм и <math>R1,6\pm 0,1</math> мм.</li> <li>5. Снять фаску, выдерживая размер <math>2\pm 0,1</math> мм и угол <math>30^\circ</math>.</li> </ol>
<p><b>025 Контрольная</b></p> <p>1. Контролировать размеры, полученные на предыдущей операции.</p>	

Продолжение таблицы 1.6

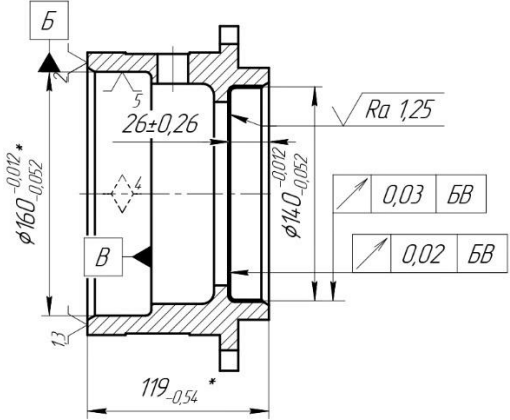
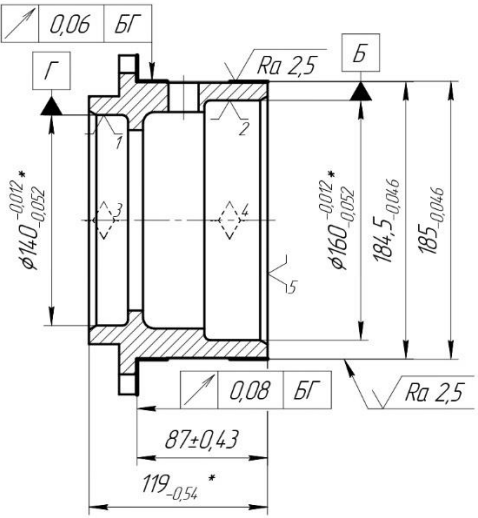
Операционный эскиз	Название и содержание операции
<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5}</math></p>  <p style="text-align: center;">* Размер для справок.</p>	<p style="text-align: center;"><b>030 Фрезерная с ЧПУ</b></p> <p>А. Установить деталь в трехкулачковом патроне универсальной делительной головки.</p> <p>База: <math>\varnothing 185,2_{-0,072}^*</math> и торец.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Центровать поверхность А3,15 ГОСТ 14034-74, выдерживая размер <math>31\pm 0,31</math> мм.</li> <li>2. Сверлить отверстие <math>\varnothing 20^{+0,52}</math> мм, выдерживая размер <math>31\pm 0,31</math> мм.</li> </ol>

<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5}</math></p>  <p style="text-align: center;">* Размеры для справок.</p>	<p>Б. Переустановить деталь в специальное приспособление.</p> <p>База: <math>\varnothing 185,2_{-0,072}^*</math> мм, <math>\varnothing 20^{+0,52}^*</math> мм и торец.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фрезеровать паз, выдерживая размеры <math>98\pm 0,43</math> мм и <math>R86\pm 0,43</math> мм.</li> </ol>
---	---

Продолжение таблицы 1.6

Операционный эскиз	Название и содержание операции
	2. Фрезеровать паз, выдерживая размеры $102,5 \pm 0,43$ мм и $R25 \pm 0,26$ мм. 3. Центровать торец А2,5 ГОСТ 14034-74, выдерживая размер $\varnothing 210 \pm 0,57$ мм и углы $28^\circ \pm 1^\circ$ , $45^\circ \pm 1^\circ$ , $22^\circ 30' \pm 40'$ , $5 \times 45^\circ \pm 1^\circ = 225^\circ \pm 5^\circ$ . 4. Сверлить три сквозных отверстия $\varnothing 10,2^{+0,27}$ мм, выдерживая размер $\varnothing 210 \pm 0,57$ мм и углы $45^\circ \pm 1^\circ$ . 5. Сверлить восемь сквозных отверстий $\varnothing 15^{+0,27}$ мм, выдерживая размер $\varnothing 210 \pm 0,57$ мм и углы $28^\circ \pm 1^\circ$ , $45^\circ \pm 1^\circ$ , $22^\circ 30' \pm 40'$ , $5 \times 45^\circ \pm 1^\circ = 225^\circ \pm 5^\circ$ . 6. Нарезать резьбу М12.
<b>035 Слесарная</b>	
1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.	
<b>040 Промывочная</b>	
1. Промыть деталь по ТТП 01279-00001.	
<b>045 Контрольная</b>	
1. Контролировать размеры, полученные на предыдущей операции.	
<b>050 Термическая</b>	
1. Поместить деталь в печь. 2. Нагреть деталь до температуры $850^\circ\text{C}$ . 3. Калить деталь при заданной температуре в течение 48 мин. 4. Охладить деталь в воде со скоростью выше критической. 5. Поместить деталь в печь. 6. Нагреть деталь до температуры $600^\circ\text{C}$ . 7. Отпустить деталь при заданной температуре в течение 1 ч 36 мин. 8. Охладить деталь на воздухе.	
<b>055 Контрольная</b>	
1. Контролировать твердость, полученную на предыдущей операции. 2. Контролировать размеры, полученные после термической обработки.	
 <p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 2,5\ (\checkmark)}</math></p> <p style="text-align: right;">* Размеры для справок.</p>	<p style="text-align: center;"><b>060 Внутришлифовальная</b></p> <p>А. Установить деталь на оправку.                      База: <math>\varnothing 139,7^{+0,1*}</math> мм и торец.                      1. Шлифовать внутренний диаметр, выдерживая размер <math>\varnothing 160_{-0,052}^{-0,012}</math> мм на длину <math>42 \pm 0,31</math> мм.</p>

Продолжение таблицы 1.6

Операционный эскиз	Название и содержание операции
<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 2,5\ (\surd)}</math></p>  <p style="text-align: right;"><i>* Размеры для справок.</i></p>	<p>Б. Переустановить деталь на оправку.          База: <math>\phi 160_{-0,052}^{-0,012*}</math> мм и торец.          1. Шлифовать внутренний диаметр, выдерживая размер <math>\phi 140_{-0,052}^{-0,012}</math> мм на длину <math>26 \pm 0,26</math> мм.</p>
<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 3,2\ (\surd)}</math></p>  <p style="text-align: right;"><i>* Размеры для справок.</i></p>	<p><b>065 Круглошлифовальная</b></p> <p>А. Установить деталь на оправки.          База: <math>\phi 140_{-0,052}^{-0,012*}</math> мм, <math>\phi 160_{-0,052}^{-0,012*}</math> и торец.          1. Шлифовать наружный диаметр, выдерживая размер <math>184,5_{-0,046}</math> мм.          2. Шлифовать наружный диаметр, выдерживая размеры <math>185_{-0,046}</math> мм, <math>87 \pm 0,43</math> мм.</p>
<p><b>070 Слесарная</b></p> <p>1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.</p>	
<p><b>075 Промывочная</b></p> <p>1. Промыть деталь по ТТП 01279-00001.</p>	
<p><b>080 Контрольная</b></p> <p>1. Контролировать размеры полученных поверхностей;          2. Контролировать шероховатость полученных поверхностей.          3. Контролировать допуски формы и расположения полученных поверхностей.</p>	
<p><b>085 Консервация</b></p> <p>1. Консервировать деталь по ТТП 60270-00001, вариант 2.</p>	

### 1.6.1 Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки

Заготовка детали должна занимать и сохранять в течение всего времени обработки определенное положение относительно выбранной системы координат. Закрепление (приложение сил к заготовке) позволяет обеспечивать постоянство положения заготовки, достигнутого при базировании.

В данной работе на операции «005 Заготовительная» заготовка базируется по цилиндрической поверхности (двойная направляющая база) и торцу (опорная база). Для закрепления используются призма 7033-0041 ГОСТ 12195-66, планка 7019-0677 ГОСТ 14735-69, винт А.М20-6gx40.48 ГОСТ 1491-80 и прихват 7011-0512 ГОСТ 4735-69.

На операциях «010 Токарная» и «020 Токарная с ЧПУ» деталь базируется по торцу (установочная база) и цилиндрической поверхности (направляющая база). Для закрепления на операции «010 Токарная» используются трехкулачковый патрон МЛ Ø320 ТК-3108 и расточенные кулачки. Для закрепления на операции «020 Токарная с ЧПУ» на обоих станках используются трехкулачковый механический патрон Ø250 мм СКЕ6150Z и расточенные кулачки.

На операции «030 Фрезерная с ЧПУ» (установ А) деталь базируется по торцу (установочная база) и цилиндрической поверхности (направляющая база). На станке Б деталь базируется по торцу (установочная база), цилиндрической поверхности (направляющая база) и по отверстию (опорная база). Для закрепления используется специальное приспособление, а именно автоматизированные тиски с призматическими губками.

На операции «060 Внутришлифовальная» (установ А, установ Б) деталь базируется по торцу (установочная база) и внутренней цилиндрической поверхности (направляющая база). Для закрепления используются трехкулачковый патрон 7100-0065 ГОСТ 2675-80 и оправка 7112-1519-III ГОСТ 31.1066.02-85.

На операции «065 Круглошлифовальная» заготовка базируется по внутренним цилиндрическим поверхностям (двойная направляющая база) и торцу (опорная база). Для закрепления используются трехкулачковый патрон 7100-0065 ГОСТ 2675-80, две оправки 7112-1519-III ГОСТ 31.1066.02-85.

### 1.6.2 Уточнение содержания переходов

Технологический переход – завершенная часть технологической операции, которая характеризуется постоянством используемого инструмента и поверхностей, образованных обработкой и соединяемых в процессе сборки. Следующий переход начинается при изменении режимов резания или смене режущего инструмента. В таблице 1.7 приведено уточнение содержания переходов, ходов и установов.

Таблица 1.7 – Уточнение переходов

Операция	Описание
005 Заготовительная	Установ А
	1) Отрезание заготовки 1 переход, 1 ход
010 Токарная	Установ А
	1) Подрезание торца 1 переход, 1 ход
	2) Сверление отверстия 1 переход, 1 ход
	3) Рассверливание отверстия 1 переход, 1 ход
	4) Рассверливание отверстия 1 переход, 1 ход
	5) Растачивание отверстия 1 переход, 8 ходов
6) Точение поверхности 1 переход, 8 ходов	
020 Токарная с ЧПУ	Установ А
	1) Подрезание торца 1 переход, 1 ход
	2) Точение поверхности 3 перехода, 10 ходов
	3) Точение поверхности 1 переход, 1 ход
	4) Растачивание поверхности 1 переход, 10 ходов
	5) Растачивание поверхности 3 перехода, 11 ходов
	6) Растачивание поверхности 1 переход, 4 хода
	7) Снятие фаски 1 переход, 1 ход
	Установ Б
	1) Подрезание торца 1 переход, 1 ход
	2) Точение поверхности 1 переход, 1 ход
	3) Точение поверхности 1 переход, 15 ходов
	4) Растачивание поверхности 3 перехода, 9 ходов
	5) Снятие фаски 1 переход, 1 ход



Продолжение таблицы 1.7

Операция	Описание
030 Фрезерная с ЧПУ	Установ А
	1) Центровка поверхности 1 переход, 1 ход
	2) Сверление отверстия 1 переход, 1 ход
	Установ Б
	1) Фрезерование паза 1 переход, 4 хода
	2) Фрезерование паза 1 переход, 4 хода
3) Центровка торца 1 переход, 11 ходов	
4) Сверление отверстий 1 переход, 3 хода	
5) Сверление отверстий 1 переход, 8 ходов	
6) Нарезание резьбы 1 переход, 3 хода	
060 Внутришлифовальная	Установ А
	1) Шлифование поверхности 1 переход, 1 ход
	Установ Б
	1) Шлифование поверхности 1 переход, 1 ход
065 Круглошлифовальная	Установ А
	1) Шлифование поверхности 1 переход, 1 ход
	2) Шлифование поверхности 1 переход, 1 ход

### 1.6.3 Выбор средств технологического оснащения

Оборудование, приспособление и инструменты, подобранные для изготовления детали «Стакан подшипниковый», приведены в таблице 1.8.

Средства контрольно-измерительного оснащения приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.8 – Средства технологического оснащения

Операция	Оборудование	Инструменты	Приспособление
005 Заготовительная	Ленточнопильный станок РПК-255В	Ленточное полотно 2-27-0,9-3 ГОСТ Р 53924-2010	Призма 7033-0041 ГОСТ 12195-66; планка 7019-0677 ГОСТ 14735-69; винт А.М20-6gx40.48 ГОСТ 1491-80; прихват 7011-0512 ГОСТ 4735-69

Продолжение таблицы 1.8

Операция	Оборудование	Инструменты	Приспособление
010 Токарная	Универсальный токарный станок ML 320x1000	Резец подрезной отогнутый 2112-0051 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0012 06030 ГОСТ 25393-90 T15K6; сверло Ø20 2301-0069-B1 ГОСТ 10903-77 P6M5; сверло Ø30 2301-0106-B1 ГОСТ 10903-77 P6M5; сверло Ø40 2301-0137-B1 ГОСТ 10903-77 P6M5; резец расточной 2141-0041M ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6;	3-кулачковый патрон ML Ø320 мм; 4-позиционный резцедержатель ML; втулка 6100-0255 ГОСТ 13598-85; втулка 6100-0312 ГОСТ 13598-85;
020 Токарная с ЧПУ Установ А Установ Б	Токарный станок с ЧПУ СKE6150Z	Резец подрезной отогнутый 2112-0056 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6; резец проходной упорный 2101-0056 ГОСТ 18879-73, режущая пластина 19 6614 0015 07060 ГОСТ 25393-90 T30K4; резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6;	3-кулачковый механический патрон Ø250 мм СKE6150Z; 6-позиционная револьверная голова СKE6150Z; резцедержатель 209.31.16 СKE6150Z – 2 шт.; резцедержатель 209.41.16 СKE6150Z – 2 шт.

Продолжение таблицы 1.8

Операция	Оборудование	Инструменты	Приспособление
		резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6614 0066 66060 ГОСТ 25393-90 Т30К4	
020 Токарная с ЧПУ Установ А Установ Б	Токарный станок с ЧПУ СKE6150Z	Резец подрезной отогнутый 2112-0056 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 Т15К6; резец проходной упорный 2101-0056 ГОСТ 18879-73, режущая пластина 19 6614 0015 07060 ГОСТ 25393-90 Т30К4; резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 Т15К6; резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6614 0066 66060 ГОСТ 25393-90 Т30К4	3-кулачковый механический патрон Ø250 мм СKE6150Z; 6-позиционная револьверная голова СKE6150Z; резцедержатель 209.31.16 СKE6150Z – 2 шт.; резцедержатель 209.41.16 СKE6150Z – 2 шт.

Продолжение таблицы 1.8

Операция	Оборудование	Инструменты	Приспособление
030 Фрезерная с ЧПУ Установ А	Вертикально- фрезерный станок с ЧПУ Abamet VF-2TSM	Сверло центровочное Ø3,15 2317-0006 ГОСТ 14952-75 P6M5; сверло Ø20 2302-1166 ГОСТ 20696-75 P6M5	Головка делительная 7036-0052 ГОСТ 8615-89; патрон 4-B40 ГОСТ 8522-79; патрон цанговый BT40 Abamet VF-2TSM; цанга 7010-0033-d20 ГОСТ 2876-80
030 Фрезерная с ЧПУ Установ Б		Сверло центровочное Ø2,5 2317-0005 ГОСТ 14952-75 P6M5; фреза концевая 25-1-A-1-25-121 ГОСТ 32831-2014 P6M5; сверло Ø10,2 2302-1119 ГОСТ 20696-75 P6M5; сверло Ø15 2302-1141 ГОСТ 20696-75 P6M5; метчик M12 2620-2771.2 ГОСТ 3266-81 P6M5	Специальное приспособление ИШНПТ- 4A91003.00.00.00; патрон цанговый BT40 Abamet VF-2TSM; цанга 7010-0033-d25 ГОСТ 2876-80; патрон 4-B40 ГОСТ 8522-79; цанга 7010-0031-d10,2 ГОСТ 2876-80; цанга 7010-0032-d15 ГОСТ 2876-80; патрон 16-B40 ГОСТ 8522-79;
060 Внутришлифовальная Установ А	Внутришлифовальный станок 3K228A	Круг 1 100×10×20 14A F54 L 7 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781- 2007	Патрон 7100-0065 ГОСТ 2675-80; оправка 7112-1519-III ГОСТ 31.1066.02- 85; карандаш алмазный 3908-0068 ГОСТ 607-80
060 Внутришлифовальная Установ Б		Круг 1 125×10×20 14A F54 L 7 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781- 2007	

Продолжение таблицы 1.8

Операция	Оборудование	Инструменты	Приспособление
065 Круглошлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок 3У142МВ	Круг 1 600×80×304,8 25А F60 К 6 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Патрон 7100-0065 ГОСТ 2675-80; оправка 7112-1519-III ГОСТ 31.1066.02-85; оправка 7112-1519-III ГОСТ 31.1066.02-85; карандаш алмазный 3908-0068 ГОСТ 607-80
015 / 050 Термическая	Муфельная печь КЭП-Z38/1100; водяная закалочная ванна ВЗ 10.6.6/0,8		
035 / 070 Слесарная	Верстак ГОСТ Р 58863-2020	Напильник 2820-0063 ГОСТ 1465-80; надфиль 2828-0023 ГОСТ 23461-84	Тиски слесарные 7827-0335 ГОСТ 4045-75
040 / 075 Промывочная	Промывочная ванна ВП 12.9.6/0,9	Раствор по ТТП 01279-00001	
085 Консервация	-	Материалы по ТТП 60270-00001, вариант 2	

Таблица 1.9 – Средства технологического оснащения

Операция	Способ контроля	Измерительный прибор
005 Заготовительная	Инструментальный	Линейка-150 ГОСТ 427-75
025 Контрольная	Инструментальный	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ 166-89; микрометр МК Н200-0,001 ГОСТ 6507-90; нутромер 100-160-0,002 ГОСТ 9244-75; шаблон для фасок 86698-22; набор радиусных шаблонов №1 ТУ 2-034-228-087; образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
035 Слесарная	Визуальный	-
045 Контрольная	Инструментальный	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ 166-89; набор радиусных шаблонов №2 ТУ 2-034-228-087; радиусный шаблон R86; угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88; пробка 8221-3053 6Н ГОСТ 17758-72; образцы шероховатости ГОСТ 9378-93;
055 Контрольная	Инструментальный	Твердомер типа ТР 20...70 HRC ГОСТ 23677-79; штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ 166-89; микрометр МК Н200-0,001 ГОСТ 6507-90;

Продолжение таблицы 1.9

Операция	Способ контроля	Измерительный прибор
		нутромер 100-160-0,002 ГОСТ 9244-75; набор радиусных шаблонов №2 ТУ 2-034-228-087; радиусный шаблон R86; угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88; пробка 8221-3053 6Н ГОСТ 17758-72; образцы шероховатости ГОСТ 9378-93;
070 Слесарная	Визуальный	-
080 Контрольная	Инструментальный	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ 166-89; микрометр МК Н200-0,001 ГОСТ 6507-90; нутромер 100-160-0,002 ГОСТ 9244-75; индикатор ИЧ02 кл. 0 ГОСТ 577-68; штатив Ш-Ш-8 ГОСТ 10197-70; образцы шероховатости ГОСТ 9378-93

### 1.6.4 Выбор и расчет режимов резания

Операция «030 Фрезерная с ЧПУ» включает в себя сверление отверстий на фланце детали «Стакан подшипниковый».

Расчет режимов резания для вышеуказанного перехода осуществляется по пособию [10].

Исходные данные для сверления отверстий  $\varnothing 15^{+0,27}$  мм:

диаметр отверстия  $\varnothing 15^{+0,27}$  мм;

шероховатость поверхности Ra 12,5;

материал сталь 45  $\sigma_B = 600$  МПа;

сверло  $\varnothing 15$  мм 2302-1141 ГОСТ 20696-75 Р6М5;

Глубина резания при сверлении:

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

$$t = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ мм}$$

Подача на оборот, мм/об:

Для сверления стали 45 сверлом из быстрорежущей стали диаметром

$d = 15$  мм при твердости обрабатываемого материала  $229 HB$  подача  $s = 0,3$  мм/об.

Скорость резания, м/мин:

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

где  $K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}$  – поправочный коэффициент, являющийся произведением коэффициентов, учитывающих влияние обрабатываемого материала, материала инструмента, глубину сверления.

Для расчетов заданы следующие значения параметров:  $T = 45$  мин,  $s = 0,3$  мм/об,  $D = 15$  мм.

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

Коэффициент материала заготовки  $K_{mv}$ , учитывающий влияние физико – механических свойств стали на скорость резания, определяется по формуле (1.12):

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

где  $K_\Gamma$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

$n_v$  – показатель степени;

$\sigma_B$  – предел прочности обрабатываемого материала на растяжение.

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

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

Поправочный коэффициент  $K_{iv} = 1$ , учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания определяется по обрабатываемому материалу (сталь 45), материалу режущей части сверла Р6М5.

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

$$K_v = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 15^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,3^{0,5}} \cdot 1,22 = 30 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота вращения сверла, об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.13)$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;

$D$  – диаметр сверла, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 15} = 637 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент определяется по формуле (1.14):

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

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

Поправочный коэффициент  $K_{mp}$ , учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости, определяется по формуле (1.15):

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

где  $n = 0,75$ .

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

Тогда крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 15^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,85 = 25 \text{ Н} \cdot \text{м}$$



Осевая сила определяется по формуле (1.16):

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

где  $C_p = 68$ ;  $q = 1$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_p = K_{mp} = 0,85$ .

Тогда осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 15^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,85 = 3732 \text{ Н}$$

Мощность резания:

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

где  $n$  – частота вращения сверла, об/мин;

$M_{кр}$  – крутящий момент, Н · м.

Тогда

$$N_e = \frac{25 \cdot 637}{9750} = 1,6 \text{ кВт}$$

Режимы резания для остальных операций подобраны по справочнику [11]. Данные представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Режимы резания [11]

Операция, содержание	Инструмент	Глубина $t$ , мм	Подача $s$ , мм/об (мм/зуб)	Скорость $V$ , м/мин	Частота вращения инструмента (детали) $n$ , об/мин
005 Заготовительная					
Отрезание заготовки	Ленточное полотно 2-27-0,9-3 ГОСТ Р 53924-2010	-	0,05	73	100
010 Токарная					
Подрезка торца	Резец подрезной отогнутый 2112-0051 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0012 06030 ГОСТ 25393-90 T15K6	1	0,6	120	160

Продолжение таблицы 1.10

Операция, содержание	Инструмент	Глубина t, мм	Подача s, мм/об (мм/зуб)	Скорость V, м/мин	Частота вращения инструмента (детали) n, об/мин
Сверление	Сверло Ø20 2301-0069-B1 ГОСТ 10903-77 P6M5	10	0,32	24	380
Рассверливание	Сверло Ø30 2301-0106-B1 ГОСТ 10903-77 P6M5	5	0,4	24	250
Рассверливание	Сверло Ø40 2301-0137-B1 ГОСТ 10903-77 P6M5	5	0,5	24	190
Растачивание черновое	Резец расточной 2141-0041 ГОСТ 18883-73 режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	2,5	0,6	110	440
Точение черновое	Резец подрезной отогнутый 2112-0051 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0012 06030 ГОСТ 25393-90 T15K6	2,5	0,6	110	175
020 Токарная с ЧПУ (установ А)					
Подрезка торца	Резец подрезной отогнутый 2112-0056	1,75	0,6	120	190
Точение черновое	ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060	2,5	0,6	110	190
Точение получистовое	ГОСТ 25393-90 T15K6	1,2	0,5	115	200
Точение чистовое	Резец проходной упорный 2101-0056 ГОСТ 18879-73, режущая пластина 19 6614 0015 07060 ГОСТ 25393-90 T30K4	0,3	0,15	160	280

Продолжение таблицы 1.10

Операция, содержание	Инструмент	Глубина t, мм	Подача s, мм/об (мм/зуб)	Скорость V, м/мин	Частота вращения инструмента (детали) n, об/мин
Точение черновое	Резец подрезной отогнутый 2112-0056 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	1,1	0,6	110	190
Растачивание черновое	Резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	2	0,3	205	560
Растачивание черновое	Резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	3,2	0,6	100	200
Растачивание получистовое	Резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6614 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T30K4	1	0,5	130	260
Растачивание чистовое	Резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6614 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T30K4	0,3	0,15	160	320
Растачивание черновое	Резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	3	0,6	100	220
Снятие фаски	Резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	2	0,6	110	220
020 Токарная с ЧПУ (установ Б)					
Подрезка торца	Резец подрезной отогнутый 2112-0056 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	1,75	0,6	120	160
Точение черновое	Резец подрезной отогнутый 2112-0056 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	2	0,6	110	150
Точение черновое	Резец подрезной отогнутый 2112-0056 ГОСТ 18880-73, режущая пластина 19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	2,3	0,6	110	210
Растачивание черновое	Резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина	3,2	0,6	100	230

Продолжение таблицы 1.10

Операция, содержание	Инструмент	Глубина t, мм	Подача s, мм/об (мм/зуб)	Скорость V, м/мин	Частота вращения инструмента (детали) n, об/мин
Растачивание получистовое	19 6613 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T15K6	1	0,5	130	300
Растачивание чистовое	Резец расточной 2141-0042 ГОСТ 18883-73, режущая пластина	0,25	0,15	160	360
Снятие фаски	19 6614 0066 66060 ГОСТ 25393-90 T30K4	2	0,6	110	220
030 Фрезерная с ЧПУ (установ А)					
Центровка	Сверло центровочное Ø3,15 2317-0006 ГОСТ 14952-75 P6M5	0,05	0,03	32	1500
Сверление	Сверло Ø20 2302-1166 ГОСТ 20696-75 P6M5	10	0,4	21	330
030 Фрезерная с ЧПУ (установ Б)					
Фрезерование черновое	Фреза концевая 25-1-А-1-25-121	5	0,07	56	710
Фрезерование черновое	ГОСТ 32831-2014 P6M5	3,875	0,04	55	700
Центровка	Сверло центровочное Ø2,5 2317-0005 ГОСТ 14952-75 P6M5	0,05	0,03	26	1500
Сверление	Сверло Ø10,2 2302-1119 ГОСТ 20696-75 P6M5	5,1	0,22	22	690
Сверление	Сверло Ø15 2302-1141 ГОСТ 20696-75 P6M5	7,5	0,3	30	640
Нарезание резьбы	Метчик M12 2620-2771.2 ГОСТ 3266-81 P6M5	0,9	0,05	11	235

Продолжение таблицы 1.10

Операция, содержание	Инструмент	Глубина t, мм	Подача s, мм/об (мм/зуб)	Скорость V, м/мин	Частота вращения инструмента (детали) n, об/мин
060 Внутришлифовальная (установ А)					
Шлифование черновое	Круг 1 100×10×20 14А F54 L 7 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	0,15	20	30	2000
060 Внутришлифовальная (установ Б)					
Шлифование черновое	Круг 1 125×10×20 14А F54 L 7 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	0,15	15	30	2000
065 Круглошлифовальная					
Шлифование черновое	Круг 1 600×80×304,8 25А F60 К 6 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	0,15	10	30	2000
Шлифование черновое	Круг 1 600×80×304,8 25А F60 К 6 V 50 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	0,1	10	30	2000

### 1.6.5 Нормы времени технологического процесса

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

$T_0$  – основное время обработки, мин;

$T_B$  – вспомогательное время, мин;

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

$T_{шт}$  – штучное время, мин;

Вспомогательное время на операцию  $T_B$  определяется по формуле (1.18):

$$T_B = T_y + T_{\text{пер}} + T_{\text{изм}} \quad (1.18)$$

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

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

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

Операционное время  $T_{\text{оп}}$  определяется по формуле (1.19):

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_B \quad (1.19)$$

Штучное время  $T_{\text{шт}}$  определяется по формуле (1.20):

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

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

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

Время  $A_{\text{обс}}$  и  $A_{\text{отд}}$  определяются по формулам (1.21) и (1.22)

соответственно:

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

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

Выполним расчет норм времени для операции «010 Токарная».

Основное время обработки для токарных работ (подрезание торца, точение и растачивание), для сверлильных работ (сверление и рассверливание) по формуле (1.23) [12]:

$$T_o = \frac{L}{n s_o} \cdot i \quad (1.23)$$

где  $L$  – расчетная длина обработки, мм;

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

$s_o$  – подача на оборот шпинделя, мм/об;

$i$  – число рабочих ходов.

Расчетная длина обработки определяется по формуле (1.24) [12]:

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

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

$l_1$  – длина врезания, мм [13];

$l_2$  – перебег режущего инструмента, мм [13].

Основное технологическое время по формуле (1.23):

– для подрезки торца

$$T_o(A_1) = \frac{120 + 3 + 1}{160 \cdot 0,6} \cdot 1 = 1,3 \text{ мин}$$

– для сверления сквозного отверстия  $\varnothing 20^{+0,52}$  мм

$$T_o(A_2) = \frac{122,5 + 7}{380 \cdot 0,32} \cdot 1 = 1,1 \text{ мин}$$

– для рассверливания отверстия до  $\varnothing 30^{+0,52}$  мм

$$T_o(A_3) = \frac{122,5 + 5}{250 \cdot 0,4} \cdot 1 = 1,3 \text{ мин}$$

– для рассверливания отверстия до  $\varnothing 40^{+0,62}$  мм

$$T_o(A_4) = \frac{122,5 + 5}{190 \cdot 0,5} \cdot 1 = 1,3 \text{ мин}$$

– для растачивания отверстия до  $\varnothing 80^{+0,74}$  мм

$$T_o(A_5) = \frac{122,5 + 3}{440 \cdot 0,6} \cdot 8 = 3,8 \text{ мин}$$

– для точения поверхности  $\varnothing 200_{-1,15}$  мм на длину  $77 \pm 0,37$  мм

$$T_o(A_6) = \frac{77 + 5 + 1}{175 \cdot 0,6} \cdot 8 = 6,3 \text{ мин}$$

Полное технологическое время – сумма технологического времени на все переходы:

$$T_0 = 1,3 + 1,1 + 1,3 + 1,3 + 3,8 + 6,3 = 15,1 \text{ мин}$$

Время на установку и снятие детали в самоцентрирующийся патрон вручную примем  $T_y = 1,2$  мин.

Вспомогательное время, связанное с переходами  $T_{\text{пер}}$  определяется суммарно:

$$T_{\text{пер}} = 0,14 + 0,16 + 0,14 + 0,14 + 0,07 + 0,08 + 0,035 \cdot 5 + 0,04 \cdot 4 + \\ + 0,05 \cdot 4 = 1,27 \text{ мин}$$

где суммируются вспомогательное время на все переходы, смена частоты вращения шпинделя и величина изменения подачи, смены инструмента и количество поворотов резцовой головки [12].

Вспомогательное время на контрольные измерения определяется суммарно:

$$T_{\text{изм}} = (3 \cdot 0,32 + 0,14) \cdot 0,3 = 0,33 \text{ мин}$$

где суммируется вспомогательное время на контрольные измерения четырех размеров с помощью штангенциркуля и штангенглубиномера, и умножается на коэффициент периодичности контрольных измерений [12].

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

$$T_B = 1,2 + 1,27 + 0,33 = 2,8 \text{ мин}$$

примем  $T_B = 3$  мин.

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

$$T_{\text{оп}} = 15,1 + 3 = 18,1 \text{ мин}$$

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

$$A_{\text{обс}} = 0,045 \cdot 18,1 = 0,82 \text{ мин}$$



$$A_{отд} = 0,04 \cdot 18,1 = 0,73 \text{ мин}$$

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

$$T_{шт} = 18,1 \cdot \left(1 + \frac{0,82 + 0,73}{100}\right) = 18,4 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время  $T_{пз}$  на наладку станка, инструмента и приспособления на партию деталей при использовании универсальных приспособлений и режущего инструмента в количестве до шести штук принято  $T_{пз} = 22$  мин.

Нормы времени на остальные операции рассчитываются аналогичным образом и назначаются по общемашиностроительным нормативам [12, 14].

Данные занесены в таблицу 1.11.

Таблица 1.11 – Нормирование времени технологических операций

Операция	$T_{о,}$ мин	$T_{в,}$ мин	$T_{пз,}$ мин	$T_{шт,}$ мин
005 Заготовительная	1	1	14	1
010 Токарная	15,1	3	22	18,4
015 Термическая	210	5	10	247,5
020 Токарная с ЧПУ	36	4	22	37,1
025 Контрольная	5	1	11	5,1
030 Фрезерная с ЧПУ	19,1	5	5	19,4
035 Слесарная	5	1	8	5
040 Промывочная	4	1	3	4
045 Контрольная	10	1	11	10,1
050 Термическая	144	3	10	161,6
055 Контрольная	15	1	11	15,2
060 Внутришлифовальная	12	10	14	12,2
065 Круглошлифовальная	12	10	14	12,2
070 Слесарная	5	1	8	5
075 Промывочная	4	1	3	4
080 Контрольная	3	1	11	3
085 Консервация	4	2	14	4
<b>Итого:</b>	<b>504,2</b>	<b>51</b>	<b>191</b>	<b>564,8</b>

## 1.7 Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ

Управляющая программа (УП) представляет собой маршрутную технологию, записанную на носителе в закодированном виде к обрабатываемой детали.

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

Разработка УП произведена с помощью САМ-системы «SprutCAM 15», а также с использованием учебного пособия [15]. В нашем случае необходимо разработать управляющие программы для операций 020 Токарная с ЧПУ, 030 Фрезерная с ЧПУ. Для составления и заполнения технологической документации используется САМ-система «СПРУТ-ТП-Нормирование 10».

Вся технологическая документация (карта наладки, дополнение к карте наладки, код кодирования информации) входит в комплект технологической документации.

## **1.8 Размерный анализ технологического процесса**

Главная задача размерного анализа технологического процесса – правильное и обоснованное определение промежуточных и окончательных размеров и допусков на них для обрабатываемой детали [16].

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

На размерной схеме технологического процесса количество технологических размеров составляет  $A=15$ , поверхностей  $P=16$ , конструкторских размеров  $K=12$ , припусков  $z=3$ . Выполнена проверка правильности составления размерной схемы технологического процесса по соответствующим формулам [16]:

$$P - 1 = A \quad (1.25)$$

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

Соответственно,

$$16 - 1 = 15$$

$$12 + 3 = 15$$

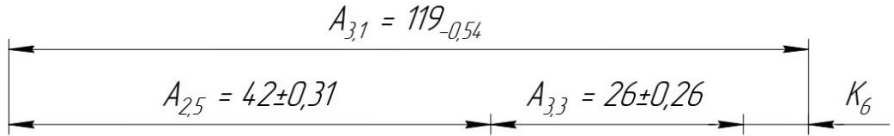
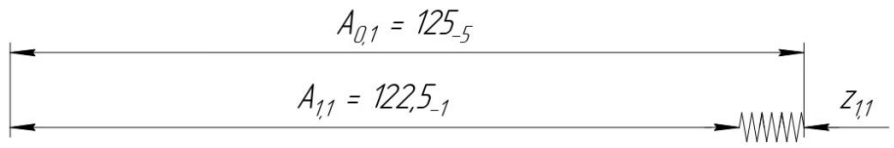
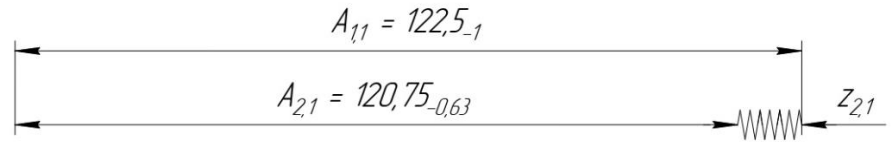
Граф-дерево технологических размерных цепей демонстрирует конструкторские размеры, непосредственно выдерживающиеся при выполнении технологических операций. Данные размеры занесены в таблицу 1.12.

Таблица 1.12 – Непосредственно выдерживающиеся конструкторские размеры

$K_1 = A_{3,4} = 2 \pm 0,1$	$K_5 = A_{3,3} = 26 \pm 0,26$	$K_{10} = A_{2,6} = 41 \pm 0,31$
$K_2 = A_{2,7} = 2 \pm 0,1$	$K_7 = A_{4,1} = 31 \pm 0,31$	
$K_3 = A_{3,2} = 20 \pm 0,26$	$K_8 = A_{2,3} = 20 \pm 0,26$	$K_{11} = A_{2,2} = 87 \pm 0,43$
$K_4 = A_{2,5} = 42 \pm 0,31$	$K_9 = A_{2,4} = 42^{+0,62}$	

Выполнен расчет конструкторского размера  $K_6$  и припусков  $z_{1,1}$ ,  $z_{2,1}$ ,  $z_{3,1}$ , согласно размерным цепям по методу максимума-минимума. Результаты расчета представлены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Размерный анализ

Конструкторские размеры и размеры припусков, мм	Размерная цепь, расчет
$K_6 = 51_{-0,74}$	 $K_6 = A_{3,1} - (A_{3,3} + A_{2,5}) = 119_{-0,54} - (26 \pm 0,26 + 42 \pm 0,31) = 51_{-1,11}^{+0,57}$
$z_{1,1}$	 $z_{1,1} = A_{0,1} - A_{1,1} = 125_{-5} - 122,5_{-1} = 2,5_{-5}^{+1}$
$z_{2,1}$	 $z_{2,1} = A_{1,1} - A_{2,1} = 122,5_{-1} - 120,75_{-0,63} = 1,75_{-1}^{+0,63}$

Продолжение таблицы 1.13

Конструкторские размеры и размеры припусков, мм	Размерная цепь, расчет
$z_{3,1}$	<p>The diagram shows a dimension chain with two main dimensions, <math>A_{2,1} = 120,75_{-0,63}</math> and <math>A_{3,1} = 119_{-0,54}</math>, and a resulting dimension <math>z_{3,1}</math>. The calculation is shown as <math>z_{3,1} = A_{2,1} - A_{3,1} = 120,75_{-0,63} - 119_{-0,54} = 1,75_{-0,63}^{+0,54}</math>.</p>

### 1.9 Техничко-экономические показатели технологического процесса

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

В данной работе необходимо рассчитать уровень автоматизации производства, коэффициент загрузки рабочих мест, число рабочих мест, цену на изготовление одной детали. Также произведен расчет себестоимости производства детали без учета общезаводских затрат, с учетом цены 2023 года. Все данные занесены в таблицы 1.14-1.16.

В расчете используются следующие показатели:

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

Таблица 1.14 – Стоимость технологического оборудования

Операция	Оборудование	Стоимость, руб.
005 Заготовительная	Ленточнопильный станок РРК-255В	289 000
010 Токарная	Универсальный токарный станок ML 320x1000	477 912
020 Токарная с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СKE6150Z	2 110 000
030 Фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ Abamet VF-2TSM	7 429 162

Продолжение таблицы 1.14

Операция	Оборудование	Стоимость, руб.
060 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок 3К228А	3 790 000
065 Круглошлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок 3У142МВ	4 765 000
015 / 050	Муфельная печь КЭП-Z38/1100	150 000
<b>Итого:</b>		<b>19 011 074</b>

Таким образом, для технологического оснащения производства детали «Стакан подшипниковый» потребуется порядка 19 011 074 руб., и это без учета затрат на инструменты.

Расчет программы запуска при мелкосерийном производстве, а именно, выпуске 500 деталей в год выполнен по формуле (1.27) [17]:

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

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

$\alpha$  – процент технологически неизбежных потерь (3% брака).

Тогда

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

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

Плановый фонд времени работы оборудования определяется по формуле (1.28) [17]:

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

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

$T_{\text{чс}} = 2$  – смены;

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

0,97 – учет 3% брака.

Тогда

$$T_{\text{пл}} = (365 - 118) \cdot 2 \cdot 7 \cdot 0,97 = 3354,26 \text{ часов}$$

Такт мелкосерийного производства определяется по формуле (1.29) [18]:

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

Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{3354,26 \cdot 60}{516} = 390 \text{ мин/шт}$$

Расчет необходимого числа рабочих мест, коэффициента загрузки рабочих мест по соответствующим формулам [18]:

$$C_{\text{р}i} = \frac{t_{\text{оп}}}{t_{\text{в}}} \quad (1.30)$$

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

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

$$K_{\text{з}i} = \frac{C_{\text{р}i}}{C_{\text{пр}i}} \quad (1.31)$$

где  $C_{\text{р}i}$  – расчетное количество рабочих мест;

$C_{\text{пр}i}$  – принятое количество рабочих мест.

Результаты занесены в таблицу 1.15.

Таблица 1.15 – Расчет рабочих мест, коэффициента загрузки рабочих мест

Операция	Оперативное время $t_{\text{оп}}$ , мин	Количество рабочих мест		Коэффициент загрузки рабочих мест $K_{\text{з}i}$
		Расчетное $C_{\text{р}i}$	Принятое $C_{\text{пр}i}$	
005 Заготовительная	2	2	2	1
010 Токарная	18,1	6,1	6	1,02
015, 050 Термическая	362	45,25	45	1,01
020 Токарная с ЧПУ	40	10	10	1
025, 045, 055, 080 Контрольная	37	9,25	9	1,03
030 Фрезерная с ЧПУ	24,1	4,8	5	0,96
035, 070 Слесарная	12	6	6	1

Продолжение таблицы 1.15

Операция	Оперативное время $t_{оп}$ , мин	Количество рабочих мест		Коэффициент загрузки рабочих мест $K_{зi}$
		Расчетное $C_{рi}$	Принятое $C_{прi}$	
040, 075 Промывочная	10	5	5	1
060 Внутришлифовальная	22	2,2	2	1,1
065 Круглошлифовальная	22	2,2	2	1,1
085 Консервация	6	3	3	1
<b>Итого</b>	<b>555,2</b>	<b>95,8</b>	<b>95</b>	<b>11,22</b>

При мелкосерийном производстве для изготовления одной детали нужно минимум 12 рабочих мест, при условии, что контрольную операцию будет выполнять один и тот же рабочий. Аналогично со слесарной операцией. Средний коэффициент загрузки рабочих мест равен 1,02.

Цена заготовки по формуле (1.32):

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

где  $C_m = 42$  руб/кг – действующая оптовая цена единицы массы материала [19];

$N_{расх} = 44,2$  кг/шт – норма расхода материала на одну деталь;

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

Следовательно,

$$C_{заг} = 42 \cdot 44,2 \cdot 1,2 = 2227,68 \text{ руб/шт}$$

В таблице 1.16 приведен расчет заработных плат основных производственных рабочих на изготовление одной детали по данным 2023 года.

Таблица 1.16 – Заработные платы производственных рабочих

Профессия	Разряд рабочего	Оплата труда, руб/ч	Время занятости на рабочем месте ( $T_{пз} + T_{шт}$ ), мин	Заработная плата, руб/шт
Заготовщик	II	140	15	35
Токарь универсал	II	250	40,4	168,33
Термист	III	240	429,1	1716,4

Продолжение таблицы 1.16

Профессия	Разряд рабочего	Оплата труда, руб/ч	Время занятости на рабочем месте ( $T_{пз} + T_{шт}$ ), мин	Зарботная плата, руб/шт
Оператор токарного станка с ЧПУ	IV	320	59,1	315,2
Слесарь	I	100	26	43,33
Оператор фрезерного станка с ЧПУ	IV	270	24,4	109,8
Шлифовщик	IV	300	26,2	131
Шлифовщик	IV	300	26,2	131
Мойщик-сушильщик	I	140	14	32,66
Контролер	IV	250	77,4	322,5
Упаковщик	I	150	18	45
<b>Итого</b>				<b>3050</b>

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

$$C = 2227,68 + 3050 = 5277,68 \text{ руб}$$

Примем  $C = 5280$  руб.

**Вывод по разделу:** при разработке технологического процесса детали «Стакан подшипниковый» выполнен анализ технологичности ее конструкции, осуществлена проверка работоспособности и эксплуатационных свойств конструкции детали с помощью САЕ-системы, подобран метод получения заготовки, спроектирован технологический маршрут, состоящий из 17 операций, выполнен расчёт припусков на механическую обработку и составлен технологический процесс, согласно выбранному оборудованию и средств технологического оснащения, выполнен расчет режимов резания и нормирования технологических операций.

С помощью САМ-системы «SprutCAM 15» разработаны УП для операций «020 Токарная с ЧПУ» и «030 Фрезерная с ЧПУ».

По итогам размерного анализа технологического процесса, 11 из 12 конструкторских размера выдерживаются непосредственно.

Рассчитаны технико-экономические показатели технологического процесса.



По итогам выполненных расчетов следует, что спроектированный технологический процесс детали «Стакан подшипниковый» с точки зрения технического принципа проектирования является технически совершенным и позволит с указанной точностью и шероховатостью получить изделие на выходе, согласно чертежу.

С точки зрения экономического принципа проектирования разработанный ТП является экономически выгодным и целесообразным, так как себестоимость изготовления детали (без учета инструмента и амортизации на оборудование) составляет 5280 руб.

## **2 Проектирование автоматизированного приспособления**

### **2.1 Обоснование выбора схемы приспособления**

Автоматизация – применение технических средств, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии [20].

Для обработки детали «Стакан подшипниковый» на операции «030 Фрезерная с ЧПУ», согласно технологическому процессу, деталь необходимо установить в призматические губки самоцентрирующих тисков.

На операции «030 Фрезерная с ЧПУ» (установ А) деталь базируется по торцу (установочная база) и цилиндрической поверхности (направляющая база). На установке Б деталь базируется по торцу (установочная база), цилиндрической поверхности (направляющая база) и по отверстию (опорная база). Для закрепления используется специальное приспособление – автоматизированные тиски с призматическими губками.

### **2.2 Выбор функции, подвергаемой автоматизации**

В ходе выполнения ВКР принято решение произвести автоматизацию операции «030 Фрезерная с ЧПУ» путем проектирования специального приспособления.

Специальное приспособление – станочные винтовые самоцентрирующие тиски с призматическими губками для круглых профилей. Функция, которую принято решение автоматизировать – закрепление детали для обработки на фрезерном станке с ЧПУ.

Для автоматизации функции зажима заготовки самоцентрирующими тисками с призматическими губками принято решение использовать гидравлический привод. Гидромотор, представленный на рисунке 2.1 будет работать согласно схеме, изображенной на рисунке 2.2.



Рисунок 2.1 – Гидромотор MR 50 CM [21]

Выбор данного типа привода обеспечивает максимальный крутящий момент, равный 100 Н·м, в то время, когда крутящий момент от сил резания  $M_p = 25 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Гидромотор выигрывает и в том, что обеспечивает большие усилия при маленьких скоростях перемещения, что и требуется в поставленной задаче.

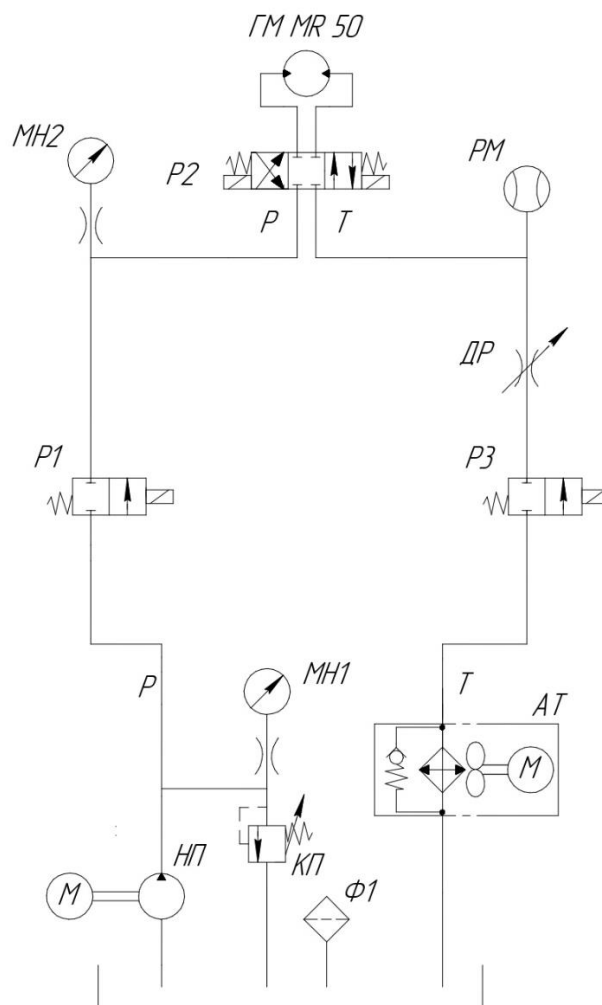


Рисунок 2.2 – Схема гидропривода

## 2.3 Базирование. Разработка принципиальной схемы приспособления

На операции «030 Фрезерная с ЧПУ» (установ А) деталь базируется согласно рисунку 2.3 а) по торцу (установочная база) и цилиндрической поверхности (направляющая база). На установе Б деталь базируется согласно рисунку 2.3 б) по торцу (установочная база), цилиндрической поверхности (направляющая база) и по отверстию (опорная база).

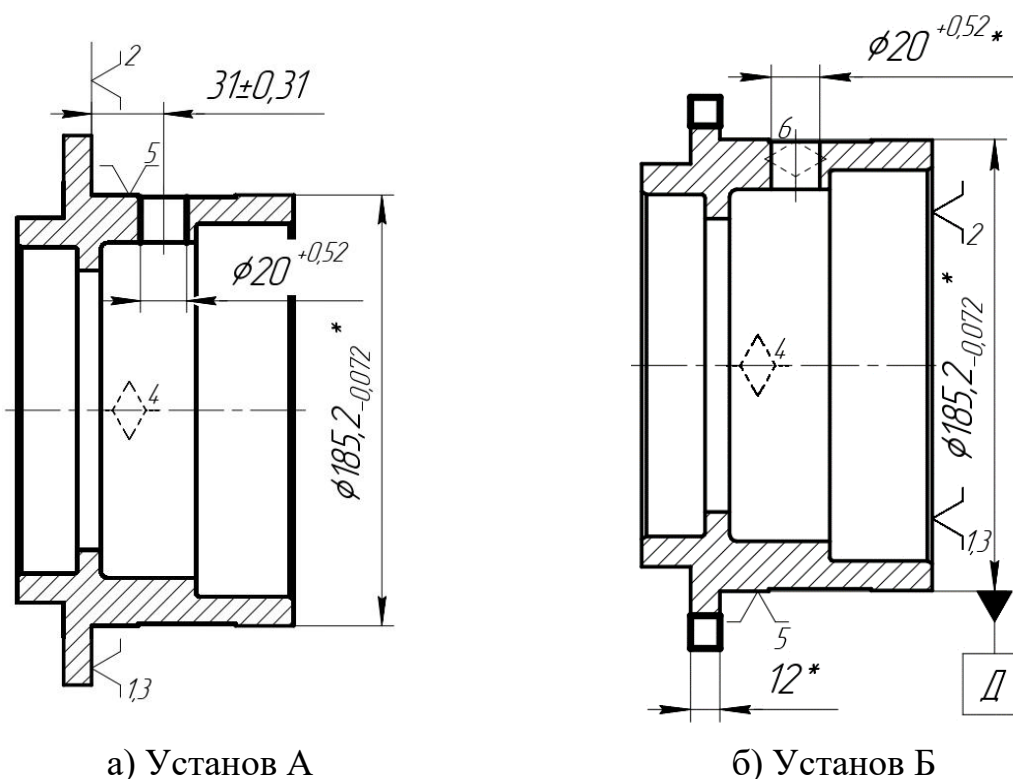


Рисунок 2.3 – Схема базирования заготовки

На рисунке 2.4 представлена принципиальная схема закрепления заготовки при фрезеровании пазов и сверлении отверстий.

Корпус 1 самоцентрирующих тисков с призматическими губками 2 крепится к столу станка. Деталь 3 устанавливается на корпус тисков 1 и зажимается в призматических губках 2 при вращении винта 4 с правой резьбой на одном конце и левой на другом. Это происходит вследствие работы передачи винт-гайка, которая перемещает каретки 7 с губками 2. Винт 4 вращается вследствие работы гидромотора 6, к которому через штуцеры 8

подается рабочая жидкость. Муфта 9 соединяется с выходными участками валов шпонками, которые в свою очередь передают крутящий момент. Палец 5 ориентирует деталь в пространстве по отверстию на цилиндрической поверхности детали.

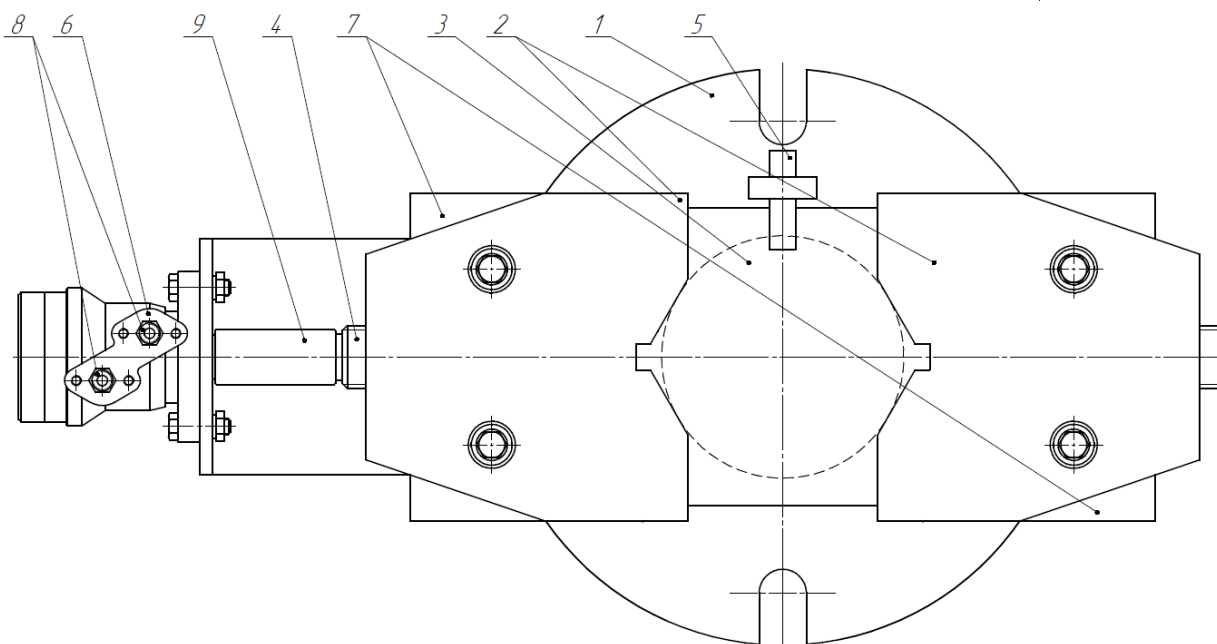


Рисунок 2.4 – Принципиальная схема закрепления заготовки при фрезеровании пазов и сверлении отверстий

## 2.4 Расчет усилий зажима детали в приспособлении

В связи с тем, что цилиндрическая заготовка закрепляется в тисках с призматическими губками, выполним расчет усилий зажима заготовки в тисках: определим необходимую силу зажима заготовки в тисках для операции «030 Фрезерная с ЧПУ». В технологическом переходе 01 выполняется фрезерование паза. При этом на заготовку действует крутящий момент от сил резания  $M_p$  (за счет тангенциальной силы  $P_z$ ), стремящийся повернуть её вокруг оси заготовки. В технологическом переходе 05 выполняется сверление отверстий  $\varnothing 15^{+0,27}$  мм. Осевая сила  $P_o$  направлена параллельно оси заготовки вниз.

Потребная сила зажима определяется из условия [22]:

$$Q = \frac{k \cdot M_p}{f_1 R + \frac{f_2 R}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \quad (2.1)$$

где  $k = 1,5 \dots 3$  – коэффициент запаса;

$f_1 = f_2 = 0,1 \dots 0,16$  – коэффициент трения заготовки с установочными и зажимными элементами;

$R = \frac{d}{2}$  – радиус места закрепления, мм;

$\alpha$  – угол между поверхностями призматических губок.

Тогда

$$Q = \frac{1,5 \cdot 25}{0,15 \cdot 92,6 \cdot 10^{-3} + \frac{0,15 \cdot 92,6 \cdot 10^{-3}}{\sin \frac{120^\circ}{2}}} = 2,34 \text{ кН}$$

## 2.5 Проверочный расчет шпоночного соединения

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

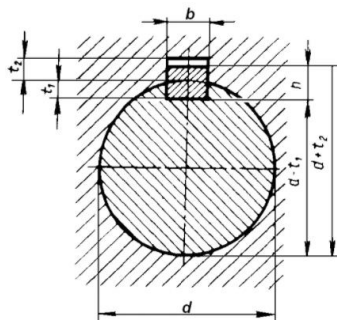


Рисунок 2.5 – Шпоночные пазы вала и втулки

Проверим шпоночное соединение по напряжениям смятия.

Условие прочности на смятие [23]:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot (l - b)} \leq [\sigma_{см}] \quad (2.2)$$

где  $T$  – передаваемый вращающий момент, Н · мм;

$d$  – диаметр вала в месте установки шпонки, мм;

$h$  – высота шпонки, мм;

$t_1$  – глубина шпоночного паза на валу, мм;

$l$  – полная длина шпонки, мм;

$b$  – ширина шпонки, мм;

$[\sigma_{см}]$  – допускаемое напряжение на смятие.

При стальной ступице  $[\sigma_{см}] = 110 \dots 190$  МПа. Примем  $[\sigma_{см}] = 130$  МПа [23].

Рассчитаем шпонку выходного участка винта.

Шпонка  $b \times h \times l = 8 \times 7 \times 32$  ГОСТ 23360-78.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 83 \cdot 10^3}{25 \cdot (7 - 4) \cdot (32 - 8)} = 93 \text{ МПа} < [\sigma_{см}] = 130 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

## 2.6 Расчет приспособления на точность

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки  $\varepsilon_0$ , которая не должна превышать допуска  $T$  выполняемого размера [24]:

$$\varepsilon_0 \leq T \quad (2.3)$$

Выражение для определения допуска  $T$  может быть представлено в виде:

$$T = \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + \varepsilon^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_m^2} + \sum \Delta_\phi \quad (2.4)$$

где  $\Delta_y$  – погрешность вследствие упругих деформаций под влиянием сил резания;

$\Delta_n$  – погрешность настройки;

$\varepsilon$  – погрешность установки заготовки в приспособлении;

$\Delta_u$  – погрешность от размерного износа инструмента;  
 $\Delta_m$  – погрешность обработки, вызываемая тепловыми деформациями;  
 $\Delta_\phi$  – суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности, обусловленная геометрическими погрешностями станка и деформацией заготовки.

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

$$[\varepsilon] = \sqrt{(T - \sum \Delta_{\phi'})^2 - \Delta_y^2 - \Delta_n^2 - 3\Delta_u^2 - 3\Delta_m^2} \quad (2.5)$$

С другой стороны, погрешность установки заготовки определяется известным выражением как суммарное поле рассеяния случайных величин:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\phi}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2} \quad (2.6)$$

где  $\varepsilon_{\phi}$  – погрешность базирования заготовки в приспособлении;  
 $\varepsilon_{\text{з}}$  – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил закрепления;

$\varepsilon_{\text{п}}$  – погрешность положения заготовки, зависящая от приспособления.

Для принятой схемы установки должно выполняться условие:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq [\varepsilon] \quad (2.7)$$

Значение  $\varepsilon_{\text{п}}$  изменяется в зависимости от условий и типа производства, а также от особенностей конструкции приспособления. При использовании приспособления в мелкосерийном и серийном производствах:

$$\varepsilon_{\text{п}} = \varepsilon_{\text{пр}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{у.п}}^2 + 3\varepsilon_u^2} \quad (2.8)$$

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



Погрешность изготовления приспособления определяется по формуле (2.9):

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{(T - \sum \Delta_{\phi'})^2 - \Delta^2_y - \Delta^2_n - \varepsilon^2_{\phi} - \varepsilon^2_z - \varepsilon^2_{\text{у.п}} - \varepsilon^2_u - \varepsilon^2_{\text{n.u}} - 3\Delta^2_u - 3\Delta^2_m} \quad (2.9)$$

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

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - k_m \sqrt{(k_{m1} \cdot \varepsilon_{\phi})^2 + \varepsilon^2_z + \varepsilon^2_{\text{у.п}} + \varepsilon^2_u + \varepsilon^2_{\text{n.u}} + (k_{m2} \cdot \omega_{\text{м.с}})^2} \quad (2.10)$$

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

$\varepsilon_{\phi} = 0$  мкм – погрешность базирования при установке заготовки в приспособление;

$\varepsilon_z = 225$  мкм – погрешность закрепления при установке заготовки в приспособление;

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

$k_{m2}$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления:  $k_{m2} = 0,5 \dots 0,8$  (большее значение коэффициента принимается при меньшем количестве значимых величин, зависящих от приспособления), примем  $k_{m2} = 0,5$ ;

$$\varepsilon_{\text{у.п.}} = l \cdot \frac{s}{l_{\text{шп.}}} = 45 \cdot \frac{18}{250} = 3,24 \text{ мкм} - \text{погрешность установки тисков по}$$

T-образным пазам на палет стола-спутника;

$$\varepsilon_u = 0 \text{ мкм} - \text{погрешность износа};$$

$$\varepsilon_{\text{п.и.}} = 0 \text{ мкм} - \text{погрешность перекоса инструмента};$$

$\omega_{m.c} = 200$  мкм – средняя экономическая точность обработки, принимаемая по таблицам допустимых погрешностей для данного метода обработки.

Выражение с учетом упрощений примет вид:

$$[\varepsilon] = \sqrt{T^2 - (k_{m2} \cdot \omega_{m.c})^2} \quad (2.11)$$

где  $T = 520$  мкм;

$k_{m2} = 0,5$  – для размеров 8 качества точности и грубее;

$\omega_{m.c} = 200$  мкм – средняя экономическая точность обработки.

Тогда

$$[\varepsilon] = \sqrt{520^2 - (0,5 \cdot 200)^2} \approx 510 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 520 - 1\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 225^2 + 3,24^2 + 0 + 0 + (0,5 \cdot 200)^2} = 274 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 274 \text{ мкм} < [\varepsilon] = 510 \text{ мкм}$$

Условие точности приспособления выполняется, следовательно, спроектированные автоматизированные самоцентрирующиеся тиски могут быть использованы для выполнения операции Фрезерная с ЧПУ детали «Стакан подшипниковый».

## 2.7 Проектирование гибкой производственной системы (ГПС)

Гибкая производственная система (ГПС), согласно терминологии, ГОСТ 26228–88, представляет совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплектов (РТК), гибких производственных модулей (ГПМ), отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени.

Основным элементом ГПС является гибкий производственный модуль – это единица технологического оборудования, автоматически осуществляющая технологические операции в пределах его технических характеристик, способная работать автономно и в составе гибких производственных систем или гибких производственных ячеек.

В современной машиностроительной отрасли прогрессивным является только такое производство, которое активно и динамично реагирует на возникающие задачи. Научно-технический прогноз развития промышленного производства показывает, что именно гибкие производственные системы (ГПС) наилучшим образом удовлетворяют требованиям заказчика, решают проблемы конкурентоспособности продукции на мировом рынке, обеспечивают высокую рентабельность производства и его эффективность.

Для производства детали «Стакан подшипниковый» целесообразно провести автоматизацию для операции «030 Фрезерная с ЧПУ» с использованием вертикально-фрезерного станка с ЧПУ Abamet VF-2TSM, который представлен на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ Abamet VF-2TSM

Устройство ЧПУ станка – Fanuc [25].

Актуальность автоматизации именно этой операции подтверждается и тем, что на ней затрачивается наибольшее количество времени на обработку (два паза на фланце, гладкие и резьбовые отверстия на фланце с позиционными допусками).

Для автоматизации процесса установки детали на корпус специального приспособления используется промышленный робот (ПР).

Роботы позволяют освободить человека от выполнения тяжелого, быстро утомляющего ручного труда, а также в тех случаях, когда работа связана с использованием вредных веществ. Поскольку заготовка габаритная и имеет массу около 10 кг, на участке размещен промышленный робот Kawasaki RS020N, представленный на рисунке 2.7.

Максимальная грузоподъемность робота – 20 кг.



Рисунок 2.7 – Промышленный робот Kawasaki RS020N [26]

Одним из важнейших элементов, определяющих технологические возможности ПР, являются хватные устройства. Они предназначены для захвата и удержания манипулируемого объекта в процессе перемещения.

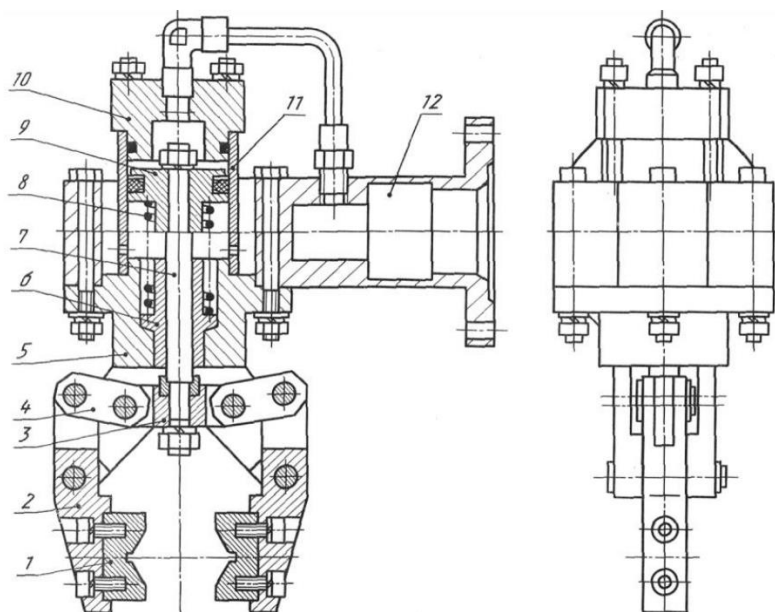
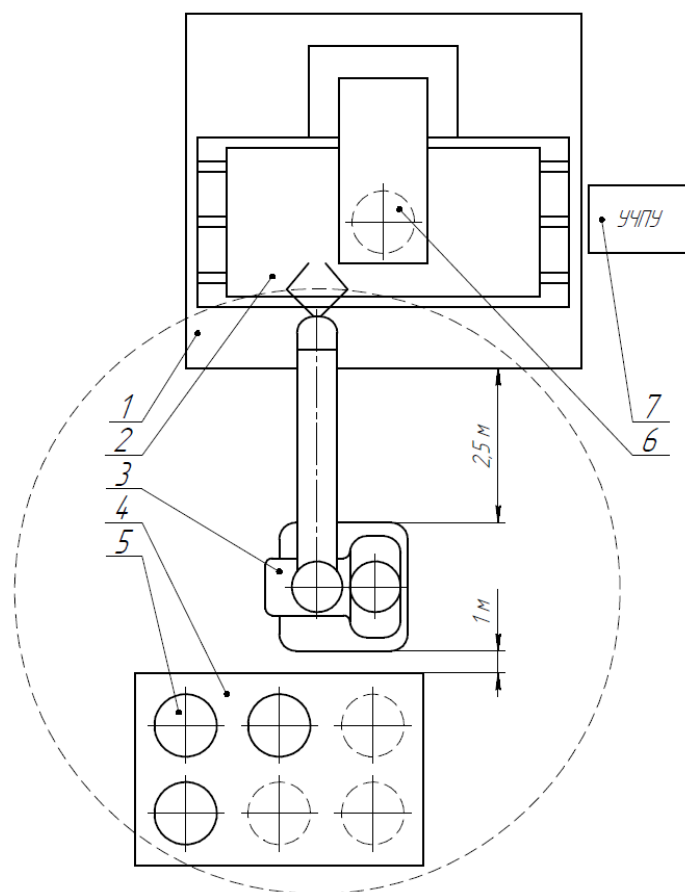


Рисунок 2.8 – Клепцовое хватное устройство с двумя подвижными губками

Заготовка зажимается в призмах 1, которые закреплены на рычагах 2. Рычаги 2 шарнирно соединены с вилкой 3 серьгами 4. В корпусе 5 установлена втулка 6, в которой перемещается шток 7 поршня 9. Цилиндр 11 с одной стороны закрыт корпусом 5, а с другой — крышкой 10. Корпус 5 захватного устройства установлен в расточке кронштейна 12, закрепляемого на механической руке ПР. При перемещении штока 7 вверх от пружины 8 через рычажную систему передается движение призмам, и заготовка зажимается. При разжиге заготовки сжатый воздух подается в цилиндр 11, шток 7 опускается и деталь освобождается [27].

По приведенному выше принципу с помощью ПР заготовка устанавливается в специальные тиски.

На рисунке 2.9 представлена принципиальная схема ГПС.



1 – вертикально-фрезерный станок с ЧПУ Abamet VF-2TSM; 2 – специальное приспособление; 3 – промышленный робот Kawasaki RS020N; 4 – накопитель позиционный; 5 – заготовки; 6 – готовые детали; 7 – устройство числового программного управления

Рисунок 2.9 – Принципиальная схема гибкой производственной системы (ГПС)

**Вывод по разделу:** результатом проектирования автоматизированного приспособления являются самоцентрирующие тиски с призматическими губками. Гибкая производственная система, в составе которой имеется промышленный робот, позволяет без участия человека установить деталь на специальное приспособление. Тем самым робот освобождает человека от выполнения тяжелого, быстро утомляющего ручного труда в силу того, что масса детали – около 10 кг. Максимальная грузоподъемность робота Kawasaki RS020N – 20 кг. После центрирования заготовки цилиндрическим пальцем осуществляется зажим заготовки тисками с усилием 2,34 кН. Данное усилие обеспечивается подачей рабочей жидкости от гидросистемы вертикально-фрезерного станка с ЧПУ Abamet VF-2TSM к гидромотору MR 50 CM.

Выбор данного типа привода обеспечивает максимальный крутящий момент, равный 100 Н·м, в то время, когда крутящий момент от сил резания  $M_p = 25 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Гидромотор выигрывает и в том, что обеспечивает большие усилия при маленьких скоростях перемещения, что и требуется в поставленной задаче. Агрегат недорогой и компактный.

Проверочный расчет на точность приспособления показал, что:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 274 \text{ мкм} < [\varepsilon] = 510 \text{ мкм}$$

Отсюда видно, что условие точности приспособления выполняется, следовательно, спроектированные самоцентрирующие тиски могут быть использованы для обработки детали «Стакан подшипниковый» на фрезерной операции с ЧПУ.

Таким образом, в ходе выполнения курсового проекта произведена полная автоматизация операции «030 Фрезерная с ЧПУ».

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4А91	Быковой Дарье Алексеевне

<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение машиностроения
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

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

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

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

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

**Перечень графического материала**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности НИ;</li> <li>2. Матрица SWOT;</li> <li>3. Диаграмма Ганта;</li> <li>4. Бюджет НИ;</li> <li>5. Основные показатели эффективности НИ.</li> </ol>
---

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4А91	Быкова Дарья Алексеевна		

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок [28].

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель выпускной квалификационной работы – технологическая подготовка производства детали «Стакан подшипниковый» на станках с ЧПУ.

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

##### **3.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении.

В настоящий момент в Томске можно выделить множество предприятий-конкурентов в области производства детали «Стакан



подшипниковый». В таблице 3.1 определена конкурентоспособность технологической подготовки производства ВКР относительно двух предприятий-конкурентов: ЗАО «Центр точной механообработки», СП «Томский металл».

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Производительность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Соответствие требованиям потребителей	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
3. Энергоэкономичность	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
4. Надежность	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
5. Безопасность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	2	2	0,1	0,1	0,1
3. Цена	0,2	5	2	4	1	0,4	0,8
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
5. Послепродажное обслуживание	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
6. Срок выхода на рынок	0,15	4	4	3	0,6	0,6	0,45
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>4,3</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>

Расчет конкурентоспособности определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (3.1)$$

где K – конкурентоспособность проекта;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл показателя.

**Вывод:** поскольку ВКР содержит технологический процесс изготовления детали, а также конструкцию необходимого автоматизированного приспособления для фрезерной операции с ЧПУ, деталь может быть изготовлена в гораздо меньшие сроки, чем у конкурентов. Однако, несмотря на вышеперечисленные преимущества технологическая подготовка

производства, представленная в ВКР, уступает в таких аспектах, как производительность и срок выхода на рынок, поскольку на данный момент конкуренты являются лидерами в области механообработки, имеют базу клиентов и поставщиков сырья, работают большим штатом в отлаженном режиме с высокой производительностью.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что работа является актуальной и перспективной. Производство по изготовлению детали «Стакан подшипниковый» с использованием технологической подготовки, представленной в ВКР, является конкурентоспособным.

### 3.1.2 SWOT-анализ

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

В таблице 3.2 представлена промежуточная матрица SWOT, которая отражает сильные и слабые стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта.

Таблица 3.2 – Промежуточная матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Наличие технологического процесса изготовления детали «Стакан подшипниковый»; С2. Наличие конструкции автоматизированного приспособления для фрезерной операции с ЧПУ; С3. Обеспечение производственной безопасности; С4. Низкая стоимость используемого сырья; С5. Квалифицированный персонал; С6. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Сл1. Необходимость в изготовлении специального приспособления; Сл2. Сильная зависимость от поставщиков; Сл3. Дорогостоящее оборудование; Сл4. Недостаточный управленческий опыт; Сл5. Отсутствие клиентской базы; Сл6. Высокие требования к качеству продукции.

Продолжение таблицы 3.2

Возможности	Угрозы
В1. Внедрение ресурсосберегающих технологий и оборудования в области автоматизации; В2. Увеличение уровня проникновения на рынок (крупносерийное или массовое производство); В3. Выход на новые рынки сбыта (за пределы г. Томск); В4. Повышение квалификации сотрудников; В5. Получение опыта в сфере управления предприятием; В6. Расширение ассортимента продукции для удовлетворения запросов потребителей.	У1. Отсутствие спроса; У2. Выход из строя оборудования; У3. Ограничения на экспорт продукции; У4. Появление новых производственных технологий; У5. Снижение стоимости разработок конкурентов; У6. Использование конкурентами эффективных методов продвижения услуг.

На основании промежуточной матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы, позволяющие оценить эффективность проекта, надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.3.1-3.3.4.

Таблица 3.3.1 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5	С6
	В1	+	+	+	-	+	+
	В2	+	+	-	+	+	+
	В3	+	-	-	-	+	+
	В4	-	+	+	-	+	-
	В5	-	-	+	-	+	-
	В6	-	-	-	-	+	+

Таблица 3.3.2 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта							
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	В1	+	-	+	-	-	+
	В2	+	-	-	+	+	-
	В3	-	-	-	+	+	-
	В4	+	-	+	+	-	+
	В5	-	+	-	+	+	-
	В6	-	+	-	-	+	-

Таблица 3.3.3 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	-	-	-	-	+
	У2	-	-	+	-	+	+
	У3	-	-	-	-	-	+
	У4	+	+	-	-	+	+
	У5	+	+	-	+	-	+
	У6	-	-	-	-	-	+

Таблица 3.3.4 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	У1	-	-	+	+	+	-
	У2	-	-	+	-	-	+
	У3	-	-	+	-	+	-
	У4	-	-	+	-	-	+
	У5	-	-	-	+	+	-
	У6	-	-	-	+	+	-

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны проекта</b>	<b>Слабые стороны проекта</b>
	<p>C1. Наличие технологического процесса изготовления детали «Стакан подшипниковый»;</p> <p>C2. Наличие конструкции автоматизированного приспособления для фрезерной операции с ЧПУ;</p> <p>C3. Обеспечение производственной безопасности;</p> <p>C4. Низкая стоимость используемого сырья;</p> <p>C5. Квалифицированный персонал;</p> <p>C6. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p>	<p>Сл1. Необходимость в изготовлении специального приспособления;</p> <p>Сл2. Сильная зависимость от поставщиков;</p> <p>Сл3. Дорогостоящее оборудование;</p> <p>Сл4. Недостаточный управленческий опыт;</p> <p>Сл5. Отсутствие клиентской базы;</p> <p>Сл6. Высокие требования к качеству продукции.</p>

Продолжение таблицы 3.4

<p><b>Возможности</b>          В1. Внедрение ресурсосберегающих технологий и оборудования в области автоматизации;          В2. Увеличение уровня проникновения на рынок (крупносерийное или массовое производство);          В3. Выход на новые рынки сбыта (за пределы г. Томск);          В4. Повышение квалификации сотрудников;          В5. Получение опыта в сфере управления предприятием;          В6. Расширение ассортимента продукции для удовлетворения запросов потребителей.</p>	<p>В1В2С1С2С5С6.          Квалифицированный персонал обеспечивает качественный технологический процесса изготовления детали. За счет низкой стоимости производства и наличия конструкции автоматизированного приспособления предоставляется возможность расширить уровень проникновения на рынок и стать крупносерийным или массовым производителем, использующим ресурсосберегающие технологии.</p>	<p>В4Сл1Сл3Сл4Сл6.          Для изготовления специального приспособления, обслуживания дорогостоящего оборудования и обеспечения высокого качества продукции необходимо повышение квалификации сотрудников. Также важно получить управленческий опыт для развития производства.</p>
<p><b>Угрозы</b>          У1. Отсутствие спроса;          У2. Выход из строя оборудования;          У3. Ограничения на экспорт продукции;          У4. Появление новых производственных технологий;          У5. Снижение стоимости разработок конкурентов;          У6. Использование конкурентами эффективных методов продвижения услуг.</p>	<p>У5У6С1С2С6. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов и их продвижения, технология ВКР является актуальной. Дешевое сырье оказывает влияние на более низкую стоимость производства, а наличие конструкции автоматизированного приспособления позволяет выполнять работу в малые сроки.</p>	<p>У1Сл3Сл4Сл5. Из-за отсутствия управленческого опыта и клиентской базы существует угроза отсутствия спроса на продукцию, вследствие чего дорогостоящее оборудование, используемое в технологии ВКР будет неоправданно.</p>

**Вывод:** в результате SWOT-анализа определены сильные и слабые стороны проекта, выявлены наиболее вероятные угрозы и возможности.

Согласно итоговой таблице SWOT-анализа, несмотря на угрозы развития проекта, представленного в ВКР, из-за снижения стоимости разработок конкурентов и их продвижения, технология ВКР является актуальной. Использование дешевого сырья для изготовления детали «Стакан подшипниковый» оказывает влияние на более низкую стоимость производства, а наличие конструкции автоматизированного приспособления позволяет выполнять работу в малые сроки.

Определено направление развития проекта – расширение уровня проникновения на рынок. Квалифицированный персонал обеспечивает

качественный технологический процесс изготовления детали. За счет низкой стоимости производства и наличия конструкции автоматизированного приспособления предоставляется возможность стать крупносерийным или массовым производителем, использующим ресурсосберегающие технологии.

Тем не менее проекту присущи некоторые уязвимости – из-за отсутствия управленческого опыта и клиентской базы существует угроза отсутствия спроса на продукцию, вследствие чего дорогостоящее оборудование, используемое в технологии ВКР будет неоправданно.

Однако преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. В теории можно избавиться от выявленных недостатков, которые на данный момент на практике не устранены. Итоговая матрица SWOT определяет, что для этого необходимо получить опыт в управлении предприятием и продвигать продукцию для наработки клиентской базы, что позволит не только сохранить, но и увеличить спрос на продукт, изготавливаемый по технологии ВКР.

## **3.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование работ осуществляется в порядке:

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

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления. Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Выбор способа обработки	Научный руководитель, инженер
Проектирование технологического процесса изготовления детали «Стакан подшипниковый»	3	Анализ технологичности конструкции детали	Инженер
	4	Обеспечение эксплуатационных свойств детали	Инженер
	5	Способ получения заготовки	Инженер
	6	Проектирование технологического маршрута	Инженер
	7	Расчет припусков на обработку	Инженер
	8	Проектирование технологических операций	Научный руководитель, инженер
	9	Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки	Инженер
	10	Уточнение содержания переходов	Инженер
	11	Выбор средств технологического оснащения	Инженер
	12	Выбор и расчет режимов резания	Инженер
	13	Расчет норм времени технологического процесса	Инженер
	14	Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	Научный руководитель, инженер
	15	Размерный анализ технологического процесса	Инженер
	16	Технико-экономические показатели технологического процесса	Инженер
Проектирование средств технологического оснащения	17	Проектирование специального приспособления	Научный руководитель, инженер
	18	Проектирование гибкой производственной системы (ГПС)	Инженер
Составление и оформление пояснительной записки	19	Составление и оформление пояснительной записки	Инженер
Обобщение и оценка результатов	20	Оценка качества исполнения	Научный руководитель

**Вывод:** для оптимизации работ разработана таблица 3.5 линейного планирования и управления, согласно которой составлен линейный график выполнения всех работ, а также порядок этапов работ и их распределение по исполнителям данного проекта.

### 3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (3.2)$$

где  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (3.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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



Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (3.4):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (3.4)$$

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

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} \quad (3.5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – общее количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – общее количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – общее количество праздничных дней в году (2023 год).

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}i}$ , чел-дни		$t_{\text{max}i}$ , чел-дни		$t_{\text{ож}i}$ , чел-дни			
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Выбор способа обработки	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	1
3. Анализ технологичности конструкции детали	-	1	-	2	-	1,4	1,4	2
4. Обеспечение эксплуатационных свойств детали	-	2	-	3	-	2,4	2,4	4

Продолжение таблицы 3.6

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min_i}$ , 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	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Способ получения заготовки	-	1	-	2	-	1,4	1,4	2
6. Проектирование технологического маршрута	-	1	-	2	-	1,4	1,4	2
7. Расчет припусков на обработку	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
8. Проектирование технологических операций	10	10	20	20	14	14	7	10
9. Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки	-	1	-	1	-	1	1	1
10. Уточнение содержания переходов	-	1	-	1	-	1	1	1
11. Выбор средств технологического оснащения	-	2	-	5	-	3,2	3,2	5
12. Выбор и расчет режимов резания	-	2	-	5	-	3,2	3,2	5
13. Расчет норм времени технологического процесса	-	1	-	2	-	1,4	1,4	2
14. Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	2	2	5	5	3,2	3,2	1,6	2
15. Размерный анализ технологического процесса	-	2	-	5	-	3,2	3,2	5
16. Техничко-экономические показатели технологического процесса	-	2	-	3	-	2,4	2,4	4
17. Проектирование специального приспособления	10	10	20	20	14	14	7	10

Продолжение таблицы 3.6

Название работы	Трудоемкость 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	2	3	4	5	6	7	8	9
18. Проектирование гибкой производственной системы (ГПС)	-	2	-	4	-	2,8	2,8	4
19. Составление и оформление пояснительной записки	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
20. Оценка качества исполнения	3	-	5	-	3,8	-	3,8	6
<b>Итого</b>	<b>28</b>	<b>47</b>	<b>56</b>	<b>92</b>	<b>39,2</b>	<b>65</b>	<b>55,3</b>	<b>82</b>

Примечание – Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы 3.6 составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	$T_{k_i}$ , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февраль			март			апрель			май				
				-	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп.1	4														
2	Выбор способа обработки	Исп.1 Исп.2	1														
3	Анализ технологичности конструкции детали	Исп.2	2														
4	Обеспечение эксплуатационных свойств детали	Исп.2	4														
5	Способ получения заготовки	Исп.2	2														
6	Проектирование технологического маршрута	Исп.2	2														

Продолжение таблицы 3.7

№	Вид работ	Исп.	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февраль			март			апрель			май				
				-	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
7	Расчет припусков на обработку	Исп.2	6			■	■										
8	Проектирование технологических операций	Исп.1 Исп.2	10				▨	■									
9	Уточнение технологических баз и схем закрепления заготовки	Исп.2	1					■									
10	Уточнение содержаний переходов	Исп.2	1						■								
11	Выбор средств технологического оснащения	Исп.2	5						■								
12	Выбор и расчет режимов резания	Исп.2	5							■							
13	Расчет норм времени технологического процесса	Исп.2	2								■						
14	Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	Исп. Исп.2	2								▨						
15	Размерный анализ технологического процесса	Исп.2	5								■						
16	Технико-экономические показатели технологического процесса	Исп.2	4								■						
17	Проектирование специального приспособления	Исп.1 Исп.2	10									▨	■				
18	Проектирование гибкой производственной системы (ГПС)	Исп.2	4										■	■			
19	Составление и оформление пояснительной записки	Исп.2	6											■	■		
20	Оценка качества исполнения	Исп.1	6												▨		

Примечание – ▨ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

**Вывод:** разработан план-график выполнения этапов работ для научного руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

### 3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты – это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}_i} \quad (3.6)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}_i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Примем  $k_T = 0,2$ .

Результаты расчетов представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
		Исп.2	Исп.2	Исп.2
Сталь 45	кг	44,2	42	2227,68
Раствор по ТТП 01279-00001	л	1	56	67,2
Мерительный инструмент (линейка, штангенциркули, нутромер, индикаторные головки и др.)	комплект	15	-	250 000
Режущий инструмент (резцы, сверла, фреза, метчик и др.)	комплект	22	-	350 000
<b>Итого:</b>				<b>602 294,88</b>

Примечание – Цены приняты на основании прайс-листа поставщика материалов и инструмента [19, 29, 30, 31].

**Вывод:** в результате выполнения подраздела осуществлен расчет материальных затрат, необходимых для производства единицы продукции, а именно детали «Стакан подшипниковый» из материала сталь 45, стоимостью 602 294,88 руб. В данную стоимость также включена стоимость раствора для промывки детали, мерительного и режущего инструмента (т.к. данный вид материальных затрат не относится к затратам на специальное оборудование).

### 3.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и

эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Таблица 3.9 – Стоимость специального оборудования для реализации проекта

№	Наименование оборудования	Количество ед. оборудования	Цена ед. оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Ленточнопильный станок РРК-255В	1	289 000	289 000
2	Универсальный токарный станок ML 320x1000	1	477 912	477 912
3	Токарный станок с ЧПУ СКЕ6150Z	1	2 110 000	2 110 000
4	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ Abamet VF-2TSM	1	7 429 162	7 429 162
5	Внутришлифовальный станок 3К228А	1	3 790 000	3 790 000
6	Универсальный круглошлифовальный станок 3У142МВ	1	4 765 000	4 765 000
7	Муфельная печь КЭП-Z38/1100	1	150 000	150 000
<b>Итого:</b>			<b>19 011 074</b>	

Примечание – Цены приняты на основании прайс-листа поставщиков оборудования [32, 33, 34, 25, 35, 36, 37].

Норма амортизации рассчитывается по формуле (3.7):

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (3.7)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле (3.8):

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t \quad (3.8)$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$t$  – время использования, мес.

Расчет амортизации приведен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Затраты на специальное оборудование для реализации проекта

№	Наименование оборудования	Количество ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	Н <sub>А</sub> , %	Цена ед. оборудования, руб.	Амортизация А, руб.
1	Ленточнопильный станок РРК-255В	1	3	2	33	289 000	15 895
2	Универсальный токарный станок МЛ 320х1000	1	10	2	10	477 912	7 965,2
3	Токарный станок с ЧПУ СКЕ6150Z	1	5	2	20	2 110 000	70 333,33
4	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ Abamet VF-2TSM	1	5	2	20	7 429 162	247 638,73
5	Внутришлифовальный станок ЗК228А	1	10	2	10	3 790 000	63 166,67
6	Универсальный круглошлифовальный станок ЗУ142МВ	1	10	2	10	4 765 000	79 416,67
7	Муфельная печь КЭП-Z38/1100	1	2	2	50	150 000	12 500
<b>Итого:</b>							<b>496 915,6</b>

**Вывод:** в результате выполнения подраздела осуществлен расчет амортизационных отчислений на специальное оборудование для реализации проекта, а именно, для производства детали «Стакан подшипниковый» на современном оборудовании, в размере 496 915,6 руб.

### 3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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



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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (3.9)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.  
(таблица 3.6).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (3.10):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (3.10)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дней –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц определяется по формуле (3.11):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p \quad (3.11)$$

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

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок,  $k_d = 0,2$ ;

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

Тогда для руководителя (6-дневная рабочая неделя):

$$Z_m = 30\,000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 58\,500 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{58\,500 \cdot 10,3}{230} = 2\,619,78$$

для инженера (5-дневная рабочая неделя):

$$Z_M = 16\,000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 31\,200 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{31\,200 \cdot 11,2}{209} = 1\,671,98 \text{ руб.}$$

Таблица 3.11 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные дни / праздничные дни	55 / 14	104 / 14
Потери рабочего времени: отпуск / невыходы по болезни	56 / 10	28 / 10
Действительный годовой фонд рабочего времени	230	209

Примечание – Баланс рабочего времени принят на 2023 год.

Расчет основной заработной платы исполнителей (научного руководителя и инженера) представлен в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{тс}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Научный руководитель	30 000	0,3	0,2	1,3	58 500	2 619,78	39,2	102 695,38
Инженер	16 000				31 200	1 671,98	65	108 678,7
<b>Итого:</b>								<b>211 374,08</b>

Дополнительная заработная плата определяется по формуле (3.12):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (3.12)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования). Примем  $k_{\text{доп}} = 0,15$ .

Тогда для научного руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 102\,695,38 = 15\,404,31 \text{ руб.}$$

для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 108\,678,7 = 16\,301,81 \text{ руб.}$$

**Вывод:** в результате выполнения подраздела осуществлен расчет основной заработной платы исполнителей: научного руководителя и инженера, согласно балансу рабочего времени, на 2023 год (учет выходных, праздничных дней, отпуска и т.д.) с учетом продолжительности работ, выполняемых каждым исполнителем. Результаты расчетов представлены в таблице 3.12.

Также выполнен расчет дополнительной заработной платы, которая составляет:

- для научного руководителя 15 404,31 руб.;
- для инженера 16 301,81 руб.

### **3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле (3.13):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (3.13)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Тогда для научного руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (102\,695,38 + 15\,404,31) = 35\,429,91 \text{ руб.}$$

для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (108\,678,7 + 16\,301,81) = 37\,494,15 \text{ руб.}$$

**Вывод:** в результате выполнения подраздела осуществлен расчет отчислений во внебюджетные фонды, которые составляют:

- для научного руководителя 35 429,91 руб.;
- для инженера 37 494,15 руб.

### 3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма пяти статей затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице 3.13 и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 3.13 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация А, руб.	Затраты на материалы $Z_m$ , руб.	Основная заработная плата $Z_{осн}$ , руб.	Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ , руб.	Отчисления во внебюджетные фонды $Z_{внеб}$ , руб.	Итого без накладных расходов, руб.
496 915,6	602 294,88	211 374,08	31 706,12	72 924,06	1 415 214,74

Величина накладных расходов определяется по формуле (3.14):

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{пр} \quad (3.13)$$

где  $k_{пр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Примем  $k_{пр} = 0,2$ .

Тогда:

$$Z_{накл} = 1\,415\,214,74 \cdot 0,2 = 283\,042,95 \text{ руб.}$$

**Вывод:** в результате выполнения подраздела осуществлен расчет накладных расходов, которые составляют 283 042,95 руб.

### 3.3.6 Бюджет НИ

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Технологическая подготовка производства детали «Стакан подшипниковый» на станках с ЧПУ» по форме, приведенной в таблице 3.14. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих технических решений

компаний ЗАО «Центр точной механообработки» и СП «Томский металл».

Таблица 3.14 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИ	602 294,88	701 813,95	621 377,12	Пункт 3.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	496 915,6	1 002 379,42	845 325	Пункт 3.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	211 374,08	254 129,11	215 847,62	Пункт 3.3.3
4	Зарплаты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	31 706,12	38 119,37	32 377,14	Пункт 3.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	72 924,06	87 674,54	74 467,43	Пункт 3.3.4
6	Накладные расходы	283 042,95	416 823,28	357 878,86	Пункт 3.3.5
<b>Бюджет затрат НИ</b>		<b>1 698 257,69</b>	<b>2 500 939,67</b>	<b>2 147 273,17</b>	<b>Сумма ст. 1-6</b>

Примечание – Исп.2 – ЗАО «Центр точной механообработки», Исп.3 – СП «Томский металл».

**Вывод:** в результате выполнения подраздела подведен итог по бюджету проекта «Технологическая подготовка производства детали «Стакан подшипниковый» на станках с ЧПУ». Согласно таблице 3.14, необходимый бюджет для реализации проекта составляет.

Также выполнен расчет бюджета затрат двух конкурирующих технических решений компаний ЗАО «Центр точной механообработки» и СП «Томский металл». По результатам, занесенным в таблицу 3.14, текущий проект требует меньших затрат для реализации проекта, чем конкурентные технические решения.

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

**Интегральный показатель финансовой эффективности** научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данного НИ рассмотрены:

- Технология изготовления детали «Стакан подшипниковый», согласно чертежу детали, на предприятии ЗАО «Центр точной механообработки» с полным сопровождением и оформлением КД и ТД;
- Технология изготовления детали «Стакан подшипниковый», согласно чертежу детали, на предприятии СП «Томский металл» с полным сопровождением и оформлением КД и ТД;

Интегральный финансовый показатель проекта определяется по формуле (3.14):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (3.14)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

По таблице 3.14:

$$\Phi_{\text{тек.пр.}} = 1\,698\,257,69 \text{ руб.}$$

$$\Phi_{\text{исп.2}} = 2\,500\,939,67 \text{ руб.}$$

$$\Phi_{\text{исп.3}} = 2\,147\,273,17 \text{ руб.}$$

Тогда:

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{1\,698\,257,69}{2\,500\,939,67} = 0,68$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{2\,500\,939,67}{2\,500\,939,67} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{2\,147\,273,17}{2\,500\,939,67} = 0,86$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) является более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

**Интегральный показатель ресурсоэффективности** вариантов выполнения НИ ( $I_{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра, приведенной в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИ

Объект исследования	Весовой коэффициент	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
Критерии				
1. Соответствие изделия техническим требованиям	0,4	5	5	4
2. Биение при работе	0,2	5	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	4	3
4. Механические свойства	0,1	4	5	4
5. Масса изделия	0,1	4	4	4
<b>Итого:</b>	<b>1</b>	<b>4,8</b>	<b>4,5</b>	<b>4</b>

Примечание – Исп.2 – ЗАО «Центр точной механообработки», Исп.3 – СП «Томский металл».

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{\text{тек.пр.}} = 0,4 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4,8$$

$$I_{\text{исп.2}} = 0,4 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4,5$$

$$I_{\text{исп.3}} = 0,4 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (3.15):

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}^i} \quad (3.15)$$

Тогда:

$$I_{\text{тек.пр.}} = \frac{4,8}{0,68} = 7,1$$

$$I_{\text{тек.пр.}} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

$$I_{\text{тек.пр.}} = \frac{4}{0,86} = 4,7$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИ сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта. Сравнительная эффективность проекта приведена в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Сравнительная эффективность проекта

№	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,68	1	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,5	4
3	Интегральный показатель эффективности	7,1	4,5	4,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,63	0,66

Примечание – Исп.2 – ЗАО «Центр точной механообработки», Исп.3 – СП «Томский металл».



**Вывод:** в результате выполнения подраздела осуществлен расчет интегрального финансового показателя проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности проекта, интегрального показателя эффективности проекта и сравнительная эффективность вариантов исполнения проекта согласно текущего проекта и двух конкурирующих технических решений компаний ЗАО «Центр точной механообработки» и СП «Томский металл». По результатам, занесенным в таблицу 3.16, текущий проект является более финансово- и ресурсоэффективным в сравнении с конкурентными техническими решениями по всем показателями.

### **3.5 Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

Спроектированный технологический процесс производства детали «Станок подшипниковый» составит конкуренцию уже устоявшимся на рынке предприятиям, таким как ЗАО «Центр точной механообработки» и СП «Томский металл». Поскольку ВКР содержит технологический процесс изготовления детали, а также конструкцию необходимого автоматизированного приспособления, деталь может быть изготовлена в гораздо меньшие сроки, чем у конкурентов. Однако, на данный момент конкуренты являются лидерами в области механообработки, имеют базу клиентов и поставщиков сырья, работают большим штатом в отлаженном режиме с высокой производительностью.

Согласно итоговой таблице SWOT-анализа, несмотря на угрозы развития проекта, представленного в ВКР, из-за снижения стоимости разработок конкурентов и их продвижения, технология ВКР является актуальной. Использование дешевого сырья для изготовления детали «Станок подшипниковый» оказывает влияние на более низкую стоимость производства, а наличие конструкции автоматизированного приспособления позволяет выполнять работу в малые сроки.

Определено направление развития проекта – расширение уровня проникновения на рынок. Квалифицированный персонал обеспечивает качественный технологический процесс изготовления детали. За счет низкой стоимости производства и наличия конструкции автоматизированного приспособления предоставляется возможность стать крупносерийным или массовым производителем, использующим ресурсосберегающие технологии.

Тем не менее проекту присущи некоторые уязвимости – из-за отсутствия управленческого опыта и клиентской базы существует угроза отсутствия спроса на продукцию, вследствие чего дорогостоящее оборудование, используемое в технологии ВКР будет неоправданно.

Однако преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. В теории можно избавиться от выявленных недостатков, которые на данный момент на практике не устранены. Итоговая матрица SWOT определяет, что для этого необходимо получить опыт в управлении предприятием и продвигать продукцию для наработки клиентской базы, что позволит не только сохранить, но и увеличить спрос на продукт, изготавливаемый по технологии ВКР.

Для оптимизации работ разработана таблица 3.5 линейного планирования и управления, согласно которой составлен линейный график выполнения всех работ, а также порядок этапов работ и их распределение по исполнителям данного проекта.

Разработан план-график выполнения этапов работ для научного руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

Материальные затраты, необходимые для производства единицы продукции, а именно детали «Стакан подшипниковый» из материала сталь 45, составляют 602 294,88 руб. В данную стоимость также включена стоимость раствора для промывки детали, мерительного и режущего инструмента (т.к.

данный вид материальных затрат не относится к затратам на специальное оборудование).

Амортизационные отчисления на специальное оборудование для реализации проекта, а именно, для производства детали «Стакан подшипниковый» на современном оборудовании, составляют 496 915,6 руб.

Осуществлен расчет основной заработной платы исполнителей: научного руководителя и инженера, согласно балансу рабочего времени, на 2023 год (учет выходных, праздничных дней, отпуска и т.д.) с учетом продолжительности работ, выполняемых каждым исполнителем. Результаты расчетов представлены в таблице 3.12.

Дополнительная заработная плата составляет:

- для научного руководителя 15 404,31 руб.;
- для инженера 16 301,81 руб.

Отчисления во внебюджетные фонды составляют:

- для научного руководителя 35 429,91 руб.;
- для инженера 37 494,15 руб.

Накладные расходы составляют 283 042,95 руб.

Согласно таблице 3.14, необходимый бюджет для реализации проекта составляет 1 698 257,69 руб.

По результатам, занесенным в таблицу 3.14, текущий проект требует меньших затрат для реализации проекта, чем конкурентные технические решения.

Осуществлен расчет интегрального финансового показателя проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности проекта, интегрального показателя эффективности проекта и сравнительная эффективность вариантов исполнения проекта. По результатам, занесенным в таблицу 3.16, текущий проект является более финансово- и ресурсоэффективным в сравнении с конкурентными техническими решениями по всем показателями.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b> 4А91		<b>ФИО</b> Быковой Дарье Алексеевне	
<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение машиностроения
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

<b>Технологическая подготовка производства детали «Стакан подшипниковый» на станках с ЧПУ</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации</li> </ul>	<p>В качестве объекта исследования выступает деталь «Стакан подшипниковый». Область применения – машиностроительная, станкостроительная отрасль.</p> <p>Рабочая зона: производственное помещение.</p> <p>Размеры помещения: S 400 м<sup>2</sup>.</p> <p>Рабочая зона оснащена ленточнопильным станком, токарным станком, токарным и фрезерным станками с ЧПУ, двумя печами, водяной закалочной ванной, внутришлифовальным и круглошлифовальным станками, промывочной ванной. В рабочей зоне рядом с каждым оборудованием имеется решетка под ноги, тара, тумбочка инструментальная.</p> <p>В рабочей зоне проводятся операции технологического процесса изготовления детали «Стакан подшипниковый». Работа осуществляется за металлообрабатывающим оборудованием, что влечет за собой ряд вредных и опасных факторов.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ) (ред. от 19.12.2022 N 545-ФЗ);</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Вредные производственные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума;</li> <li>– острые кромки, заусенцы и неровности поверхностей оборудования, инвентаря;</li> <li>– повышенная температура поверхности изделия и оборудования.</li> </ul> <p><b>Опасные производственные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– движущиеся машины и механизмы;</li> <li>– опасный уровень напряжения в электрической цепи;</li> <li>– пожаровзрывоопасность.</li> </ul> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изолирующие устройства и покрытия;</li> <li>– знаки безопасности;</li> <li>– предохранительные, тормозные, термоизолирующие устройства;</li> <li>– противошумные вкладыши, противошумные наушники;</li> <li>– защитная обувь, очки защитные, защитные перчатки.</li> </ul>

<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b>	<b>Воздействие на литосферу:</b> загрязнение почвы происходит путем выброса таких отходов, как стружка, зола, опилки; <b>Воздействие на гидросферу:</b> сточные воды предприятия содержат нефтепродукты, образующиеся из смазочно-охлаждающих жидкостей и растворов обезжиривания; <b>Воздействие на атмосферу:</b> печи и металлообрабатывающее оборудование являются источниками пыли- и газовой выделения в атмосферу.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</b>	<b>Возможные ЧС:</b> пожар, взрыв, внезапное обрушение производственного помещения. <b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**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	Быкова Дарья Алексеевна		

#### 4 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа основана на проектировании технологического процесса изготовления детали «Стакан подшипниковый». Данная деталь используется в станкостроении. К ней предъявляются высокие требования по точности, по биению и шероховатости. Деталь имеет цилиндрическую форму с фланцевой частью, предназначенной для крепления детали к стенке корпуса. В центральном отверстии имеются концентрично выполненные расточки, куда устанавливаются подшипники, в которые запрессовываются концы вращающихся валов.

Маршрут технологического процесса включает в себя следующие основные металлообрабатывающие операции: заготовительная, токарная, токарная с ЧПУ, фрезерная с ЧПУ, термическая, внутришлифовальная и круглошлифовальная.

Рабочая зона для реализации продукта – производственное помещение площадью 400 м<sup>2</sup>. Географическое расположение объекта: Российская Федерация, Томская область, г. Томск, район Октябрьский. Рабочая зона оснащена ленточнопильным станком, токарным станком, токарным и фрезерным станками с ЧПУ, двумя печами, водяной закалочной ванной, внутришлифовальным и круглошлифовальным станками, промывочной ванной.

В разделе рассмотрено воздействие вредных и опасных факторов на человека и окружающую среду в процессе производства детали. К вредным факторам на производстве можно отнести: повышенный уровень шума, острые кромки и заусенцы. К опасным факторам относятся движущиеся машины и механизмы, опасный уровень напряжения в электрической цепи, пожаровзрывоопасность.

Анализ вышеуказанных факторов позволяет определить необходимые организационные мероприятия для обеспечения безопасных условий при реализации производства.

#### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Правовые нормы трудового законодательства определяются согласно ТК РФ от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ) (ред. от 19.12.2022 N 545-ФЗ):

- нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю (ст. 91 ТК РФ);
- в течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается (ст. 108 ТК РФ);
- в целях обеспечения прав и свобод человека и гражданина работодатель и его представители при обработке персональных данных работника обязаны соблюдать общие требования, указанные в ст. 86 ТК РФ;
- месячная заработная плата работника, полностью отработавшего за этот период норму рабочего времени и трудовые обязанности, не может быть ниже минимального размера оплаты труда согласно ст. 133 ТК РФ. МРОТ в РФ с 1 января 2023 года составляет 16 242 руб. в месяц;
- работодатель обязан обеспечить нормальные условия для выполнения работниками норм выработки. Условия описаны в ст. 163 ТК РФ;
- оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере (ст. 147 ТК РФ).

Работа токаря, оператора станка с ЧПУ, шлифовщика и прочих станочников связана с рабочей позой стоя. Для создания комфортной рабочей среды в производственном помещении необходимо руководствоваться ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ, который описывает общие эргономические требования к рабочему месту при выполнении работ стоя.

При эксплуатации оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование

обслуживают мужчины и женщины – общие средние показатели мужчин и женщин. Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека приведены на рисунках 4.1 и 4.2.

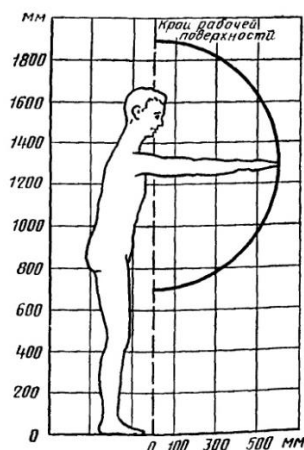


Рисунок 4.1 – Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

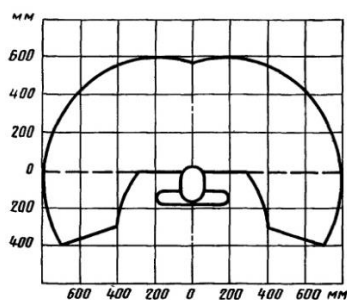


Рисунок 4.2 – Зона досягаемости в горизонтальной плоскости

Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на  $15^\circ$ .

Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

Согласно требованиям к размещению органов управления аварийные органы управления следует располагать в пределах зоны досягаемости моторного поля, при этом следует предусмотреть специальные средства опознавания и предотвращения их непроизвольного и самопроизвольного включения в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91.



## 4.2 Производственная безопасность

### 4.2.1 Вредные и опасные факторы. Нормативные документы

В таблице 4.1 приведены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации проектируемой производственной среды и нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора [38].

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"><li>– Требования к уровню шума устанавливаются ГОСТ 12.2.107-85 ССБТ. Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики;</li><li>– Меры по защите работников от воздействия шума приведены в ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;</li><li>– Требования к качеству наружных поверхностей станков, а также требования к подвижным частям станка устанавливаются ГОСТ 12.2.009-99 Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности;</li><li>– Меры по защите работников от воздействия электрического удара приведены в ГОСТ Р 58698-2019 Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования;</li><li>– ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.</li></ul>
Острые кромки, заусенцы и неровности поверхностей оборудования, инвентаря	
Повышенная температура поверхности изделия и оборудования	
Движущиеся машины и механизмы	
Опасный уровень напряжения в электрической цепи	
Пожаровзрывоопасность	

### 4.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Шум – один из наиболее распространенных неблагоприятных физических факторов окружающей среды производственных предприятий. На производстве источниками шума являются двигатели, насосы, компрессоры, станки и прочие установки, имеющие движущиеся детали.

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна.

В качестве нормируемых шумовых характеристик станков устанавливаются: октавные уровни звуковой мощности  $L_p$ , скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{pA}$  при работе станков под нагрузкой.

Октавные и скорректированные уровни звуковой мощности при работе станков на холостом ходу и под нагрузкой не должны превышать значений, указанных в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Допустимые значения шумовых характеристик

Суммарная номинальная мощность электродвигателей приводов, кВт	Уровень звуковой мощности $L_p$ , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Корректированный уровень звуковой мощности $L_{pA}$ , дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
До 2	82	82	82	82	79	77	75	73	84
Св. 2 до 4	89	89	89	89	86	84	82	80	91
» 4 » 12,5	95	95	95	95	92	90	88	86	97
» 12,5 » 32	100	100	100	100	97	95	93	91	102
» 32 » 64	108	108	108	105	102	100	98	96	107
» 64	111	111	111	108	105	103	101	99	110

Меры по защите работников от воздействия шума является комплексным мероприятием с участием разных сторон. Ответственность работодателя заключается в использовании малошумных машин, привлечении к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму и обеспечении прохождения ими регулярных медицинских обследований с применением средств аудиометрии.

Ответственность работника заключается в необходимости использовать в целях снижения рисков средства индивидуальной защиты от шума (противошумы), а работодатель обязан контролировать правильность их

использования сотрудниками. Также ответственность в рассматриваемом факторе несут изготовители машин и изготовители средств защиты от шума.

Следующая группа факторов – физические факторы: острые кромки и заусенцы, шероховатость поверхности заготовок, инструментов, оборудования, движущиеся части производственного оборудования, отлетающая стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента.

Доступные для работающих части станков, режущий инструмент и металлическая стружка при механической обработке металлических заготовок и деталей – основные носители вредоносных поверхностей. Рассматриваемый фактор несет опасность пореза, ожогов, травмирования частей тела человека.

Наиболее распространенными у станочников являются травмы глаз. Глаза повреждаются отлетающей стружкой, пылевыми частицами обрабатываемого материала, осколками режущего инструмента и частицами абразива. Травмоопасными являются режущие инструменты. Они могут нанести травму при случайном соприкосновении с ними в процессе работы, в случае захвата ими одежды, а также в случаях внезапного их разрушения.

В таблице 4.3 представлены нормативные расстояния между движущимися элементами станка (или подвижными и неподвижными) для предупреждения защемления работающего.

Таблица 4.3 – Нормативные расстояния между движущимися элементами станка для предупреждения защемления работающего

Часть тела работающего	корпус	голова	нога	стопа	рука	кисть руки	пальцы руки
Расстояние, мм	500	300	180	120	120	100	25

Станки, в конструкции которых могут применяться элементы, нагревающиеся свыше 42°С и доступные для прикосновения, должны иметь предупреждающий об опасности знак (ГОСТ 12.4.026-2015) – желтый треугольник с черной каймой и черным восклицательным знаком и надпись «Осторожно! Возможен ожог».

Необходимо использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) – специальная защитная одежда для защиты от проколов и/или порезов, возможного захвата движущимися частями механизмов, контакта с нагретыми поверхностями. В качестве СИЗ согласно ГОСТ 12.4.103-2020 принимается специальная защитная одежда (халат, комбинезон), обувь специальная защитная (сапоги, ботинки, тапочки), средства индивидуальной защиты рук (рукавицы, перчатки). Для защиты глаз используются защитные очки, защитные лицевые щитки, лицевой экран.

Следующий рассматриваемый фактор – опасный уровень напряжения. Источниками данного фактора выступают устройства, машины, технологическое оборудование и приборы, использующие для своей работы электрический ток.

Электротравматизм по сравнению с другими видами производственного травматизма составляет небольшой процент, однако по числу травм с тяжелым, и особенно летальным исходом занимает одно из первых мест.

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, электролитическое, биологическое, механическое и световое воздействие. Термическое воздействие характеризуется нагревом кожи, тканей вплоть до ожогов. Электролитическое воздействие заключается в электролитическом разложении жидкостей, в том числе и крови. Биологическое действие электрического тока проявляется в нарушении биологических процессов, протекающих в организме человека, и сопровождается судорожным сокращением мышц. Механическое действие приводит к разрыву ткани, а световое – к поражению глаз.

Для защиты от поражения электрическим током используются защитные ограждения или оболочки, которые должны исключать доступ к опасным частям, находящимся под напряжением, барьеры. Также мероприятием по защите от электрического удара являются: ограничение напряжения, заземление, зануление и отключение корпусов электрооборудования, предупредительные плакаты и автоматические

воздушные выключатели. Основными средствами индивидуальной защиты при работе с электричеством до 1000 В являются диэлектрические перчатки.

Основными причинами возникновения пожара на производственных объектах являются: неисправность производственного оборудования, нарушение технологических процессов, взрыв, ставший следствием утечки легковоспламеняющихся веществ, искрообразование, несоблюдение персоналом правил пожарной безопасности, умышленный поджог.

Пожар оказывает следующие воздействия на здоровье человека: ожоги различных степеней тяжести и опасности от гари и дыма, такие как отравление, головокружение, головная боль, тошнота, боли в груди, дыхание затрудняется, что приводит к отеку носа и горла.

Противопожарная защита должна достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- применением средств пожаротушения;
- применением установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- организацией своевременного оповещения и эвакуации людей;
- применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;
- применением средств противодымной защиты.

### **4.3 Экологическая безопасность**

#### **4.3.1 Защита атмосферы**

Характерной особенностью процессов механической обработки является образование отходов в виде твердых частиц (промышленной пыли), а в случае применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) – аэрозолей масла и эмульсола. Источниками образования и выделения загрязняющих атмосферу веществ являются различные металлорежущие и абразивные станки, а также печи для термической обработки.

Удельные выделения аэрозолей масла и эмульсола при механической обработке металлов с охлаждением представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Удельные выделения (г/с) аэрозолей масла и эмульсола при механической обработке металлов с охлаждением

Наименование технологического процесса, вид оборудования	Количество выделяющегося в атмосферу масла (эмульсола), $10^{-5}$ (г/с) на 1 кВт мощности станка
Обработка металлов на токарных, сверлильных, фрезерных станках:	
с охлаждением маслом	5,600
с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола менее 3%	0,050
с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола 3-10%	0,045
Обработка металлов на шлифовальных станках	
с охлаждением маслом	8,000
с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола менее 3%	0,104
с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола 3-10%	1,035

Очистка газов, выбрасываемых в процессе термических операций, производится абсорбционными, адсорбционными и каталитическими методами. Применяются пылеулавливающие и газоочистные установки (например, рукавные фильтры, абсорберы).

Воздух, удаляемый от шлифовальных станков, очищается с помощью циклонов, отстойников, промывных камер, а также мокрых фильтров с песком или гравием.

Для очистки вентиляционных выбросов от пыли и туманов минеральных масел применяются электрические туманоуловители.

### 4.3.2 Защита гидросферы

Главным источником загрязнения поверхностных вод является сброс отработанных СОЖ, электролитов и моющих средств, содержащих нефтепродукты, растворимые соединения металлов, взвеси, вредные химические элементы.

Отработанные СОЖ представляют собой концентрированные сточные воды с содержанием масел от 20 до 50 г/л. Их сброс в канализацию и водоемы запрещен. Как правило, отработанные СОЖ поступают на доочистку с концентрацией нефтепродуктов не более 1,5 г/л.

Способы очистки вод: отстаивание с механическим отбором масла, центробежное разделение масла, реагентный способ, сорбция, флотация, электрохимическая коагуляция и др.

Для очистки больших объемов маслоэмульсионных стоков применяется метод реагентной напорной флотации. Очистка маслоэмульсионных сточных вод проводится по следующей схеме: сточная вода поступает в отстойник-накопитель, где происходит выделение механических примесей и свободных масел, а затем в этой же емкости производится нейтрализация жидкости серной кислотой до  $\text{pH} = 7-8$ . Нейтрализованная сточная вода поступает во флотатор, куда одновременно подается раствор сернокислого алюминия. Образующаяся в процессе флотации пена собирается и направляется в пеносборник.

### **4.3.3 Защита литосферы**

При эксплуатации технического решения, а именно в ходе выполнения металлообрабатывающих работ образуются такие твердые отходы производства, как: стружка, опилки металлов, золы, амортизационный лом и ПЫЛЬ.

Процесс распада выброшенного на свалки металла происходит очень длительное время – десятки или даже сотни лет. По ходу образуется множество отравляющих веществ, которые проникают сначала в почву, а затем в грунтовые воды и глубже. Вред наносится почве, в которой выращивается еда, растениям и животным, отравленная вода попадает в организм человека и негативно влияет на здоровье и самочувствие.

Для изготовления детали «Стакан подшипниковый» по технологии ВКР используется заготовка – недорогой полуфабрикат – прокат. Выбрав прокат круглого сечения Ø240 мм по ГОСТ 2590-2006, полученная масса заготовки составила 44,2 кг, в то время как масса готового изделия составляет 9,3 кг. Это значит, что 79% материала уходит в стружку.

Для предотвращения нанесения вреда литосфере применяются операции первичной обработки металлоотходов:

- сбор металлической стружки;
- измельчение;
- очистка и осушение стружки от СОЖ;
- прессование или брикетирование.

Преимущества использования брикетирования в увеличение стоимости отхода, сокращение затрат на транспортировку и экономия места для хранения.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

К возможным чрезвычайным ситуациям (ЧС) техногенного характера в рассматриваемой работе можно отнести внезапное обрушение производственного помещения, взрыв по причине перезагрузки технологического оборудования или пожар на производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности.

Источниками возникновения пожара на производстве являются: неисправное электрооборудование, промасленная ветошь, курение.

Для предупреждения возникновения данной ЧС рекомендуется производить своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования, повысить огнестойкость объекта, запретить курение в неустановленных местах.

Для пожарной техники должны быть определены: быстродействие и интенсивность подачи огнетушащих веществ, допустимые огнетушащие



вещества (в том числе с позиций требований экологии и совместимости с горящими веществами и материалами).

Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие основные классы: пожары твердых горючих веществ и материалов (А); пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В); пожары газов (С); пожары металлов (D); пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е); пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ (F).

Классы возможного пожара: А (деревянная решетка под ноги, ветошь), В (СОЖ), D (металлическая стружка), Е (электрооборудование под напряжением).

К первичным средствам пожаротушения относятся огнетушители. Огнетушители следует располагать на объекте защиты таким образом, чтобы они были защищены от воздействия прямых солнечных лучей, тепловых потоков, механических воздействий и других неблагоприятных факторов. Огнетушители должны быть хорошо видны и легкодоступны в случае пожара. Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, а также около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара. В помещениях, заполненных производственным или другим оборудованием, должны быть установлены указатели местоположения огнетушителей. Указатели должны быть выполнены по ГОСТ 12.4.026 и располагаться на видных местах на высоте 2,0-2,5 м от уровня пола, с учетом условий их видимости.

Производить выбор огнетушителей следует согласно СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации».

Порошковые огнетушители носят звание самых универсальных устройств. Большинство составов, используемых в качестве средства тушения, подходят для тушения возгораний классов А, В, С и Е. Для тушения металлов (класс D) используются порошковые смеси специального назначения.

#### **4.5 Вывод по разделу «Социальная ответственность»**

В данном разделе изучены правовые и организационные вопросы обеспечения производственной и экологической безопасности при эксплуатации производственного объекта. Определены опасные и вредные факторы, возникающие при эксплуатации проектируемого решения. Выявлены источники возникновения этих факторов, их воздействие на организм человека. Приведены допустимые нормы основных характеристик опасных и вредных факторов. Предложены мероприятия для снижения влияния выявленных факторов на работающих. Рассмотрено влияние эксплуатации на атмосферу, гидросферу и литосферу и предложены природоохранные мероприятия по обеспечению экологической безопасности. Выявлены возможные ЧС и приняты меры по предупреждению возникновения одной из них (пожар).

Производственное помещение относится ко второй категории по электробезопасности, согласно ПУЭ. Для работников, относящихся к электротехническому персоналу, осуществляющих эксплуатацию и техническое обслуживание электроустановок, должностной инструкцией или инструкцией по охране труда установлено знание Правил в объеме не ниже II группы по электробезопасности.

Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 – III (энергозатраты более 290 Вт, работы на предприятиях машиностроения, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий).

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 – В2, производственное помещение является пожароопасным.

Категория объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду согласно правительственному постановлению – III категория.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке технологического процесса детали «Стакан подшипниковый» выполнен анализ технологичности ее конструкции, осуществлена проверка работоспособности и эксплуатационных свойств конструкции детали с помощью САЕ-системы, подобран метод получения заготовки, спроектирован технологический маршрут, состоящий из 17 операций, выполнен расчёт припусков на механическую обработку и составлен технологический процесс, согласно выбранному оборудованию и средств технологического оснащения, выполнен расчет режимов резания и нормирования технологических операций.

С помощью САМ-системы «SprutCAM 15» разработаны УП для операций «020 Токарная с ЧПУ» и «030 Фрезерная с ЧПУ».

По итогам размерного анализа технологического процесса, 11 из 12 конструкторских размера выдерживаются непосредственно.

Рассчитаны технико-экономические показатели технологического процесса.

По итогам выполненных расчетов следует, что спроектированный технологический процесс детали «Стакан подшипниковый» с точки зрения технического принципа проектирования является технически совершенным и позволит с указанной точностью и шероховатостью получить изделие на выходе, согласно чертежу.

С точки зрения экономического принципа проектирования разработанный ТП является экономически выгодным и целесообразным, так как себестоимость изготовления детали (без учета инструмента и амортизации на оборудование) составляет 5280 руб. Основным нетехнологичным элементом изделия «Стакан подшипниковый» является фланец с пазами, гладкими и резьбовыми отверстиями, для которых назначены позиционные допуски. Данные элементы конструкции детали выполняются на операции «030 Фрезерная с ЧПУ» и именно для данной операции спроектировано

приспособление – автоматизированные станочные винтовые самоцентрирующие тиски с призматическими губками для круглых профилей. Гибкая производственная система, в составе которой имеется промышленный робот, позволяет без участия человека установить деталь на специальное приспособление. Тем самым робот освобождает человека от выполнения тяжелого, быстро утомляющего ручного труда в силу того, что масса детали – около 10 кг. Максимальная грузоподъемность робота Kawasaki RS020N – 20 кг. После центрирования заготовки цилиндрическим пальцем осуществляется зажим заготовки тисками с усилием 2,34 кН. Данное усилие обеспечивается подачей рабочей жидкости от гидросистемы вертикально-фрезерного станка с ЧПУ Abamet VF-2TSM к гидромотору MR 50 CM.

Проверочный расчет на точность приспособления показал, что:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 274 \text{ мкм} < [\varepsilon] = 510 \text{ мкм}$$

Отсюда видно, что условие точности приспособления выполняется, следовательно, спроектированные самоцентрирующие тиски могут быть использованы для обработки детали «Стакан подшипниковый» на фрезерной операции с ЧПУ.

Таким образом, в ходе выполнения курсового проекта произведена полная автоматизация операции «030 Фрезерная с ЧПУ».

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» показывает, что спроектированный технологический процесс производства детали «Стакан подшипниковый» составит конкуренцию уже устоявшимся на рынке предприятиям, таким как ЗАО «Центр точной механообработки» и СП «Томский металл».

Раздел «Социальная ответственность» позволил изучить правовые и организационные вопросы обеспечения производственной и экологической безопасности при эксплуатации производственного объекта. Определены опасные и вредные факторы, возникающие при эксплуатации проектируемого

решения. Выявлены источники возникновения этих факторов, их воздействие на организм человека. Приведены допустимые нормы основных характеристик опасных и вредных факторов. Предложены мероприятия для снижения влияния выявленных факторов на работающих. Рассмотрено влияние эксплуатации на атмосферу, гидросферу и литосферу и предложены природоохранные мероприятия по обеспечению экологической безопасности. Выявлены возможные ЧС и приняты меры по предупреждению возникновения одной из них (пожар).

Производственное помещение относится ко второй категории по электробезопасности, согласно ПУЭ. Для работников, относящихся к электротехническому персоналу, осуществляющих эксплуатацию и техническое обслуживание электроустановок, должностной инструкцией или инструкцией по охране труда установлено знание Правил в объеме не ниже II группы по электробезопасности.

Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 – III (энергозатраты более 290 Вт, работы на предприятиях машиностроения, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий).

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 – В2, производственное помещение является пожароопасным.

Категория объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду согласно правительственному постановлению – III категория.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доля машиностроительного сектора в ВВП России – URL: <https://fin-plan.org/lk/industries/mechanical-engineering/> (дата обращения 05.02.2023) – Текст электронный.
2. Экономика России 2022 года – URL: <https://ria.ru/20230507/ekonomika-1870268164.html> (дата обращения 05.02.2023) – Текст электронный.
3. САЕ-системы – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Computer-aided\\_engineering](https://ru.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_engineering) (дата обращения 20.02.2023) – Текст электронный.
4. CAD-система – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_автоматизированного\\_проектирования](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования) (дата обращения 20.02.2023) – Текст электронный.
5. САМ-система – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CAM> (дата обращения 20.02.2023) – Текст электронный.
6. А.С. Килов, К.А. Килов Производство заготовок. Листовая штамповка: Серия учебных пособий из шести книг. Книга 2. Получение заготовок из листового материала и гнутые профили: - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 182с.
7. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
8. Котляров Г.Н. Методическая разработка по УД: ОП.08 «Технология машиностроения» по теме: «Расчет припусков расчетно-аналитическим методом при проектировании технологических процессов механической обработки деталей машин» – URL: <http://amstarm.ru/warehouse/Akimova/МЕТОДИЧКИ/расчет%20припусков.pdf> (дата обращения 03.03.2023) – Текст электронный.
9. Балабанов А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Издательство стандартов, 1992 – 464 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-ое изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

11. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.

12. Р.Г. Гришин, Н.В. Лысенко, Н.В. Носов. Нормирование станочных работ. Определение вспомогательного времени при механической обработке заготовок. Самара 2008 – Учебное пособие.

13. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

14. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением – URL: <https://www.gostrf.com/normadata/1/4293832/4293832230.pdf> (дата обращения: 30.03.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

15. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие/В.П. Должиков; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с.

16. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие/ В.Ф. Скворцов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.

17. Расчет фонда времени работы оборудования. Инфопедия для углубления знаний: сайт – URL: <https://infopedia.su/18x7548.html> (дата обращения: 02.04.2023). – Текст: электронный.

18. Расчет такта выпуска. Определение типа производства. Характеристика заданного типа производства. – URL: [https://studbooks.net/1422649/tovarovedenie/raschet\\_takta\\_vypuska\\_opredelenie\\_t](https://studbooks.net/1422649/tovarovedenie/raschet_takta_vypuska_opredelenie_t)

ipa\_proizvodstva\_harakteristika\_zadannogo\_tipa\_proizvodstva (дата обращения: 02.04.2023). – Текст: электронный.

19. Пруток круглый стальной сталь 45 в Томске – URL: [https://tomsk.metallnp.ru/catalog/prutok\\_kruglyu\\_stalnoy/filter/alloy-is-st%2045/apply/?PAGEN\\_1=2](https://tomsk.metallnp.ru/catalog/prutok_kruglyu_stalnoy/filter/alloy-is-st%2045/apply/?PAGEN_1=2) (дата обращения 02.04.2023) – Текст электронный.

20. Основы автоматизации машиностроительного производства: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1999. – 312 с.: ил.

21. Гидромотор MR 50 CM – URL: <https://int-eq.ru/catalog/gidromotory-orbitalnye-mr/gidromotor-mr-50-cm/> (дата обращения: 15.04.2023). – Текст: электронный.

22. Иванов-Польский К.В. Технологическая оснастка, 2005.

23. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / С. А. Чернавский, К. Н. Боков, И. М. Чернин и др.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1988. — 416 с.

24. Гаврилин А.Н., Пушкаренко А.Б. Расчёт приспособлений на точность и требуемую силу зажима заготовки. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов направления 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» – Томск: изд. ТПУ, 2008 г.

25. Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ Abamet VF-2TSM – URL: [https://www.abamet.ru/catalog/metallorazhreshchye/frezernye-chpu/new\\_abamet-vf-2tsm/](https://www.abamet.ru/catalog/metallorazhreshchye/frezernye-chpu/new_abamet-vf-2tsm/) (дата обращения: 15.04.2023). – Текст: электронный.

26. Промышленный робот Kawasaki RS020N – URL: <https://kawasakirobot.ru/products/robots/r-series/rs-series/kawasaki-rs020n> (дата обращения: 15.04.2023). – Текст: электронный.

27. Е.А. Ефременков Металлообрабатывающее оборудование.



28. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебнометодическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

29. Промывочный раствор – URL: [https://omb.ru/products/promyvochnyy\\_rastvor\\_wash\\_cd\\_pack/](https://omb.ru/products/promyvochnyy_rastvor_wash_cd_pack/) (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

30. Измерительный инструмент – URL: <https://www.microntools.ru/> (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

31. Режущий инструмент – URL: [https://sitomospb.ru/price\\_list/](https://sitomospb.ru/price_list/) (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

32. Ленточнопильный станок РПК-255В – URL: <https://stanok-kpo.ru/katalog/lentochnopilnye-stanki/lentochnopilnye-stanki-proma/ppk-255b.html> (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

33. Универсальный токарный станок МЛ 320х1000 – URL: [https://mossklad.ru/\\_PRODUCTPAGE/1485558](https://mossklad.ru/_PRODUCTPAGE/1485558) (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

34. Токарный станок с ЧПУ СКЕ6150Z – URL: <https://stanok-kpo.ru/katalog/tokarnye-stanki/tokarnye-stanki-s-chpu/cke6150z.html> (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

35. Внутришлифовальный станок 3К228А – URL: <https://stanok-kpo.ru/katalog/shlifovalnye-stanki/vnutrishlifovalnye-stanki/3k228a.html> (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

36. Универсальный круглошлифовальный станок 3У142МВ – URL: <https://stanok-kpo.ru/katalog/shlifovalnye-stanki/krugloshlifovalnye-stanki/3u142mv.html> (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

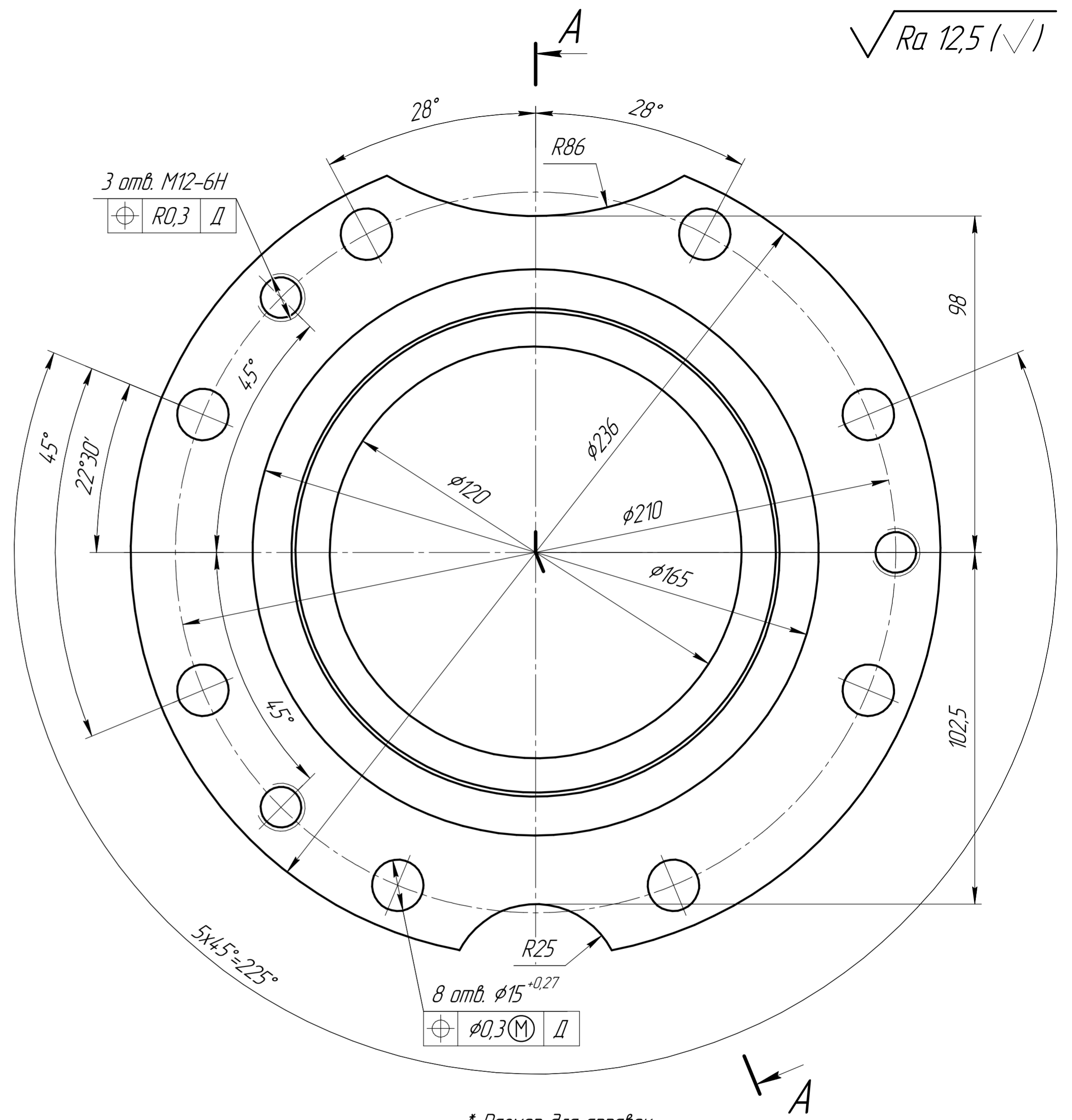
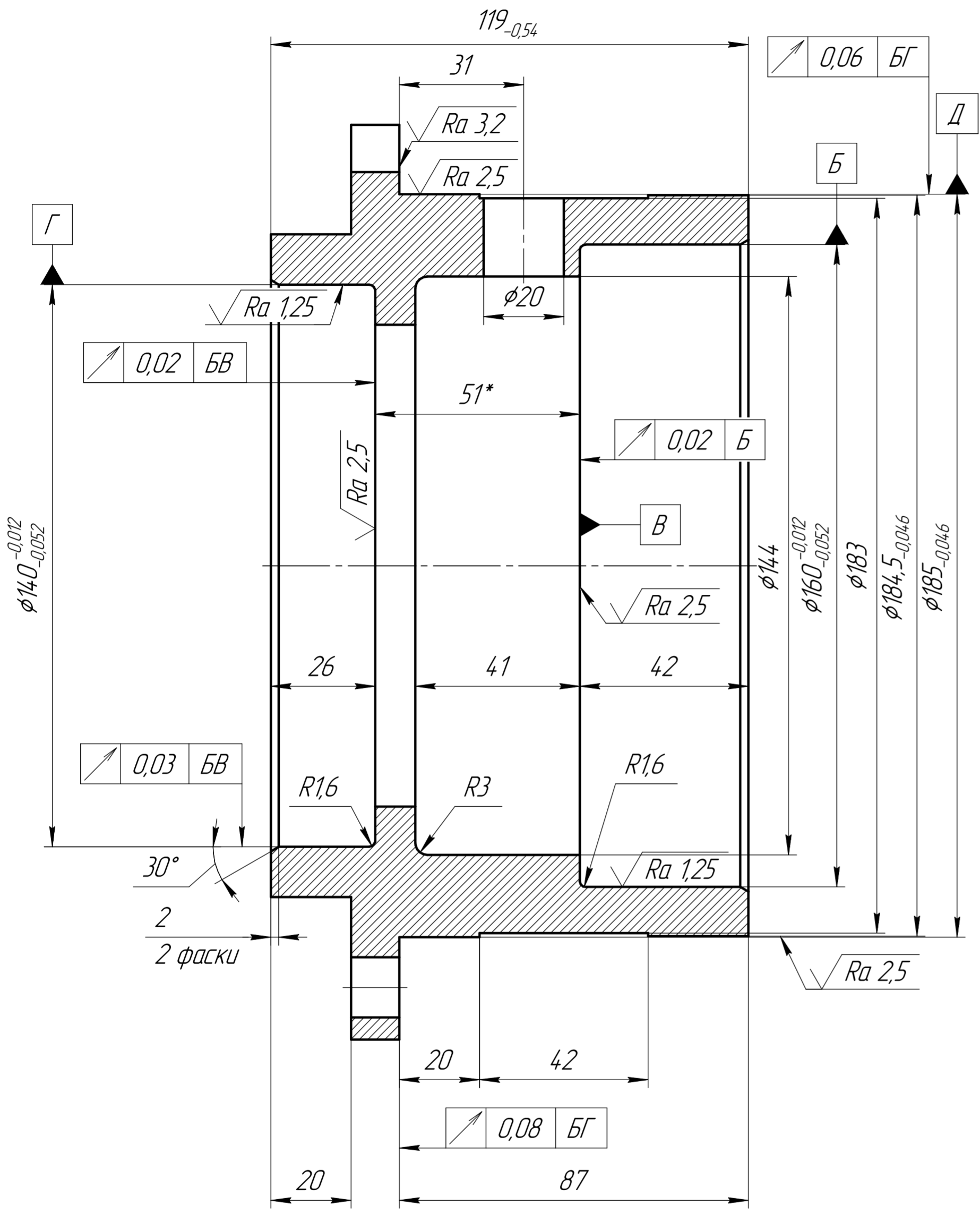
37. Муфельная печь КЭП-Z38/1100 – URL: <https://aravana74.ru/mufelnye-pechi-dlya-zakalki/zakalka-pech-kep-z38-1100.html> (дата обращения 24.04.2023) – Текст электронный.

38. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева, О.А. Антоневиц, И.И. Авдеева Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ – URL: [https://portal.tpu.ru/SHARED/c/CMS1/academics/Tab3/Tab/Методическое%20пособие\\_CO\\_2022\\_Бак.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/c/CMS1/academics/Tab3/Tab/Методическое%20пособие_CO_2022_Бак.pdf) (дата обращения: 07.05.2023) – Текст: электронный.

Приложение А  
Чертеж детали «Стакан подшипниковый»

A-A

√ Ra 12,5 (√)



\* Размер для справок.  
 1 HRC 24...28.  
 2 H14, h14, ± 2.

ИШНПТ-4А91003.00.00.01				Лист	Масса	Масштаб
Стакан подшипниковый				ч	9,3	1:1
Сталь 45 ГОСТ 1050-2013				Лист	Листов	1
ТТУ ИШНПТ				Группа 4А91		
Копировал				Формат А2		

Копия 30.12.2022 © 2022 ООО "ИШНПТ-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.  
 Инв. № подл. Подп. и дата  
 Взам. инв. № Инв. № дудл. Подп. и дата

Приложение Б  
Комплект технологической документации

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


59

1

НИ ТПУ

ИШНПТ-4А91003.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

Стакан подшипниковый		
----------------------	--	--

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## Комплект технологической документации

на технологический процесс производства детали  
 «Стакан подшипниковый»

Руководитель: к.ф-м.н., доцент ОМШ  
 / Анисимова М.А.

Исполнитель: студент группы 4А91  
 / Быкова Д.А.



Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
																		2	
																		ИШНПТ-4А91003.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали, сб. ед. или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.			
А 01	02	01	03	030	4234	Фрезерная с ЧПУ													
Б 02	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ Abamet VF-2TSM					1	19479	4		1	1	1	516		5	19.4			
03																			
А 04	02	01	04	035	0108	Слесарная													
Б 05	Верстак слесарный ГОСТ Р 58863-2020					1	18466	1		1	1	1	516		8	5			
06																			
А 07	05	01	01	040	0127	Промывочная													
Б 08	Промывочная ванна ВП 12.9.6/0,9					1	14525	1		1	1	1	516		3	4			
09																			
А 10	04	01	01	045	0200	Контрольная													
Б 11	Стол контролера СПМ-01-03					1	12920	4		1	1	1	516		11	10.1			
12																			
А 13	03	01	01	050	0500	Термическая													
Б 14	Муфельная печь КЭП-Z38/1100					1	19100	3		1	1	1	516		10	161.6			
15																			
А 16	04	01	01	055	0200	Контрольная													
Б 17	Стол контролера СПМ-01-03					1	12920	4		1	1	1	516		11	15.2			
МК																		132	





Дубл.			
Взам.			
Подл.			



9

1

Разраб.	Быкова Д.А.		
Проверил	Анисимова М.А.		
Нормировал			
Н.контр.	Анисимова М.А.		

НИ ТПУ

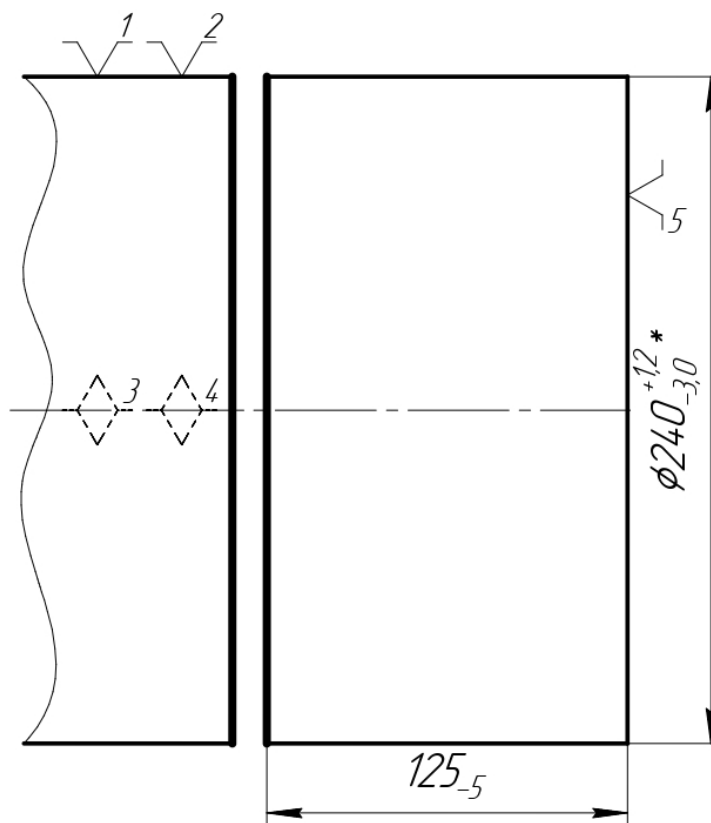
ИШНПТ-4А91003.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

МИН

Стакан подшипниковый

01 01 01 005

 $\sqrt{Ra\ 12,5}$ 

\* Размер для справок.



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

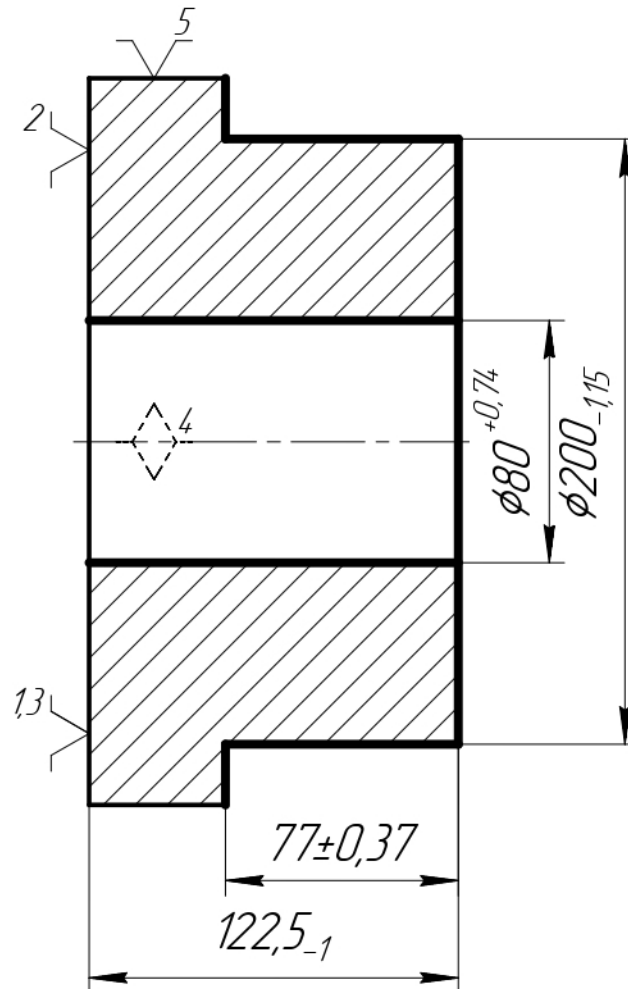


2

ИШНПТ-4А91003.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

010

 $\sqrt{Ra\ 12,5}$ 

































								4	1		
		НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91003.00.00.01					ИШНПТ ОМШ 4А91			
		Стакан подшипниковый						02	01	02	020
		Оборудование, устройства ЧПУ			Особые указания						
		Токарный станок с ЧПУ СКЕ6150Z			Устройство ЧПУ Fanuc						
		Кодирование информации, содержание кадра				Содержание перехода					
		800000-000001									
		(УСТАНОВ А)									
		N001 M06 T0101									
		N002 G00 G54									
		N003 M03 S280									
		N004 X245 Z5									
		N005 G01 Z0									
		N006 G71 U1 R0.2									
		N007 G71 P009 Q015 U0 F114									
		N008 G01 X236 Z0									
		N009 X186,9									
		N010 X186,9 Z-25									
		N011 X183 Z-25									
		N012 X183 Z-67									
		N013 X186,9 Z-67									
		N014 X184,5 Z-87									
		N015 X236 Z-87									
		N016 X245 Z0									
		N017 M06 T0202									
		N018 G00 X236 Z0									
		N019 G71 U1 R0.2									
		N020 G71 P021 Q023 U0,9 F42									
		N021 X184,5									
		N022 X184,5 Z-87									
						Разраб.	Быкова Д.А.				
						Проверил	Анисимова М.А.				
						Нормировал					
						Н.контр.	Анисимова М.А.				
		ККИ								151	

Дубл.

Взам.

Подл.









Дубл.			
Взам.			
Подл.			



5

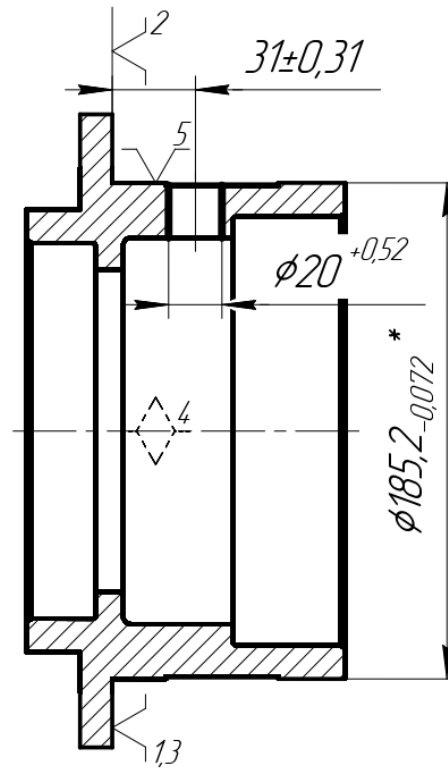
ИШНПТ-4А91003.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

030

 $\sqrt{Ra\ 12,5}$ 

## Установ А



\* Размер для справок.



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

6

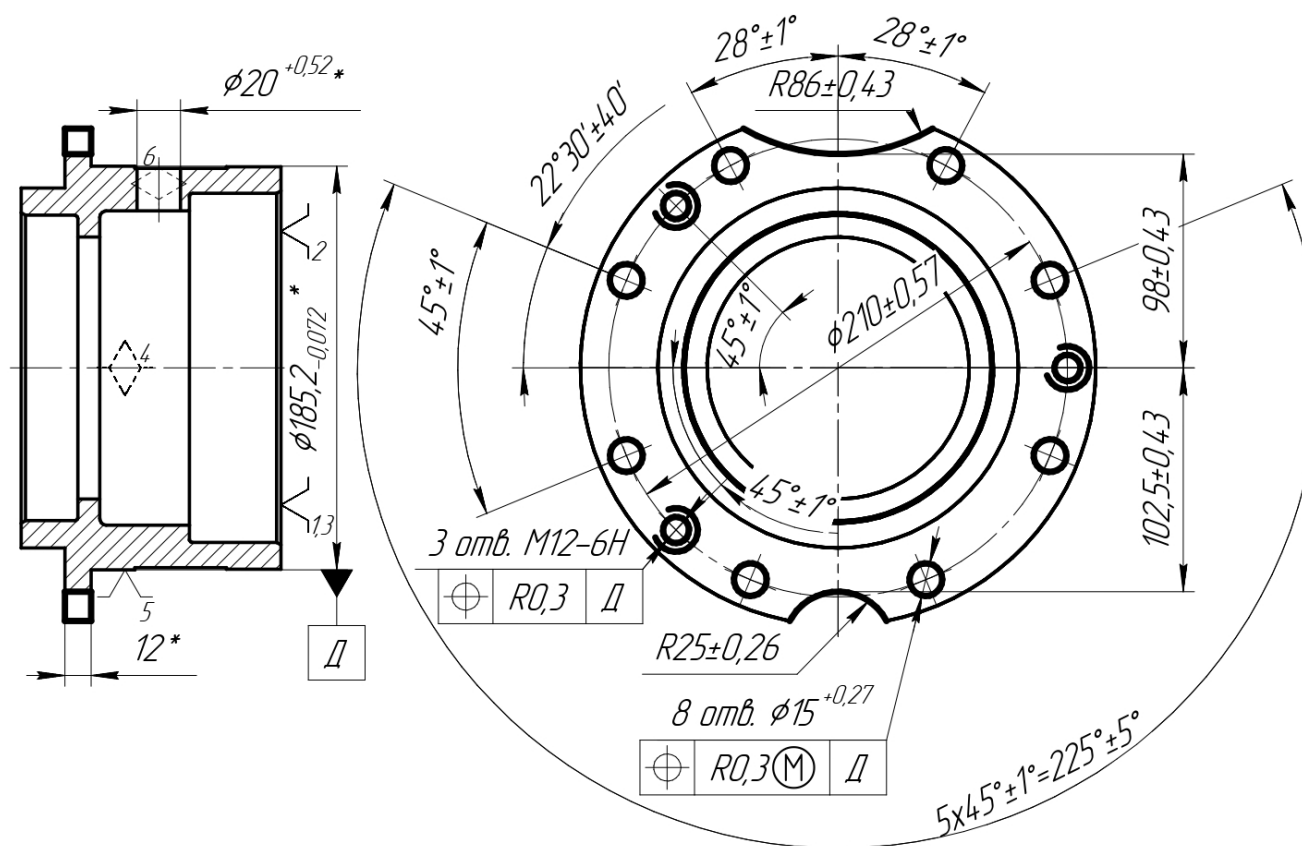
ИШНПТ-4А91003.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

030

 $\sqrt{Ra\ 12,5}$ 

## Установ Б





Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
																			2		
																			ИШНПТ-4А91003.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	030
Р														ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
Т 01	Сверло ф20 2302-1166 ГОСТ 20696-75 Р6М5																				
Р 02														2	ф20	10	1	0,4	330	21	
Т 03	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ 166-89																				
Т 04	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93																				
05																					
О 06	Б. Переустановить деталь в специальном приспособлении. База: ф185,2(-0,072)* мм, ф20(+0,52)* мм и торец.																				
Т 07	Специальное приспособление ИШНПТ-4А91003.00.00.00																				
Т 08	Патрон цанговый ВТ40 Abamet VF-2TSM																				
09																					
О 10	1. Фрезеровать паз, выдерживая размеры 98±0,43 мм и R86±0,43 мм.																				
Т 11	Цанга 7010-0033-d25 ГОСТ 2876-80																				
Т 12	Фреза концевая 25-1-A-1-25-121 ГОСТ 32831-2014 Р6М5																				
Р 13														3	86	98	5	4	0,07	710	56
Т 14	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ 166-89																				
Т 15	Радиусный шаблон R86																				
Т 16	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93																				
17																					
О 18	2. Фрезеровать паз, выдерживая размеры 102,5±0,43 мм и R25±0,26 мм.																				
ОК																				159	

Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
																		3					
																		ИШНПТ-4А91003.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91	030			
Р																ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
Т 01	Цанга 7010-0033-d25 ГОСТ 2876-80																						
Т 02	Фреза концевая 25-1-А-1-25-121 ГОСТ 32831-2014 Р6М5																						
Р 03																3	25	102,5	3,875	4	0,04	700	55
Т 04	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ 166-89																						
Т 05	Набор радиусных шаблонов №2 ТУ 2-034-228-087																						
Т 06	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93																						
07																							
О 08	3. Центровать торец А2,5 ГОСТ 14034-74, выдерживая размер $\phi 210 \pm 0,57$ мм и углы $28^\circ \pm 1^\circ$ , $45^\circ \pm 1^\circ$ , $22^\circ 30' \pm 40'$ ,																						
О 09	$5 \times 45^\circ \pm 1^\circ = 225^\circ \pm 5^\circ$ .																						
Т 10	Патрон 4-В40 ГОСТ 8522-79																						
Т 11	Сверло центровочное $\phi 2,5$ 2317-0005 ГОСТ 14952-75 Р6М5																						
Р 12																4	$\phi 2,5$	0,05	1	0,03	1500	26	
Т 13	Штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ 166-89																						
Т 14	Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88																						
Т 15	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93																						
16																							
О 17	4. Сверлить три сквозных отверстия $\phi 10,2(+0,27)$ мм, выдерживая размер $\phi 210 \pm 0,57$ мм и углы $45^\circ \pm 1^\circ$ .																						
Т 18	Цанга 7010-0031-d10,2 ГОСТ 2876-80																						
ОК																					160		











								5	1	
			НИ ТПУ	ИШНПТ-4А91003.00.00.01				ИШНПТ ОМШ 4А91		
			Стакан подшипниковый				02	01	03	030
			Оборудование, устройства ЧПУ		Особые указания					
			Abamet VF-2TSM		Устройство ЧПУ Fanuc					
			Кодирование информации, содержание кадра				Содержание перехода			
			800000-000002							
			(УСТАНОВ А)							
			N001 M06 T01							
			N002 G00 G54 G43 H01							
			N003 M03 S1500							
			N004 X0 Z130							
			N005 G01 X-56 Z130 F45							
			N006 Z85							
			N007 Z130							
			N008 G00 X200							
			N009 M06 T02							
			N010 G43 H02							
			N011 M03 S330							
			N012 X0 Z130							
			N013 G01 X-56 Z130 F132							
			N014 Z62							
			N015 Z130							
			N016 G00 X200							
			(УСТАНОВ Б)							
			N017 M06 T03							
			N018 G43 H03							
			N019 M03 S710							
			N020 G00 X0 Y130 Z50							
							Разраб.	Быкова Д.А.		
							Проверил	Анисимова М.А.		
							Нормировал			
							Н.контр.	Анисимова М.А.		
			ККИ						165	

Дубл.

Взам.

Подл.





									4
								ИШНПТ-4А91003.00.00.01	ИШНПТ ОМШ 4А91
								Кодирование информации, содержание кадра	Содержание перехода
								N078 G43 H06	
								N079 M03 S640	
								N080 G00 X97,007 Y40,182 Z10 F190	
								N081 Z-38	
								N082 Z5	
								N083 X49,295 Y92,709	
								N084 Z-38	
								N085 Z5	
								N086 X-49,295 Y92,709	
								N087 Z-38	
								N088 Z5	
								N089 X-97,007 Y40,182	
								N090 Z-38	
								N091 Z5	
								N092 X-97,007 Y-40,182	
								N093 Z-38	
								N094 Z5	
								N095 X-40,182 Y-97,007	
								N096 Z-38	
								N097 Z5	
								N098 X40,182 Y-97,007	
								N099 Z-38	
								N100 Z5	
								N101 X97,007 Y-40,182	
								N102 Z-38	
								N103 Z5	
								N104 M06 T07	
								N105 G43 H07	
								N106 M03 S235	
Дубл.	Взам.	Подл.						ККИ	168

















Дубл.			
Взам.			
Подл.			



7

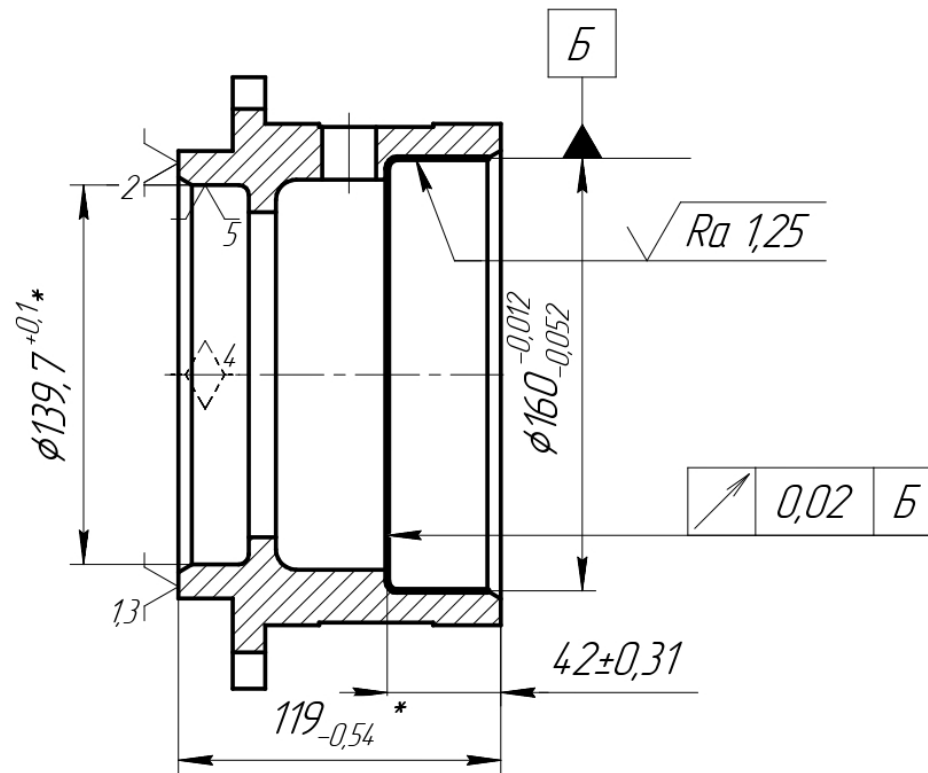
ИШНПТ-4А91003.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

060

 $\sqrt{Ra 2,5 (\nabla)}$ 

## Установ А



\* Размеры для справок.







Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--

9

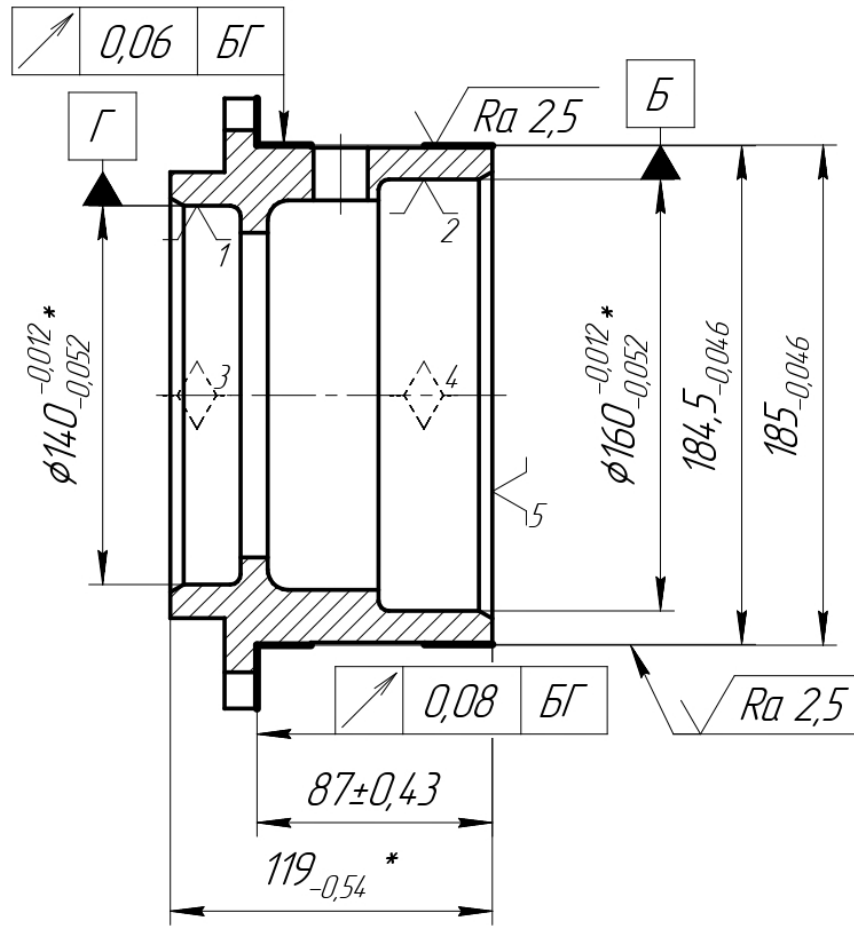
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ИШНПТ-4А91003.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

065

$\sqrt{Ra\ 3,2}$  (✓)



\* Размеры для справок.















Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

3

ИШНПТ-4А91003.00.00.01

ИШНПТ ОМШ 4А91

080

Р

ПИ

D или B

L

t

i

S

n

V

Т 01 Индикатор ИЧ02 кл. 0 ГОСТ 577-68; штатив Ш-III-8 ГОСТ 10197-70

OK

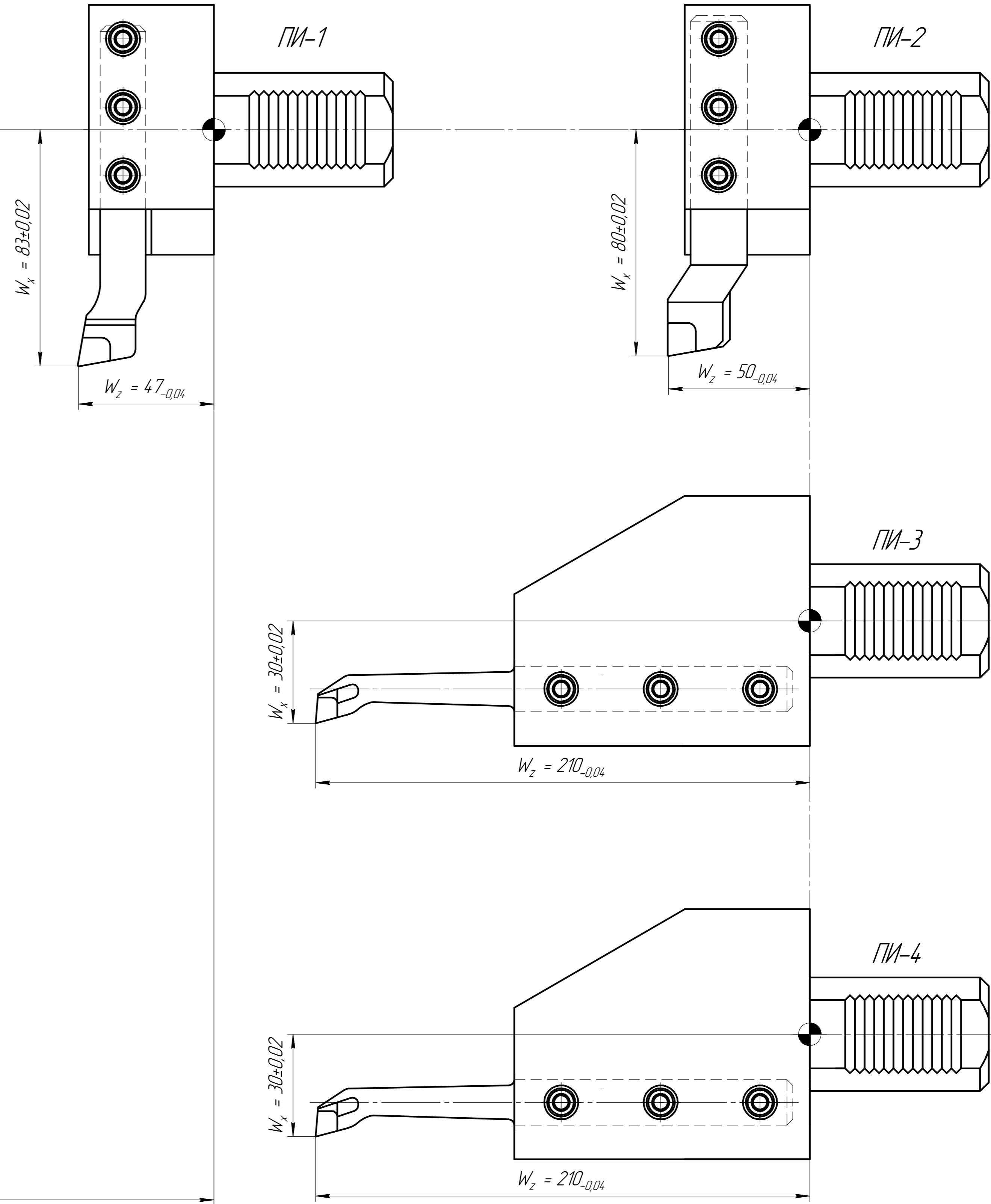
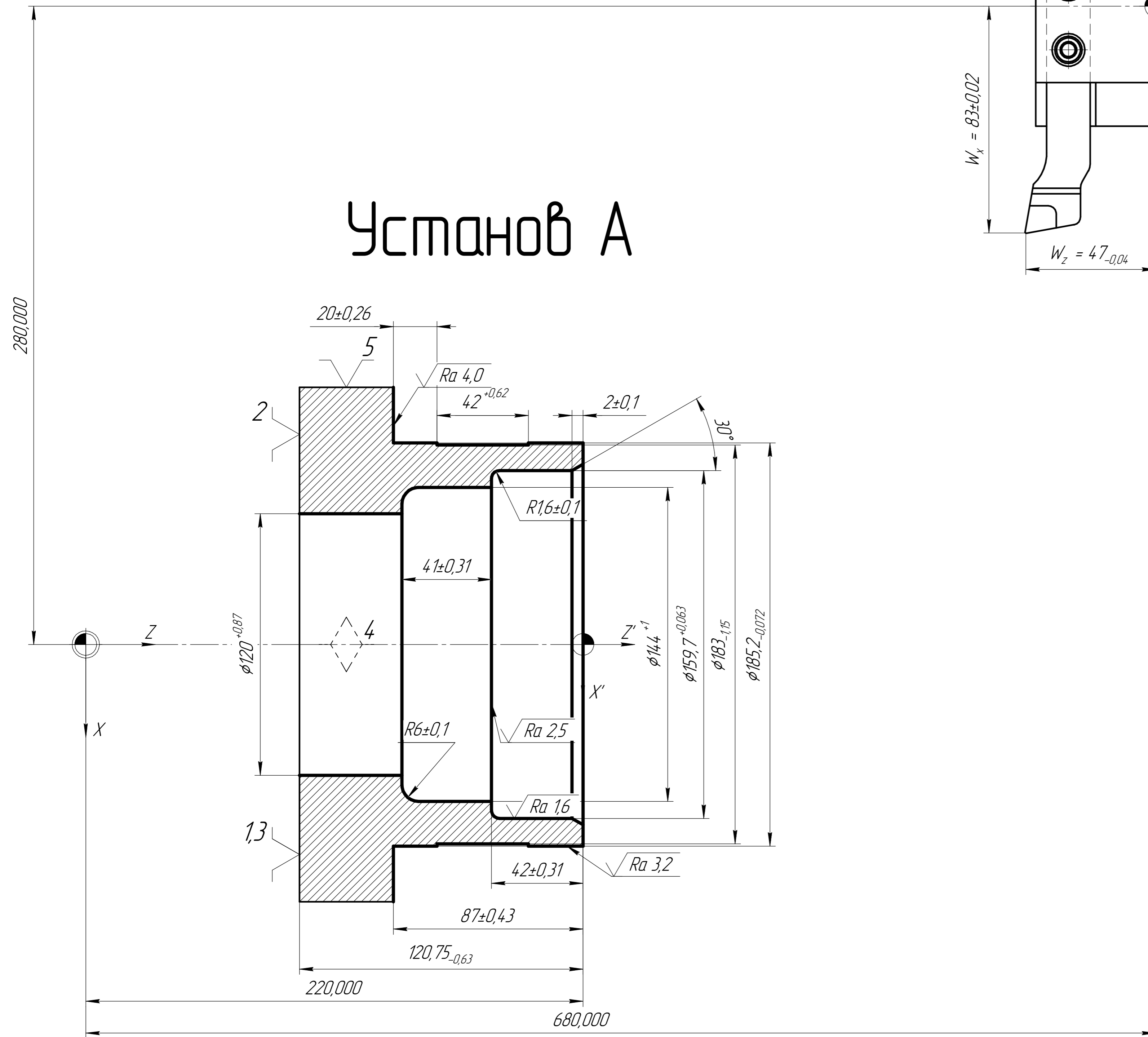
187








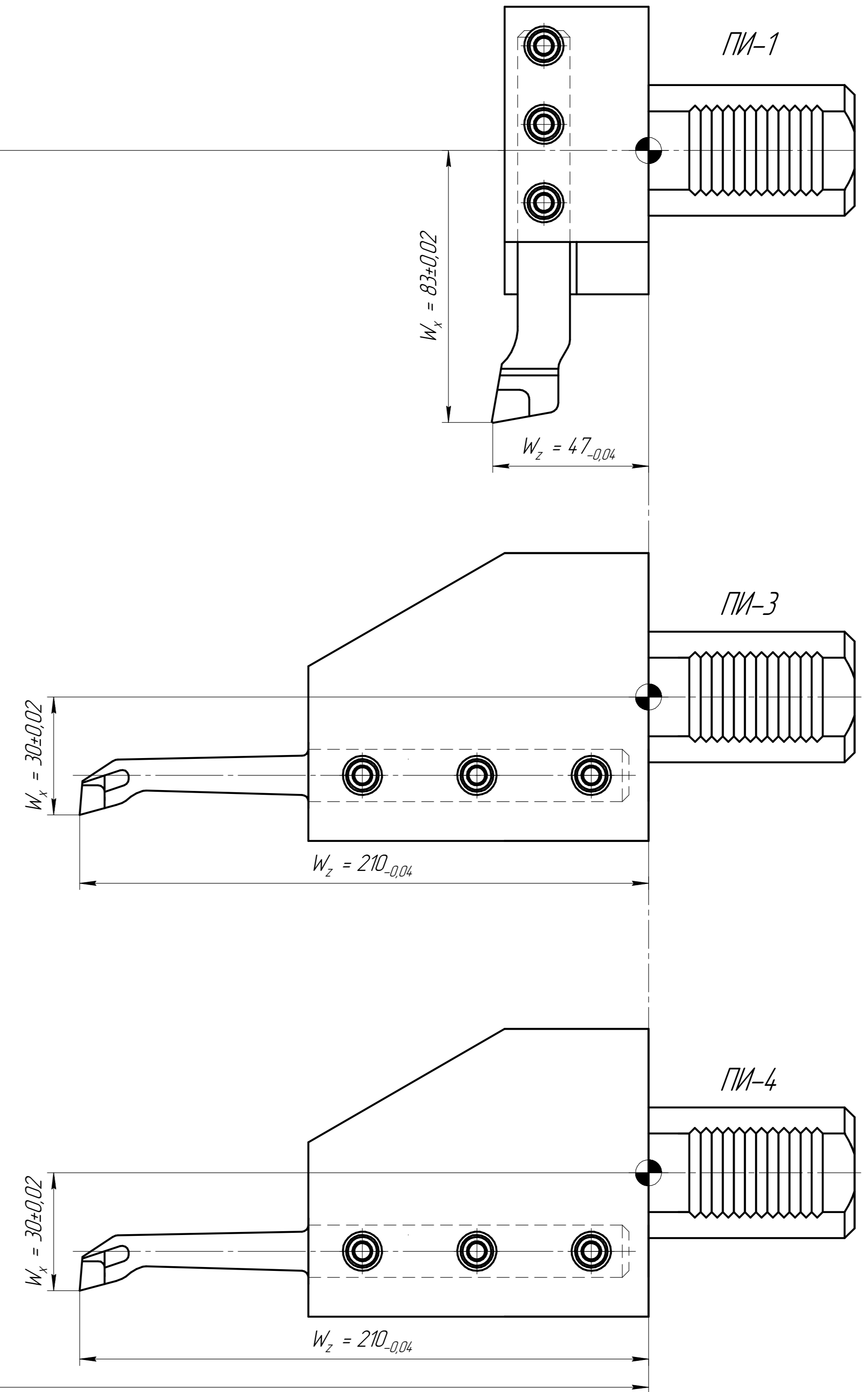
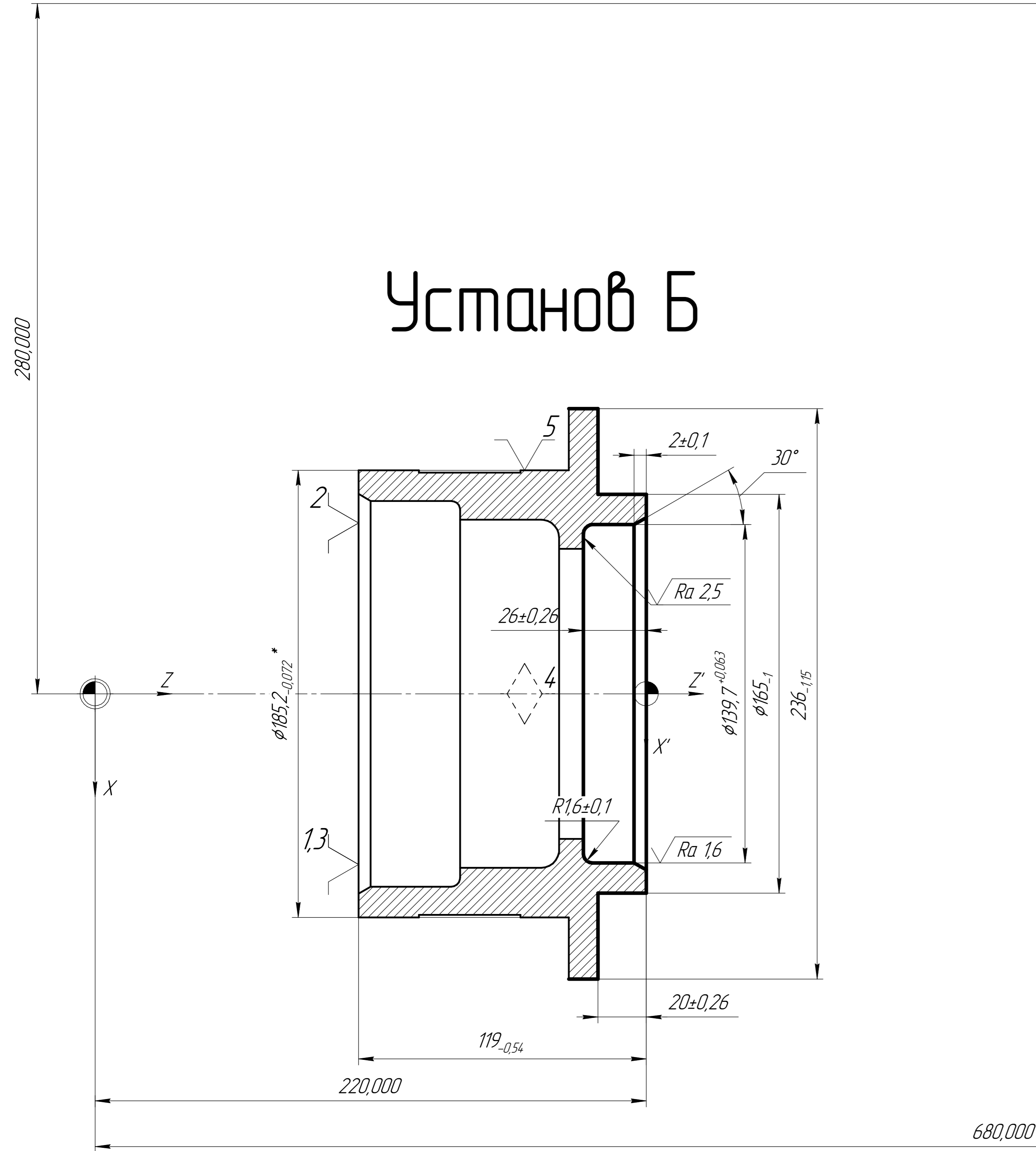
Приложение В  
Карты наладки (графическая часть)

# Установ А



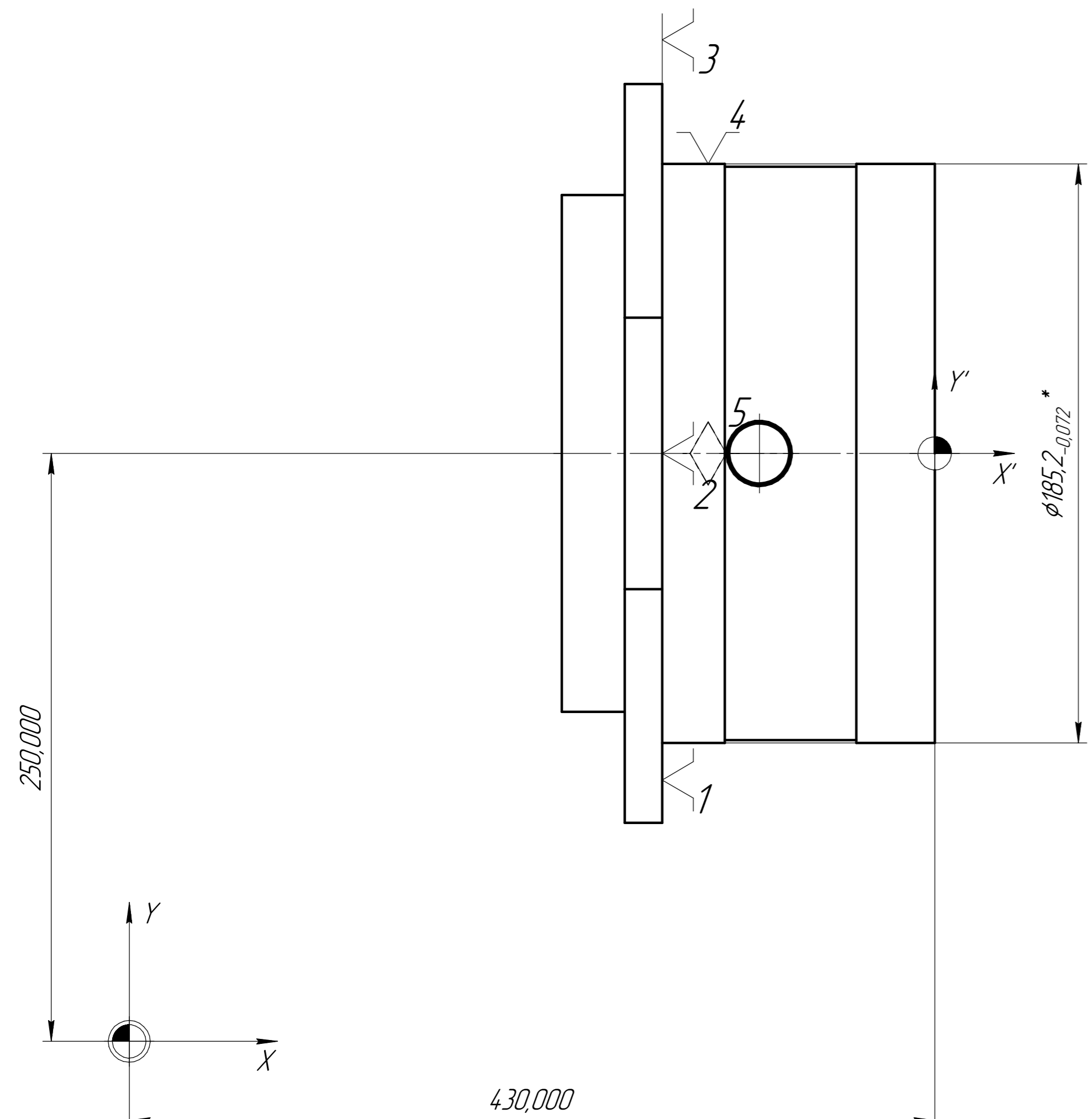
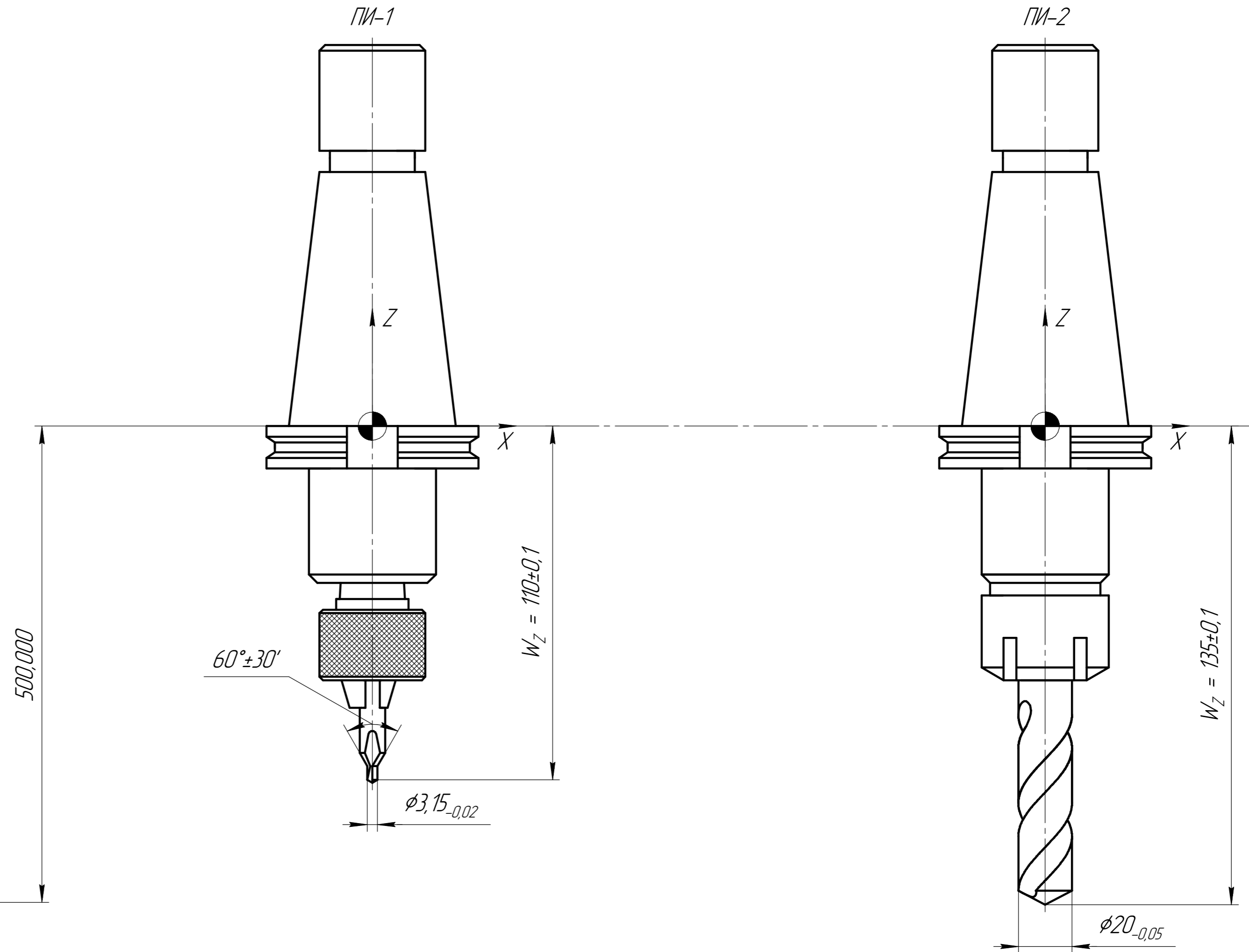
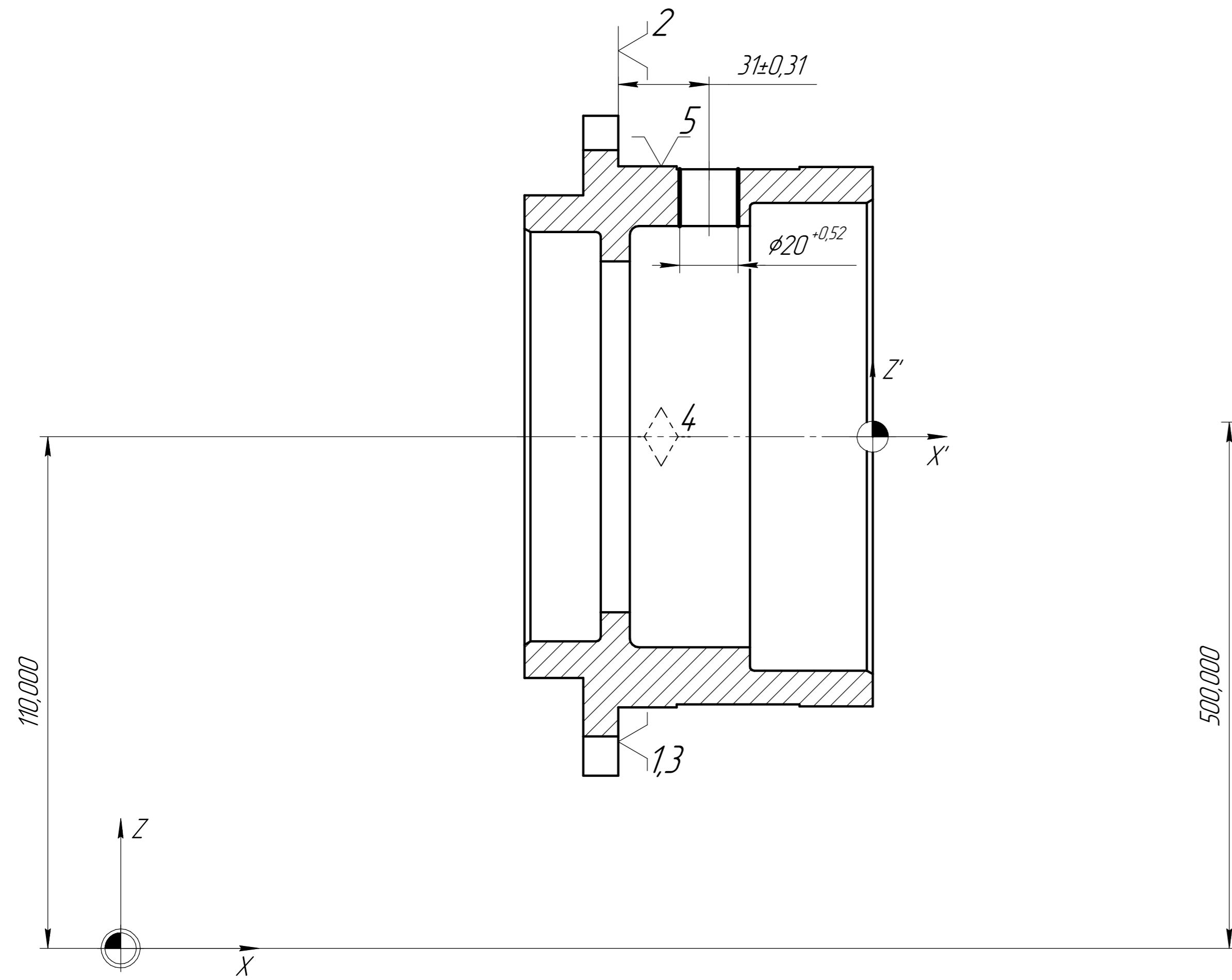
-  - нуль станка
-  - нуль детали
-  - нуль инструмента

# Установ Б



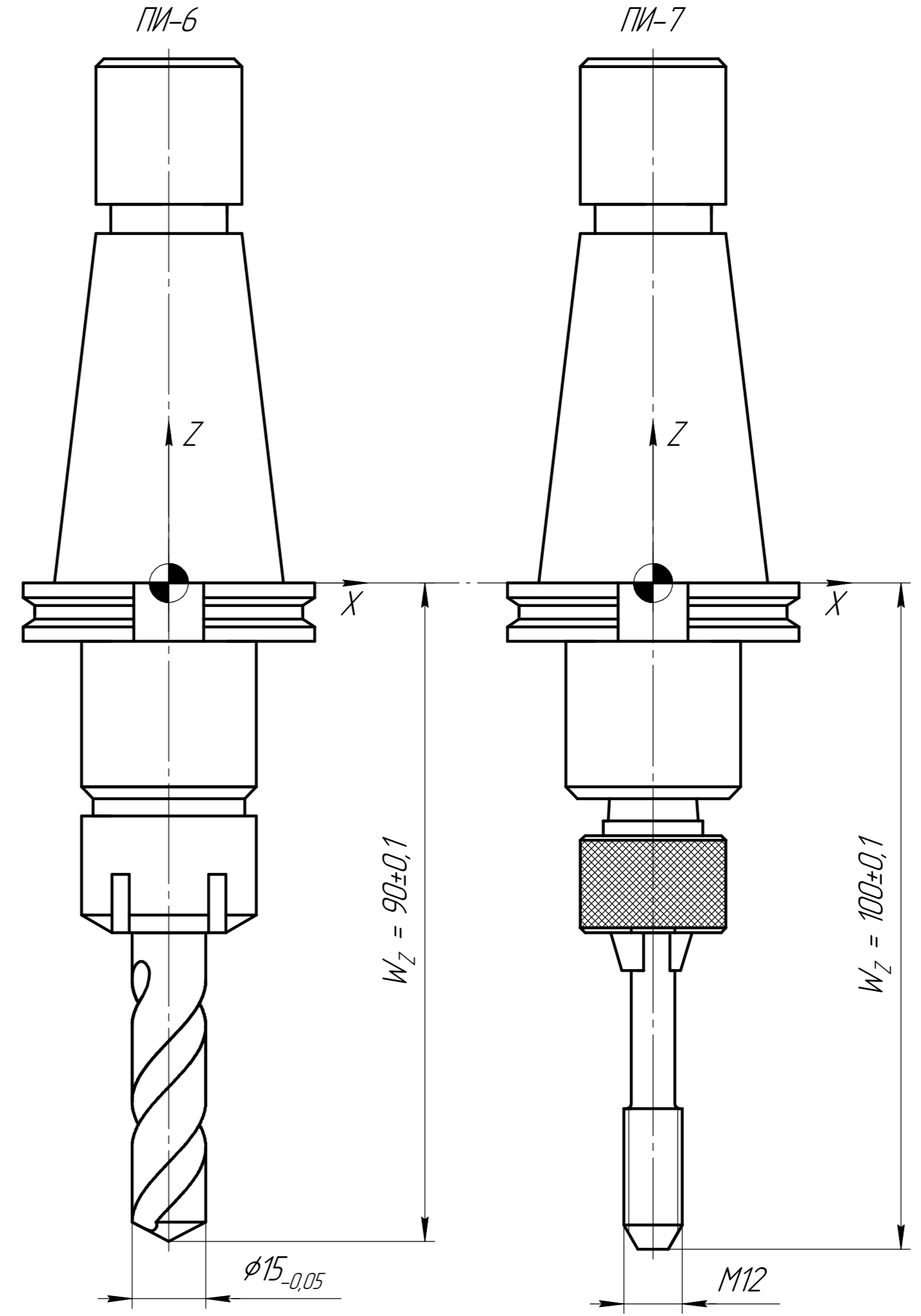
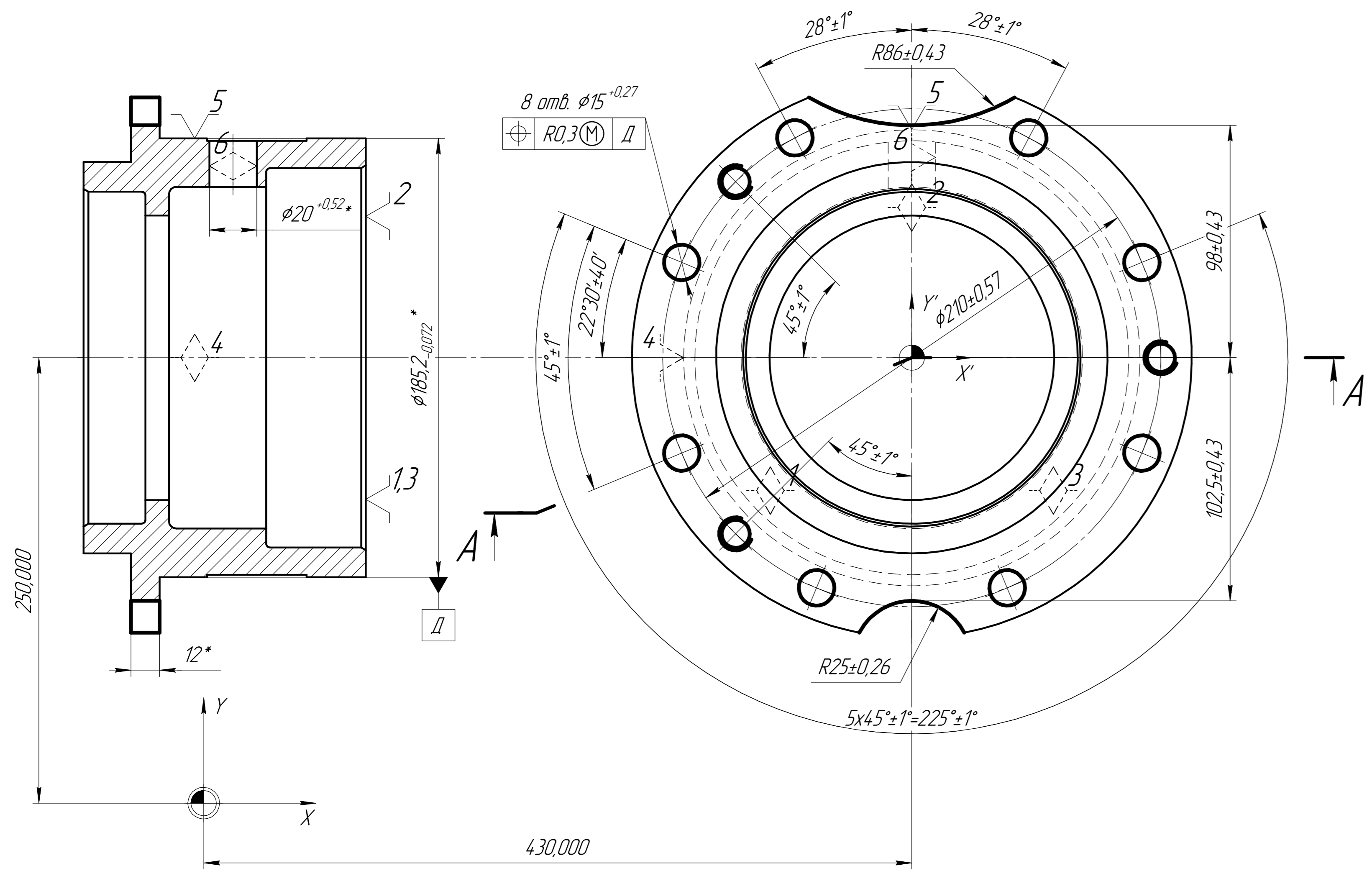
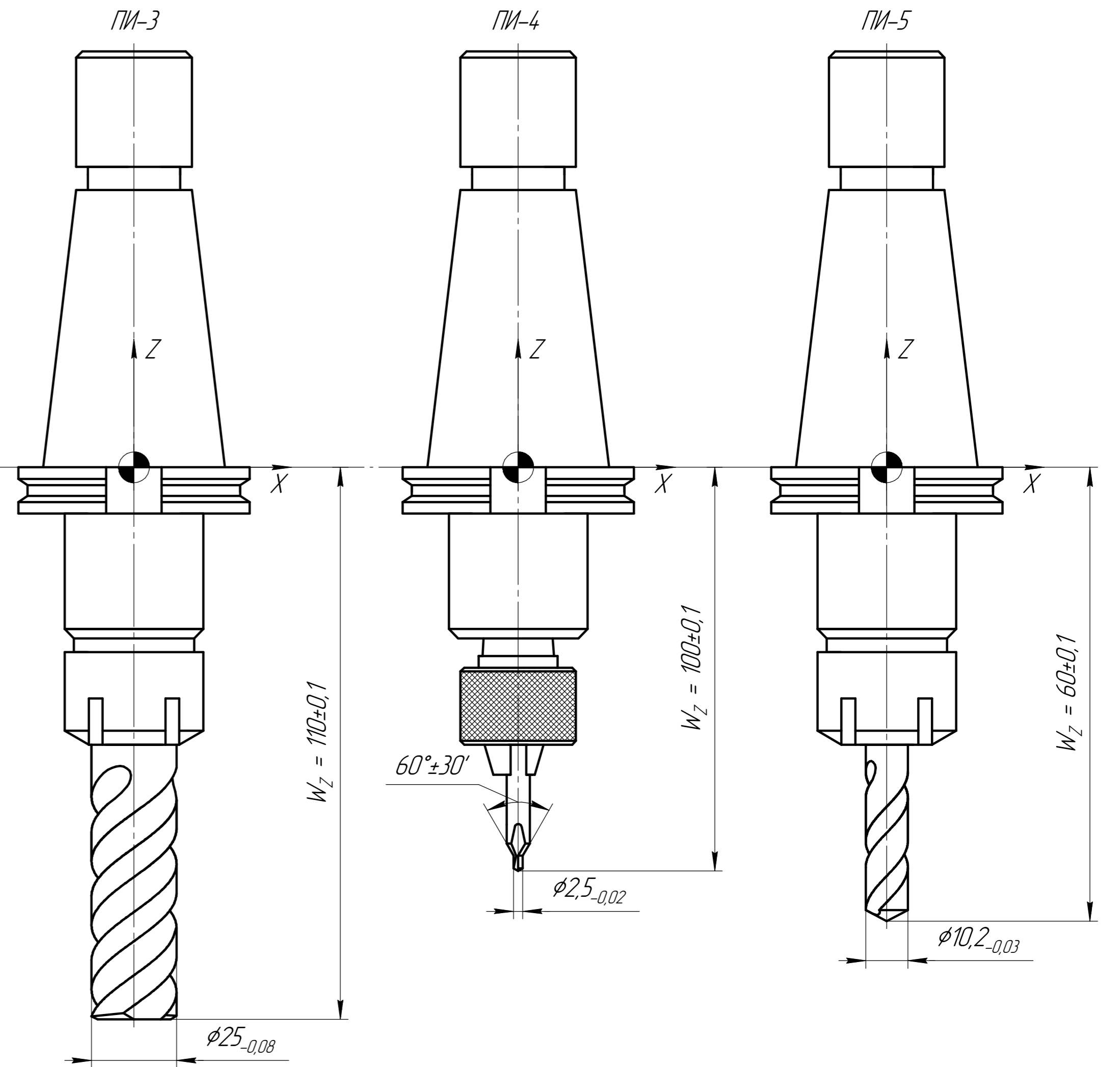
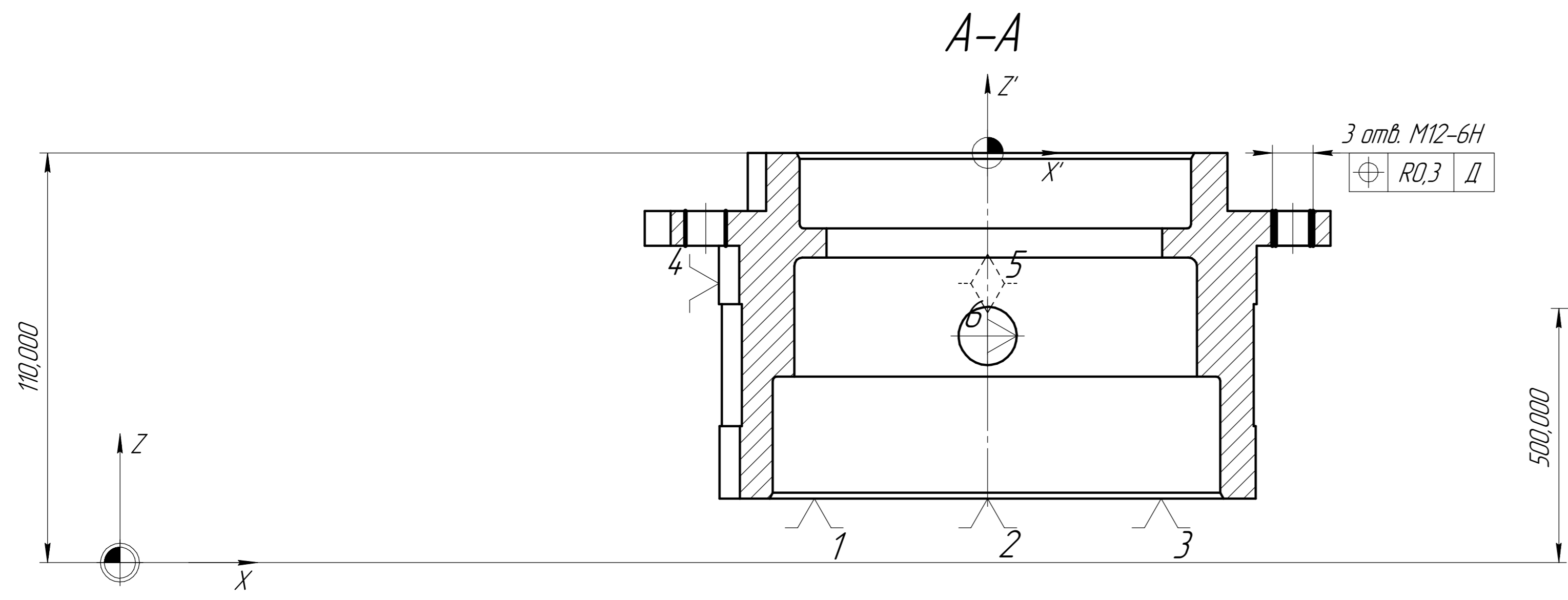
\* Размер для справок.  
 ● - ноль станка  
 ● - ноль детали  
 ● - ноль инструмента

# Установ А



- \* Размер для справок.
- - ноль станка
- - ноль детали
- - ноль инструмента

# Установ Б



\* Размеры для справок.  
 ● - ноль станка  
 ○ - ноль детали  
 ◐ - ноль инструмента

Приложение Г  
Технические характеристики станков с ЧПУ

Таблица Г.1 – Технические характеристики токарного станка с ЧПУ СKE6150Z. Устройство ЧПУ – Fanuc

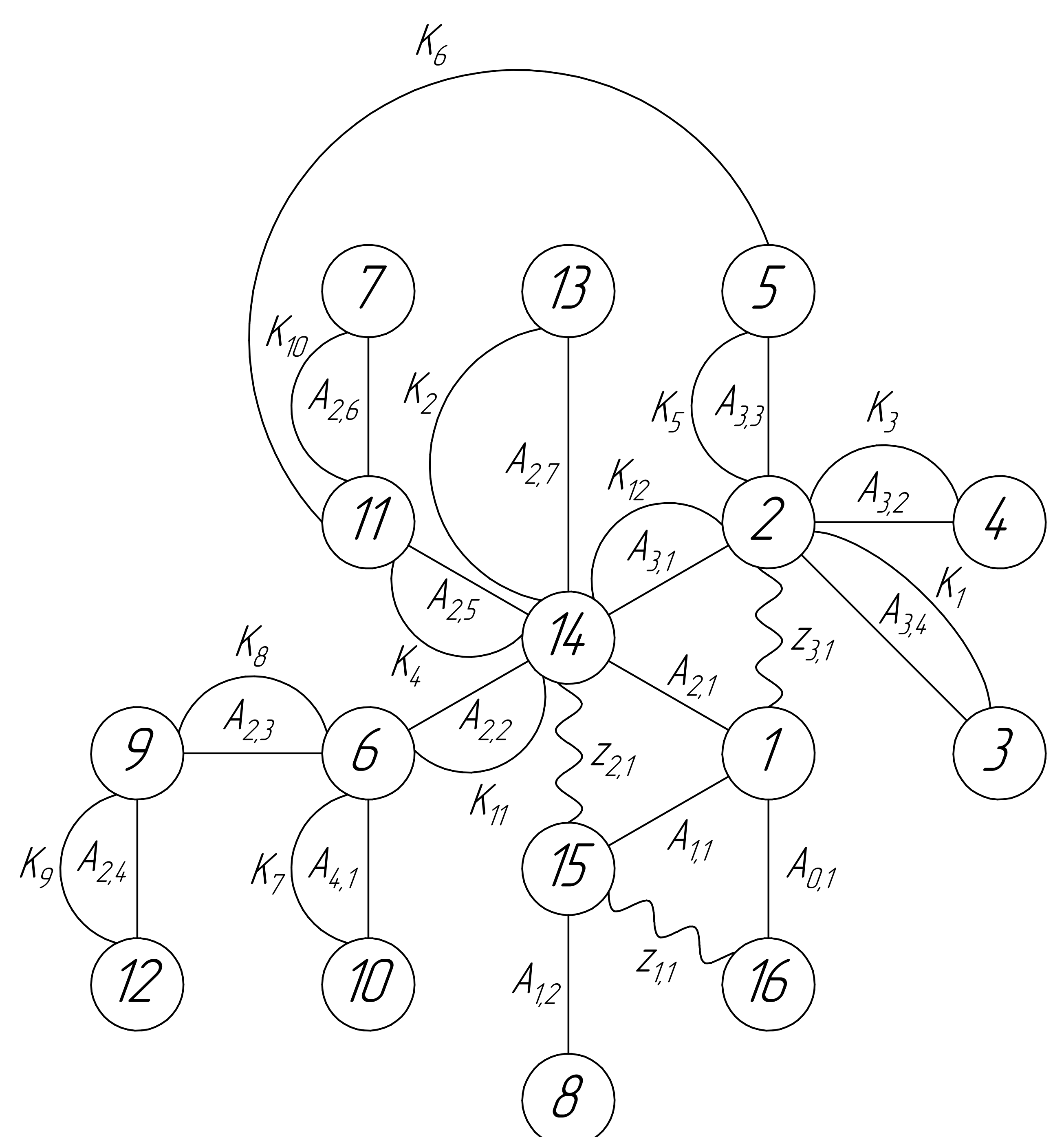
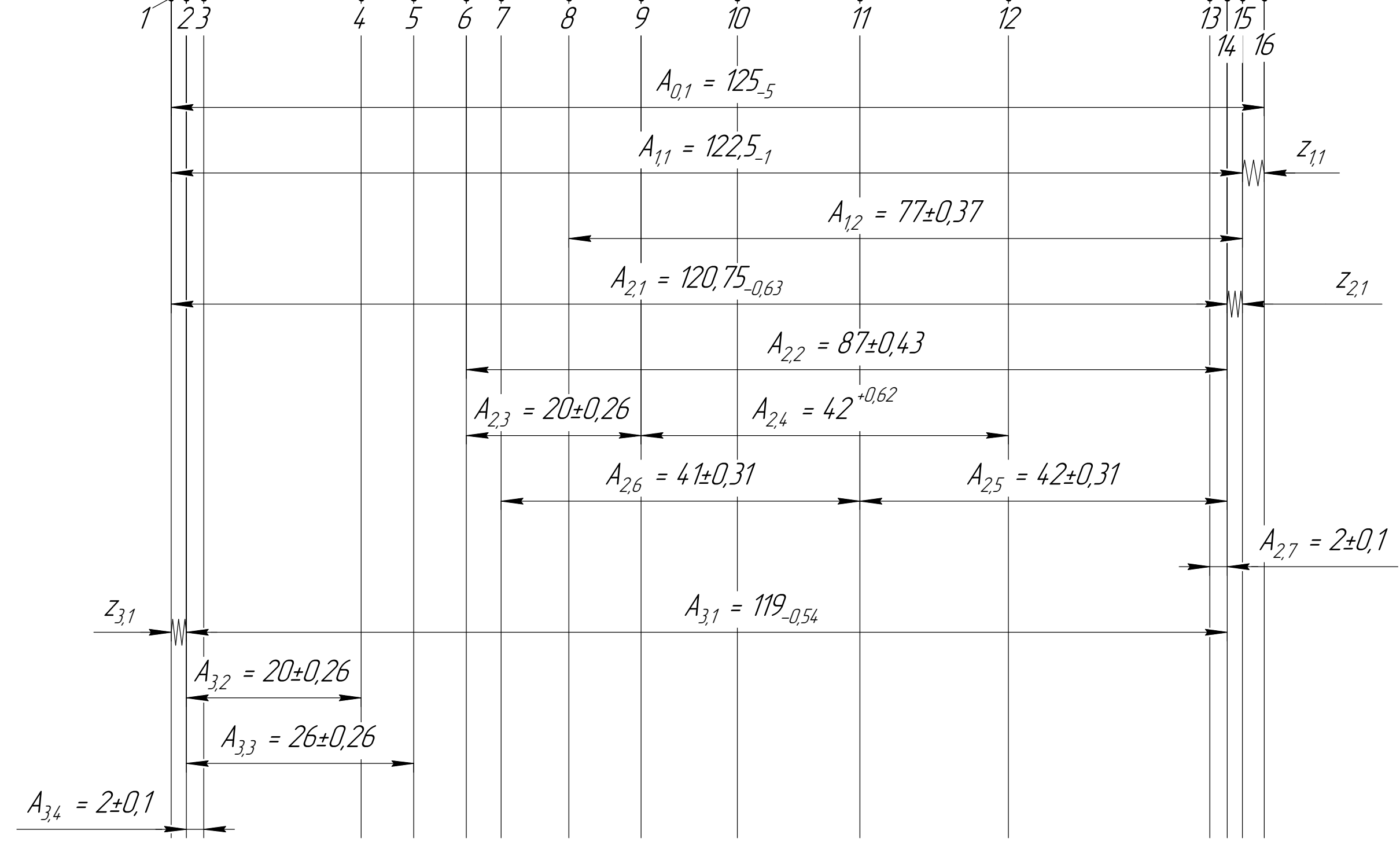
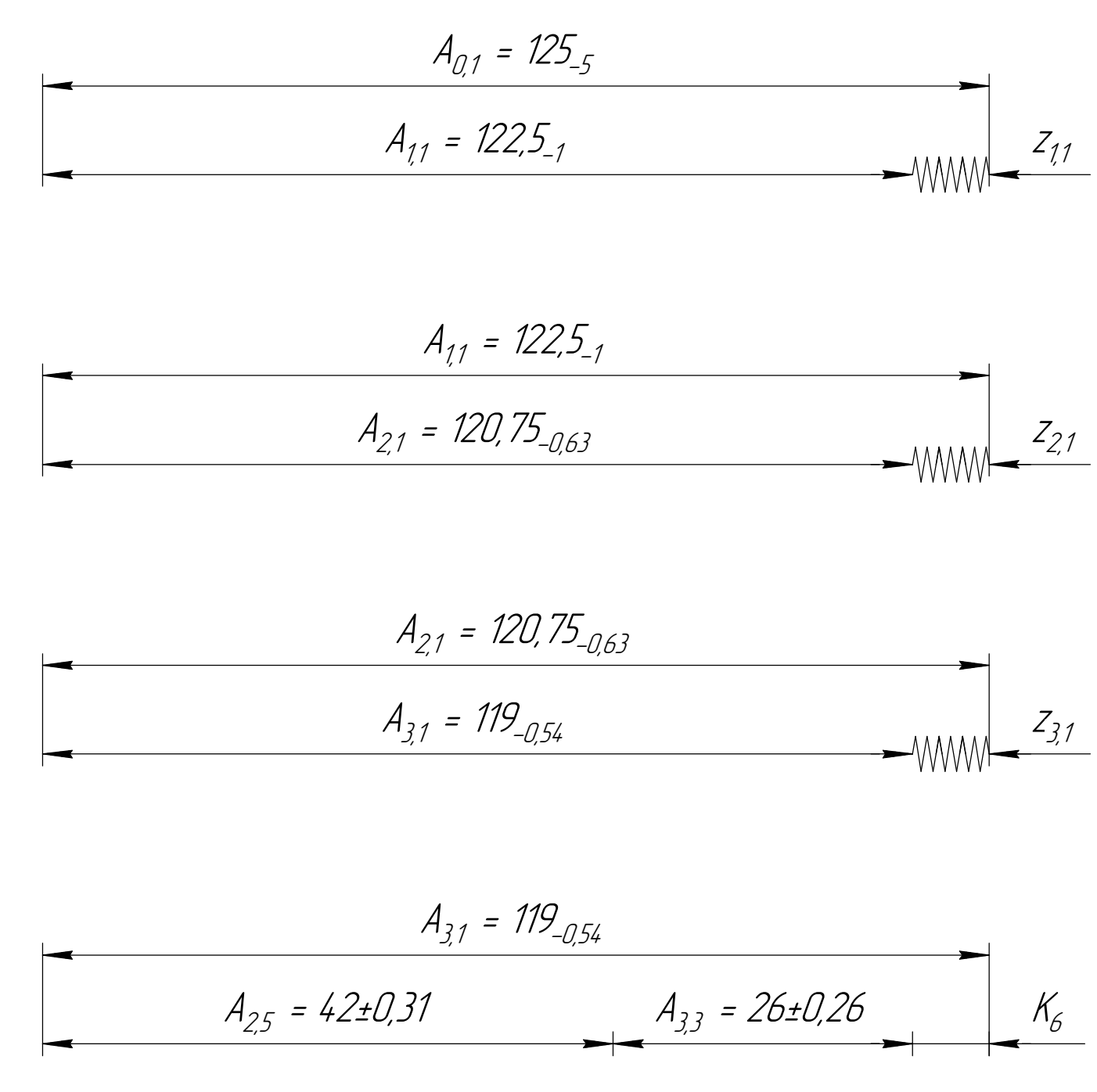
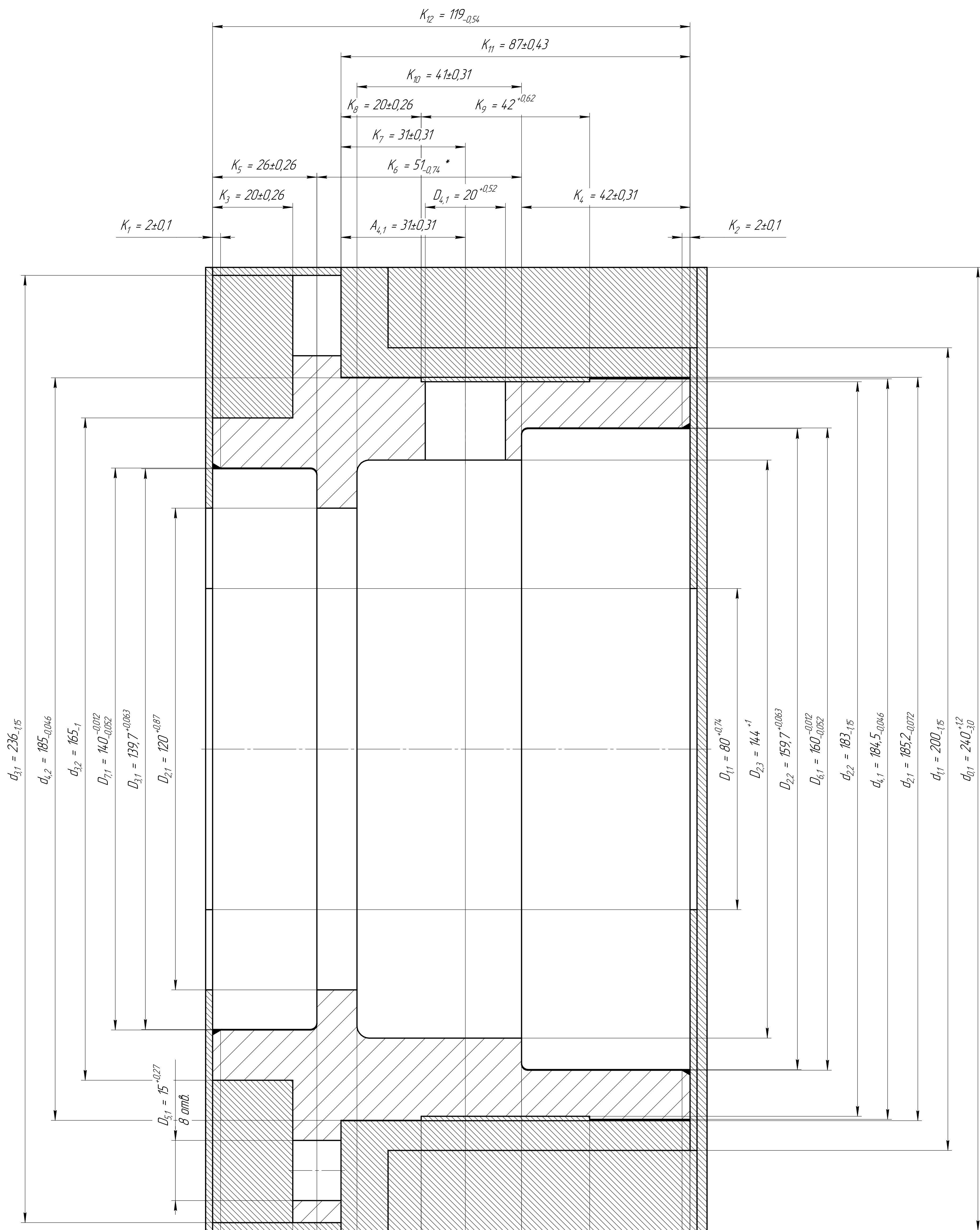
Технические данные	Единицы измерения	Значение
Максимальный диаметр обработки над станиной	мм	500
Максимальный диаметр обработки над суппортом	мм	280
Диаметр патрона	мм	250
Максимальная длина обработки	мм	2000
Диаметр отверстия в шпинделе	мм	82
Диапазон скоростей вращения шпинделя	об/мин	7-2200
Ширина направляющих	мм	400
Перемещение по оси X	мм	280
Перемещение по оси Z	мм	1930
Точность позиционирования	мкм	±5
Повторяемость	мкм	±3
Конус шпинделя	-	1:20
Мощность главного привода электропривода	кВт	7,5
Диаметр пиноли задней бабки	мм	75
Выдвижение пиноли задней бабки	мм	150
Габаритные размеры	мм	2827x1749x1620
Масса нетто	кг	2600

Таблица Г.2 – Технические характеристики вертикально-фрезерного станка с ЧПУ Abamet VF-2TSM. Устройство ЧПУ – Fanuc

Технические данные	Единицы измерения	Значение
Количество осей станка	-	3
Перемещение по оси X	мм	860
Перемещение по оси Z	мм	500
Размер рабочего стола	мм	1100x500
Перемещение по оси Y	мм	500
Максимальные обороты шпинделя	об/мин	10000
Емкость сменщика инструмента	шт	24
Максимально допустимая нагрузка на стол	кг	800
Максимальная мощность шпинделя	кВт	16,5
Максимальный крутящий момент	Нм	105
Максимальный диаметр устанавливаемого инструмента при соседних занятых	мм	80
Максимальный диаметр устанавливаемого инструмента при соседних пустых	мм	130
Максимальная длина инструмента	мм	300
Максимальный вес устанавливаемого инструмента	кг	8
Объем памяти для хранения программ	Мб	2
Объем бака СОЖ	л	450

Приложение Д  
Размерный анализ





Граф-дерево технологических размерных цепей

Линейные размеры

Количество технологических размеров  $A = 15$   
 Количество поверхностей:  $\Pi = 16$   
 Количество конструкторских размеров:  $K = 12$   
 Количество припусков:  $z = 3$   
 Проверка правильности построения размерной схемы:

$\Pi - 1 = A$   
 $16 - 1 = 15$

условие №1 выполняется

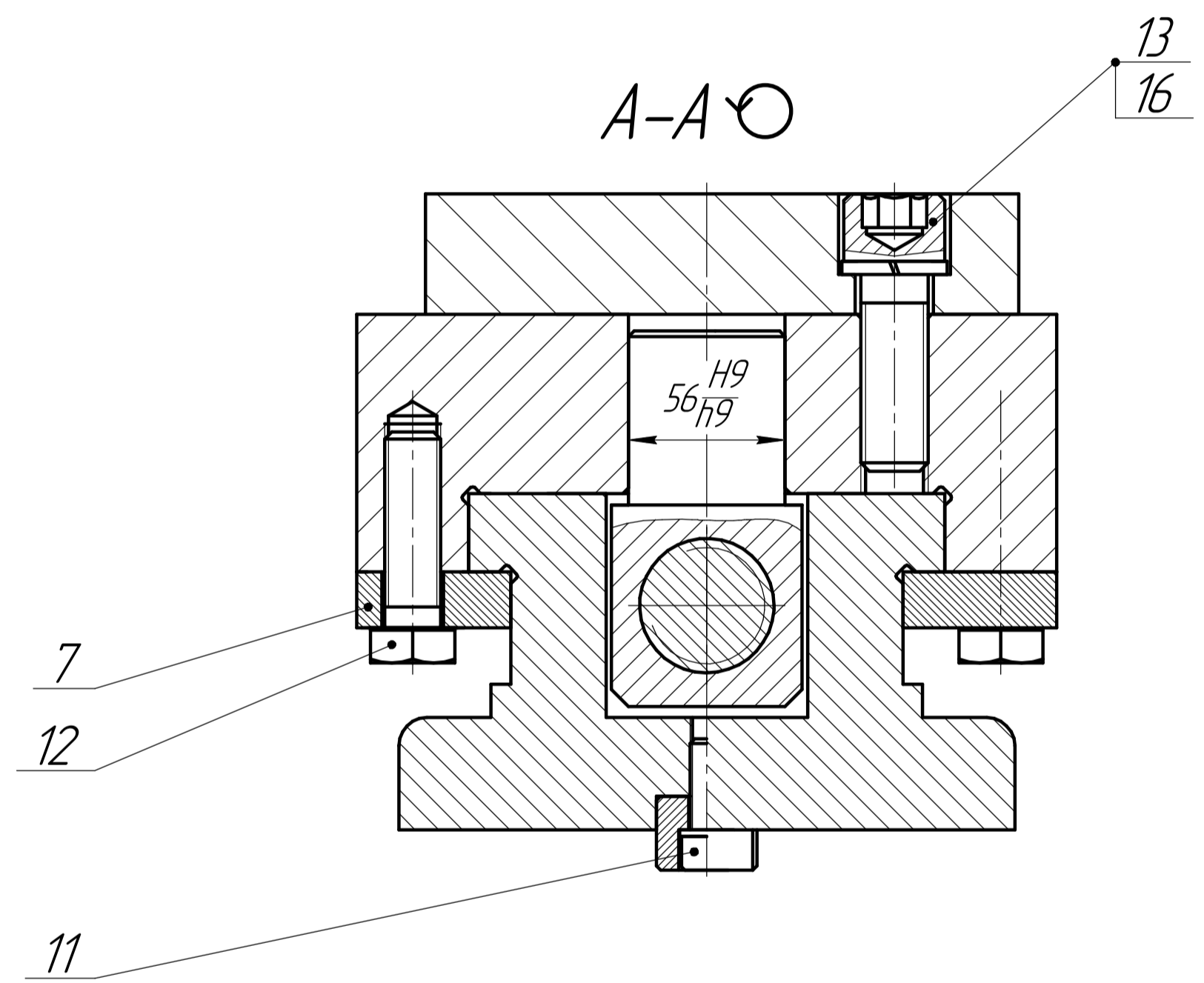
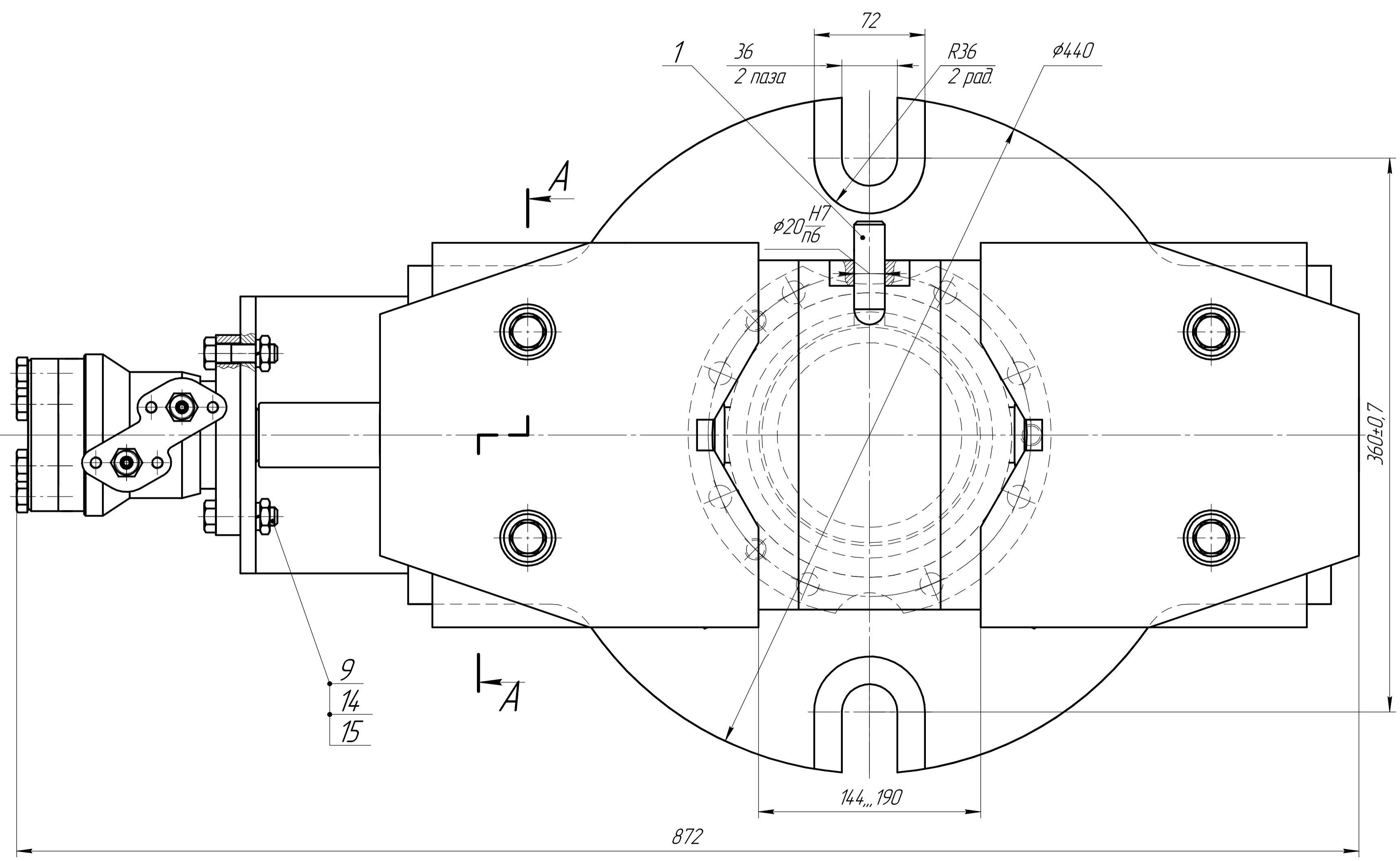
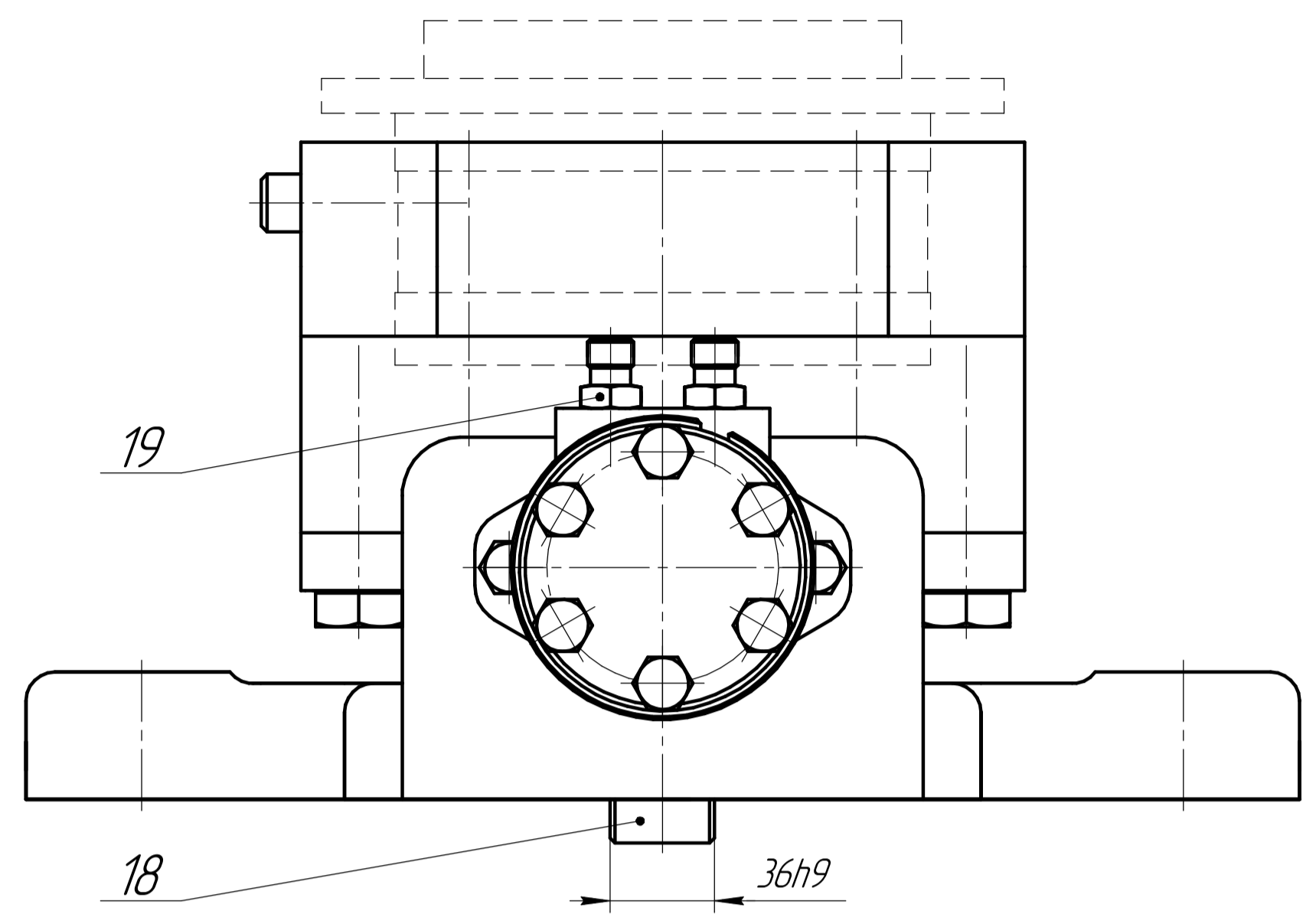
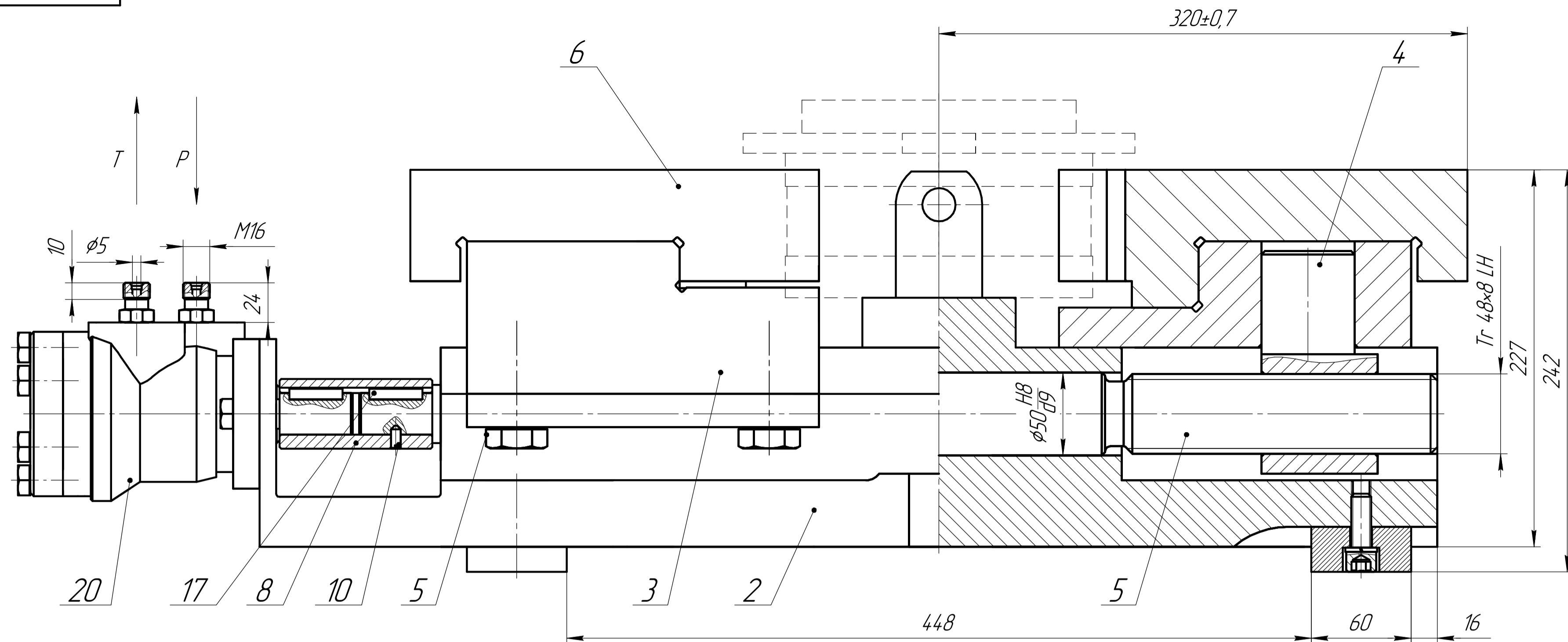
$K + z = A$   
 $12 + 3 = 15$

условие №2 выполняется

				ИШНПТ-4А91003.00.00.01		
				Размерный анализ		
				технологического процесса		
Исполнитель	Проверка	Дата	Лист	Масштаб	Максимум	
Иванов И.И.	Петров П.П.	15.05.2024	5		21	
Исполнитель	Проверка	Дата	Лист	Масштаб	Максимум	
Иванов И.И.	Петров П.П.	15.05.2024	7		7	

ИШНПТ-4А91003.00.00.01  
 ТПУ ИШНПТ  
 Группа 4А91  
 Формат А0

Приложение Е  
Сборочный чертеж приспособления



- Технические характеристики:
- 1. Диаметры зажимаемых заготовок, мм ..... 100-200
  - 2. Усилие зажима, кН ..... 2,34
  - 3. Шаг винта, мм ..... 190

- Технические требования:
1. Подвижные элементы предварительно смазать консистентной смазкой пресс-солидол Ж ГОСТ 1033-79.
  2. Параметр шероховатости Ra базовых поверхностей тисков должен быть не более 0,8 мкм.
  3. Механически необработанные поверхности корпуса тисков должны быть окрашены эмалью ХВ-124 голубовато-зеленой, ИУХ/4.6 ГОСТ 9.032-74.
  4. Вторая часть винта с правым направлением резьбы.
  5. Обеспечить отклонение от плоскостности поверхности основания тисков на всей длине не более 10 мкм.
  6. Обеспечить отклонение от перпендикулярности рабочих поверхностей губок к плоскости основания тисков на длине 100 мм не более 10 мкм.
  7. Обеспечить отклонение от параллельности рабочих поверхностей зажимных губок на длине 100 мм не более 10 мкм.

ИШНПТ-4А91003.00.00.00 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Тиски самоцентрирующие	12
Разраб.	Выжова Д.А.				Сборочный чертеж	
Проб.	Анисимова МА				Лист	Листов 1
Т.контр.					ТПУ ИШНПТ	
Исполн.					Группа 4А91	
Удт.					Формат А1	

КОМПАС-3D 12 Четыре версии © 2022 ООО «АСОП-Системы проектирования». Россия. Все права защищены.  
 Имя, № листа, Подп. и дата, Взам. инв. №, Инв. № докум., Подп. и дата, Стр. № изм.

Приложение Ж  
Спецификация

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
		A1			ИШНПТ-4А91003.00.00.00 СБ	Сборочный чертеж			
		A4			ИШНПТ-4А91003.00.00.00 ПЗ	Пояснительная записка			
Справ. №						<u>Детали</u>			
		Б4		1	ИШНПТ-4А91003.00.00.01	Палец	1		
		Б4		2	ИШНПТ-4А91003.00.00.02	Корпус	1		
		Б4		3	ИШНПТ-4А91003.00.00.03	Каретка	2		
		Б4		4	ИШНПТ-4А91003.00.00.04	Гайка	2		
		Б4		5	ИШНПТ-4А91003.00.00.05	Винт	1		
		Б4		6	ИШНПТ-4А91003.00.00.06	Губка	2		
		Б4		7	ИШНПТ-4А91003.00.00.07	Пластина	2		
		Б4		8	ИШНПТ-4А91003.00.00.08	Муфта	1		
						<u>Стандартные изделия</u>			
				9		Болт М12-6дх40 ГОСТ 7798-70	2		
				10		Винт А.М6-6дх14 ГОСТ 1476-93	1		
				11		Винт М12-6дх35 ГОСТ 11738-84	2		
				12		Винт М20х70 ГОСТ Р ИСО 4017	8		
				13		Винт М24-6дх75 ГОСТ 11738-84	4		
				14		Гайка М12-6Н ГОСТ 5916-70	2		
					<b>ИШНПТ-4А91003.00.00.00</b>				
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.		Быкова Д.А.			Лит.	Лист	
		Пров.		Анисимова М.А.				1	
		Н.контр.					Листов		
		Утв.					2		
<b>Тиски самоцентрирующие</b>							ТПУ ИШНПТ Группа 4А91		
Не для коммерческого использования					Копировал			Формат А4	

