

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 Машиностроения

ООП/ОПОП: Оборудование и высокоэффективные технологии в автоматизированном машиностроительном производстве

Отделение школы (НОЦ): Отделение машиностроения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Темаработы
Технологическая подготовка производства детали «Крышка» на станках с ЧПУ УДК 621.81-2-043.61

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A91	ЛиВэйхан		05.06.23

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		05.06.23

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		05.06.23

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А. И.	д.т.н., профессор		05.06.23

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 «Машиностроение» доцент ОМШ ИШНПТ	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

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

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	Осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ДОПК(У)-1	Способен разрабатывать и оформлять конструкторскую документацию в соответствии со стандартами и с учетом технических и эксплуатационных характеристик деталей и узлов изделий
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт

	оборудования
ПК(У)-6	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико- механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-10	Умеет учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
ПК(У)-11	Умеет использовать стандартные средства автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
ПК(У)-12	Способен оформлять законченные конструкторские документы в соответствии со стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-16	Способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	Умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП 15.03.01
Е.А. Ефременков
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

бакалаврской работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
154A91	ЛиВэйхан

Тема работы:

Технологическая подготовка производства детали «Крышка» на станках с ЧПУ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №142-13/с от «22» 05.2023 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Чертёж детали «Крышка», годовая программа выпуска 2000 шт.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ чертежа и технологичности детали, определение типа производства и выбор заготовки, разработка маршрута обработки, составление операционных эскизов и содержание всех технологических переходов, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания для каждого перехода и штучно-калькуляционного времени на каждую операцию, конструирование специального механизированного приспособления для одной операции. Разработка вопросов финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения, социальной ответственности.
Перечень графического материала	Чертёж детали формата А3, карты технологического процесса изготовления детали формата А1, плакат размерного анализа формата А1 или А2, чертёж приспособления формата А1

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологический и конструкторский	Козлов Виктор Николаевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОмШ ИШНПТ	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		30.11.2022

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154А91	Ли Вэйхан		30.11.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 173 с., 18 рис., 21 табл., 11 источников, 23 с. прил.

Ключевые слова: втулка подшипниковая, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, самоцентрирующая оправка.

Объектом исследования является технология изготовления детали «Втулка подшипниковая».

Цель работы – создание эффективного маршрута технологического процесса изготовления детали «Втулка подшипниковая».

В процессе исследования изложено обоснование выполнения ВКР, выполнен анализ чертежа детали и её технологичности, определен тип производства, описан принцип выбора заготовки в соответствие с её материалом детали с представлением операционных эскизов и описанием переходов по каждой операции, и серийностью производства, выполнен чертёж заготовки, разработан маршрут обработки, рассчитаны припуски на обработку и технологические размеры, выполнен размерный анализ техпроцесса с уточнением технологических размеров, рассчитаны режимы резания для каждого технологического перехода и требуемая мощность оборудования для каждой операции, назначена модель станка, рассчитано время выполнения каждой операции.

В конструкторской части работы выполнен расчёт усилия для закрепления заготовки и спроектировано механизированное приспособление с пневмоприводом.

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

THE ABSTRACT

The final qualifying work (Diploma Thesis) contains 173 pages of explanatory notes , 18 figures, 21 tables, 11 references, 23 pages of appendix.

Key words: bearing bushing, technological processing, dimensional analysis, cutting conditions, self-centering mandrel.

The object of research is the manufacturing technology of the part "Bearing bushing".

The purpose of the work is to create an effective route for the technological process of manufacturing the part “Bearing Bushing”.

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

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

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	10
1 Технологическая часть	12
1.1 Анализ чертежа детали и её технологичности	13
1.2 Расчёт серийности и выбор заготовки	17
1.3 Разработка содержания операций	18
1.4 Расчет припусков на обработку	28
1.5 Расчет технологических размеров	33
1.6 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали	35
1.7. Проектирование гибкой производственной системы	36
1.8 Расчет режимов и мощности резания	37
1.9 Нормирование технологических операций	44
2. Конструкторская часть	51
2.1 Расчёт параметров резания	51
2.2 Расчёт требуемого усилия закрепления разжимной оправки.	57
2.3 Выбор конструкции разжимной оправки.	60
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	71
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности	72
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений	72
3.1.2 SWOT-анализ	73
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	76
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	76
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	77
3.3 Бюджет научно-технического исследования.	80
3.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	80

3.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	80
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	81
3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	83
3.3.5 Накладные расходы	84
3.3.6 Бюджетная стоимость НИР	85
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	85
3.5 Выводы по разделу	89
4. Социальная ответственность	90
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
4.2 Производственная безопасность	94
4.3 Экологическая безопасность	106
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	108
4.5 Выводы по разделу	109
Заключение	110
Список литературы	111
Приложение А (обязательное) Чертёж детали	112
Приложение Б (обязательное) Комплексная схема обработки Граф технологических размеров	114
Приложение В (обязательное) Чертёж разжимной оправки	116
Приложение Г (обязательное) Спецификации	118
Приложение Д (обязательное) Сборочный эскиз разжимной оправки с пневмокамерой	120
Приложение Е (обязательное) Спецификации	122
Приложение Ж (обязательное) Карта технологического процесса	125

ВВЕДЕНИЕ

Деталь «Крышка» предназначена для удержания подшипников в отверстиях механизма и предотвращения попадания загрязнений в подшипники и в корпус механизма, в котором она устанавливается.

Крышка представляет собой деталь в форме тела вращения, но имеются и квадратные наружные поверхности большего размера, видимо для лучшей компактности размещения крышки на корпусе механизма. Наружные цилиндрические поверхности могут использоваться в качестве баз на некоторых операциях. Для предотвращения утечки масла из механизма и обеспечения достаточно герметичности в крышке предусмотрена внутренняя кольцевая канавка (проточка) для помещения туда уплотнителя. Для уменьшения зазора против проникновения загрязнений, отверстие для выхода вала выполняется с малым квалитетом и нулевым основным отклонением по Н, т.е. $\varnothing 24,1H7$. Для предотвращения утечки масла необходимо обеспечить малое отклонение от соосности посадочной поверхности $\varnothing 50h8$ и отверстия под выход вала $\varnothing 24,1H7$ – не более 0,01 мм.

Материал крышки не требует высокой прочности и противостоять износу, поэтому указанная конструктором сталь 45 может быть использована для её изготовления, закалка или другая особая термообработки не требуется. В качестве исходной заготовки может быть использован круглый горячекатаный пруток (т.к. меньше стоимость, к тому же диаметр прутка большой) в состоянии поставки.

Актуальность темы дипломного проекта заключается в необходимости технологической подготовки производства детали «Крышка». Для обеспечения гибкости производства и увеличения точности обработки планируется использование станков с ЧПУ. Это облегчит переход на выпуск подобных деталей с другими размерами, но схожей конструкцией, в серийном производстве.

Чтобы выполнить поставленные задачи, ВКР состоит из следующих четырех разделов (частей):

1. Технологический;
2. Конструкторский;
3. Финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
4. Социальной ответственности.

1 Технологическая часть

Исходные данные

Эскиз детали (рис. 1.1), годовая программа выпуска $N = 2000$ шт.

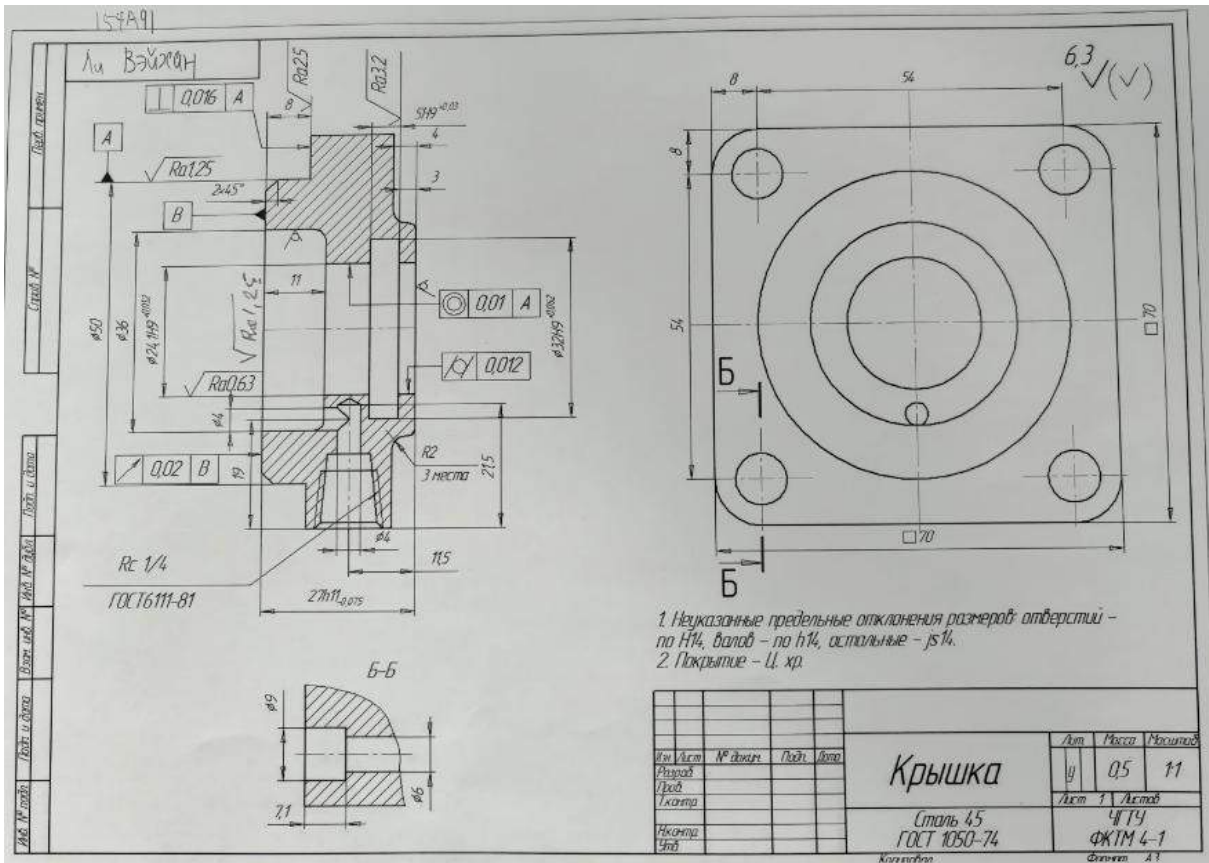
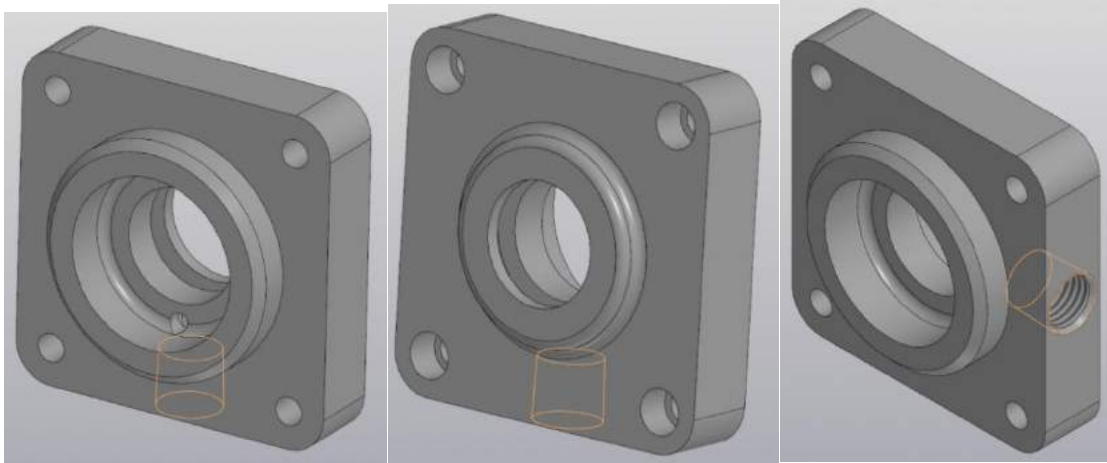


Рис. 1.1. Начальный эскиз детали «Крышка», полученный при выдаче задания 30.11.2022 г.



а) изометрия спереди;

б) изометрия сзади;

в) изометрия снизу

Рис. 1.2. 3D – модель детали «Крышка»

1.1 Анализ чертежа детали и её технологичности

Чертёж детали «Крышка» (см. эскиз на рис. 1.1 а) имеет все необходимые виды и разрезы для понимания конструкции детали и простановки необходимых размеров. Отсутствует размер короткой наружной цилиндрической поверхности на правом торце. Учитывая масштаб чертежа, он был определён как $\text{Ø}40\text{h}14$.

На чертеже имеются требования по шероховатости, соответствующие указанной точности, и требования к расположению поверхностей. Общая шероховатость $R_a 6,3$ мкм была указана по старому стандарту. В целом точность изготовления не очень высокая, за исключением отверстия $\text{Ø}24,1\text{H}7$. Расточка короткого отверстия $\text{Ø}32\text{H}9$ внутренней канавки шириной 5 мм требует согласования с конструктором, т.к. назначение достаточно высокой точности у этого отверстия не понятно по конструктивным соображениям (может быть, сюда вставляются 2 или более вкладышей), т.к. отверстие не имеет выхода по торцу и обеспечить посадку ($\text{H}9/\text{h}9$ и т.п.) не представляется возможным. Поэтому должно быть по 14 качеству, т.е. указать $\text{Ø}32\text{H}14$, или просто $\text{Ø}32$, имея ввиду надпись над штампом «...неуказанные предельные отклонения размеров...» Шероховатость стенок рассматриваемой канавки $R_a 3,2$ мкм соответствует точности ширины этой канавки $5\text{H}9$, но сама ширина

канавки не требует такой высокой точности и может быть изготовлена по Н14 для уменьшения трудоёмкости и уменьшения вероятности появления брака только из-за завышенных требований по точности только к этой канавке, но это требует согласования с конструктором.

Шероховатость поверхности отверстия $\text{Ø}24,1\text{H}9$ указана Ra 0,63 мкм, т.е. требует полирования или согласования с конструктором необходимости такой малой шероховатости для отверстия средней точности (по девятому качеству) – возможно, конструктор хотел указать Ra 1,25 мкм. В целом требуется более высокая точность этого отверстия, возможно $\text{Ø}24,1\text{H}7$ для уменьшения зазора против проникновения загрязнений, но это решается после согласования с конструктором.

Излишне малая шероховатость Ra 1,25 мкм указана для $\text{Ø}50$. По чертежу должно быть h14, т.к. в пункте № 1 над штампом для наружных поверхностей указано h14, которую можно получить при черновой обработке с первого прохода. Но, скорее всего, конструктор не указал точность поверхности $\text{Ø}50$, т.к. она является базовой (база А). В этом случае должно быть указано $\text{Ø}50\text{h}7$ или $\text{Ø}50\text{h}8$ (т.е. по 8 качеству), судя по малой шероховатости Ra 1,25 мкм. По этой цилиндрической поверхности деталь устанавливается в отверстие, видимо, корпуса, с посадкой (вероятно Н8/ h8), гарантирующей минимальный нулевой зазор и хорошую соосность присоединяемых деталей к крышке и к этому отверстию в корпусе.

Шероховатость правого торца детали указана как не требующая обработки, однако обеспечить точность длины детали 27h11, т.е. по 11 качеству, в этом случае не возможно. Необходима обработка этого торца с шероховатостью не более Ra 6,3 мкм. С функциональной точки зрения длина детали не требует высокой точности, поэтому, скорее всего, должна быть изготовлена по 14 качеству.

Деталь в целом технологична, проста по конструкции, имеется хороший доступ ко всем обрабатываемым поверхностям. Небольшую сложность вызовет

обработка радиального конического резьбового отверстия $R_c \frac{1}{4}$ по ГОСТ 6111-81, которое можно обработать или на многофункциональном станке с ЧПУ (токарно-фрезерном центре с ЧПУ), или коническими метчиками $R_c \frac{1}{4}$ из 3 шт. в комплекте на вертикально-сверлильном станке.

Наличие наружной квадратной поверхности 70×70 вызывает необходимость использовать вертикально-фрезерный станок с закреплением круглой заготовки $\varnothing 99-105$ мм (мерного прутка $\varnothing 105h12 \times 30h14$) в тисках с одновременно сходящимися губками для обеспечения соосности квадратной поверхности 70×70 с осью цилиндрических поверхностей $\varnothing 50h14$, $\varnothing 36h14$, $\varnothing 24,1H9$ и т.д.

В качестве заготовки можно использовать мерную плиту 75×75 толщиной 30-35 мм, но это потребует вырезке такой начальной заготовки из большой плиты и толщиной не менее 30 мм или проката (полосы) квадратного сечения шириной 75 мм. Принятие полосы приведёт к уменьшению расхода материала и уменьшения трудоёмкости обработки квадрата $70h14 \times 70h14$, но необходимо сравнить экономическую целесообразность использования исходной заготовки прутка, полосы или штамповки с учётом серийности производства и стоимости исходной заготовки.

С учётом ошибок и недочётов, выявленных в ходе анализа конструкции и технологичности, был выполнен чертёж детали, по которому будет выполнен технологический процесс детали (рис. 1.2).

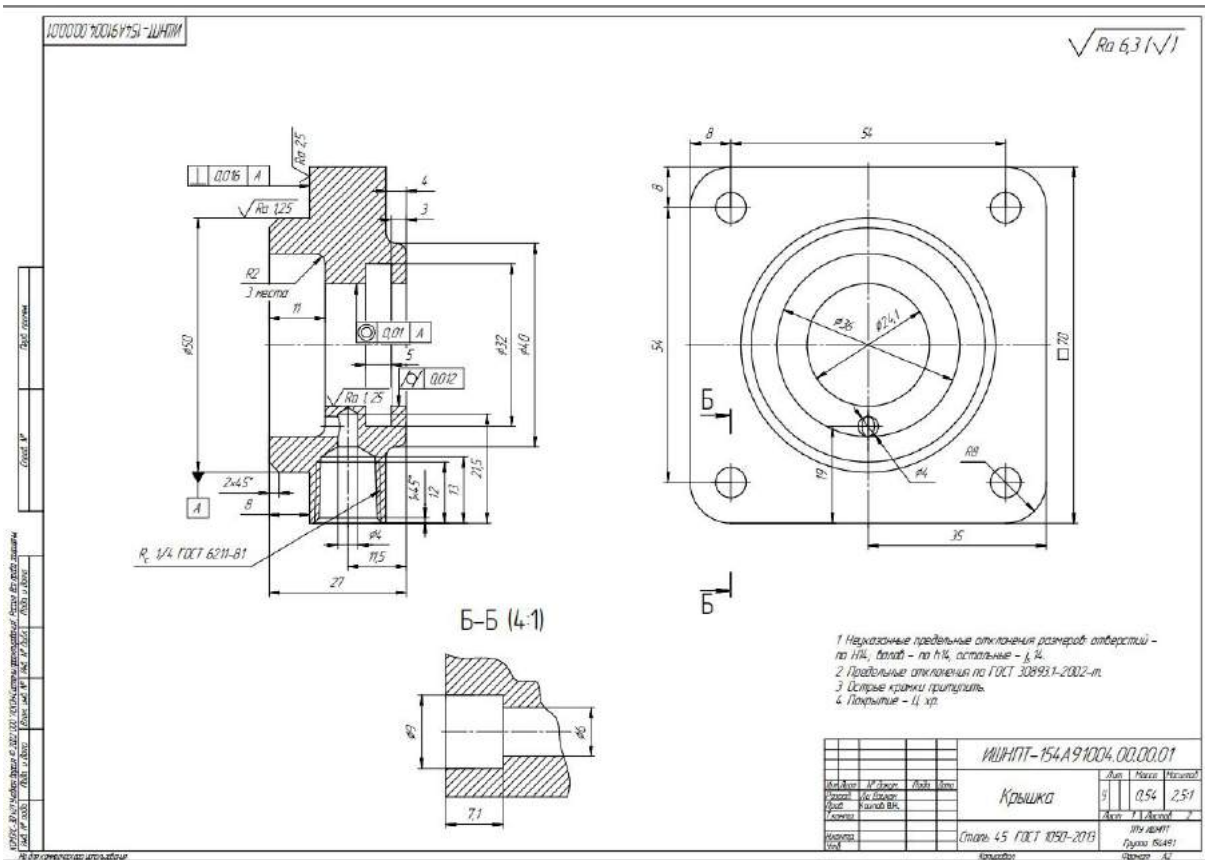


Рис. 1.3. Эскиз детали «Крышка» с исправлениями ошибок и недочётов, выявленных в ходе анализа конструкции и технологичности

1.2 Расчёт серийности и выбор заготовки

Программа выпуска деталей составляет 2000 штук. ($N = 2000$ шт.)

Исходя из данных предприятий при обработке деталей типа “Крышка” удельная трудоемкость $q_k = 8 \frac{\text{мин}}{\text{кг}}$. Рассчитываем трудоёмкость обработки детали весом $Q_d = 3,2$ кг:

$$T_{\text{шт-к}} = q_k \cdot Q_d = 8 \times 3,2 = 25,6 \text{ мин.}$$

Исходя из опыта предприятия предварительно определяем, что технологический процесс (ТП) детали типа “Крышка” содержит 6 механообрабатывающих операций, поэтому средняя продолжительность операций

$$t_{\text{шт-к ср}} = \frac{25,6}{6} = 4,27 \text{ мин}$$

Такт выпуска деталей определяется по формуле $t_B = \frac{60 \Phi_d}{N}$,

где Φ_d – фонд времени в планируемый период, ч;

N – годовой объем выпуска деталей.

При двухсменном режиме работы при использовании станков весом от 1 до 10 т $\Phi_d = 4015$ ч., годовая программа 2000 шт. Тогда

$$t_B = \frac{60 \cdot 4015}{2000} = 120,45 \text{ мин}$$

Рассчитываем коэффициент закрепления операции при обработке втулок подшипников

$$K_{3,0} = \frac{t_B}{t_{\text{шт-к ср}}} = \frac{120,45}{4,27} = 28,21$$

Так как $20 \leq K_{3,0} = 28,21 \leq 40$, то тип производства мелкосерийный, но близкий к среднесерийному. Это позволяет использовать штампованные или литые исходные заготовки при больших перепадах диаметров (более 10-20 мм).

На чертеже обозначен материал детали – сталь 40. При среднесерийном производстве предпочтительный способ получения исходной стальной

заготовки – штамповка с получением контура исходной заготовки близкого к контуру детали, т.к. имеется большой перепад диаметров наружных поверхностей ($\varnothing 70$ и $\varnothing 40$). Наличие двух соосных центральных отверстий достаточно большого диаметра ($\varnothing 36$ и $\varnothing 24$) вынуждает при штамповке выполнять прошивку этих отверстий для экономии материала и уменьшения времени на обработку этих отверстий.

1.3 Разработка содержания операций

Маршрут технологии изготовления детали типа «Крышка» представлен в таблице 1.3.1 Предварительный маршрут включает в себя операционные эскизы, схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, описание переходов. Предварительные экономические расчёты показали, что использование круглого проката $\varnothing 100\text{h}12$ экономически более выгодно, поэтому в качестве исходной заготовки принимаем круглый горячекатаный пруток $\varnothing 100^{+0,6}_{-1,7}$ мм, предварительно нарезанный на мерные заготовки длиной $l_{\text{мерн пруток}} \approx 2000$ мм, чтобы удобнее было вставлять в шпиндель с отверстием не менее 105 мм. Эту длину рассчитываем исходя из технологических размеров: длина детали $l_{\text{д}} = 27\text{h}11$, плюс приблизительная величина припуска z_{002} слева и справа по 3 мм, плюс ширина дисковой сегментной отрезной пилы $b_{\text{пилы}} = 7$ мм при её диаметре 800 мм (ГОСТ 4047-82) с 94 зубьями (по 4 зуба в сегменте), которой разрезается пруток длиной $l_{\text{пр}} = 6\ 000$ мм. Количество мерных заготовок K должно быть как можно ближе к целому, чтобы оставалось меньше отходов после нарезки. Предварительно рассчитывается количество заготовок, которое может получиться из такого мерного прутка: $n = 2000 / (27 + 2 \cdot 3 + 7) \cdot 50$ шт.

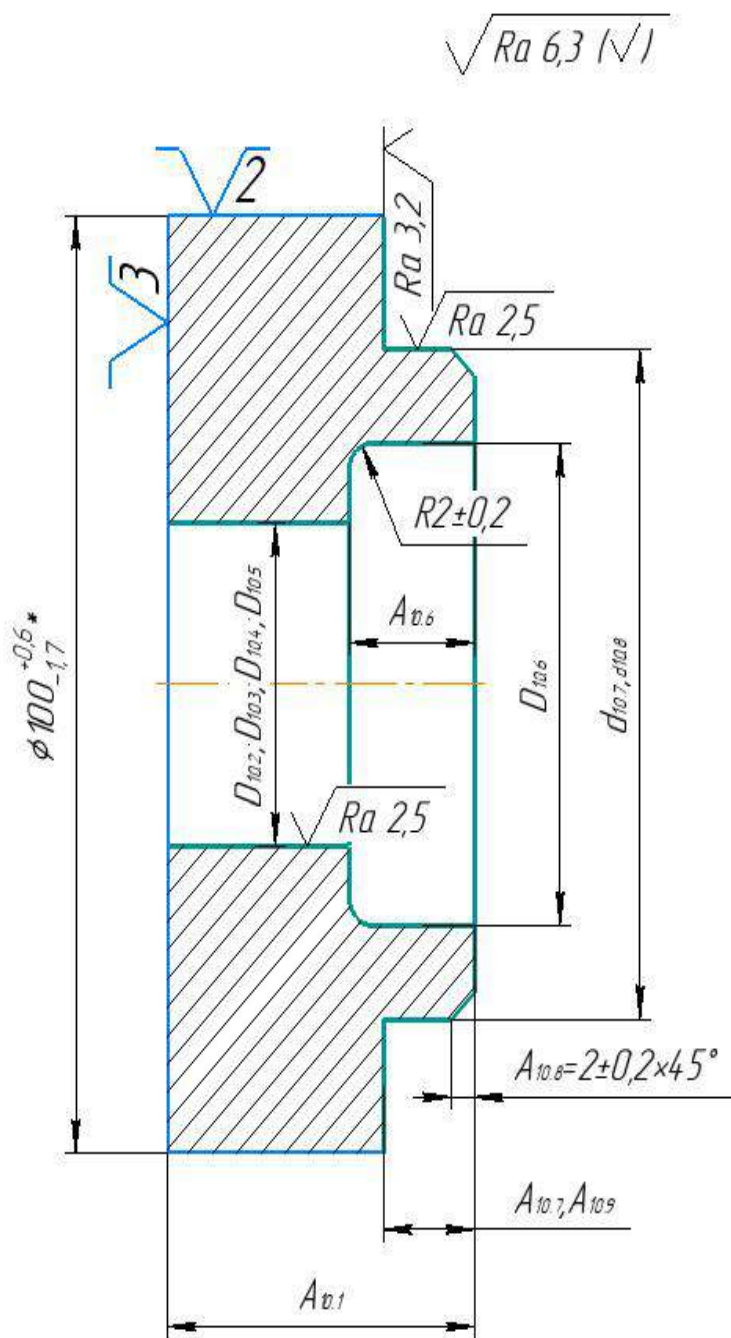
$$K_{\text{мерн пруток}} = l_{\text{пр}} / [(l_{\text{д}} + 2z_{01} + b_{\text{пилы}})] \cdot n = 6000 / [(27 + 2 \cdot 3 + 7)] \cdot 50 = 3 \text{ шт.}$$

Принимаем решение нарезать короткие заготовки только для одной детали, чтобы не было необходимости использовать токарный станок с большим отверстием шпинделя.

Таблица 1.3.1 – Маршрут обработки

Операционный эскиз	Название операции и ее содержание
<p>* Размер для справок.</p>	<p>005 Заготовительная</p> <p>А. Установить заготовку в призмы. База: наружный диаметр и торец.</p> <p>1. Отрезать заготовку, выдерживая размер $A_{05.1} = 31h15(-1,0)$ мм.</p>

Продолжение таблицы 1.3.1



* Размер для справок.

010 Токарная с ЧПУ

А. Установить заготовку в трехкулачковый патрон.

База: наружный диаметр $\phi 100^{+0,6}_{-1,7}$ мм и левый торец.

1. Обточить правый торец, выдерживая размер $A_{10,1} = 27,8_{-0,52}$ мм.

2. Центровать торец центровочным сверлом А5

ГОСТ 14034 – 74.

3. Сверлить сквозное отверстие $D_{10,3} = \phi 20^{+0,52}$ мм.

4. Рассверлить сквозное отверстие до $D_{10,4} = \phi 22^{+0,33}$ мм.

5. Расточить сквозное отверстие до $D_{10,5} = \phi 23,6^{+0,052}$ мм.

6. Расточить глухое отверстие до $D_{10,6} = \phi 36H14$,

выдерживая скругление $R2 \pm 0,2$ мм, размер $A_{10,6} js14 (\pm 0,18)$ мм.

7. Обточить поверхность $d_{10,7} h9 (-0,074)$ мм, выдерживая размер $A_{10,7} js14 (\pm 0,18)$.

8. Обточить пов. $d_{10,8} h9 (-0,074)$, выдерживая размер $A_{10,8} js14 (\pm 0,18)$.

9. Обточить фаску $A_{10,9} js15 = 2 \pm 0,2$.

Продолжение таблицы 1.3.1

<p>* Размер для справок.</p>	<p>012 Токарная с ЧПУ</p> <p>А. Установить заготовку в трехкулачковый патрон. База: наружный диаметр $\varnothing 50,2_{-0,062}$ мм и торец.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец, выдерживая размер $A_{12.1}=27h14(-0,52)$ мм. 2. Обточить поверхность $d_{12.2}h14=\varnothing 40_{-0,62}$ мм, выдерживая скругление $R2\pm 0,2$ мм и размер $A_{12.2}=4js14(\pm 0,15)$ мм. 3. Расточить кольцевую канавку (проточку) $D_{12.3}H14=\varnothing 32^{+0,062}$ мм, выдерживая размеры $A_{12.3.1}=3h14(-0,25)$ и $A_{12.3.2}=5H14(+0,3)$ мм.
<p>* Размер для справок.</p>	<p>015 Фрезерная с ЧПУ (обрабатывающий центр)</p> <p>А. Установить заготовку на разжимную цангу. База: внутренний диаметр $\varnothing 23,6^{+0,052}$ мм и торец.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезеровать квадрат, выдерживая размеры $A_{15.1}h14=\square 70h14(-0,74)$ мм и $R8\pm 0,18$ мм.

Продолжение таблицы 1.3.1

	<p>2. Центровать 4 отверстия центровочным сверлом А2 ГОСТ 14034 – 74, выдерживая размеры $A_{15.2.1} = 8 \pm 0,18$ мм, $A_{15.2.2} = \square 54 \pm 0,37$ мм.</p> <p>3. Сверлить 4 сквозных отверстия $D_{15.3} = \varnothing 6^{+0,3}$ мм, выдерживая размеры $A_{15.3.1} = 8 \pm 0,18$ мм, $A_{15.3.1} = \square 54 \pm 0,37$ мм.</p> <p>4. Зенковать 4 отверстия $D_{15.4} = \varnothing 9^{+0,36}$ мм, выдерживая размеры $A_{15.4.1} = 7,1 \text{ js } 14 (\pm 0,18)$ мм, $A_{15.4.2} = \square 54 \text{ js } 14 (\pm 0,37)$ мм.</p>
	<p>Б. Переустановить заготовку на разжимную цангу (Базирование как в самом начале оп. 015). База: внутренний диаметр $\varnothing 23,6^{+0,052}$ мм и торец.</p> <p>5. Центровать отверстие А2 ГОСТ 14034 – 74, выдерживая размеры $A_{15.5.1} = 19 \pm 0,26$ мм, $A_{15.5.2} = 35 \pm 0,31$ мм</p> <p>6. Сверлить отверстие $D_{15.6} = \varnothing 4^{+0,3}$ мм, выдерживая размеры $A_{15.6.1} = 19 \pm 0,26$ мм, $A_{15.6.2} = 35 \pm 0,31$ мм и $A_{15.6.3} = 11,5 \pm 0,21$ мм.</p>

Продолжение таблицы 1.3.1

020 Слесарная

1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.

025 Вертикально-сверлильная

А. Установить заготовку в тиски. База: 2 стороны и плоскость.

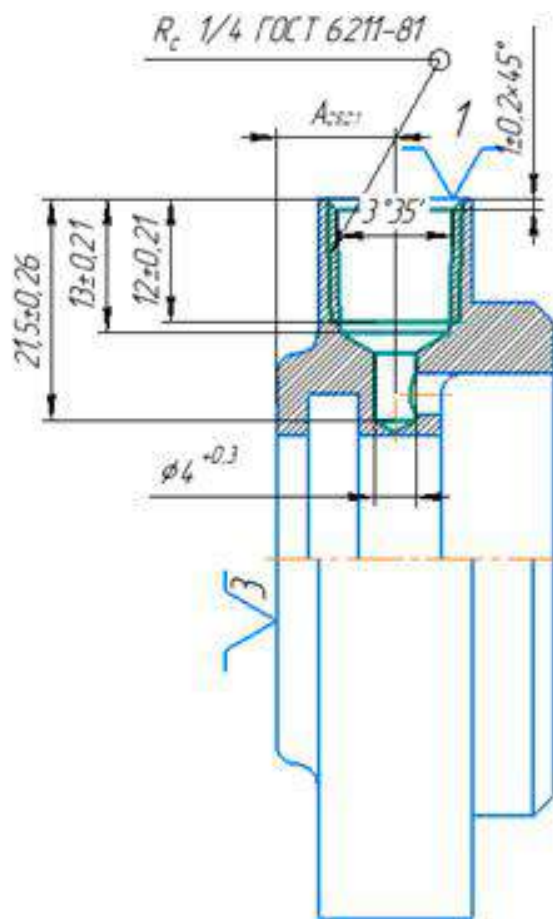
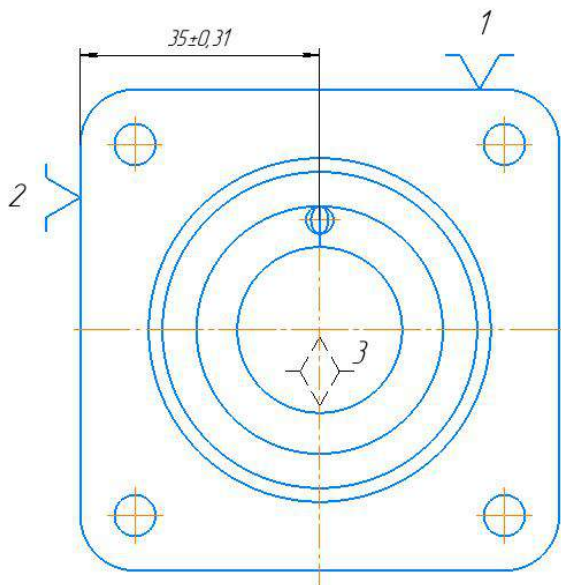
1. Центровать торец А0,5 ГОСТ 14034 – 74, выдерживая размеры $A_{25.1.1} = 11,5 \pm 0,21$ мм, $A_{25.1.2} = 35 \pm 0,31$ мм.

2. Сверлить отверстие $D_{25.2} = \varnothing 4^{+0,3}$ мм, выдерживая размеры $A_{25.2.1} = 11,5 \text{ js}14 (\pm 0,21)$ мм, $A_{25.2.2} = 35 \pm 0,31$ мм и $A_{25.2.3} = 21,5 \pm 0,26$ мм.

3. Сверлить коническое отверстие $D_{25.3} = \varnothing 10,63^{+0,18}$ мм, выдерживая размеры $A_{25.3.1} = 11,5 \pm 0,21$ мм, $A_{25.3.2} = 35 \pm 0,31$ мм, $A_{25.3.3} = 13 \pm 0,21$ мм и угол конуса $3^\circ 35'$.

4. Нарезать трубную коническую резьбу $R_c 1/4$ по ГОСТ 6211-81, выдерживая размеры $A_{25.4.1} = 11,5 \pm 0,21$ мм, $A_{25.4.2} = 35 \pm 0,31$ мм, $A_{25.4.3} = 12 \pm 0,21$ мм.

5. Снять фаску $A_{25.5} = 1 \pm 0,2 \times 45^\circ$.



030 Слесарная

1. Снять заусенцы, притупить острые кромки.

Продолжение таблицы 1.3.1

	<p>035 Круглошлифовальная</p> <p>А. Установить заготовку на разжимную цангу.</p> <p>База: внутренний диаметр $\phi 23,6(+0,052)$ мм и торец.</p> <p>1. Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $d_{35,1}=\phi 50_{-0,039}$ мм, $A_{35,1}=8\pm 0,18$ мм.</p>
	<p>040 Внутришлифовальная</p> <p>А. Установить заготовку в трехкулачковый патрон высокой точности</p> <p>База: наружный диаметр $\phi 50_{-0,039}$ мм и торец.</p> <p>1. Шлифовать отверстие $D_{40,1}=\phi 24,08^{+0,021}$ мм на проход, выдерживая требования по соосности относительно $\phi 50_{-0,039}</math>* и цилиндричности.$</p>
<p>045 Промывочная</p> <p>1. Промыть детали по ТТП 01279-00001.</p>	

Продолжение таблицы 1.3.1

<p style="text-align: center;">050 Контрольная</p> <ol style="list-style-type: none">1. Контролировать размеры полученных поверхностей;2. Контролировать шероховатость полученных поверхностей.
<p style="text-align: center;">055 Гальваническая</p> <ol style="list-style-type: none">1. Нанести покрытие Ц. хр., согласно ГОСТ 9.306-85.
<p style="text-align: center;">060 Консервация</p> <ol style="list-style-type: none">1. Консервировать детали по ТТП 60270–00001, вариант 2.

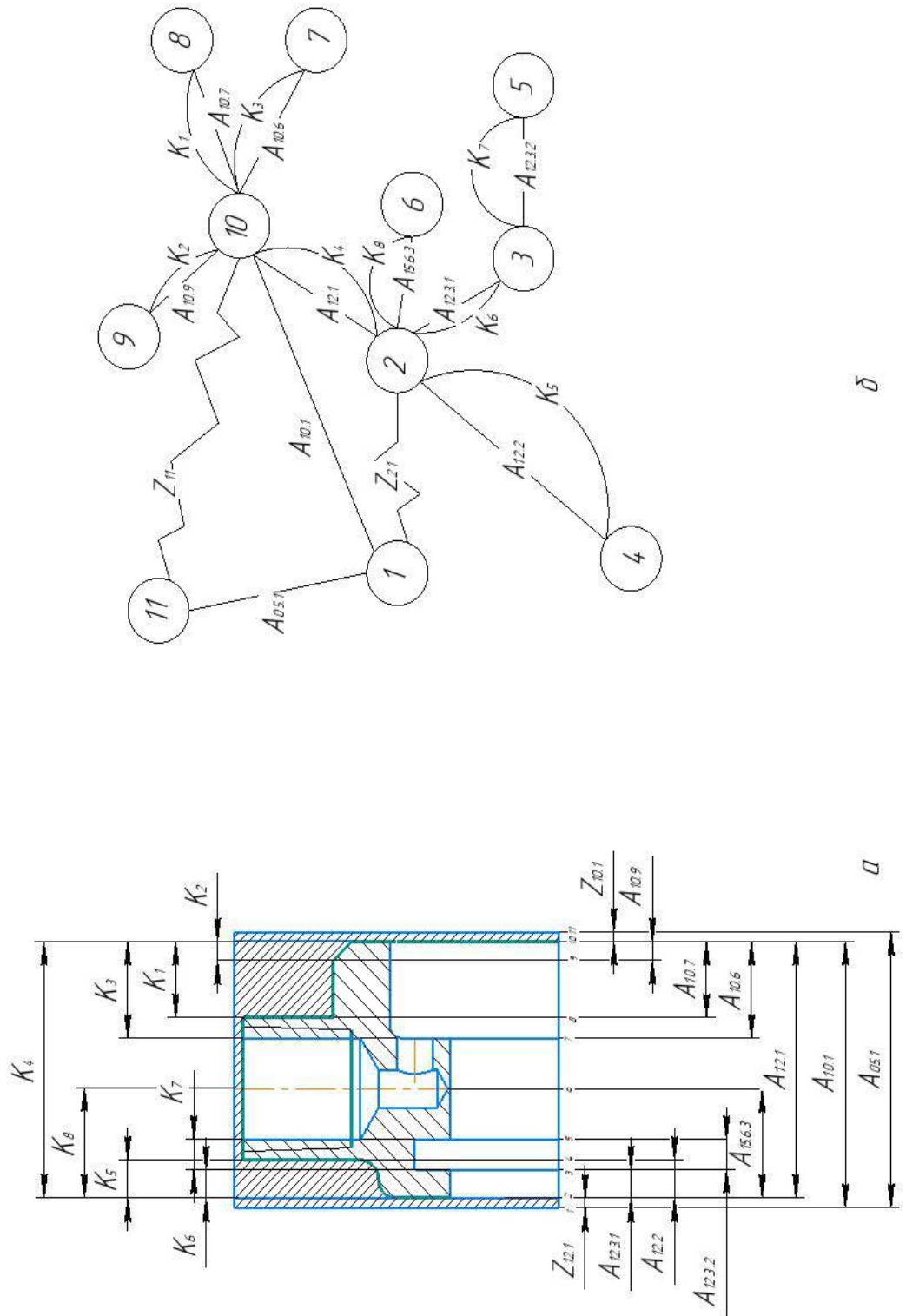


Рис. 1.4. Комплексная схема обработки детали в осевом направлении (а) и граф-дерево этой схемы (б)

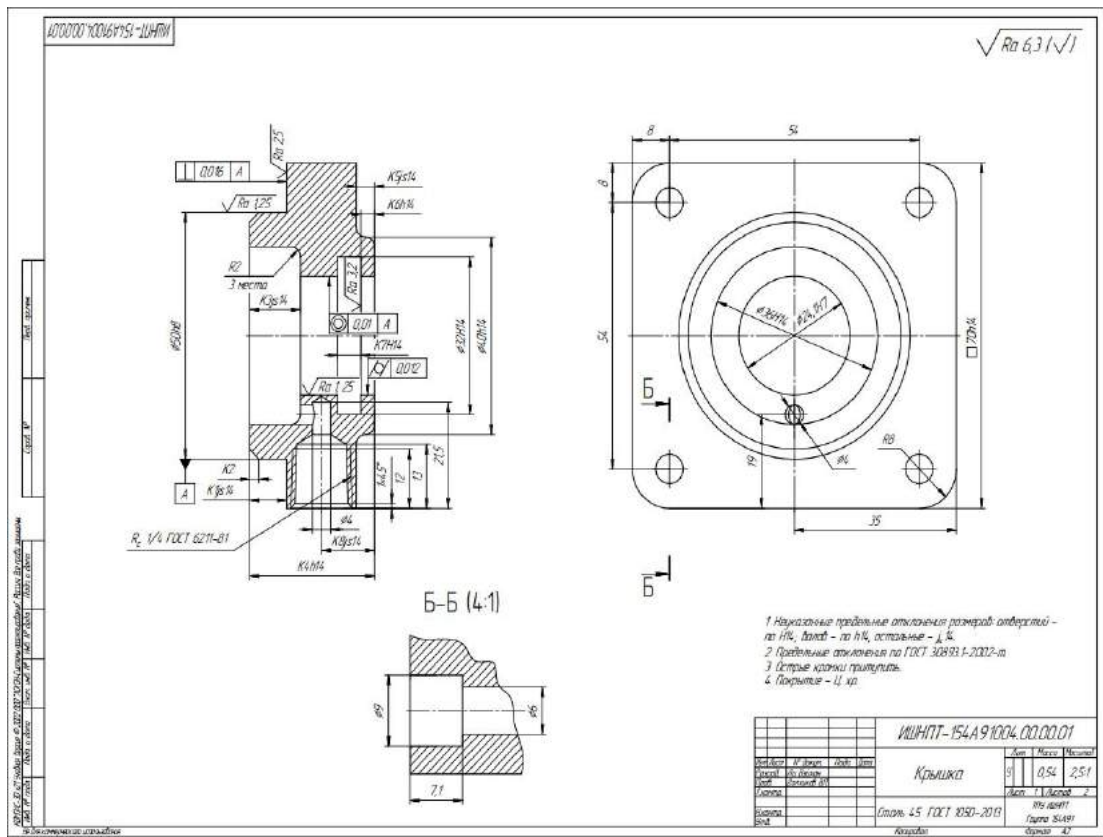


Рис. 1.5. Эскиз детали для проверки учёта всех конструкторских размеров в комплексной схеме обработки детали в осевом направлении

Анализ рис. 1.4 и 1.5 показал, что только один конструкторский размер $K7 = 5$ выдерживается непосредственно, т.е. когда технологический размер совпадает с конструкторским размером. Поэтому придётся выделить размерную схему, в которую будет входить этот проблемный конструкторский размер (в нашем случае $K7$) и содержащую минимальное количество технологических размеров, его обеспечивающих. После этого требуется рассчитать требуемую точность этих технологических размеров и рассчитать отклонения этих технологических размеров.

1.4 Расчет припусков на обработку

При расчете минимального допуска для поверхностей типа «тело вращения» следует использовать следующую формулу (учитывая малую вероятность совпадения направления погрешность заготовки из-за коробления ρ_{i-1} и погрешности установки ε_i):

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

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

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

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

ρ_{i-1} – суммарная погрешность формы и расположения обрабатываемой поверхности относительно базовой, используемой для закрепления заготовки, после предыдущей обработки, мкм;

ε_i – погрешность закрепления и установки перед рассматриваемой обработкой;

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

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

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

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

Суммарные значения R_z и T_{def} , характеризующее качество поверхности штамповочной заготовки, нужно найти в справочнике [3].

Рассчитанные минимальные припуски и его составляющие записываем в табл. 1.4.1. После этого рассчитываем технологические размеры на обработку каждой поверхности, начиная от её конструкторского размера, результаты записываем в табл. 1.4.1. Округление величины технологического размера до десятых долей миллиметра выполняем в большую сторону для охватываемых

размеров (валов), в меньшую – для охватывающих (отверстий).

При обработке квадрата 70×70 рассчитываем гипотенузу, которая будет равна минимальному диаметру прутка $d = (70^2+70^2)^{1/2}=99,197 \approx 99,2$ мм. Учитывая округления граней с $R = 8$ мм принимаем диаметр прутка (не требует предварительной обточки) перед фрезерованием квадрата $\varnothing d_{пр} = 100$ мм. Наибольшая величина напуска $z_{нап}$ на сторону которая буде определять количество проходов i при фрезеровании круга: $z_{нап} = (d-70)/2 = (100-70)/2 = 15$ мм.

Таблица 1.4.1 – Расчет минимальных припусков и технологических размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, МКМ				Расчетный припуск $2Z_{min}$, МКМ	Допуск Т, МКМ	$d_{пр}$, мм	Предельный размер, мм	
	R_z , МКМ	$T_{деф.}$, МКМ	ρ , МКМ	ε , МКМ				d_{min} , мм	d_{max} , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фрезерование квадрата $\square 70h14(-0,74)$									
Круглый пруток $\varnothing 100h12$					Напуск $2z_{нап} = 2 \cdot 15 = 30$ мм		$\varnothing 100h12$		
Фрезерование квадрата однократное для получения $\square 70h14$	40	60	60	50		740	$\square 70h14$	69,26	70
Обработка наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 50h8(-0,039)$									
Обточка черновая ($h12$) $d_{10.7}$	40	60	60	200		300	$51h12$	50,72	51,02
Получистовая обточка ($h9$) $d_{10.8}$	10	30	30	50	$2 \cdot 210 = 420$ ($2Z_{10.8 min}$)	74	$50,3h9$	50,16	50,234
Круглое шлифование $\varnothing d_{35.2}h8$ ($\varnothing 50h8$)	5	10	10	10	$2 \cdot 80 = 160$ ($2Z_{5.2 min}$)	39	$50h8$	49,96 1	50
Обточка однократная $\varnothing 40h14(-0,62)$									
Круг $\varnothing 100h12$	10 0	300	400	0	Напуск				
Обточка черновая $d_{12.2}h14 = \varnothing 40_{-0,62}$	40	60	100	200	$2 \cdot 1000 = 2000$ ($2Z_{12.2 min}$)	620	$\varnothing 40h14$ (-0,62)	40	39,38
Обработка отверстия $\varnothing 24,1H7(+0,021)$									
Сверление отверстия (H12) $D_{10.3}$	40	60	60	200	$2 \cdot 280 = 560$	210	$16H12$	22,41	22,62
Рассверливание (H11) $D_{10.4}$	40	40	30	100	$2 \cdot 190 = 380$ Факт 7,26мм	130	$23H11$	23,13	23,26

Расточка (H9) D _{10.5}	10	30	30	100	2·210=540	52	23,8H9	23,888	23,94
Внутреннее шлифование ØD _{40.1} =Ø24,1H7	5	10	10	10	2·80=160	21	Ø24,1H7	24,1	24,121

Шлифовать отверстие D_{40.1}=Ø24,08^{+0,021} мм на проход

Продолжение Таблицы 1.4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расточка однократная отверстия канавки Ø32H14(+0.62)									
Расточка сквозного отверстия D _{10.5} H9= =Ø23,8 ^{+0,13} мм.	10	30	30	100	Напуск	100	Ø23,8 ^{+0,13}		
Расточка отверстия канавки D _{12.3} H14= =Ø32 ^{+0,62} мм	40	60	60	100	Напуск, расчёт не нужен	620	Ø 32H14	32	32,62
Расточка однократная отверстия Ø36H14(+0.62)									
Сверление отверстия (H12) D _{10.3}	40	60	60	200	Напуск	210	16H12		
Расточить глухое отверстие D _{10.6} H14=Ø36 ^{+0,62} мм	40	60	60	10	Напуск, расчёт не нужен	520	36H14	36	36,62
Обточка торцов для выдерживания длины детали 27h14(-0,52)									
Сторона А мерного прутка (торец А) (h15) A _{05.1}	100	200	1000	0		1000	31,7h15	30,7	31,7
Обточка торца А (h14) A _{10.1}	40	60	60	500	1800	520	28,9h14	28,36	28,88
Сторона Б мерного прутка (торец Б) (h14)	60	200	1000	0	-----	----	-----	-----	-----
Обточка торца Б окончательная A _{15.2} = 27h14	40	60	60	100	1360	520	27h14	26,38	27

Расчет припусков при обработке наружной квадратной поверхности □70h14(–0,74).

Расчет минимальных припусков на обработку $2z_{\min}$ (мкм) наружной квадратной поверхности □70h14(–0,74) не нужен, т.к. точность обработки невысокая (14 квалитет), шероховатость невысокая ($Ra_{6,3}$) и не требует дополнительной обработки, поэтому используется однократное фрезерование, а разница между наружной цилиндрической поверхностью исходной заготовки в виде прутка $\varnothing 100$ мм и стороной квадрата 70 мм является **напуском** (величина его заведомо больше, чем толщина слоя, требуемого для удаления при обработке для обеспечения требуемой точности и устранения погрешностей обработки рассматриваемой поверхности, полученных на предыдущей обработке).

Можно рассчитать припуск $2z_{\min}$ (мкм) по диагонали квадрата $A_{\text{диагонали}} = (70^2 + 70^2)^{1/2} = 99,197 \approx 99,2$ мм, но скругления R_{8js14} мм по граням квадрата позволяет удалить слой, остающийся от прутка $\varnothing 100$ мм до диагонали квадрата (этот размер по диагонали будет уже меньше 99,2 мм).

Данные заносим табл. 1.4.1, в которую последовательно записываем этапы обработки поверхности по каждому переходу и все значения элементов припуска. Расчёты минимального припуска для линейных размеров (не тел вращения) выполняем по уравнению (1.4.2), результат расчёта записываем в столбец 6. Для тел вращения расчёты минимального припуска выполняем по уравнению (1.4.1).

Расчёт минимальных припусков на обработку $\varnothing 50h8(-0,039)$

- Обточка черновая (h_{12}) $d_{10,7} = 51h_{12}$.

Под обточку черновую (по 12 квалитету) $d_{10,7} = 51h_{12}$:

$$2Z_{10,7 \min.i} = 2(R_{z,i-1} + T_{\text{деф},i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (80 + 100 + 100) = 560 \text{ мкм};$$

Но расчёт это припуска не требуется, т.к. это будет напуск с $\varnothing 100h_{12}$ на

Ø51h12.

- Под получистовую обточку (по 9 качеству) $d_{10.8}=50,3h9$:

$$2Z_{10.8 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40+60+60+50) = 420 \text{ мкм};$$

- Под круглое шлифование (по 8 качеству) $\varnothing_{d_{5.2}h8} = \varnothing 50h8$:

$$2Z_{5.2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (10+30+30+10) = 160 \text{ мкм};$$

Расчёт минимальных припусков на обработку Ø40h14(-0,62) не требуется: при однократной обточке это будет напуск с Ø100h12 на Ø40h14.

Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия Ø24,1H7(+0,021)

- Под сверление (по 12 качеству) отверстия $D_{10.3}H12 = \varnothing 16H12$

расчёт минимального припуска не требуется: при сверлении в сплошном металле это будет напуск с Ø0 мм на Ø16h12;

- Под рассверливание (по 11 качеству) отверстия $D_{10.4}H11 = \varnothing 23H11$

расчёт минимального припуска

$$2Z_{10.4 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40+60+60+100) = 380 \text{ мкм},$$

но фактически удаляем напуск **7,26** мм на диаметр, т.к. Ø23H11 намного больше Ø16h12. Поэтому расчёт **минимального припуска** тоже не требовался.

- Под получистовую расточку (по 9 качеству) $D_{10.5}H9 = \varnothing 23,8H9$:

$$2Z_{10.5 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (40+40+30+100) = 540 \text{ мкм};$$

- Под внутреннее шлифование (по 8 качеству) :

$$2Z_{40.1 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{деф.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (10+30+30+10) =$$

$$= 160 \text{ мкм};$$

Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия у канавки Ø32H14(+0,62) не требуется, это будет напуск с Ø23H11 на Ø32H14.

Расчёт минимальных припусков на обработку отверстия Ø36H14(+0,62) не требуется, это будет напуск с Ø23,6H9 на Ø36H14.

Расчет минимальных припусков при обработке детали по длине 27h14

● Под обработку стороны **А** у мерного прутка (по 14 качеству) с размера $A_{05.1}$ на размер $A_{10.1}$ (не тело вращения):

$$2Z_{10.1 \min.i} = (R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (100 + 200 + 1000 + 500) = 1800 \text{ мкм};$$

Под обработку стороны **Б** у мерного прутка (предварительно торец **А** был обработан по 14 качеству на операции 10, поэтому погрешность базирования будет меньше – 100 мкм, а не 500 мкм, как было при обработке торца **А**), но торец **Б** остался таким же после отрезки на заготовительной операции 005. С размера $A_{10.1}$ на размер $A_{15.2}$ (не тело вращения) выполняем окончательную обточку (по 14 качеству):

$$2Z_{15.2 \min.i} = (R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2 \cdot (60 + 200 + 1000 + 100) = 1360 \text{ мкм};$$

Шероховатость торца **Б** после отрезки принимаем немного меньше (60 мкм), чем у торца **А** (100 мкм), т.к. этот торец принадлежит прутку, который **остался на призме** после падения отрезанной заготовки, будет меньше вибрация при отрезке, не останется недореза на торце, как это может быть у отпадающего отрезка со стороной **А** и т.п.

1.5 Расчет технологических размеров

Для **охватываемых поверхностей, или размеров, (валов)** расчет технологических размеров, которые выдерживаются непосредственно, выполняем прибавлением минимального припуска к максимальному размеру окончательного размера (конструкторского или технологического). Затем прибавляем допуск на обработку. Полученный размер округляем до большего с точностью до десятого знака после запятой (до десятых долей миллиметра).

Для **охватывающих поверхностей, или размеров, (отверстий)** расчет технологических размеров, которые выдерживаются непосредственно, выполняем вычитанием минимального припуска от минимального размера окончательного размера. Затем вычитаем допуск на обработку. Полученный размер округляем до меньшего с точностью до десятого знака после запятой (до десятых долей миллиметра).

Технологические размеры, которые непосредственно не выдерживаются, рассчитываем исходя из размерного анализа. Для этого сначала выделяем (выявляем) размерную цепь, в которую входит конструкторский размер, непосредственно не выдерживаемый, и минимально возможное количество технологических размеров. После этого определяем увеличивающие и уменьшающие звенья, рассчитываем сумму допусков всех составляющих звеньев – она должна быть меньше допуска замыкающего звена (в нашем случае это допуск конструкторского размера, т.е. исходное звено).

Если сумма меньше, то начинаем расчёт номинального размера одного из технологических размеров, который влияет на получение конструкторского размера. Затем рассчитываем отклонение на этот технологический размер. После этого выполняем проверку: сумму допусков всех составляющих звеньев должна быть меньше допуска конструкторского размера (исходного звена).

Если сумма допусков всех составляющих звеньев больше допуска замыкающего звена, то придётся сначала уменьшить допуск у того технологического размера (или допуски у некоторых), который легче получить при обработке. После этого опять выполняется проверка, а далее как уже было отмечено выше.

Т.к. все конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, то их расчёты отдельно выполнять не будем, т.к. они уже сделана в табл. 1.4.1.

1.6 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали

Допуски конструкторских размеров

Из чертежа детали узнаем допуски на конструкторские размеры:

Конструкторские осевые размеры и их допуски:

$$K_1 = 8(\pm 0,18) \text{ мм}; \text{TK}_1 = 0,36 \text{ мм};$$

$$K_2 = 2(\pm 0,2) \text{ мм}; \text{TK}_2 = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_3 = 11js14(\pm 0,18) \text{ мм}; \text{TK}_3 = 0,43 \text{ мм};$$

$$K_4 = 27h14(-0,52) \text{ мм}; \text{TK}_4 = 0,52 \text{ мм};$$

$$K_5 = 4js14(\pm 0,15) \text{ мм}; \text{TK}_5 = 0,30 \text{ мм};$$

$$K_6 = 3h14(-0,25) \text{ мм}; \text{TK}_6 = 0,30 \text{ мм};$$

$$K_7 = 5H14(+0,03) \text{ мм}; \text{TK}_7 = 0,30 \text{ мм};$$

$$K_8 = 11,5js14(\pm 0,21) \text{ мм}; \text{TK}_8 = 0,43 \text{ мм};$$

Все конструкторские размеры выдерживаются непосредственно.

1.7. Проектирование гибкой производственной системы

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. В ГПС предусмотрена автоматизированная переналадка при изготовлении изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

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 новых условиях хозяйствования прогрессивным является только такое производство, которое активно и динамично реагирует на возникающие задачи. Научно-технический прогноз развития промышленного 53 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 «Крышка» целесообразно провести автоматизацию токарной операции 010 с использованием токарного станка с ЧПУ VlinMachineryBL-СК6136. Так как на ней затрачивается наибольшее количество времени на обработку. Для автоматизации операции используем промышленного робота KawasakiFS010E (рисунок 6). Его максимальная загрузка 10 кг, а радиус действия 1450 мм, что отлично подойдет для проектируемой ГПС. Робот помогает выполнять функцию загрузки заготовок

и разгрузки готовых деталей. Заготовки робот берет с накопителя-приемника, подводит их к автоматическому зажимному устройству, после зажима он возвращается в исходное положение. По завершению обработки робот извлекает готовую деталь из зажимного устройства и устанавливает ее обратно в накопитель приемник, далее цикл повторяется.



Рис. 1.7.1. Промышленный робот KawasakiFS010E

1.8 Расчет режимов и мощности резания

При задании режимов резания следует учитывать многие условия, такие как тип обработки детали, материал заготовки, тип и размер режущего инструмента, материал режущей части инструмента, тип и состояние станок.

Токарная обработка детали будет производиться твердосплавными СМП из Т15К6. Для 1-2 операции выбираем токарный станок С6163В.

Расточить поверхность (отверстие) $\text{Ø}36^{+0,62}$ мм, выдерживая скругление $R2\pm 0,2$ мм и размер $11\pm 0,22$ мм.

Исходные данные:

шероховатость поверхности Ra 6,3;

обрабатываемый материал – сталь 45;

инструмент – резец расточной упорный 2145-0005 ГОСТ 18883-73,
пластина 06330-0065 ГОСТ 25393-90 Т15К6.

1. Определение глубины резания при расточке за 7 проходов:

$$t = \frac{0,5(D_d - D_3)}{7},$$

где t – глубина резания, D_3 – диаметр заготовки, D_d – диаметр детали.

$$t = \frac{0,5(36 \text{ мм} - 22 \text{ мм})}{7} = 1 \text{ мм}$$

2. Подача S :

$$S = (0,05 \dots 0,25) \cdot t = (0,05 \dots 0,25) \cdot 1 = 0,05 \dots 0,25 \text{ мм/об}$$

Примем $S = 0,05 \text{ мм/об}$.

3. Стойкость инструмента T для расточных резцов общего назначения – 30...90 мин.

Примем $T = 60 \text{ мин}$.

4. Определение скорости резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,8,$$

где $K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\mu v}$ – поправочный коэффициент, являющийся произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки, состояния поверхности, материала инструмента;

$$C_v = 292;$$

$$x = 0,3;$$

$$y = 0,15;$$

$$m = 0,18;$$

T – стойкость (период работы инструмента до затупления, приводимый для различных видов обработки, соответствует условиям одноинструментной обработки);

t – глубина резания;

S – подача станка.

Коэффициент состояния поверхности заготовки для проката $K_{nv} =$

0,9.

Поправочный коэффициент $K_{lv} = 1$, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания.

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125$$

$$V = \frac{292}{(60 \text{ МИН})^{0,18} \cdot (1 \text{ ММ})^{0,3} \cdot (0,05 \text{ ММ/ОБ})^{0,15}} \cdot 1,125 \cdot 0,8 = 181,5 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_s} = \frac{1000 \cdot 181,5 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}}{3,14 \cdot 22 \text{ ММ}} = 2628 \text{ ОБ/МИН}$$

6. Расчет сил резания:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x S^y V^n K_p,$$

где при обрабатываемом материале сталь 45 и материале рабочей части резца (твердый сплав Т15К6) $C_p(P_z) = 300$, $C_p(P_y) = 243$, $C_p(P_x) = 339$;

$$x(P_z) = 1, \quad x(P_y) = 0,9, \quad x(P_x) = 1;$$

$$y(P_z) = 0,75, \quad y(P_y) = 0,6, \quad y(P_x) = 0,5;$$

$$n(P_z) = -0,15, \quad n(P_y) = -0,3, \quad n(P_x) = -0,4;$$

$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$ – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

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

$K_{\varphi p}(P_z) = 1,08$, $K_{\varphi p}(P_y) = 1,3$, $K_{\varphi p}(P_x) = 0,78$ при главном угле в плане $\varphi = 15^\circ$;

$K_{\gamma p}(P_z) = 1$, $K_{\gamma p}(P_y) = 1$, $K_{\gamma p}(P_x) = 1$ при значении переднего угла $\gamma = 0^\circ$;

$K_{\lambda p}(P_z) = 1$, $K_{\lambda p}(P_y) = 1$, $K_{\lambda p}(P_x) = 1$ при угле наклона главного лезвия $\lambda = 0^\circ$;

Материал режущей части инструмента – твердый сплав Т15К6. Для твердого сплава коэффициент K_{rp} не предусмотрен, исключим его из расчета.

$$K_p = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot (1 \text{ мм})^1 \cdot \left(0,05 \frac{\text{мм}}{\text{об}}\right)^{0,75} \cdot \left(181,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}\right)^{-0,15} \cdot 0,85 = 146 \text{ Н}$$

7. Определение мощности резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{146 \text{ Н} \cdot 181,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}}{60 \cdot 1020} = 0,5 \text{ кВт}$$

Точить поверхность Ø50,2_{-0,062} мм, выдерживая размер 8±0,18 мм
Исходные данные:

шероховатость поверхности Ra 6,3;

обрабатываемый материал – сталь 45;

инструмент – резец проходной упорный 2101-0011 ГОСТ 18879-73, пластина 67410-0067 ГОСТ 25393-90 Т30К4.

1. Определение глубины резания:

$$t = \frac{0,5 (d_d - d_3)}{7},$$

где t – глубина резания, $D_з$ – диаметр заготовки, D_d – диаметр детали.

$$t = \frac{0,5(100 \text{ мм} - 50 \text{ мм})}{25} = 1 \text{ мм}$$

2. Подача S :

$$S = (0,05 \dots 0,25) \cdot t = (0,05 \dots 0,25) \cdot 1 = 0,05 \dots 0,25 \text{ мм/об}$$

Примем $S = 0,05 \text{ мм/об}$.

3. Стойкость инструмента T для расточных резцов общего назначения – 30...90 мин.

Примем $T = 60 \text{ мин}$.

4. Определение скорости резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,8,$$

где $K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{Иv}$ – поправочный коэффициент, являющийся произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки, состояния поверхности, материала инструмента;

$$C_v = 340;$$

$$x = 0,3;$$

$$y = 0,15;$$

$$m = 0,18;$$

T – стойкость (период работы инструмента до затупления, приводимый для различных видов обработки, соответствует условиям одноинструментной обработки);

t – глубина резания;

S – подача станка.

Коэффициент состояния поверхности заготовки для проката $K_{nv} = 0,9$.

Поправочный коэффициент $K_{lv} = 1$, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания.

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125$$

$$V = \frac{340}{(60 \text{ МИН})^{0,18} \cdot (1 \text{ ММ})^{0,3} \cdot (0,05 \text{ ММ/ОБ})^{0,15}} \cdot 1,125 \cdot 0,8 = 230 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 230 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}}{3,14 \cdot 100 \text{ ММ}} = 733 \text{ ОБ/МИН}$$

6. Расчет сил резания:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y V^n K_p,$$

где при обрабатываемом материале сталь 45 и материале рабочей части резца

(твердый сплав Т30К4) $C_p(P_z) = 300$, $C_p(P_y) = 243$, $C_p(P_x) = 339$;

$x(P_z) = 1$, $x(P_y) = 0,9$, $x(P_x) = 1$;

$y(P_z) = 0,75$, $y(P_y) = 0,6$, $y(P_x) = 0,5$;

$n(P_z) = -0,15$, $n(P_y) = -0,3$, $n(P_x) = -0,4$;

$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}$ – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические

условия резания.

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

$K_{\varphi p}(P_z) = 1,08$, $K_{\varphi p}(P_y) = 1,3$, $K_{\varphi p}(P_x) = 0,78$ при главном угле в плане $\varphi = 15^\circ$;

$K_{\gamma p}(P_z) = 1$, $K_{\gamma p}(P_y) = 1$, $K_{\gamma p}(P_x) = 1$ при значении переднего угла $\gamma = 0^\circ$;

$K_{\lambda p}(P_z) = 1, K_{\lambda p}(P_y) = 1, K_{\lambda p}(P_x) = 1$ при угле наклона главного лезвия $\lambda = 0^\circ$;

Материал режущей части инструмента – твердый сплав Т30К4. Для твердого сплава коэффициент K_{rp} не предусмотрен, исключим его из расчета.

$$K_p = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,85$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot (1 \text{ мм})^1 \cdot \left(0,05 \frac{\text{мм}}{\text{об}}\right)^{0,75} \cdot \left(230 \frac{\text{м}}{\text{мин}}\right)^{-0,15} \cdot 0,85 = 140 \text{ Н}$$

7. Определения мощности резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{140 \text{ Н} \cdot 230 \frac{\text{м}}{\text{мин}}}{60 \cdot 1020} = 0,6 \text{ кВт}$$

Сверлить отверстие $\varnothing 4(+0,3)$ мм, выдерживая размеры $11,5 \pm 0,21$ мм, $35 \pm 0,31$ мм и $21,5 \pm 0,26$ мм.

Исходные данные:

диаметр отверстия $\varnothing 4(+0,3)$ мм;

шероховатость поверхности Ra 6,3;

материал сталь 45;

режущий инструмент - сверло $\varnothing 4$ мм 2300-0167- А1 ГОСТ 10902-77-Р6М5.

1. Глубина резания при сверлении, мм:

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 4 \text{ мм} = 2 \text{ мм}$$

2. Подача на оборот, мм/об:

$$S_0 = 0,02 \cdot d = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

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

$$C_v = 9,8; q = 0,4; y = 0,5; m = 0,2; T = 90 \text{ МИН}; t = 2 \text{ ММ}; S_0 = 0,08 \text{ ММ/ОБ};$$

$$D = 4 \text{ ММ};$$

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

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

$$K_v = 1,22$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 4^{0,4}}{90^{0,2} \cdot 0,08^{0,5}} \cdot 1,22 = 30 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

4. Частота вращения сверла, об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{св}} = \frac{1000 \cdot 30 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}}{3,14 \cdot 4 \text{ ММ}} = 2390 \text{ об/МИН}$$

5. Крутящий момент, $H \cdot м$ и осевая сила, H :

Крутящий момент определим по формуле:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p$$

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

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

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

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 0,85 = 0,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осевую силу определим по формуле:

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p$$

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

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4^1 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 0,85 = 395 \text{ Н}$$

6. Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

$$N_e = \frac{0,63 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot 2390 \text{ об/мин}}{9750} = 0,15 \text{ кВт}$$

1.9 Нормирование технологических операций

Основное время – это часть штучного времени, затрачиваемая на изменение и последующее определение состояние предмета труда, т.е. время непосредственного воздействия инструмента на заготовку.

Оно зависит от длины обрабатываемой поверхности заготовки l (её длины в направлении подачи), от длины установки режущего лезвия до обрабатываемой поверхности l_{cx} перед включением рабочей подачи и длины перехода $l_{пд}$ после обработки для предотвращения образования заусенца на обработанной поверхности.

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

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

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{cx} + l_{пд}$$

где l – длина обрабатываемой поверхности детали, мм;

$l_B = t / \text{tg} \phi$, – величина врезания инструмента, мм,

где t – глубина резания, мм;

ϕ – главный угол в плане;

$l_{cx} = 1$ – величина схода инструмента, мм, при обработке резцом с главным углом в плане $\varphi = 90^\circ$ (при обработке в упор) $l_{cx} = 0$ мм;

$l_{пд} = 1$ – величина подвода инструмента, мм.

Тогда формула для определения основного времени:

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

Для нормирования времени технологического процесса механической обработки партии деталей рассчитывается штучное время, которое определяется как:

$$T_{ш} = T_o + T_v + T_{обс}$$

где T_o – основное время обработки, T_v – вспомогательное время, $T_{обс}$ – время обслуживания рабочего места.

Основное время обработки определим как операционное.

для токарных работ (обтачивание и растачивание цилиндрических поверхностей, точение канавок, точение торцовых поверхностей, снятие фасок, отрезание):

$$T_o = T_{оп} = \frac{L}{S_M} \cdot i$$

для сверлильных и расточных работ (центрование, сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание,):

$$T_{оп} = \frac{L}{S_0} \cdot i$$

для фрезерных работ (фрезерование шпоночных пазов):

$$T_{оп} = \frac{L}{S_M} \cdot i$$

для шлифовальных работ (наружное круглое шлифование методом продольной подачи и в упор, наружное врезное шлифование, шлифование отверстий методом продольной подачи, врезное шлифование торцов):

$$T_{оп} = \frac{L}{S_B B_k n_d} \cdot i \cdot K,$$

где L – расчетная длина обработки; S_M – минутная подача инструмента, мм/мин;

i – число рабочих ходов; S_0 – подача на оборот шпинделя, мм/об; S_B – продольная или поперечная подача на двойной ход изделия в долях ширины шлифовального круга; B_k – ширина шлифовального круга, мм; n_d – частота вращения изделия, об/мин; $K = (1,2 \dots 1,5)$ – коэффициент, учитывающий выхаживание и доводку при шлифовании.

Расчетная длина обработки:

$$L = l_0 + l_1 + l_2,$$

где l_0 – длина обрабатываемой поверхности в направлении обработки, мм; l_1 – длина врезания, мм; l_2 – перебеги режущего инструмента, мм.

Вспомогательное время рассчитывается от основного в соотношении:

$$T_B = 0,15 \cdot T_o$$

Время обслуживания рабочего места:

$$T_{обс} = T_T + T_{орг}$$

где T_T – время технического обслуживания, $T_{орг}$ – время организационного обслуживания.

Время технического обслуживания составляет 6% от основного времени:

$$T_T = 0,06 \cdot T_o$$

Время организационного обслуживания составляет 0,6 – 8% от основного времени. Примем 5%:

$$T_{орг} = 0,05 \cdot T_o$$

Приведем пример расчета для операции 005Заготовительная.

Переход 1: отрезание заготовки.

Расчетная длина обработки:

$$L = 50 + 1 = 51 \text{ мм}$$

Минутная подача:

$$S_M = S \cdot n = 0,05 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \cdot 1500 \frac{\text{об}}{\text{мин}} = 75 \text{ мм/мин}$$

Основное время обработки:

$$T_o = T_{оп} = \frac{51 \text{ мм}}{75 \text{ мм/мин}} \cdot 1 = 0,68 \text{ мин}$$

Вспомогательное время:

$$T_B = 0,15 \cdot 0,68 \text{ мин} = 0,1 \text{ мин}$$

Время технического обслуживания:

$$T_T = 0,06 \cdot 0,68 \text{ мин} = 0,05 \text{ мин}$$

Время организационного обслуживания:

$$T_{орг} = 0,05 \cdot 0,68 \text{ мин} = 0,04 \text{ мин}$$

Время обслуживания рабочего места:

$$T_{обс} = 0,05 \text{ мин} + 0,04 \text{ мин} = 0,09 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 0,68 \text{ мин} + 0,1 \text{ мин} + 0,09 \text{ мин} = 0,87 \text{ мин}$$

Примем $T_{шт} = 1 \text{ мин}$.

Остальные операции рассчитываются аналогичным способом, с учетом основного времени для различной обработки (формулы для основного времени отличаются). Составим таблицу 3 – нормирование времени технологических операций.

Таблица 3 – Нормирование времени технологических операций

Наименование операции	Время, мин
005 Заготовительная	
Основное время T_o	0,68
Вспомогательное время T_B	0,1
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	5
Штучное время $T_{ш}$	1
010 Токарная с ЧПУ	
Основное время T_o	8
Вспомогательное время T_B	5
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	20
Штучное время $T_{ш}$	13
015 Фрезерная с ЧПУ	
Основное время T_o	4
Вспомогательное время T_B	7
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	15
Штучное время $T_{ш}$	11
020 Слесарная	
Основное время T_o	5
Вспомогательное время T_B	1
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	2
Штучное время $T_{ш}$	6
025 Горизонтально-сверлильная	

Основное время T_o	5
Вспомогательное время T_B	2
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	15
Штучное время $T_{ш}$	7

Продолжение таблицы 3

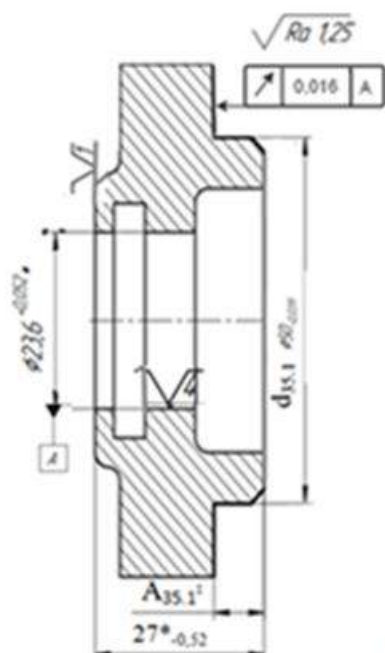
030 Слесарная	
Основное время T_o	5
Вспомогательное время T_B	1
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	2
Штучное время $T_{ш}$	6
035 Круглошлифовальная	
Основное время T_o	3
Вспомогательное время T_B	2
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	10
Штучное время $T_{ш}$	5
040 Внутришлифовальная	
Основное время T_o	10
Вспомогательное время T_B	5
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	15
Штучное время $T_{ш}$	15
045 Полировальная	
Основное время T_o	10
Вспомогательное время T_B	5
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	6
Штучное время $T_{ш}$	15
050 Промывочная	
Основное время T_o	10

Вспомогательное время T_B	2
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	15
Штучное время $T_{ш}$	12
055 Контрольная	
Основное время T_o	10
Вспомогательное время T_B	2
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	5
Штучное время $T_{ш}$	12
060 Гальваническая	
Основное время T_o	20
Вспомогательное время T_B	10
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	10
Штучное время $T_{ш}$	30
065 Консервация	
Основное время T_o	10
Вспомогательное время T_B	2
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	6
Штучное время $T_{ш}$	12
Итого	271

2. Конструкторская часть

2.1 Расчёт параметров резания

Для расчёта технологического оборудования была выбрана кулачковая фланцевая разжимная оправка для круглошлифовальной операции (035), (см. операционный эскиз на рис. 2.1). На операции 035 шлифуется короткая цилиндрическая поверхность $\varnothing 50h8(-0,039)$ длиной 8 мм. Т.к. длина небольшая, то можно использовать врезное шлифование, т.е. с радиальной подачей круга.



035 Круглошлифовальная

А. Установить заготовку на разжимную цангу.

База: внутренний диаметр $\varnothing 23,6^{+0,052}$ мм и левый торец.

1. Шлифовать поверхность, выдерживая размеры $d_{35.1} = \varnothing 50_{-0,039}$ мм, $A_{35.1} = 8 \pm 0,18$ мм.

Рис. 2.1. Операционный эскиз и описание операции 035, круглошлифовальной.

Целью проектирования является разработка приспособления для закрепления заготовки за поверхность отверстия $\varnothing 23,6H9(+0,052)$, обработанного на операции 010, токарной. Необходимо рассчитать посадочные размеры разжимной оправки (для установки заготовки на кулачки оправки и для установки корпуса оправки на шпинделе станка), требуемую силу для закрепления заготовки (чтобы заготовка не проворачивалась относительно кулачков оправки при обработке на круглошлифовальной операции), требуемое осевое усилие на штоке

пневопривода, необходимого для закрепления заготовки. На основании расчётов необходимо спроектировать разжимную оправку в сборе, выполнить её сборочный чертёж, выбрать конструкцию и размеры пневмопривода, способ его крепления на круглошлифовальном станке.

Таблица 2.1 – Выдержка из таблицы 1.4.1 «Расчет минимальных припусков и технологических размеров»

Обработка наружной цилиндрической поверхности Ø50h8(-0,039)									
Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Допуск T , мкм	$d_{пр}$, мм	Предельный размер, мм	
	R_z , мкм	$T_{деф.}$, мкм	ρ , мкм	ϵ , мкм				d_{min} , мм	d_{max} , мм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Обточка черновая (h12) $d_{10.7}$	40	60	60	200		300	51h12	50,72	51,02
Получистовая обточка (h9) $d_{10.8}$	10	30	30	50	$2 \cdot 210 = 420$ ($2Z_{10.8 min}$)	74	50,3h9	50,16	50,234
Круглое шлифование $\varnothing d_{35.1} h8$ ($\varnothing 50h8$)	5	10	10	10	$2 \cdot 80 = 160$ ($2Z_{5.2 min}$)	39	50h8	49,961	50

Анализируем крутящие моменты от силы резания на всех переходах операции 035 и выбираем наибольший из них. У этой операции только один переход, поэтому рассчитываем тангенциальную силу P_z , которая пытается провернуть заготовку относительно кулачков оправки. На этой операции наибольший крутящий момент силы резания создаётся при шлифовании с $d_{10.8} = \varnothing 50,3h9(-0,074)$ до $d_{35.1} = \varnothing 50h8(-0,039)$ (см. табл. 2.1 или 1.4.1), т.е. наибольший припуск на сторону $Z_{35.2 max} = (d_{10.8 max} - d_{35.1 max})/2 = (50,3 - 49,961)/2 = 0,1695$ мм.

Назначаем размеры шлифовального круга для врезного шлифования: прямой профиль, на керамической связке. В справочнике [1] в таблице 170 на стр. 253 находим пределы размеров круга: для шлифовального материала 2А с зернистостью 50 наружный диаметр D от 175 до 350 мм, отверстие



Рис. 2.2. Круглое врезное шлифование кругом прямого профиля (ПП)

круга d от 32 до 203 мм, высота круга H от 3,2 до 200 мм.

Принимаем круг ПП 350×30×80 24А 40 С1 6 К5 (круг электрокорундовый марки 24А (белый электрокорунд 25А – для абразивного инструмента на керамической связке, в том числе прецизионного инструмента классов АА, А), с зернистостью 40 (размер ячейки сетки 400 мкм, применяется для предварительного и чистового шлифование деталей с параметром шероховатости поверхности $Ra = 2,5-0,32$ мкм), твердостью С1 (среднетвёрдая №1, рекомендуется для врезного шлифования периферией круга, т.к. шлифование стали 45 незакалённой, с твёрдостью по Бринеллю НВ 190-220), номер структуры 6 (для повышения производительности при не очень высоком требовании к точности и шероховатости поверхности $\varnothing 50h8$, но с более высоким требованием к прочности круга при врезном шлифовании), связка керамическая К5 (керамическая для всех основных видов шлифования, а К5 и К8 – для инструмента из электрокорунда обычно используемая для абразивного материала белый электрокорунд).

Назначаем режим резания (табл. 2.2): $v_{кр} = 35$ м/с, $v_{заг} = 30$ м/мин, предварительное шлифование $s_{рад} = 0,075$ мм/об.заг. (т.к. диаметр 50 мм достаточно большой и жёсткость заготовки большая, длина шлифуемой поверхности небольшая, 8 мм), после этого уменьшаем подачу до $s_{рад} = 0,002$ мм/об.заг. Расчёт выполняем по наибольшей подаче, т.е. $s_{рад} = 0,075$ мм/об.заг.

Таблица 2.2 - Параметры резания при шлифовании, заточке и доводке

Обрабатываемый материал	Характеристика процесса	$v_{кр,к}$ м/с	Скорость заготовки $v_{заг,к}$, м/мин	Глубина резания t мм	Продольная подача s , мм/об заг	Радиальная подача s_r , мм/об заг
<i>Круглое наружное шлифование</i>						
Конструкционные металлы и инструментальн	продольная подача на каждый ход :	30-35				---
	предварительное		12-25	0,01-0,025	$(0,3-0,7) \times B$	
	окончательное		15-55	0,005-0,015	$(0,2-0,4) \times B$	
	продольная подача на двойной ход		20-30	0,015-0,05	$(0,3-0,7) \times B$	

ые стали	Врезное:	30-35	---	---	0,0025- 0,075 0,001- 0,005
	предварительное окончательное				

Рассчитывается эффективная мощность (мощность резания), кВт, при шлифовании периферией круга с радиальной подачей

$$N_{рез} = C_N \times v_{заг}^r \times b^x \times s_{рад}^y \times d_{заг}^q \quad (\text{кВт})$$

где d — диаметр шлифования (диаметр заготовки), мм; b - ширина шлифования, мм, равная длине шлифуемого участка заготовки при круглом врезном шлифовании и поперечному размеру поверхности заготовки при шлифовании торцом круга; s – продольная подача при круглом шлифовании (мм/об. заг.); s_p – поперечная подача при врезном шлифовании (мм/об. заг)

Значения коэффициента C_N и показателей степени в формулах приведены в табл. 2.3 [1, стр. 56].

При врезном шлифовании периферией круга:

Таблица 2.3 - Значение коэффициента и показателей степеней в формулах мощности.

Вид шлифования	Обрабаты ваемый материал	Шлифовальный круг		Коэффициент и показатели степени					
		Зернистость	Твердость	C_N	r	x	y	q	z
Круглое наружное подача на двойной ход; подача на каждый ход	СЗН	50-40	СМ1-СМ2	1,3	0,75	0,85	0,7		
		50	СМ2	2,2	0,5	0,5	0,55		
		40	СМ1-С1	2,65	0,5	0,5	0,55		
врезное		50	С1	0,014	0,8	0,8	---	0,2	1,0

Примечания: 1. СЗН – сталь закаленная и незакаленная; СЗ – сталь закаленная; СН – сталь незакаленная; Ч – чугун. 0,0014

2. Абразивный материал: электрокорунд – при обработке стали, карборунд – при обработке чугуна.

$$N_{рез} = C_N \times v_{заг}^r \times b^x \times s_{рад}^y \times d_{заг}^q = 0,014 \times 30^{0,8} \times 8^{0,8} \times 0,075^0 \times 50^{0,2} =$$

$$= 0,014 \times 15,195 \times 5,278 \times 1 \times 2,187 = 2,455 \quad (\text{кВт})$$

Требуемая мощность главного привода станка (электродвигателя шлифовальной бабки) станка $N_{ст. гл.пр.} = N_{рез} / K_{потерь} = 2,455 / 0,75 = 3,27$ кВт.

Т.к. мощность резания получается при резании кругом, а не при точении заготовки токарным резцом, т.е. не вся эта мощность затрачивается электродвигателем шпинделя заготовки, то для расчёта мощности на

шпинделе заготовки при её вращении с частотой вращения $n_{\text{заг}}$ (об/мин) вводится поправочный коэффициент $K_{\text{шп. заг}} = 0,1$. Тогда мощность на этом шпинделе

$$N_{\text{шп. заг}} = N_{\text{рез}} \times K_{\text{шп. заг}} = 2,455 \times 0,1 \approx 0,25 \text{ (кВт)}$$

Рассчитываем тангенциальную силу $P_{\text{танг}}$, которая прикладывается на заготовку при шлифовании, т.е. принимаем её как тангенциальную силу P_z , исходя из формулы по расчёту мощности резания через тангенциальную силу P_z (Н) и скорость резания v (м/мин).

$$N_{\text{рез}} = P_z \times v / (1020 \times 60) \text{ (кВт)}, \text{ отсюда}$$

$$P_{\text{танг}} = P_z = N_{\text{шп. заг}} \times (1020 \times 60) / v = (0,25 \times 1020 \times 60) / 30 = 500,9 \text{ Н.}$$

Частота вращения заготовки (детали):

$$n_{\text{заг}} = 1000 \times v_{\text{заг}} / (\pi \times d_{\text{заг}}) = 1000 \times 30 / (\pi \times 50) = 191 \text{ об/мин.}$$

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_{\text{кр}} = 1000 \times v_{\text{кр}} / (\pi \times d_{\text{кр}}) = 1000 \times 35 \times 60 / (\pi \times 350) = 1910 \text{ об/мин.}$$

По требуемой мощности главного привода станка (электродвигателя шлифовальной бабки) $N_{\text{ст гл.пр.}} = 3,27$ кВт, частоте вращения заготовки $n_{\text{заг}} = 191$ об/мин, требуемой частоте вращения шлифовального круга $n_{\text{кр}} = 1910$ об/мин выбираем **универсальный** круглошлифовальный станок **ЗУ113М**, т.к. в операции 040 необходимо шлифовать отверстие $\text{Ø}D_{40.1} = \text{Ø}24,1\text{Н}7$.

Исходя из требуемой частоты вращения шлифовального круга $n_{\text{кр}} = 1910$ об/мин и технической возможности станка принимаем $n_{\text{кр}} = n_{\text{ст}} = 1112$ об/мин, в этом случае скорость круга на периферии будет меньше, чем максимально возможное 35 м/с: $v_{\text{кр}} = (\pi \times d_{\text{кр}} \times n_{\text{кр}}) / 1000 = 1323$ м/мин = 22 м/с.

Существует два вида круглого шлифования – с продольной подачей и врезное. Первый способ применяется, когда длина детали намного больше высоты (ширины) круга. Поступательное движение круга вдоль оси детали ($S_{\text{об}}$, мм/об. заг) выполняется, чтобы пройти всю поверхность, при этом круг и деталь, вращаются в разные стороны. Круг вращается обычно против

часовой стрелки если смотреть на шпиндель станка со стороны задней бабки, т.е. чтобы искры летели вниз и не мешали рабочему.

Таблица 2.4 – Технические характеристики круглошлифовального станка 3У113М

Параметры	Величина
Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:	
Диаметр	280 мм
Длина	700 мм
Рекомендуемый диаметр шлифования:	
Наружного	60 мм
Внутреннего	30–100 мм
Наибольшая длина шлифования:	
Наружного	710 мм
Внутреннего	125 мм
Высота центров над столом	185 мм
Наибольшее продольное перемещение стола	700 мм
Угол поворота стола, °:	
по часовой стрелке	3°
против часовой стрелки	10°
Скорость автоматического перемещения стола, м/мин	0,05 – 5
Частота вращения шпинделя заготовки, об/мин	40-400
Конус Морзе шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки соответственно	5; 4
Наибольшие размеры шлифовального круга:	
Наружный диаметр	600
Высота	50
Перемещение шлифовальной бабки:	
Наибольшее	290
на одно деление лимба	0,005
за один оборот толчковой рукоятки	0,001
Частота вращения шпинделя шлифовального круга, об/мин	
при наружном шлифовании	1 112
при внутреннем шлифовании	16 900
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	5,5
Габаритные размеры (с приставным оборудованием):	
длина	5500
Ширина	2585
Высота	1982
Масса (с приставным оборудованием), кг	5960

2.2 Расчёт требуемого усилия закрепления разжимной оправки.

Для предотвращения проворачивания заготовки на оправке под действием тангенциальной силы P_z , т.е. для передачи крутящего момента $M_{рез}$ необходимо соблюдение условия: $M_{тр} \geq M_{рез} \times K_3$,

где $M_{тр} = F_{тр} \times d_{опр} / 2$ (Н·м);

$M_{рез} = P_z \times d_{заг} / 2$ (Н·м);

$K_3 = 1,3 \dots 2$ – коэффициент

запаса надёжности
передачи крутящего
момента.

Сила трения

заготовки относительно

поверхности оправки

$F_{тр} = N \cdot f$, где N (в наших

расчётах правильнее

обозначить W , чтобы не путать с мощностью) – это нормальная сила

давления на поверхность отверстия заготовки от оправки; f – коэффициент трения скольжения, при трении стали по стали $f = 0,15$.

Для закрепления заготовки за её центральное отверстие лучше использовать разжимную самоцентрирующую оправку (см. рис. 2.4) с кулачками, т.к. при обработке не требуется обеспечить очень высокую точность центрирования. Закрепление заготовки при такой конструкции осуществляется за счёт осевого усилия тарельчатых пружин влево, которые перемещают плунжер влево и он своими наклонными поверхностями выдавливает кулачки

Для закрепления заготовки за её центральное отверстие лучше использовать разжимную самоцентрирующую оправку (см. рис. 2.4) с кулачками, т.к. при обработке не требуется обеспечить очень высокую точность центрирования. Закрепление заготовки при такой конструкции

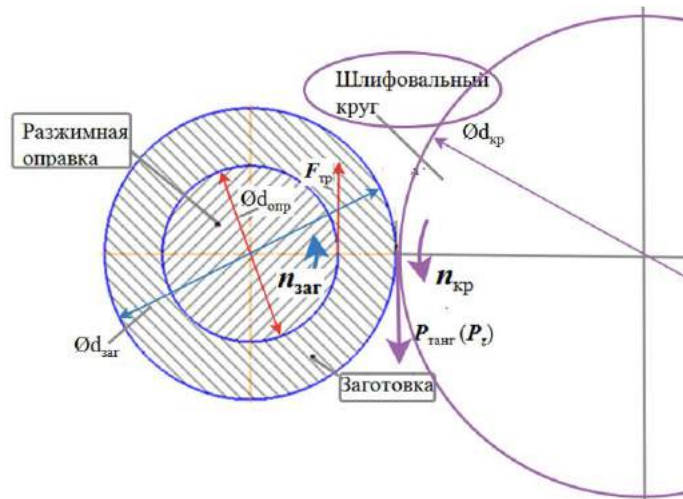


Рис. 2.3. Схема действия сил при круглом шлифовании

осуществляется за счёт осевого усилия тарельчатых пружин влево, которые перемещают плунжер влево и он своими наклонными поверхностями выдавливает кулачки наружу, что и обеспечивает закрепление, совмещаемое

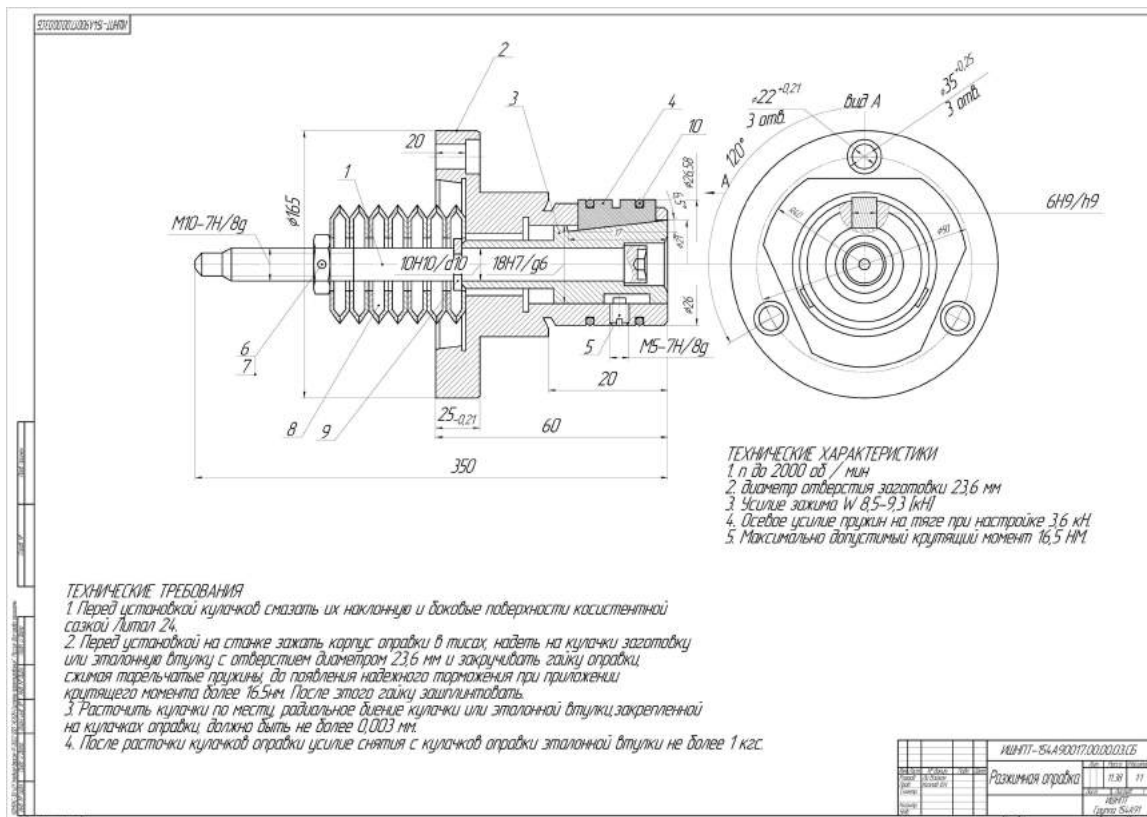


Рис. 2.4. Пример эскиза разжимной оправки

с базированием.

Рассчитывается сила давления W на поверхность отверстия заготовки, исходя из уравнения $W \cdot f \cdot d_{\text{опр}} / 2 \geq K_z \cdot P_z \times d_{\text{заг}} / 2$, отсюда: $W \geq (K_z \cdot P_z \cdot d_{\text{заг}}) / (f \cdot d_{\text{опр}})$.
 $W = (1,2 \cdot 500,9 \cdot 50) / (0,15 \cdot 23,6) \approx 8 \cdot 490 \text{ Н}$.

Рассчитывается осевая сила на плунжере оправки $Q_{\text{пл. треб}}$ треб, которую необходимо создать, чтобы на поверхность отверстия заготовки действовала нормальная сила $W = 8 \cdot 490 \text{ Н}$. Учитывая угол наклона скоса кулачков $\alpha = 6^\circ$ и угол трения сталь по стали (потери от трения) $\varphi = 8^\circ$ при $f = 0,15$:
 $Q_{\text{пл. треб}} = W \cdot (\text{tg}\alpha + 2 \cdot \text{tg}\varphi) = 8 \cdot 490 \cdot (0,12 + 2 \cdot 0,15) = 3565,8 \approx 3566 \text{ Н}$.

Рассчитывается **на прочность** резьба на тяге, соединяющей плунжер со штоком пневмоцилиндра или мембранной пневмокамеры. Для материала

тяги используется сталь 35, у которой допустимый предел прочности $[\sigma_B] = 100$ МПа. Из конструктивных особенностей оправки (диаметр отверстия заготовки достаточно мал – 23,6 мм) невозможно использовать резьбу более 10 мм (M10). В этом случае учитывается её минимальный диаметр по впадинам d_1 при шаге резьбы для M10 $P = 1,5$ мм.

$$d_1 = d - 1,0825316 \cdot P = 10 - 1,0825316 \cdot 1,5 = 10 - 1,662 = 8,338 \text{ мм.}$$

$$Q_{\text{резьбы max}} = [\sigma_B] \cdot \pi \cdot d_1^2 / 4 = 100 \cdot 3,14 \cdot 8,338^2 / 4 = 5457 \text{ Н.}$$

$Q_{\text{резьбы max}} = 5457 \text{ Н} > Q_{\text{пл.треб}} = 3566 \text{ Н}$, т.е. можно использовать резьбу M10 в конструкции разжимной оправки. Коэффициент запаса прочности на растяжение $K_{\text{зап резьбы}} = Q_{\text{резьбы max}} / Q_{\text{пл.треб}} = 5457 / 3566 = 1,53$.

Рассчитывается диаметр мембранной пневмокамеры, которая отличается компактностью, простотой и дешёвой конструкцией. Осевая сила на штоке пневмокамеры рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{пл.треб}} = (\pi \times D_{\text{камеры}}^2 / 4) \times p, \text{ (Н)}$$

где $D_{\text{камеры}}$ – внутренний диаметр мембранной пневмокамеры (мм); p – давление сжатого воздуха (МПа) или (Н/мм²), подаваемого от компрессора в сеть цеха. Обычно $p = 0,5$ Н/мм² с учётом потерь.

В вышеприведённой формуле учтено, что камера будет одностороннего действия, поэтому потери полезной её площади из-за наличия штока не будет. Выходное осевое усилие будет немного меньше из-за наличия возвратной пружины в конструкции мембранной пневмокамеры одностороннего действия для возвращения мембраны в исходное положение после отключения подачи воздуха и стравливания его остатков из левой полости камеры в атмосферу. Обычно принимается, что для возврата осевое усилие пружины $Q_{\text{пруж}} = 50-100$ Н.

Для сжатия тарельчатых пружин оправки, **которые и создают необходимое осевое усилие** на плунжере для закрепления заготовки, $Q_{\text{штока}}$ должно быть немного больше $Q_{\text{пл.треб}}$. Тогда для расчёта внутреннего минимального диаметра пневмокамеры $D_{\text{камеры треб}}$ используется формула:

$$D_{\text{камеры треб}} = [4 \cdot Q_{\text{пл.треб}} / (\pi \cdot p)]^{1/2} = [4 \cdot 3566 / (\pi \cdot 0,5)]^{1/2} = 9085^{1/2} = 95,3 \text{ мм.}$$

Если примем диаметр камеры $D_{\text{камеры пр}} = 100$ мм, то сила на её штоке, которая будет давить на плунжер,

$$Q_{\text{штока}} = (\pi \times D_{\text{камеры}}^2 / 4) \times p = (\pi \times 100^2 / 4) \times 0,5 = 3925 \text{ Н.}$$

При таком усилии со стороны штока пневмокамеры возвратная пружина пневмокамеры может создавать усилие: $Q_{\text{возвр.пр}} = Q_{\text{пл}}$ -
 $Q_{\text{пл треб}} = 3925 - 3566 = 359$ Н, что является даже избыточным.

Усилие зажима W (давления на поверхность отверстия заготовки) при диаметре мембранной пневмокамеры $D_{\text{кам.}} = 100$ мм с учётом коэффициента запаса осевого усилия $K_{\text{зап}} = Q_{\text{пл 100мм}} / Q_{\text{пл треб}} = 3925 / 3566 = 1,1$:

$$W_{\text{факт}} = W_{\text{треб}} \times K_{\text{зап}} = 8\,490 \times 1,1 = 9\,344 \text{ Н.}$$

Максимально допустимый крутящий момент $M_{\text{max}} = (W_{\text{факт}} \times f) \times (d_{\text{опр}} / 2)$
 $= 9344 \times 0,15 \times (23,6 / 2) = 16540 \text{ Н}\cdot\text{мм} = 16,54 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

Учитывая возможное использование пневмокамеры в приспособлениях и при обработке других деталей, при закреплении которых требуется большее осевое усилие на штоке, **принимая** к использованию камеру с диаметром $\varnothing 320$ мм, т.е. наибольшим по габаритным размерам возможных станков. На оправку это не будет оказывать влияние, т.к. закрепление заготовки выполняется осевым усилием тарельчатых пружин влево, а движение штока пневмокамеры вправо для раскрепления заготовки должно быть ограничено в любом случае для предотвращения чрезмерного выхода плунжера от торца оправки.

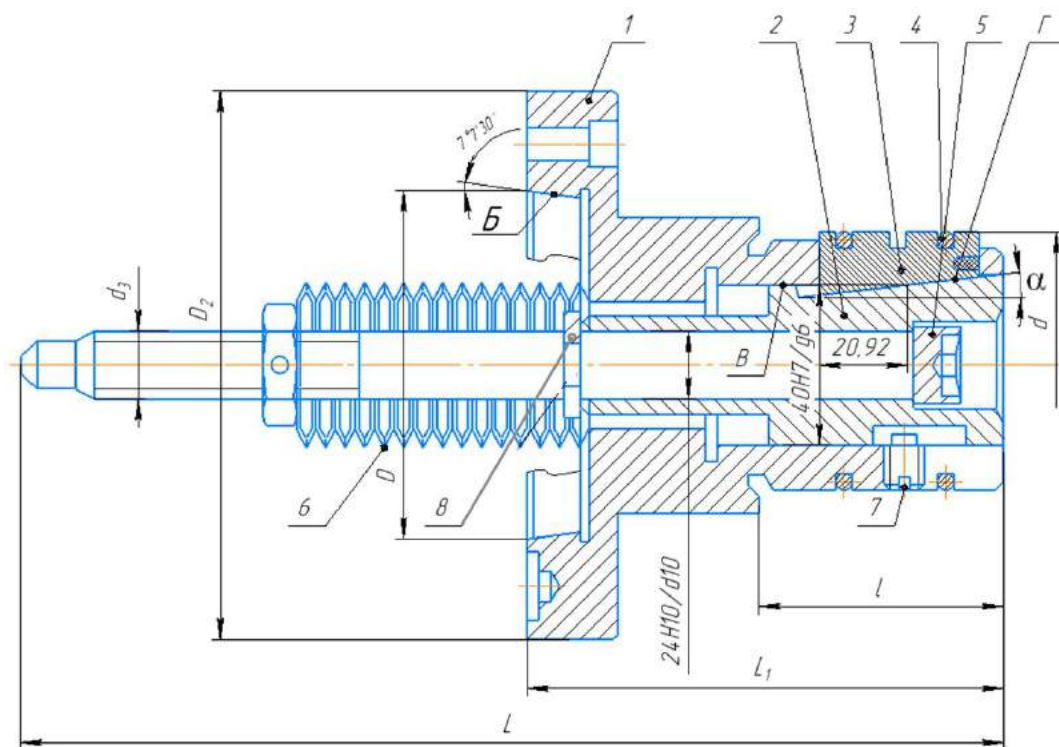
2.3 Выбор конструкции разжимной оправки.

Определяем присоединительные габаритной размер разжимной кулачковой фланцевой оправки по ГОСТ 17531-72 (см. рис. 2.4), принимая во внимание размеры шпинделя станка.

Анализируем стандарт на оправку ГОСТ 17531-72. Назначаем посадочный диаметр d разжимной оправки под отверстие $\varnothing 23,6\text{H}9^{(+0,052)}$:
 $d_{\text{max опр}} = D_{\text{max отв}} = 23,652$ мм; $d_{\text{min опр}} = d_{\text{настр до зажима}} = 23,58$ мм, т.е. зазор должен быть не менее 0,02 мм при установке заготовки на кулачки оправки.

Требуемое наибольшее перемещение (ход) кулачков для закрепления заготовки за отверстие $\text{Ø}23,6\text{H}9$: $\Delta_{\text{max}} = (23,652 - 23,58)/2 = 0,036\text{мм}$.

Оправка состоит из нескольких элементов, трудно добиться идеального положения кулачков даже при точной обработке всех составляющих элементов: корпуса оправки (должна быть хорошая соосность посадочного конуса Б корпуса оправки 1 на коническую часть шпинделя токарного станка



1-корпус оправки; 2-плунжер; 3-кулачок; 4-пружинное разрезное кольцо (2 шт); 5-винт плунжерный; 6-пружина тарельчатая; 7-винт; 8 -стопорное кольцо; Б - посадочный конус корпуса оправки; В - цилиндрическое отверстие в корпусе; Г - часть плунжера с уклоном α .

Рис. 2.5. Эскиз разжимной кулачковой оправки в разрезе.

и цилиндрического отверстия В корпуса, вдоль которого перемещается плунжер; 2) также должна быть хорошая соосность конической части Г плунжера с посадочным конусом Б корпуса оправки; размеры кулачков 3 должны быть абсолютно одинаковыми (иначе один кулачок будет выступать по диаметру относительно других).

Поэтому после сборки оправки и предварительного настроя кулачков на размер, который выполняем за счёт осевого перемещения плунжера 2

вращением гайки, оправка устанавливается в шпиндель станка и обтачивается «по месту», чтобы устранить первоначальное биение кулачков, т.е. отклонение от соосности наружной поверхности кулачков с осью вращения шпинделя станка.

Перед обточкой устанавливаются достаточно жёсткое кольцо, чтобы кулачки были плотно прижаты к конической части плунжера за счёт тарельчатых пружин и не болтались. После обточки (шлифовки) диаметр тарельчатых пружин и не болтались. После обточки (шлифовки) диаметр немного уменьшится, это необходимо учесть при изготовлении кулачков, чтобы осавлся достаточный припуск. Разрезные пружинные кольца 4 (2 шт.) не дадут распасться кулачкам после установки на станке, не дадут разлететься кулачкам при подаче давления в мембранную камеру без заготовки по ошибке оператора.

Задача при настройке оправки заключается в том, чтобы кулачки позволяли устанавливать на них заготовку с отверстием $D_i = D_{\min} = \text{Ø}23,6\text{мм}$ без особых сложностей, поэтому в этом случае зазор S должен быть не менее $0,02\text{ мм}$ ($d^*_{\max} = 23,58\text{ мм}$), но и ограничен по допуску для уменьшения радиального перемещения кулачков (обычно не более $0,1\text{ мм}$), чтобы в целом не увеличился ход кулачков и не уменьшилась точность центровки заготовки.

На рис. 2.6 показана дополнительная канавка для размещения в ней цельного жёсткого кольца перед установкой в 2-х остальных канавках разрезных колец перед обточкой по месту, чтобы кулачки не рассыпались, и чтобы не надо было их придерживать перед установкой жёстких колец.

Эта дополнительная канавка располагается посередине кулачков. Глубина всех канавок

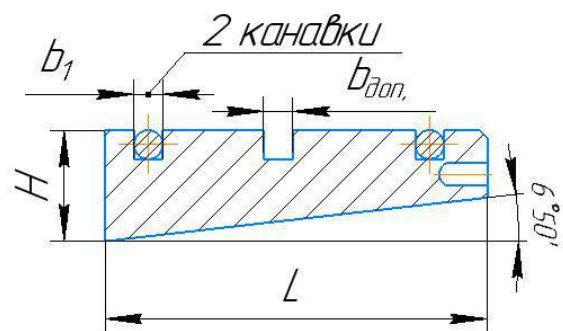


Рис. 2.6. Эскиз кулачка оправки. Показана дополнительная канавка посередине для размещения разрезного кольца при обточке по месту

должна быть 3 мм, чтобы кольца не выступали над поверхностью кулачков. Толщина разрезных (пружинных) колец тоже 2 мм, чтобы они надёжно прижимали кулачки к наклонной поверхности плунжера (усилие прижима к плунжеру должно быть около 50 Н), они обеспечивают сжатие кулачков для удобного снятия заготовки после её обработки, удобную установку заготовки на кулачки оправки перед шлифованием.

Для принятой конструкции разжимной оправки в качестве привода лучше использовать пневмокамеру одностороннего действия (рис 2.7), т.к. нам нужно усилие штока только вправо для сжатия тарельчатых пружин и раскрепления заготовки.

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

На резьбовой конец штока может навинчиваться толкатель, воздействующий на зажимной механизм приспособления. В предлагаемой конструкции пневмокамеры резьбовая часть на штоке не нужна, т.к. шток будет толкать, а не тянуть (рис. 2.6).

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

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

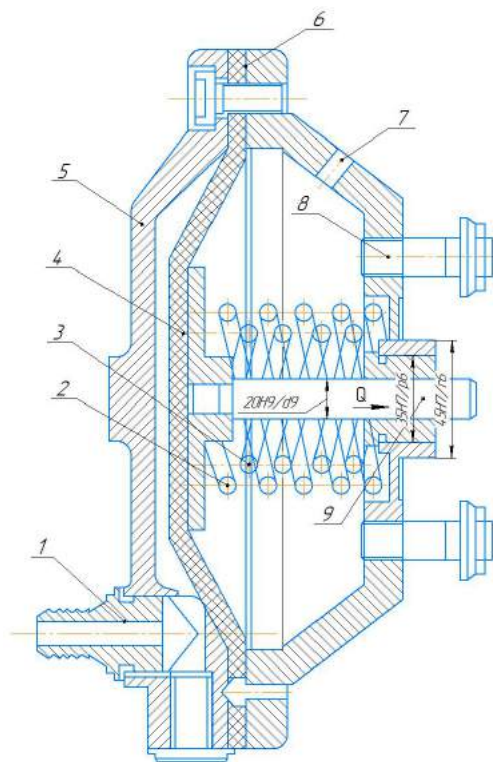


Рис. 2.7. Эскиз пневмокамеры одностороннего действия.

штока вправо.

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

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

1) от наибольшего перемещения штока пневмокамеры, которое зависит от диаметра камеры (см. рис. 2.7): чем диаметр больше, тем больше возможное перемещение из-за ограниченной эластичности мембраны; а также от диаметра шайб, стягивающие (прижимающих) мембраны друг к другу (чем больше диаметр шайб, тем меньше осевое перемещение).

Длина хода штока ($L_{штока}$) зависит:

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

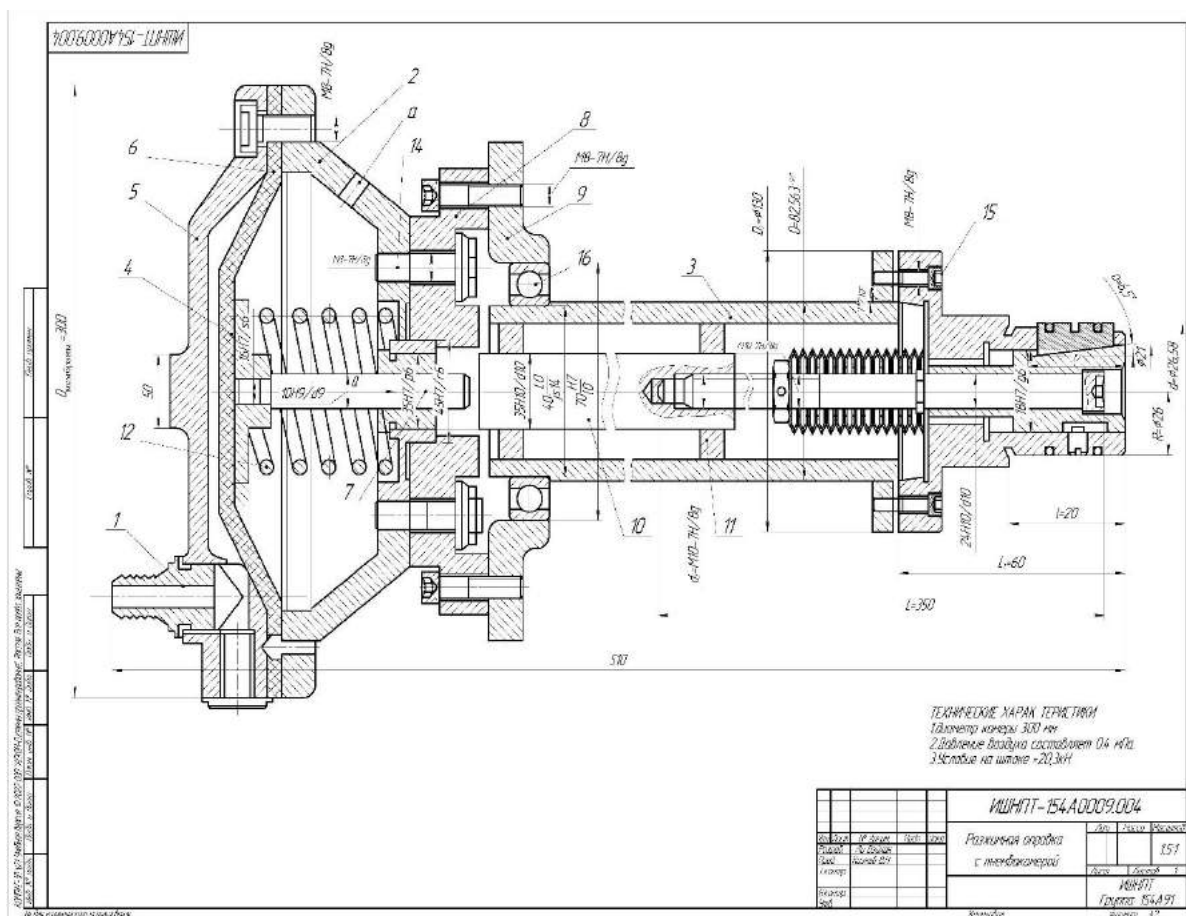


Рис 2.7. Эскиз разжимной фланцевой оправки с мембранной пневмокамерой одностороннего действия. Показано крайнее левое положение штока камеры, достигаемое

перед включением вращения шпинделя.

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

2) от допустимого осевого хода плунжера $L_{\text{плунжера}}$, который может быть ограничен конструкцией оправки. В нашей конструкции это осевое расстояние от наклонной поверхности плунжера (т.к. это не коническая поверхность по всему диаметру, а уклон с шириной $b = 10$ мм равной ширине кулачка, см. по чертежу оправки в разрезе рис. 2.3) до передней стенки корпуса оправки $L_{\text{плунжера}}$ (рис. 2.3), если диаметр отверстия $\varnothing D_{\text{отв}}$ меньше или равен диаметру наклонной поверхности плунжера $\varnothing D_{\text{кон плунж}}$.

Поэтому сначала на чертеже проводим линию от поверхности $\varnothing D_{\text{отв}}$ до наклонной поверхности плунжера, а затем по чертежу с учётом его масштаба определяем допустимый осевой ход плунжера $L_{\text{плунжера max}}$, считая, что при крайнем правом положении штока плунжер тоже находится в крайнем правом положении (положение «Разжато»). Наибольшее диаметральное перемещение кулачков, т.е. наибольшее увеличение диаметра наружной поверхности кулачков Δd_{max} , равно двойной величине радиального перемещения, которое рассчитываем исходя из наибольшего хода плунжера $L_{\text{плунжера max}}$ и угла наклона сопрягаемых поверхностей кулачков и плунжера. По чертежу определяем, что $L_{\text{плунжера max}} = 20,92$ мм. Рассчитываем наибольшее перемещение кулачков на диаметр:

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

$$d_{\text{кулачков min}} = D_{\text{заг min}} - 0,02 \text{ мм} = 23,6 - 0,02 = 23,58 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{оправки max}} = d_{\text{кулачков min}} - 2 \text{ мм} = 23,58 - 2 = 21,58 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительный диаметр корпуса оправки $d_{\text{оправки}} = 23,5h9_{(-0,052)}$ мм.

Рассчитывается наибольший возможный диаметр отверстия заготовки без переустановки кулачков: $D_{\text{заг возм max}} = d_{\text{кулачков min}} + \Delta d_{\text{max}} = 23,58 + 4,8$

=28,38мм

Таким образом с одним комплектом кулачков в одной и той же оправке теоретически можно закреплять заготовки с диаметром отверстия $D_{\text{заг}}$ от 23,6 до 28,38 мм. Практически сделать это можно только после предварительной тонкой обточки кулачков «по месту». Это связано с увеличением погрешности установки при увеличении хода кулачков.

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

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

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

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

Эта настройка возможна при соответствующем присоединении (привинчивании) удлинителя (толкателя) к тяге плунжера оправки.

2) Выполняется расчёт предотвращения слишком большого зазора разрезных колец при наибольшем возможном радиальном перемещении кулачков Δd_{max} . Наибольший ход штока пневмокамеры $L_{\text{плунжера max}} = 20,92$ мм, при этом увеличение диаметра наружной поверхности канавок в кулачках будет не более $\Delta d_{\text{max}} = 4,8$ мм. Поэтому при достаточно большом диаметре канавок в кулачках равном $d_{\text{канавок}} = 23,58 - 6 = 17,58$ мм разрезные кольца не разожмутся слишком сильно и не позволят кулачкам выпасть из оправки.

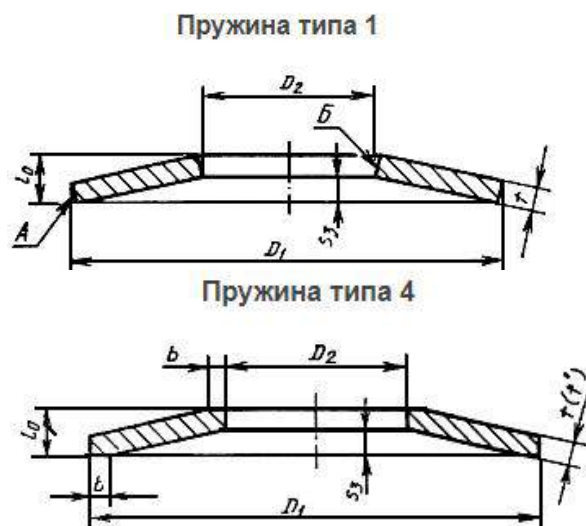
Зазор между штоком камеры и толкателем должен быть 5 – 10 мм, а ход штока должен быть ограничен 10 – 15 мм. Наибольший ход пружин оправки при закреплении отверстия $D_{1,5} = \varnothing 23,6\text{H}9$ ($L_{\text{закр}} = 4,54 \text{ мм} + 5 - 10 \text{ мм}$).

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

= 4,54 мм ≈ 5мм.

Из ГОСТ 3057-90 определяем, что комплект из 2-х тарельчатых мембран (пружин) с наружным диаметром 25 мм и отверстием 12,5 мм при сдавливании в осевом направлении на 45% от их максимальной возможной величины ($0,45s_3$) создаёт силу $Q_{\text{пруж 1 компл}} = 557$ Н (ГОСТ 3057-90, Пружины тарельчатые). Но нам нужно $Q_{\text{пл.треб}} = 3925$ Н, поэтому необходимо установить 7 комплектов пружин ($n = Q_{\text{пл.треб}}/Q_{\text{пруж 1 компл}} = 3925/557 = 7,04$). При настройке осевого усилия за счёт завинчивания гайки на плунжере можно обеспечить и большее усилие, т.е. сжимая пружины более чем 45%. Главное ограничение настраиваемого осевого усилия (силы давления при закреплении заготовки) – это прочность резьбы (в нашем случае это М10) по впадинам.

Можно использовать и большее количество комплектов. В этом случае не будет требоваться предварительно их сильно сжимать вращением гайки для создания требуемого большого осевого усилия. При большом количестве пружин возможно использовать разработанную конструкцию для создания большего усилия в других технологических операциях техпроцесса детали «Крышка» или при обработки других деталей.



Для

Рис. 2.8. Эскизы тарельчатых пружин типа 1 и 4.

определения осевого размера плунжера под установку комплекта тарельчатых пружин определяем длину комплекта $l_{\text{компл}}$ из $n = 7$ сдвоенных пружин № 052 до их деформации (рис. 2.8 и 2.9):

$$l_{1 \text{ компл}} = 2 \times l_0 = 2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ мм}$$

Длина пружин из 7 комплектов до стяжки

$$l_{7 \text{ компл. до ст}} = 2 \times 7 \times l_0 = 2 \cdot 7 \cdot 1,7 = 23,8 \text{ мм.}$$

Длина l_3 рассчитывается с учётом $l_{\text{компл}}$ и ширины гайки l_2 , используемой для стяжки пружин до размера l_1 , при котором будет обеспечиваться необходимое осевое усилие для закрепления заготовки на кулачках. При этом длина каждого комплекта пружин будет до стяжки $l_0 = 1,7$ мм, после стяжки $l_{\text{ст}} = l_0 \times 0,45 = 1,7 \times 0,45 = 0,77$ мм; а значит длина комплекта после стяжки $l_{\text{компл рабочая}} = l_1 = 0,45 \times 2 \times 7 \times l_0 = 10,71$ мм $\Delta l = l_{7 \text{ компл. до ст}} - l_1 \approx 23,8 - 10,71 = 13,09$ мм.

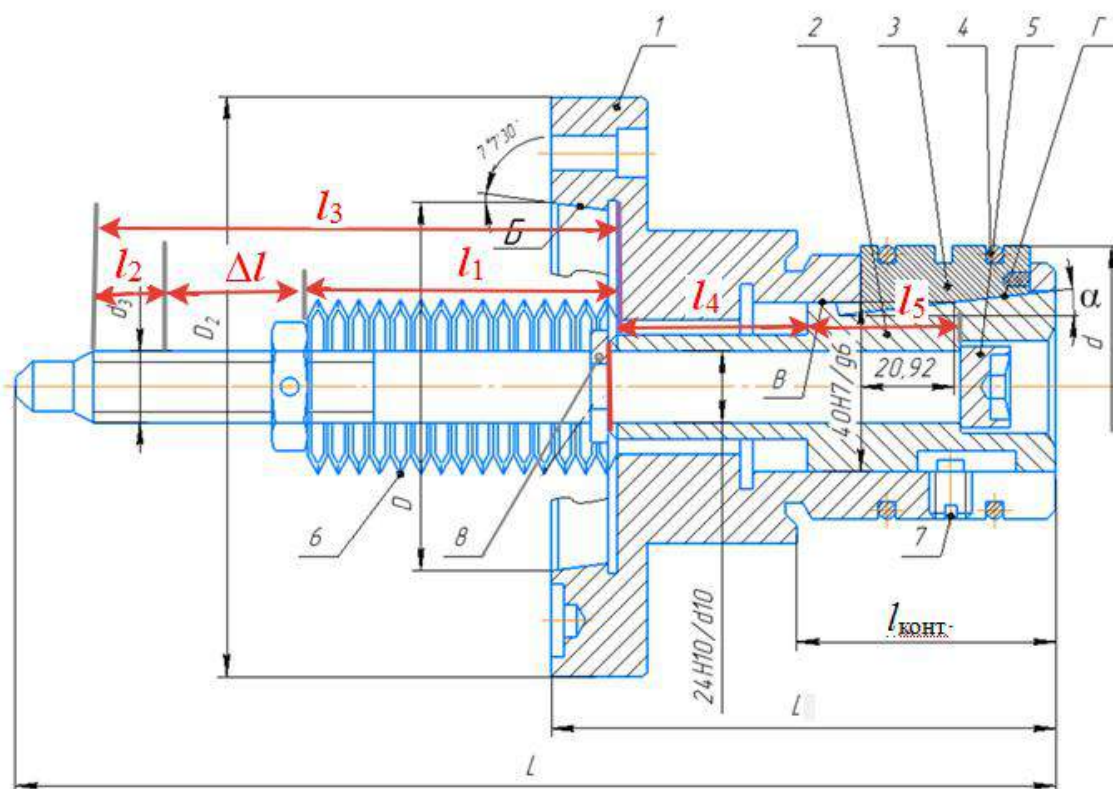


Рис. 2.9. Схема расчёта длины винта плунжерного 5.

Длина резьбовой части винта плунжерного должна быть больше на

15 мм, чем при положении левого торца комплекта пружин после их стягивания (рис. 2.9). Это необходимо для гарантированного осевого перемещения гайки при стяжке комплекта пружин.

Стопорное кольцо 8 устанавливается после сборки плунжера 2 с винтом плунжерным 5 до установки тарельчатых пружин (рис. 2.9). Оно не позволяет винту выпасть из плунжера.

После установки плунжера 2 в корпусе 1 устанавливаются три кулачка 3, которые стягиваются двумя пружинными разрезными кольцами 4.

Размеры l_4 и l_5 определяются из сборочного чертежа оправки.

После придания необходимого осевого усилия, которое проверяется динамометрическим ключом при попытке вращения эталонной заготовки, закреплённой на кулачках оправки ($M_{кр тр} > 16,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$), гайка шплинтуется для предотвращения её откручивания во время работы. Оправка в сборе до её установки на станке закрепляется в тисах.

Чем больше пружин, тем больше наибольшее осевое перемещение. Достоинства стальных мембран (тарельчатых пружинных мембран) – большое усилие при небольших размерах. Недостаток – небольшой ход. В приведённом выше случае всего 6 мм, но для разжимной оправки этого достаточно.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154A91	Ли Вэйхан

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н. доцент		24.04.23

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A91	Ли Вэйхан		24.04.23

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

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

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

Целью ВКР является разработка технологического процесса изготовления втулки подшипниковой.

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

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

По результатам исследований и конструкторских разработок, в процессе исследования мы учитывали два конкурирующих развития различных компонентов красок:

- 1) Подшипниковые материалы на медной основе;
- 2) Подшипниковые материалы на основе алюминия;

Поскольку рынок постоянно меняется, необходим тщательный анализ для успешной борьбы с конкурентами и своевременной корректировки исследований, в таблице 3.1 показано оценки как технических, так и экономических критериев.

Таблица 3.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Помехоустойчивость	0,14	4	5	4	0,5	0,7	0,5
2. Сложность изготовления	0,14	4	4	5	0,55	0,55	0,55
3. Трещиностойкость	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
4. Безопасность	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5. Ударопрочность	0,09	5	4	5	0,5	0,35	0,35
6. актуальность исследования	0,12	4	5	4	0,5	0,6	0,5
7.Повышение производительности труда пользователя	0,14	4	5	4	0,5	0,7	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	4	5	3	0,6	0,55	0,35
3. Финансирование научной разработки	0,1	4	4	4	0,4	0,3	0,4
Итого	1	39	38	37	4,45	4,15	3,85

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;
B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i-го показателя.

Разработка:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 39 \cdot 4,45 = 173,55$$

Конкуренты:

$$K1 = \sum B_i \cdot B_i = 38 \cdot 4,15 = 157,7$$

$$K2 = \sum B_i \cdot B_i = 37 \cdot 3,85 = 142,45$$

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

3.1.2 SWOT-анализ

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

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.2:

Таблица 3.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Опытный руководитель	Сл1. Погрешность и неопределенность в процессе экспериментальной обработки
С2. Высокое квалифицированное изделие	Сл2. Эксперимент необходимо повторять много раз, что занимает много времени.
С3. Экологичность технологии.	Сл3. Высокая стоимость оборудования
С4. Высокая ударопрочность продукта ударам	Сл4. Отсутствие информации о соответствующих научных исследованиях
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
В1. заимствовать мировой рынок, экспортировать за границу	У1. Появление зарубежных аналогов и их ранний выход на рынок
В2. Сотрудничество с видными иностранными профессорами в этой области	У2. Техническая конкуренция производства
В3. Возникновение дополнительного спроса на результаты исследований в этой области	У3. Ограничения на технический экспорт
В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	У4. Снижение себестоимости разработки конкурентов

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надёжность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3,3–3,6:

«+» означает сильное соответствие сильных сторон возможностям;

«-» означает слабое соответствие;

«0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны».

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	-	+	-
	B2	+	+	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	+	-	-	-

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны».

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

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны».

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

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны».

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

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в работе (табл. 3.6)

Таблица 3.6 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Опытный руководитель С2. Высокое квалифицированное изделие С3. Экологичность технологии. С4. Высокая ударопрочность продукта ударам С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Погрешность и неопределенность в процессе экспериментальной обработки Сл2. Эксперимент необходимо повторять много раз, что занимает много времени. Сл3. Высокая стоимость оборудования Сл4. Отсутствие информации о соответствующих научных исследованиях Сл5. Вероятность получения брака
Возможности: В1. заимствовать мировой рынок, экспортировать за границу В2. Сотрудничество с видными иностранными профессорами в этой области В3. Возникновение дополнительного спроса на результаты исследований в этой области В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	Сотрудничество с известными иностранными преподавателями и использование инновационной инфраструктуры могут обеспечить высокое качество продукции, высокая устойчивость к потрясениям является основой для экспорта и выхода на мировые рынки	Использование новейшего оборудования и сотрудничество с известными зарубежными экспертами может быть использовано для удовлетворения исследовательских потребностей, а также может сократить экспериментальные ошибки и экономить время.
Угрозы: У1. Появление зарубежных аналогов и их ранний выход на рынок У2. Техническая конкуренция производства У3. Ограничения на технический экспорт У4. Снижение себестоимости разработки конкурентов	Несмотря на снижение себестоимости разработки конкурентов, наша продукция обладает лучшими механическими характеристиками, более привлекательными для мировых экспортных рынков.	Для того чтобы устранить все угрозы и слабые места, необходимо улучшить информацию о соответствующих научных исследованиях

Вывод SWOT-анализу: В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ

осуществляется в порядке:

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

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

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.8:

Таблица 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер Научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

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 бюджета.

Мы используем следующую формулу для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5} \quad (3.1)$$

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

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

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

Когда мы узнаем значение ожидаемой интенсивности труда, можно будет определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} с учетом параллельности работы, проводимой различными исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i} \quad (3.2)$$

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

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

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

$$T_{кл.инж} = T_{pi} \times K_{кал} \quad (3.3)$$

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

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

$K_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{кал.инж.} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.4)$$

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

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

$T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году;

Расчеты временных показателей проведения научного исследования представляются в таблице 3.9:

Таблица 3.9 – Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	$t_{мини}$, чел-дни		$t_{макс}$, чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18

9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

Примечание:

Исп.1 – научный руководитель; Исп.2 – инженер;

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	█													
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		█												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			█											
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			█											
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				█										
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					█									
8	Обработка полученных данных	Исп2	18							█							
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5										█				
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13											█			

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),



– Исп. 2 (инженер)

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

В эту статью входят затраты на приобретение всех видов сырья, необходимого для выполнения данной исследовательской работы, и материалов для изготовления готовой продукции.

Таблица 3.11 – Материальные затраты.

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	5	350	1 750
Картридж для лазерного принтера	2	3500	7000
Итого:			8750

3.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

При вычислении этой части, принимая во внимание, что оборудование было куплено и запущено до начала работы, в данном случае нам нужно учитывать только затраты рабочего дня по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (3.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \times m \quad (3.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

По формуле расчета получаем следующие данные в таблице 3.12:

Таблица 3.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.	$M_{В.ИЗ}$ мес.	$H_A = \frac{1}{n}$ %	$A_{АМО}$.руб.
1	ПЭВМ	1	3	50	50	0,6	33	4167
2	ПРИНТОР	2	4	15	30	0,7	25	1875
3	КСЕРОКС	1	7	32	32	0,7	14	1143
Итого								7185

Стоимость приобретенного специализированного оборудования составила 7185 руб.

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В этой части мы должны рассчитать зарплату инженера и менеджера, а также затраты на заработную плату с учетом сложности исследования проекта и существующей системы заработной платы.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (3.7)$$

Где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} \quad (3.8)$$
$$= \frac{55000 \times 10,3}{246} = 2303 \text{ руб.}$$

Где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M=11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

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

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{34000 \times 11,2}{246} = 1548 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \times (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \times K_{\text{р}} \quad (3.9)$$
$$= 29000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 56550$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \times (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \times K_{\text{р}} = 18000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 35100$$

Где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $K_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Представим результаты расчетов основной заработной платы в итоговой таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Расчеты основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}$ руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m руб	$Z_{дн}$ руб	T_p раб. дн.	$Z_{осн}$ руб
Руководитель	29000	0,3	0,2	1,3	56550	2303	10,2	26261
Инженер	18000	0,3	0,2	1,3	35100	1548	69	110265
Итого:								136526

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле 3.10:

$$Z_{доп} = k_{доп} \times Z_{осн} \quad (3.10)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$K_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15);

Согласно формуле 3.10, мы можем определить дополнительную зарплату менеджера и инженера:

$$Z_{доп1} = k_{доп} \times Z_{осн1} = 0,15 \times 26261 = 3939,2 \text{ руб}$$

$$Z_{доп2} = k_{доп} \times Z_{осн2} = 0,15 \times 106038 = 16539,8 \text{ руб}$$

Таким образом, общая дополнительная заработная плата составляет:

$$Z_{доп общ} = Z_{доп1} + Z_{доп2} = 3939,2 + 16539,8 = 20479 \text{ руб}$$

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле 3.11:

$$Z_{внеб1} = k_{внеб} \times (Z_{осн1} + Z_{доп1}) \quad (3.11)$$

где $K_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году –30% (ст.425, 426НК РФ).

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя определяются по формуле 3.11:

$$Z_{внеб1} = k_{внеб} \times (Z_{осн1} + Z_{доп1}) = 0,3 \times (26261 + 3939,2) = 9060 \text{ руб}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера определяются по формуле 3.11:

$$Z_{внеб2} = k_{внеб} \times (Z_{осн2} + Z_{доп2}) = 0,3 \times (110265 + 16539,8) = 38041,44 \text{ руб}$$

Таким образом, мы можем получить общие затраты на составляется отчисления:

$$Z_{внеб общ} = Z_{внеб1} + Z_{внеб2} = 9060 + 38041,4 = 47101,44 \text{ руб}$$

3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 3.14 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
7185	8750	136526	20478,9	47101,47	220 041,37

Величина накладных расходов определяется по формуле

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

Где $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Накладные расходы

В накладных расходах учитываются другие расходы, которые ранее не включались в статью расходов, такие, как расходы на печать и ксерокопирование материалов исследования, услуги связи, расходы на электроэнергию и почтовую связь.

Величина накладных расходов определяется по формуле 3.12:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\frac{C_{\text{сук}}}{5}\right) \times K_{\text{нр}} = \left(\frac{345311}{5}\right) \times 0,2 = 13812,44 \quad (3.12)$$

где $K_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

3.3.6 Бюджетная стоимость НИР

Группировка затрат по статьям представляется в таблице 3.15:

Таблица 3.15 – Группировка затрат по статьям.

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	8750	4626,3	15945	Пункт 2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	7185	22959,8	43453	Пункт 2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	136526	148391	148391	Пункт 2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20478,9	22258,7	22258,7	Пункт 2.3.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	47101,47	51194,9	51194,9	Пункт 2.3.5
6	Накладные расходы	44008,27	49776,6	49776,6	Пункт 2.3.6
Бюджет затрат НИР		264049,64	299 177,3	331 019,2	Сумма ст. 1- 6

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

Для определения эффективности научных исследований рассчитывается интегральный показатель эффективности научных исследований путем определения показателей финансовой эффективности и эффективности использования ресурсов.

Для того чтобы получить интегрированные показатели финансовой

эффективности научных исследований, необходимо оценить затраты на реализацию трех программ научных исследований в бюджетном процессе. Поэтому мы используем в качестве основы для расчетов (в качестве знаменателя) максимальный интегральный показатель выполнения технических задач, связанный с финансовой стоимостью всех опционов.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Подшипниковые материалы на медной основе;
- 2) Подшипниковые материалы на основе алюминия.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается по формуле 3.13:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (3.13)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения;

По перечисленным вычислениям определяются общие затраты для всех вариантов:

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 264049,64$ руб; $\Phi_{\text{исп.2}} = 413417,08$ руб; $\Phi_{\text{исп.3}} = 447396,08$ руб.

По формуле 3.13 определяется интегральный финансовый показатель для текущего проекта:

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 264049,64$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 299177,3$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 331019,2$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{299177,3}{331019,2} = 0,904$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{331019,2}{331019,2} = 1.$$

В результате расчетов консолидированных финансовых менее перевесом по трем вариантам является вариант 1, который считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – Сравнительная оценка характеристик всех вариантов.

исследования / Критерии \ Объект	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^5 K_{\text{вес.}} \times T_{\text{пр/ис}}$$

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

$$I_{\text{исп}i} = \frac{I_{r-\text{исп}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}}$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,65}{0,93} = 5;$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{3,8}{0,92} = 4,13;$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Сравнительные эффективности разработок.

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,79	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,18	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнив показатели интегрирования с сопоставимыми вариантами, мы можем сделать вывод о том, что текущий проект [Вариант 1] является наиболее эффективным с финансовой и ресурсной точек зрения вариантом, наш проект эффективнее конкурентов.

3.5 Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

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

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 102 дня; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 264049,64 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,79, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5, по сравнению с 4,13 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
154A91		Ли Вэйхан	
ШКОЛА	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление /специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР: «Технологическая подготовка производства детали «Крышка» на станках с ЧПУ»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования</i> Крышка</p> <p><i>Область применения</i> Крышка подшипниковая выполняет роль защиты и повышают продолжительность работы значимых узлов и агрегатов. Втулки гарантируют надежность в работе важных частей механизмов, их использование уменьшают вероятность появления аварийных ситуаций.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> <u>полевые условия</u></p> <p><i>Размеры помещения</i> 15м × 20м × 3м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны</i> 14 единиц технологического оборудования, 25 людей</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне</i> В процессе проектирования безопасного рабочего места и изготовления деталей следует обращать внимание на требования охраны окружающей среды и гигиены, учитывать возникновение аварийных ситуаций.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Указать нормативные документы, регламентирующие организацию трудового процесса на вашем рабочем месте (см. список рекомендуемой литературы)</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации : К факторам относят: присутствие вредных веществ;</p>	<p>Каждый фактор рассматривается по следующему плану: 1)источник возникновения фактора на анализируемом рабочем месте; 2)возможные профессиональные заболевания или</p>

<p>присутствие некомфортных метеоусловий; повышенные уровни шума, вибрации, инфразвука и ультразвука; недостаточную освещенность рабочей зоны; повышенный уровень электромагнитных излучений.</p>	<p>травмы, которые работник может получить в результате воздействия фактора; 3)приведение допустимых норм с необходимой размерностью, а также при возможности проводится сравнительный анализ фактических значений факторов на соответствие нормативным значениям; 4)разрабатываются решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации</p> <p><i>Указать, какое воздействия на селитебную зону, атмосферу, гидросферу и литосферу оказывает процесс разработки или эксплуатации проектного решения</i></p>	<p>1) Защита селитебной зоны; 2) Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 3) Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 4) Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <i>Перечислить возможные ЧС при разработке проектного решения ; Разработать превентивные меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций ; Разработка действий и последующих решений для чрезвычайных ситуаций.</i></p>	<p>Возможные ЧС</p> <p>Несанкционированные посторонние лица, проникающие на рабочее место и наносящие ущерб производственным объектам</p> <p>Наиболее типичная ЧС</p> <p>Мороз в экстремальной погоде в Сибири</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД ОБД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., профессор		24.04.23

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A91	Ли Вэйхан		24.04.23

Введение

Объектом исследования данного подраздела является крышка, материал - сталь 40, которая в основном играет защитную роль. Основной работой данного подраздела является разработка технологии изготовления крышкой, что в основном учитывается в процессе производства деталей воздействие вредных факторов на человеческое общество и окружающую среду.

В данной работе будут рассмотрены четыре основных вопроса, а именно правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектных решений; вопросы производственной безопасности; вопросы экологической безопасности и вопросы безопасности при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Выбор рабочего места в данном подраздеде – производственный цех.

При проектировании рабочего места по принципу обеспечения безопасности следует обращать внимание на требования охраны окружающей среды и санитарии, учитывать влияние температуры, шума, влажности, выделения вредных веществ на окружающую среду и санитарию.

Также необходимо учитывать возникновение аварийных ситуаций, таких как перебои с электричеством, резкие перепады температуры.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Нормативные документы, регламентирующие мое рабочее место - организация трудовых процессов на производстве, следующие:

1. ГОСТ EN 894-3-2012 Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 3. Органы управления.

2. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».

3. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

5. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

6. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

7. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

8. Р 2.2.2006–05. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

9. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

10. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.

4.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются потенциально возможные вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Вредные вещества

При сварке металлических деталей образуется пыль и вредный газ.

Состав сварочного дыма зависит от используемого электрода. Во время сварки дуговой разряд создает высокую температуру от 4000 °С до 6000 °С. При плавлении электрода и сварного шва образуется большое количество дыма и пыли. Основными компонентами являются оксид железа, оксид марганца, диоксид кремния, силикат и т. д., а частицы дыма рассеиваются в рабочей среде легко вдыхаются в легкие. Длительное вдыхание вызывает фиброзные поражения легочной ткани, что часто сопровождается отравлением марганцем и флюорозом.

1) Когда электросварка выполняется в условиях плохой вентиляции, у рабочего может возникнуть лихорадочная реакция после вдыхания паров, содержащих высокую концентрацию оксида железа.

2) Оксид марганца является важным ядом в сварочном дыму, и его содержание зависит от содержания марганца в покрытии электрода, которое обычно составляет 5-20% от общего количества дыма. Сварка в герметичных и плохо проветриваемых условиях, длительное вдыхание высоких концентраций оксида марганца может вызвать отравление марганцем.

3) Фтор в основном содержится в дыме и пыли сварочных стержней с низким содержанием водорода, с растворимыми фторидами натрия и фторидами калия.

Он более вреден и может вызывать раздражение дыхательных путей и желудочно-кишечный тракт, симптомы сварщиков и даже легкий хронический флюороз.

Под действием высокой температуры и сильных ультрафиолетовых лучей, генерируемых сварочной дугой, вокруг области дуги будет образовываться большое количество токсичных газов, таких как окись углерода и оксиды азота.

4) Озон оказывает сильное стимулирующее действие на слизистую оболочку дыхательных путей и легких. Кратковременное вдыхание озона низкой концентрации (0,4 мг/м³) может вызвать такие симптомы, как кашель, сухость в горле, стеснение в груди, потерю аппетита, утомляемость и слабость, а длительное вдыхание озона низкой концентрации может вызвать бронхит, эмфизема легких, легочный склероз и др.

5) Угарный газ очень легко соединяется с гемоглобином, который переносит кислород в организме человека, и чрезвычайно трудно отделяется, поэтому при соединении большого количества гемоглобина с окисью углерода кислород теряет возможность связываться с гемоглобина, чтобы человеческий организм мог транспортировать и использовать кислород. Происходит обструкция, что приводит к некрозу тканей человека из-за недостатка кислорода.

6) Оксиды азота, среди которых оксиды азота, которые часто подвергаются воздействию, в основном представляют собой диоксид азота. Это красновато-коричневый газ со специфическим запахом. При вдыхании он проникает в альвеолы через верхние дыхательные пути и постепенно взаимодействует с водой, образуя азотную и азотистую кислоты, которые могут сильно раздражать и разъедать легочную ткань, вызывая легочную отек.

Для снижения воздействия вредных веществ на работников применяются следующие меры:

1) Разумная планировка: при планировке цеха следует учитывать возможность уменьшения перекрестного заражения профессиональными заболеваниями. Например, плавильную печь в процессе литья следует размещать на открытом воздухе или вдали от мест массового скопления людей, клепальные, электросварочные и (покрасочные) процессы покраски организовать отдельно.

2) Пыленепроницаемость: при литье следует использовать формовочный песок с низким содержанием свободного кремнезема, насколько это возможно, и сократить количество операций ручного формования и очистки песка. Очистка песка — это место с наибольшей концентрацией пыли в литейном производстве, и ему следует обеспечить ключевую защиту, такую как установка мощной системы вентиляции и удаления пыли, а также внедрение мокрого распыления для снижения концентрации пыли в воздухе на рабочем месте. Необходимо применять личную защиту: надеть пылезащитную маску, соответствующую соответствующим национальным стандартам, пылезащитные очки, головной убор.

3) Противовирусное и аварийно-спасательное: должны быть приняты меры по герметизации и дополнительно установлена местная мощная вытяжная и приточная вентиляция, устройства детоксикации для оборудования, которое может выделять химические яды в процессе термической обработки и выплавки металла. Для рабочих мест, на которых выделяется высокотоксичные газы, такие как, высокие концентрации угарного газа, цианистого водорода, формальдегида и бензола, специальные газовые смеси для тушения, окраски и склеивания, должны быть установлены предупреждающие знаки, оснащен противогазами и т. д. Должны быть разработаны планы аварийно-спасательных работ при острых профессиональных отравлениях.

Анализ показателей микроклимата

Микроклимат – это климат внутренней среды здания, который определяется сочетанием температур, влажности и скорости движения

воздуха, воздействующих на организм человека, а также интенсивностью теплового излучения на поверхности нагрева.

Эти параметры оказывают большое влияние на работоспособность и здоровье человека. При определенных значениях человек может чувствовать себя комфортно, что способствует повышению производительности труда, а, наоборот, плохой климатический показатель может привести к снижению производственных показателей на рабочем месте, например, при высокой температуре воздуха в помещении происходит расширение сосудов кожи, увеличение потока крови на поверхность тела и значительное увеличение тепла, выделяемого в окружающую среду. При низкой температуре окружающей среды сосуды кожи человека сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, конвективная и радиационная теплопередача уменьшается.

Оптимальные и допустимые показатели температуры относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.2.2 [ГОСТ 12.1.005-88].

Таблица 4.2.2 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	0,1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	0,2

Поэтому необходимо обеспечить надлежащий воздухообмен и обогрев, теплоизоляцию поверхностей отопительного оборудования, воздуховодов и гидроканалов с целью оптимизации микроклимата и состава воздуха на промышленных предприятиях.

Анализ показателей шума

Шумовое загрязнение машиностроительных заводов в основном возникает при работе различных станков, воздушных компрессоров и

сварочных аппаратов, а уровень звука может достигать 100 дБ(А). Вред шума для человека многогранен. Шум может вызвать глухоту и другие заболевания.

При длительной работе в условиях сильного шума органы внутреннего уха со временем подвержены качественным поражениям, которые приобретут перманентный сдвиг порога слышимости и шумовую глухоту. Глухота, вызванная шумом, связана с интенсивностью и частотой шума, а также с продолжительностью шума. Чем больше интенсивность шума, выше его частота и больше время работы, тем больше вероятность появления заболеваний.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА.

Чтобы решить эту проблему, источники шума высокой интенсивности могут быть расположены централизованно, а также может быть установлено звукоизоляционное экранирование. Источники аэродинамического шума должны быть заглушены на впуске или выпуске. Звукоизоляция и звукопоглощение должны быть приняты для централизованной диспетчерской и послеоперационного помещения. Необходимо надевать противозумные беруши или наушники при входе на рабочее место, где интенсивность шума превышает 80 дБ(А).

Анализ освещенности рабочей зоны

Качество освещения на производстве напрямую влияет на качество продукции и здоровье сотрудников. Поэтому освещению рабочего помещения следует уделить большое внимание.

Работодателям важно обеспечить надлежащее освещение на производственных объектах. Надлежащее освещение помогает повысить качество работы, защитить здоровье работников, обеспечить безопасность. Поэтому выбор правильного светового решения для мастерской крайне важен.

Данные правила содержат утвержденные нормативы освещения производства. Общими требованиями к освещению производственных предприятий можно считать:

- 1) исключение ярких световых и теневых источников;
- 2) преобладание общего света;
- 3) равномерное распределение светового потока;
- 3) высокое качество освещения на протяжении всего рабочего времени;
- 4) соблюдение правил безопасности, установленных для определенного вида труда;
- 5) простоту в управлении осветительными приборами, доступность для всех сотрудников.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы Φ определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta}$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативная освещённость по СП 52.13330.2016, лк.

Согласно СНиП 23-05-95 на производственном цехе должно быть не менее 300 Лк.

S – площадь освещаемого помещения, м^2 , $S = A \times B = 15 \times 20 = 300 \text{ м}^2$;

K_3 – коэффициент запаса;

Для помещений с малым выделением, коэффициент равен 1,5, учитывать загрязнение светильников (источников света, осветительных ламп, стен и т.п., т.е. отражающих поверхностей), а также наличие дыма или пыли в атмосфере цеха.

Значение коэффициентов отражения свежепобеленного потолка $\rho_{\text{п}}=70\%$ и свежепобеленного с окнами без штор, закрытыми шторами $\rho_{\text{с}}=50\%$;

Z – коэффициент неравномерности освещения (для люминисцентных ламп 1.1);

$N_{л}$ – число ламп в помещении;

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}}$$

где N – общее количество светильников;

$n_{\text{ряд}}$ – количество рядов;

$n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{лц} = 2850$ Лм и светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-40. (две лампы мощностью 40 Вт, длина светильника равна 1230 мм, ширина равна 266 мм).

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами, м (рис. 4.1):

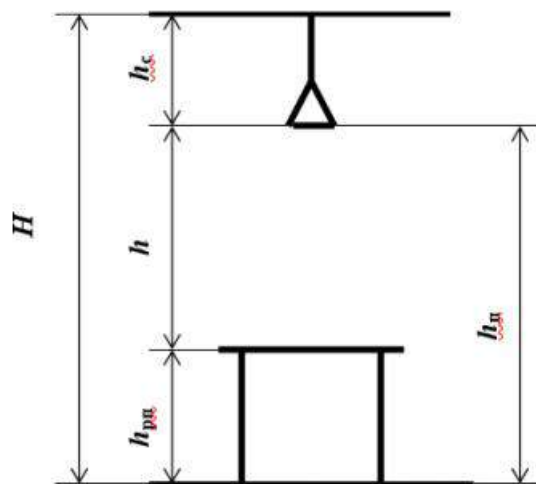


Рис. 4.1. Основные расчетные параметры

H – высота помещения 3м;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес), свес светильников h_c принимается обычно 0,5–0,7 м, принимаем $h_c = 0,5$ м;

$h_n = H - h_c = 3 - 0,5 = 2,5$ м – высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_{рп} = 1$ м – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_{рп} = 2,5 - 1 = 1,5$ м – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью;

$L = \lambda \cdot h$ – расстояние между соседними светильниками или рядами. Уменьшение λ удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,3$.

$$L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 1,5 = 1,95 \text{ м};$$

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены, оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$, таким образом, мы можем получить

$$l = L/3 = 0,65 \text{ м}.$$

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B}{L} = \frac{20}{1,95} = 10;$$

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{A}{L} = \frac{15}{1,95} = 7;$$

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}} = 70$$

Размещаем светильники в 7 рядов. На рисунке 4.2 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность.

Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников

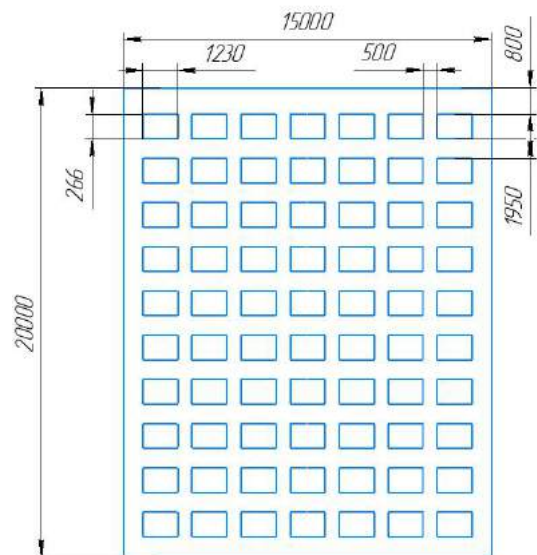


Рис. 4.2. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен и потолка.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{15 \cdot 20}{1,5 \cdot (15+20)} = 5.$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и при индексе помещения $i = 5$ равен $\eta = 0,70$.

Потребный световой поток люминесцентной лампы светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E_{\text{Н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{Л}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{70 \cdot 0,70} = 3030 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условий:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{3030 - 2850}{3030} \cdot 100\% = 6\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 6\% \leq 20\%$, т.е. необходимый световой поток обеспечен.

Анализ показателей электромагнитного загрязнения

Любая цепь переменного тока будет излучать электромагнитную энергию той же частоты, что и переменный ток, в окружающее пространство, образуя электромагнитное поле переменной частоты. Когда частота переменного тока достигает более 100 000 раз в секунду, возникает высокочастотный электрический ток и магнитные поля вокруг него. Это высокочастотное электромагнитное поле. При определенном времени и интенсивности излучения будет в определенной степени угрожать здоровью человека, например, могут возникнуть головокружение, потеря памяти, учащенное сердцебиение, усталость и другие симптомы.

В цехе по производству механических деталей будут использоваться электроприборы, генерирующие электромагнитные поля, поэтому необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека при организации безопасности труда.

При работе с ПЭВМ необходимо соблюдать санитарно-эпидемиологические правила и нормы, так как вредные факторы производственной среды и производственного процесса могут негативно сказаться на здоровье человека.

К конструкции ПЭВМ предъявляются следующие требования: корпус должен быть выполнен в нежно-пастельных тонах с диффузным рассеиванием света и матовой поверхностью с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6, без ослепляющих блестящих частей, а также должен обеспечивать как горизонтальную, так и вертикальную плоскость, возможность поворота корпуса внутрь и фиксации в заданном положении для обеспечения фронтального обзора экрана ВДТ.

Можно защитить людей от опасного воздействия электромагнитного излучения несколькими способами: 1) дистанционная защита; 2) временная защита; 3) прямое снижение интенсивности излучения самого источника излучения; 4) защита рабочего места от радиации; 5) экранирование источников излучения и рабочих мест по ГОСТ 12.4.154; 6) использование средств индивидуальной защиты, в том числе очки из металлизированной ткани и специальной одежды и стекло, покрытое тонким слоем золота или двуокиси олова (SnO_2) вместо обычного стекла.

Анализ электробезопасности

При взаимодействии работников с заряженными частями электрооборудования из-за неисправности может произойти электрический удар, который может быть смертельным. Поэтому для защиты жизни рабочих мы вводим систему инструктажа по электробезопасности и контроля

за его соблюдением, который применяется для предотвращения вредных и опасных воздействий тока и дуги на рабочих.

Согласно правил устройства электроустановок (ПУЭ) , производственные цеха, коммерческие и бытовые объекты обычно делятся на три категории для определения степени риска.

Первая – особо опасные помещения, в это время относительная влажность места близка к 100%, например помещение с химически активной или органической средой или с особой сыростью (особо сырые помещения);

Вторая – помещения с повышенной опасностью, такие как, влажные или пыльные помещения, токопроводящие полы (металлические, грунтовые, железобетонные, кирпичные и т. д.), высокие температуры (жаркие помещения);

Третья – помещения без повышенной опасности. В таких местах низкая влажность воздуха – менее 75%, т.е. условия, не создающие повышенной или особой опасности.

Для обеспечения энергетической безопасности на заводе основными мерами являются:

1. Электроприборы и электрооборудование с механической трансмиссией должны быть защищены защитными кожухами, щитами или защитными ограждениями, прежде чем их можно будет использовать, а руки и другие части тела не должны помещаться в положение механической трансмиссии работающего оборудования;

2. Оборудование должно иметь защитное заземление во поражения током оператора при касании корпуса электрооборудования при повреждении изоляции;

3. Усиление контроля за безопасностью кабельных проводов и, в исключительных случаях, таких, как сильные дожди или наводнения, временное увеличение числа проверок безопасности.

Анализ пожарной безопасности.

На заводе может произойти чрезвычайная ситуация, такая как внезапный обвал, взрыв или пожар, создающего угрозу жизни и здоровью работающих и причиняющего огромный материальный ущерб, поэтому крайне важно обеспечить пожарную безопасность здания.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории Ан, Бн, Вн, Гн и Дн.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Учитывая специфику выполнения работ и наличие в помещении электронного оборудования, наиболее вероятно возникновение пожара.

Пожары при использовании электронного оборудования на заводе могут быть вызваны:

- током короткого замыкания;
- неисправностью оборудования или сети;
- небрежностью оператора при использовании компьютера;
- возгоранием ПК из-за перегрузки.

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

- уменьшить количество одновременно подключенных пользователей для профилактики превышения допустимой нагрузки на электросеть;
- иметь средства пожаротушения (огнетушители), огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м;

- обеспечить беспрепятственный доступ персонала на пути эвакуации и проводить регулярные противопожарные учения;

- регулярное техническое обслуживание контура для предотвращения утечек и возгорания.

В случае пожара любой, кто увидит огонь, должен сохранять спокойствие и немедленно сообщить в пожарную часть, набрав 01 или 112. В случае пожара в здании автоматически срабатывают датчики пожаротушения и звуковая система информирует всех сотрудников немедленно покинуть здание и следовать плану эвакуации к выходу в случае пожара и других чрезвычайных ситуаций (см. рис. 4.3).

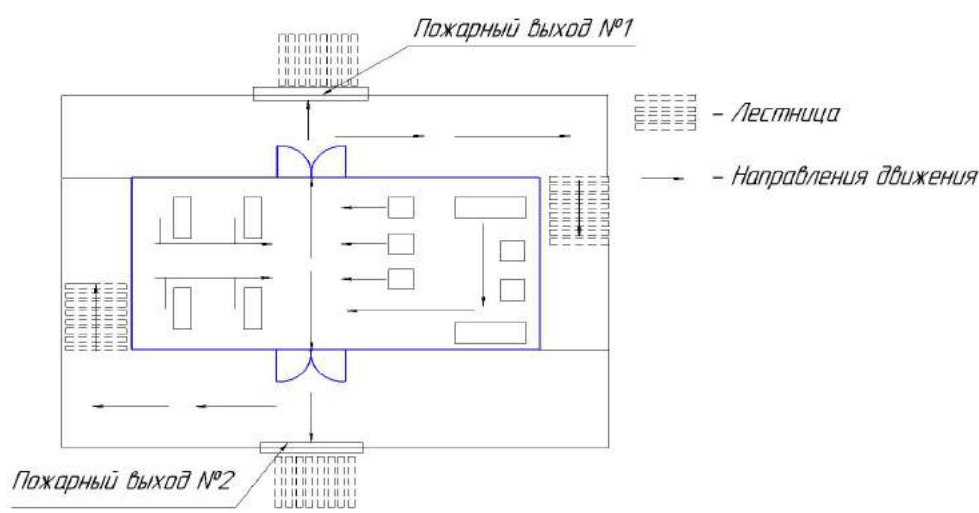


Рис. 4.3. Пути эвакуации с 1 этажа производственного помещения

4.3 Экологическая безопасность.

В процессе механической обработки механических деталей это неизбежно окажет влияние на природную среду, в основном в следующих четырех ситуациях.

1) Защита селитебной зоны.

Установление санитарно-защитных зон и требований к защите процессов и оборудования.

2) Анализ воздействия объекта на атмосферу.

При механической обработке металлических деталей на станках, например токарной, шлифовальной, фрезерной, сверлильной и т. д., образуется металлическая стружка, охлаждающая жидкость, большое количество пыли, которые через вентиляционные каналы рассеиваются в атмосфере.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны атмосферного воздуха:

- по организации производственного экологического контроля;
- регулировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при неблагоприятных погодных условиях;
- проверить работоспособность газоочистного оборудования;
- по проверке эффективности работы газоочистного оборудования.

3) Анализ воздействия объекта на гидросферу

При очистке станков и обрабатываемых деталей образуются промышленные отходы, вызывающие загрязнение воды, влияющие на качество воды, среду обитания рыб и другие негативные воздействия.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны водных ресурсов, и необходимо принимать следующие меры:

- разрабатывать безотходные и безводные технологии, использовать обратное водоснабжение. системы и отходы ;
- разработка безотходных и безводных технологий;
- очистная промышленность, очистка городских и сточных вод и др;
- обезвреживание городских сточных вод и канализация.

4) Анализ воздействия объекта на литосферу

Машиностроительные заводы должны соблюдать требования нормативных правовых актов, регулирующих отношения между земельными ресурсами и охраной недр. При эксплуатации машиностроительных заводов

необходимо проводить охрану земель, обеспечивающую рекультивацию деградации и загрязнения земель.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайно низкие зимние температуры - очень обычная ситуация для сибирского региона, где объекты очень подвержены внезапным возникновением сильных морозов и повреждений. Для электрических компонентов слишком низкие температуры могут привести к ослаблению болтов, плохому контакту контактов и авариям в заводская система отопления и даже обморожение рабочих.

Поэтому очень необходимо иметь достаточное количество и мощность обогревателей, которые могут решить проблему горячего водоснабжения заводчан и замерзания оборудования, кроме того, очень важны и генераторы, которые могут обеспечить защиту от внезапных обрывов линий электропередач; Для работающих при низких температурах должны быть подготовлены утепленная рабочая одежда и защитная обувь, в том числе вязаные защитные щитки для лица, меховые перчатки и шапки с накидками, а работникам следует выдавать крем для защиты от обморожения, а рабочие должны регулярно обучаться правилам безопасной работы при низких температурах правила оказания первой помощи при переохлаждении и обморожении.

Для предотвращения проникновения посторонних лиц на рабочее место и причинения ущерба производственным объектам завод должен быть оборудован видеокамерами и установлен на видном месте предупредительными знаками. Если непрофессионалам необходимо войти в рабочую зону по необходимым причинам, они должны сначала связаться с администратором завода и получить разрешение перед входом.

4.5 Выводы по разделу

В этой части ВКР «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочих мест на предприятиях, производящих детали машин в соответствии с Национальным кодексом промышленной гигиены.

Основной целью данного раздела является улучшение условий труда, обеспечение безопасности человека на производстве, повышение производительности цеха и создание комфортных производственных условий. При проектировании рабочего места учитываются опасные вещества, такие как освещение, температура, шум и т. д. При проектировании процесса следует позаботиться о защите окружающей среды, убедиться, что технологические отходы перед сбросом соответствуют требованиям к сбросу, и как действовать в аварийной ситуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. В разделе «Технологическая часть» был выполнен анализ чертежа и технологичности детали, определён тип производства и выбрана исходная заготовка, разработан технологический процесс и выполнен размерный анализ техпроцесса (проектирование и проверка допуска). Выбрано оборудование, рассчитаны режимы резания и произведено нормирование операций.

В разделе «Конструкторская часть» было спроектировано приспособление, рассчитаны сила зажима и решена проблема установки приспособления на шпиндель станка и пневмокамеры на заднюю стенку коробки скоростей.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен расчет конкурентоспособности, разработан график проведения исследования, рассчитан бюджет стоимости НИ и определена его ресурсоэффективность.

В разделе «Социальная ответственность» были проанализированы некоторые факторы в производственном цехе, рассмотрены возможные опасности и приняты превентивные меры для обеспечения безопасной и упорядоченной работы цеха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянов И.Н., Болотеин А.Н Проектирование и расчет станочных и контрольно- измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учебное пособие. – Рыбинск: РГАТА, 2010.- 220 с.
2. Ансеров М.А. Зажимные приспособления для токарных и круглошлифовальных станков. – Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы // Москва,1948. – 92с.
3. Белов Н.А. Безопасность жизнедеятельности – М.: Знание, – 2000 – 364с.
4. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.– 256 с.
5. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – 1979.
6. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционного проекта без учета фактора времени.
7. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ,2006. – 100 с.
8. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2016.
9. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 (1985 г) Под ред. А.Г. Косиловой. – URL: [Справочник технолога-машиностроителя. Том 2 - Косилова А.Г., Мешеряков Р.К. \(djvu.online\)](#) (дата обращения: 01.06.2023)
10. Стружестрах Е.И.Справочник нормировщика-машиностроителя 156 Том 2. – Москва, 1961. – 892 с.
11. Торбина В. А. Сущность методики FAST в области ФСА. – URL: [Методика функционального анализа технических систем \(fast, Function analysis System\) – тема научной статьи по экономике и бизнесу читайте бесплатно текст научно-исследовательской работы в электронной библиотеке КиберЛенинка \(cyberleninka.ru\)](#) (дата обращения: 24.05.2023)

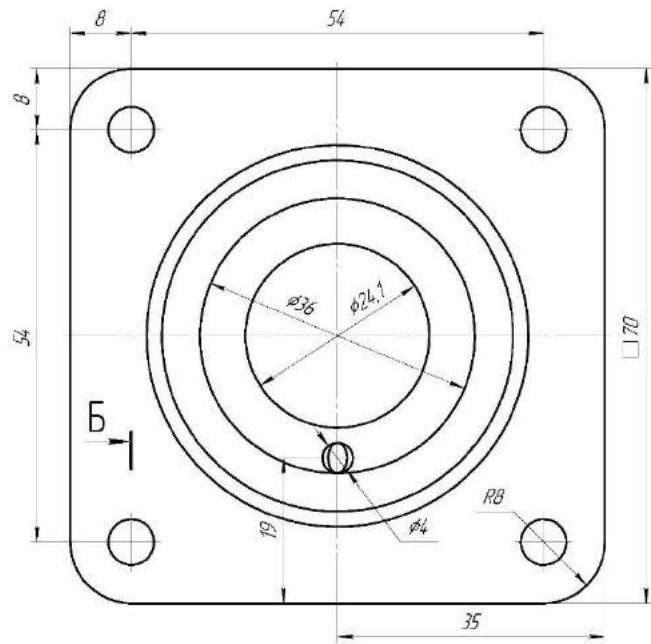
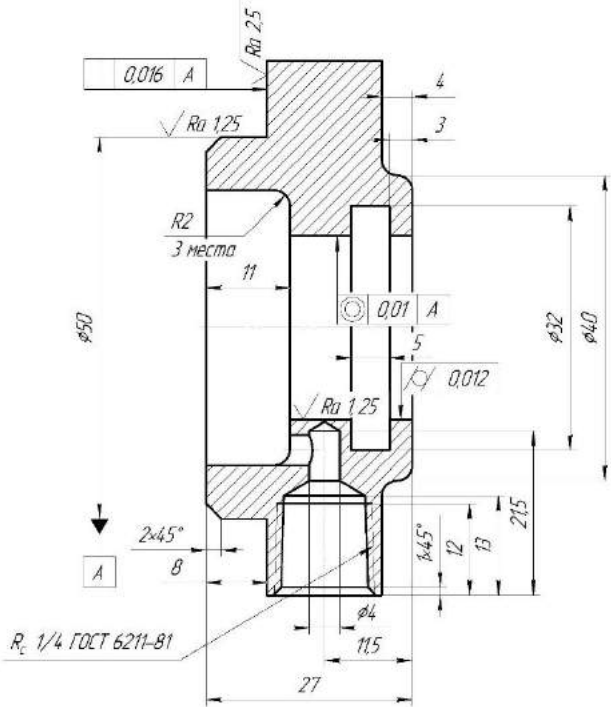
Приложение А

(обязательное)

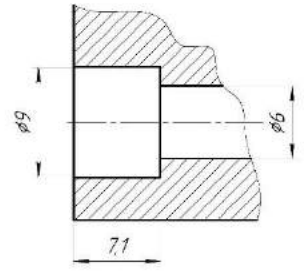
Чертёж детали

ИШНПТ-154А91004.00.00.01

√ Ra 6,3 (√1)



Б-Б (4:1)



- 1 Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий – по Н14, валов – по h14, остальные – j14.
- 2 Предельные отклонения по ГОСТ 30893.1-2002-т.
- 3 Острые кромки притупить.
- 4 Покрытие – Ц. хр.

Лист	1 из 1
Стр. №	1

ИШНПТ-154А91004.00.00.01
 ИШНПТ-154А91004.00.00.01
 ИШНПТ-154А91004.00.00.01
 ИШНПТ-154А91004.00.00.01

ИШНПТ-154А91004.00.00.01

ИШНПТ-154А91004.00.00.01				
Имя	Имя	Имя	Имя	Имя
Имя	Имя	Имя	Имя	Имя
Крышка		Лист	054	Масса
Сталь 45 ГОСТ 1050-2013		Лист	1	Масса
ИШНПТ-154А91		ИШНПТ		ИШНПТ
ИШНПТ-154А91		ИШНПТ		ИШНПТ

Приложение Б

(обязательное)

Комплексная схема обработки Граф технологических размеров

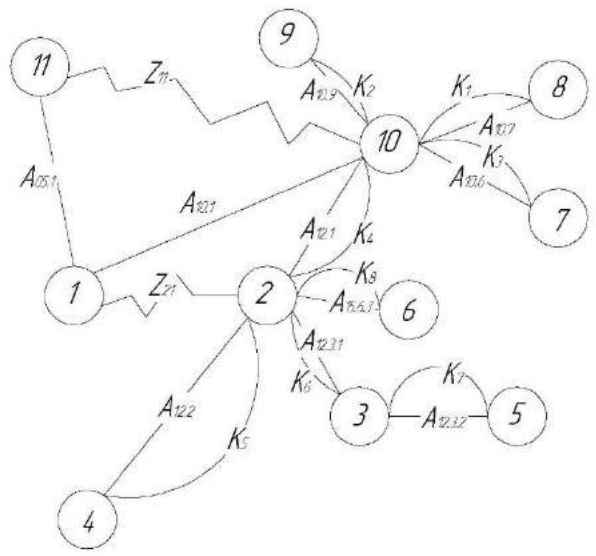
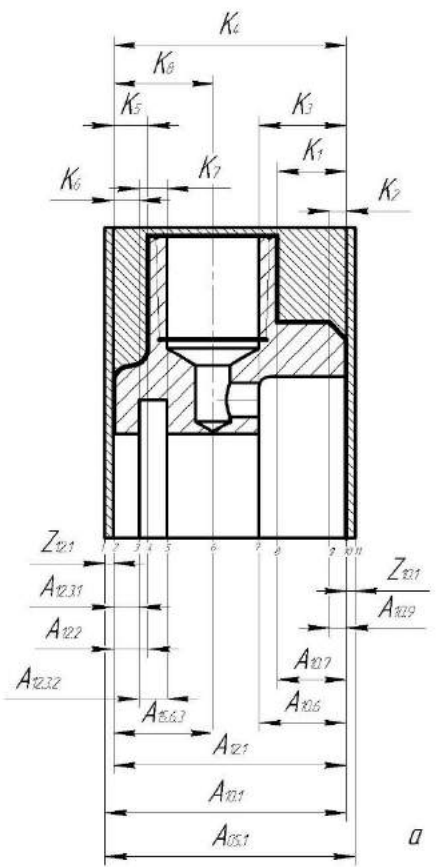
ИШНПТ-154А91004.00.00.01

Проб. прорез

Станд. №

КОМПАС-3D v21 Учебная база © 2022 ООО «ИСКОН-Группа» г.Саратов. Все права защищены.
 №д. № лист Прор. и данн. №д. № лист Прор. и данн. №д. № лист Прор. и данн. №д. № лист Прор. и данн.

Не для коммерческого использования



				ИШНПТ-154А91004.00.00.01			
Изм.	Лист	№ док-м	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разработ.	Лы. Взыкан						
Проб.	Козлов В.Н.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					ТПУ ИШНПТ		
Утв.					Группа 154А91		

Копировал

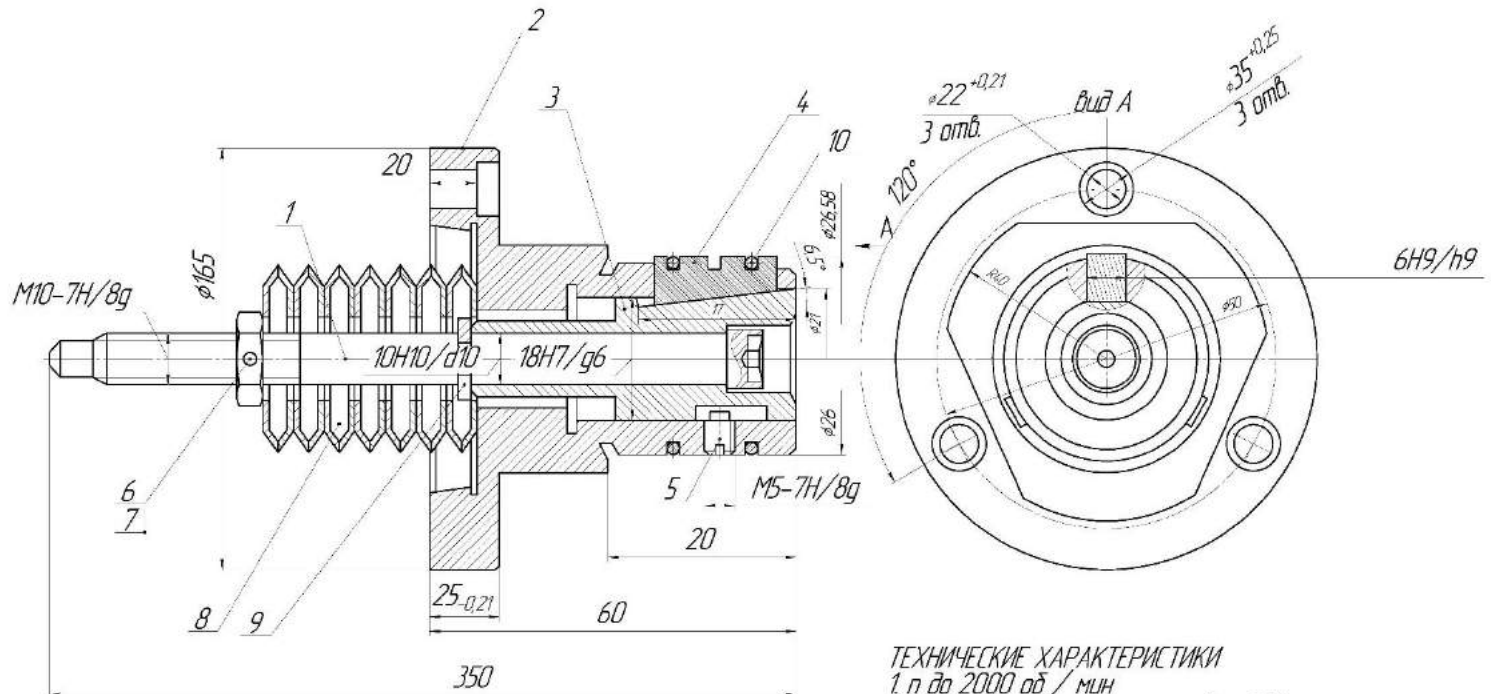
Формат А3

Приложение В

(обязательное)

Чертёж разжимной оправки

ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СБ



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. n до 2000 об / мин
2. диаметр отверстия заготовки 23,6 мм
3. Усилие зажима W 8,5-9,3 (кН)
4. Осевое усилие пружин на тяге при настройке 3,6 кН
5. Максимально допустимый крутящий момент 16,5 НМ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Перед установкой кулачков смазать их наклонную и боковые поверхности консистентной смазкой Литол 24.
2. Перед установкой на станке зажать корпус оправки в тисках, надеть на кулачки заготовку или эталонную втулку с отверстием диаметром 23,6 мм и закручивать гайку оправки, сжимая тарельчатые пружины, до появления надежного торможения при приложении крутящего момента более 16,5 Нм. После этого гайку зашлифтовать.
3. Расточить кулачки по месту, радиальное биение кулачки или эталонной втулки, закрепленной на кулачках оправки, должно быть не более 0,003 мм.
4. После расточки кулачков оправки усилие снятия с кулачков оправки эталонной втулки не более 1 кгс.

				ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СБ			
Исполнитель	Проверен	Нормирован	Согласован	Разжимная оправка	11.30	11	
Специалист	Инженер	Инженер	Инженер				
Инженер	Инженер	Инженер	Инженер				
Инженер	Инженер	Инженер	Инженер				

Приложение Г

(обязательное)

Спецификации

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

Перв. примен.		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
Справ. №		A1			ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СБ	Разжимная оправка		
						Детали		
			1		ИШНПТ-154А90017.00.00.01	Тяга плунжера	1	
			2		ИШНПТ-154А90017.00.00.02	Корпус оправки	1	
			3		ИШНПТ-154А90017.00.00.03	Плунжер	1	
			4		ИШНПТ-154А90017.00.00.04	Кулочок	3	
			5		ИШНПТ-154А90017.00.00.05	Винт	1	
						Стандартные изделия		
			6			Гайка М24-6Н5 ГОСТ 5915-70	1	
			7			Шплинт 4×28 ГОСТ 397-79	1	
			8			Пружина тарельчатая 1-1-2-60×24×4×15 ГОСТ 3057-90	14	
			9			Стопорное кольцо А28 ГОСТ 13942-86	1	
			10			Кольцо пружинное А62 ГОСТ 13942-86	2	
					ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Л/и	Взихан						
Проб.	Козлов	ВН.						
Исполн.								
Утв.								
Оправка разжимная						Лит.	Лист	Листов
								1
						ИШНПТ Группа 154А91		

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Приложение Д

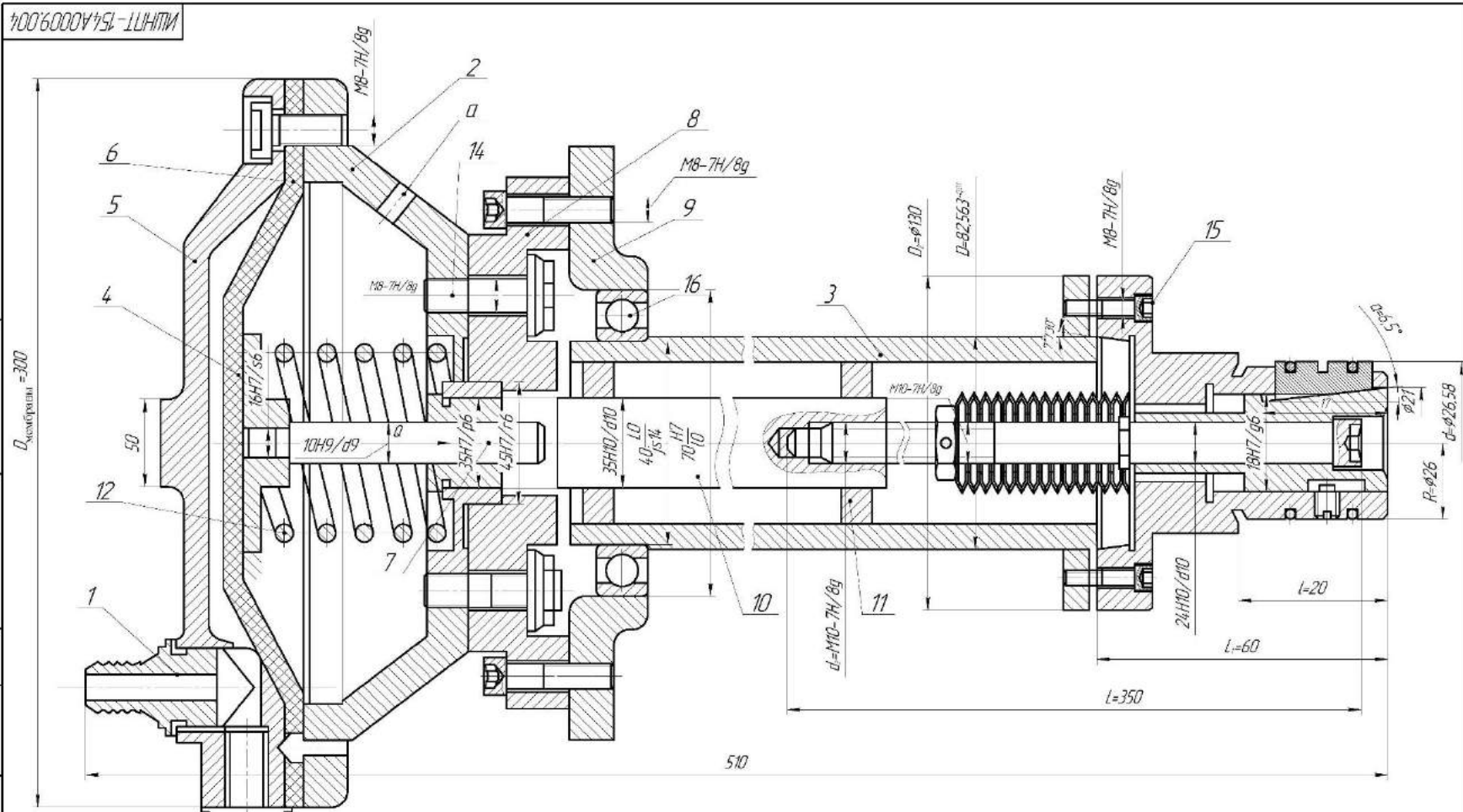
(обязательное)

Сборочный эскиз разжимной оправки с пневмокамерой

ИШНПТ-154А0009.004

ИШНПТ-154А0009.004
 1. Изготовитель: ООО «ИШНПТ»
 2. Адрес: г. Москва, ул. Давыдовская, д. 15, стр. 1
 3. Контакт: (495) 740-0009

ИШНПТ-154А0009.004



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
 1. Диаметр камеры 300 мм
 2. Давление воздуха составляет 0,4 МПа
 3. Число на штоке - 20,3кН

ИШНПТ-154А0009.004				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Датум	№ документа	Разраб.	Дата		
Разраб.		По заказу				151
Спроб.		Контракт				
Техниче.						
Исполн.						
Соб.						
Разжимная оправка с пневмокамерой				Лист	Листов	1
				ИШНПТ		
				Группа 154А91		
Контракт				Формат А2		

Приложение Е

(обязательное)

Спецификации

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

Перв. примен.		Формат	Зона	Паз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A1			ИШНПТ-154А90017.004	Сборочный чертеж		
						Сборочные единицы		
Справ. №		A1	01		ИШНПТ-154А90017.00.00.03.СБ	Оправка разжимная	1	
						Детали		
			1		ИШНПТ-154А90017.001	Крышка камеры	1	
			2		ИШНПТ-154А90017.002	Диафрагма	1	
			3		ИШНПТ-154А90017.003	Корпус камеры правый	1	
			4		ИШНПТ-154А90017.004	Фланцевый кронштейн	1	
			5		ИШНПТ-154А90017.005	Корпус бабки	1	
			6		ИШНПТ-154А90017.006	Шпиндель	1	
			7		ИШНПТ-154А90017.007	Пробка	2	
			8		ИШНПТ-154А90017.008	Удлинитель	1	
			9		ИШНПТ-154А90017.009	Шток камеры	1	
			10		ИШНПТ-154А90017.010	Стальной диск	1	
			11		ИШНПТ-154А90017.011	Штуцер	1	
						Стандартные изделия		
			12			Пружина 1086-1167 ГОСТ 18793-80	1	
			13			Шпилька М20-6х55,58 ГОСТ 22042-76	6	
					ИШНПТ-154А90017.004.СП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Л/л	Взихан						
Проб.	Козлов	ВН.			Лит.	Лист	Листов	
Исконтр.						1	2	
Утв.					ИШНПТ Группа 154А91			

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Приложение Ж

(обязательное)

Карта технологического процесса

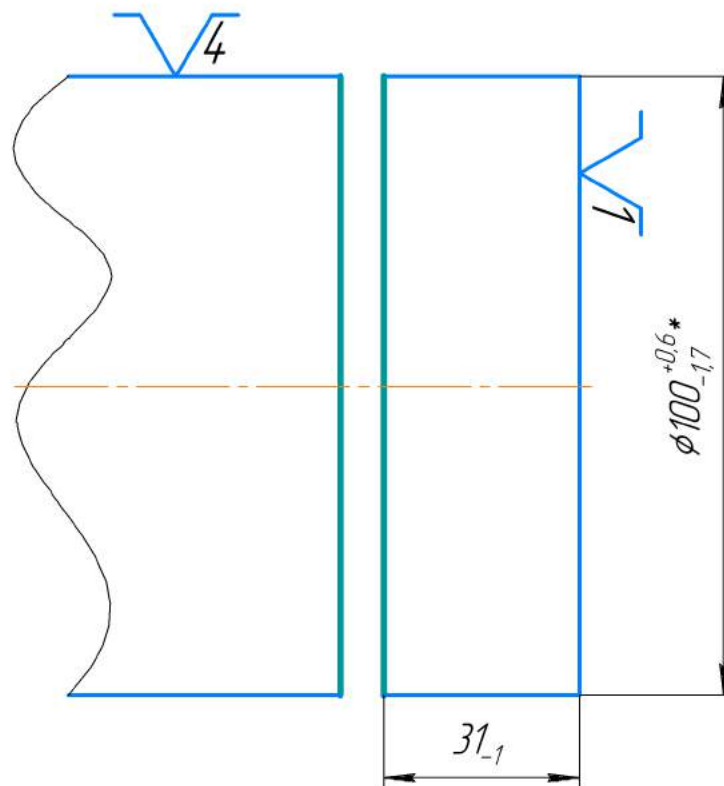
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

								1	1
--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Разраб.	Ли Вэйхан		
Проверил	Козлов В.Н.		
Нормировал			
Н.контр.			

НИ ТПУ	ИШНПТ-154А91004.00.00.01	ИШНПТ 154А91	
ч	Крышка	1	1 1 1 005

$\sqrt{Ra\ 12,5}$



* Размер для справок.

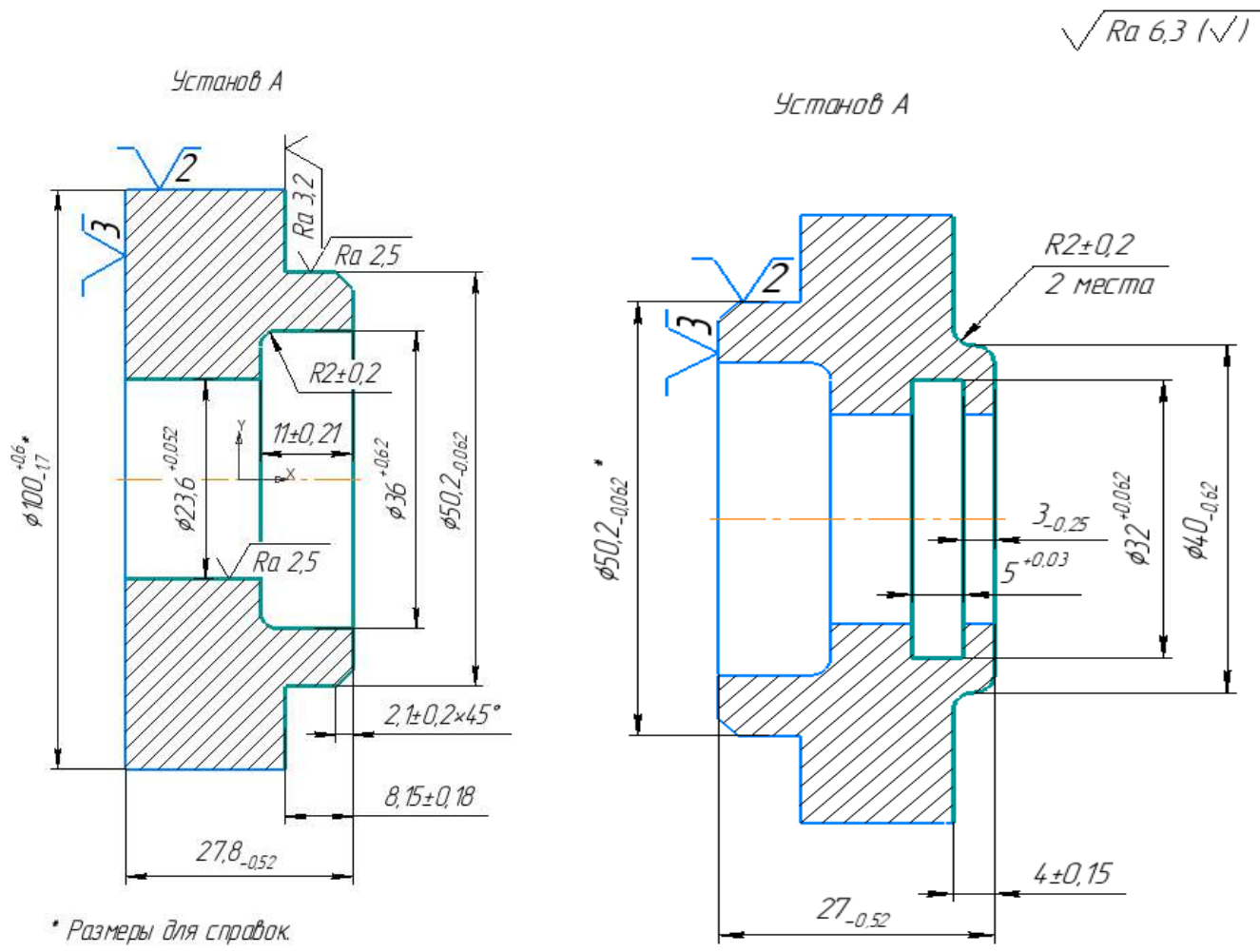
КЭ				128
----	--	--	--	-----

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

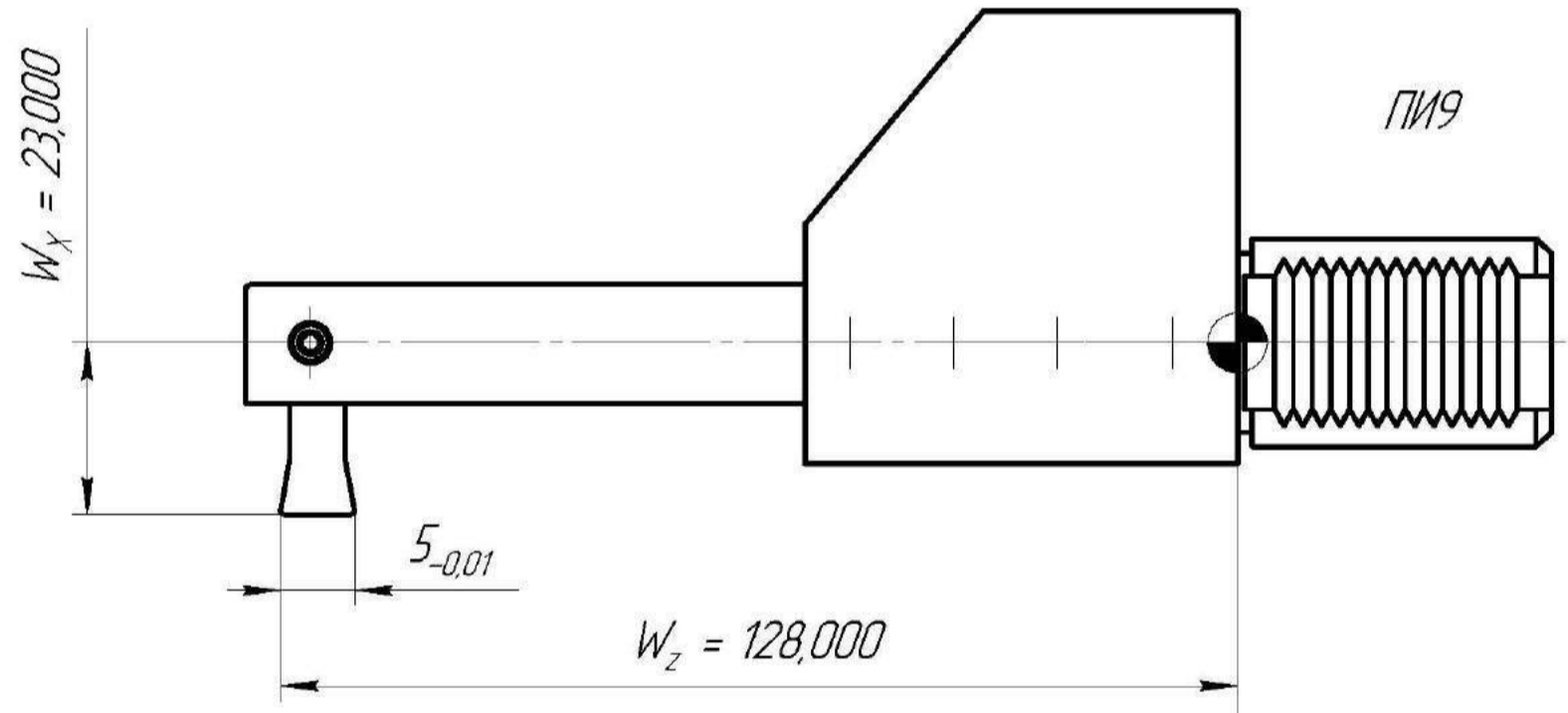
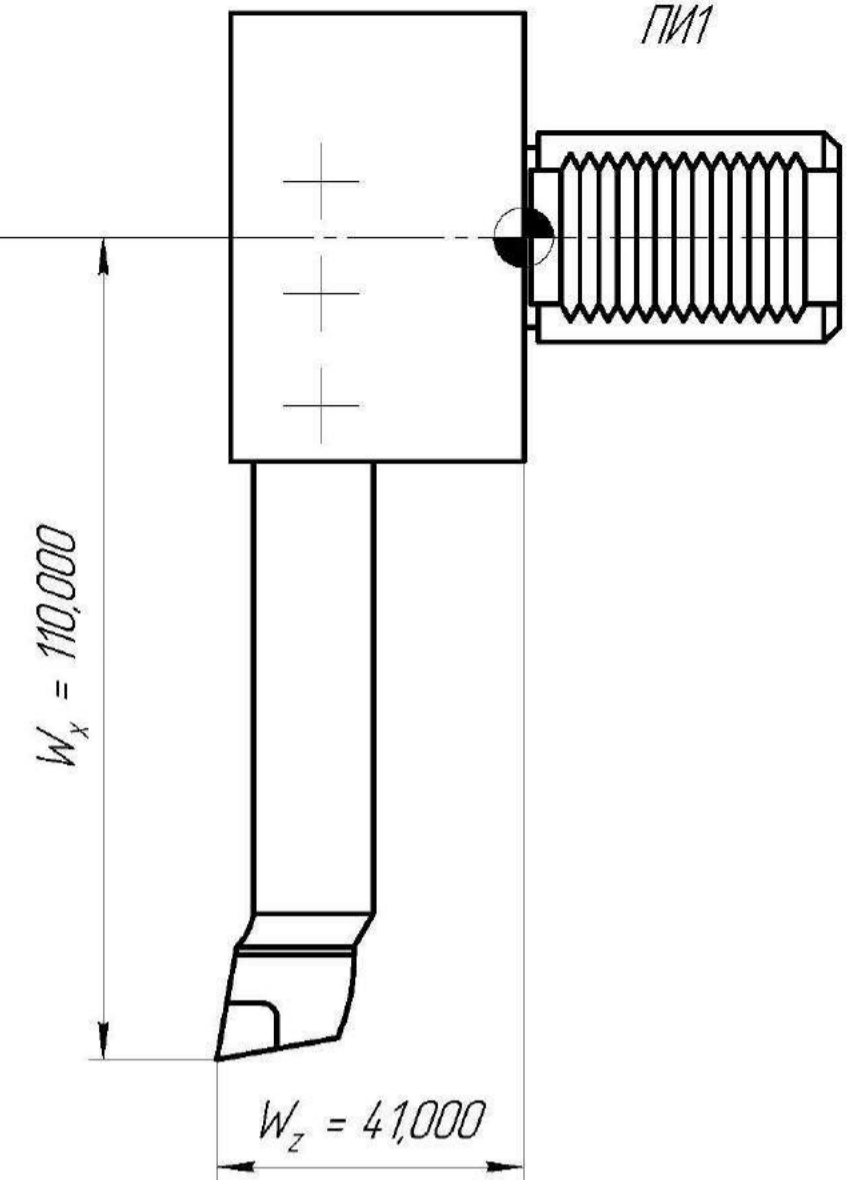
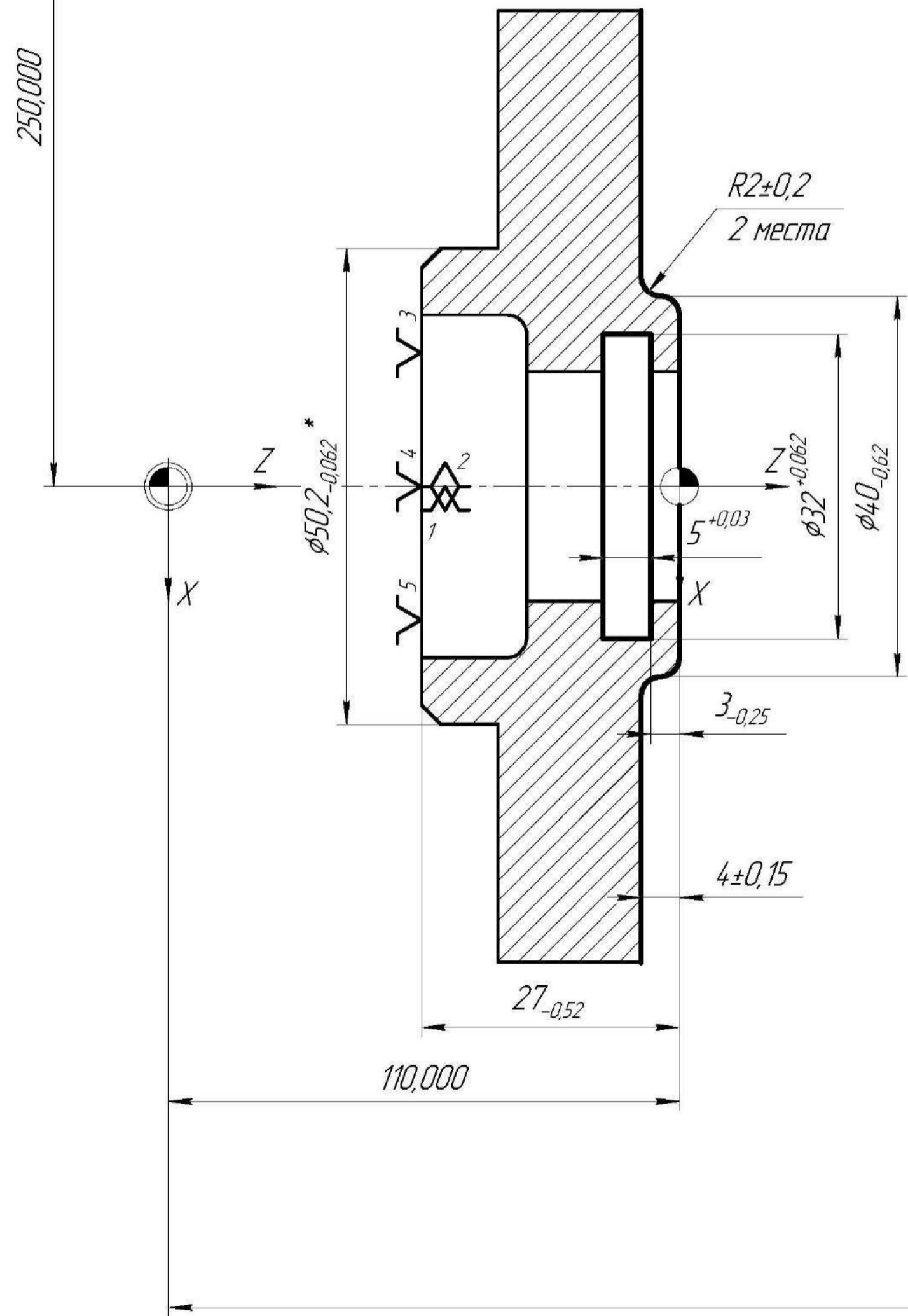
--	--	--	--	--	--

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

						1	1	
Разраб.	Ли Вэйхан			НИ ТПУ	ИШНПТ-154А91004.00.00.01	ИШНПТ 154А91		
Проверил	Козлов В.Н.							
Нормировал								
Н.контр.				4	Крышка	2	1	1



Op. 012
Установ А



- ноль станка
- ноль детали
- ноль инструмента

* Размер для справок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

КОМПАС-3D v21 Частная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.
 Имя, № подл. Подл. и дата. Возм. имя, №. Имя, № докум. Подл. и дата.

Не для коммерческого использования

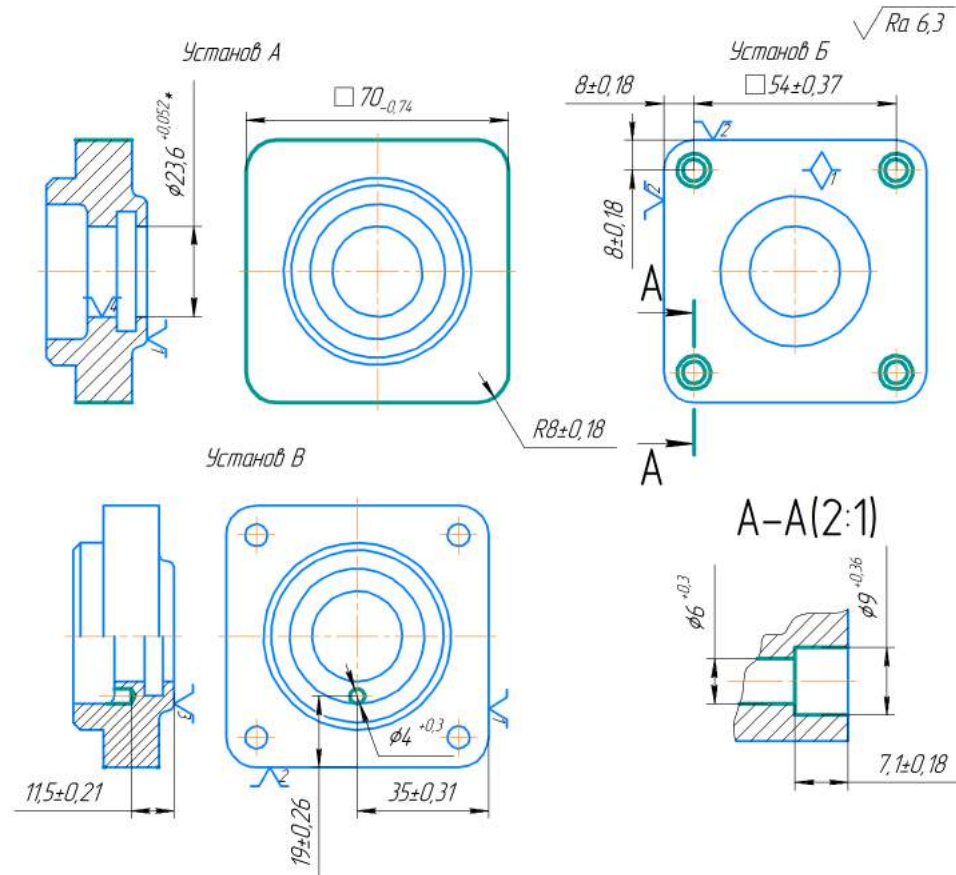
								4	1	
			НИ ТПУ	ИШНПТ-154А91004.00.00.01				ИШНПТ 154А91		
			Крышка				2	1	1	010
			Оборудование, устройства ЧПУ		Особые указания					
			Токарный станок с ЧПУ Bln Machinery BL-CK6136		Устройство ЧПУ Fanuc					
			Кодирование информации, содержание кадра				Содержание перехода			
			800000-000001							
			N002 G01 G54 X200 Z200							
			N003 M06 T0101							
			N004 M03 S800							
			N005 G01 X-55 Z2 F120							
			N006 G01 Z0							
			N007 X0							
			N008 Z2							
			N008 G01 X200 Z200							
			N009 M06 T0202							
			N010 G01 X0 Z5 S400 F50							
			N011 G01 Z-3							
			N012 Z5							
			N013 M06 T0303							
			N014 G01 X0 Z5 S1000 F70							
			N015 G01 Z-27.8							
			N016 Z5							
			N017 M06 T0404							
			N018 G01 X0 Z5 S800 F60							
			N019 G01 Z-27.8							
			N020 Z5							
			N021 M06 T0505							
			N022 G01 X0 Z5 S1662 F80							
			N023 G01 Z-10							
			N024 X11.55							
							Разраб.	Ли Вэйхан		
							Проверил	Козлов В.Н.		
							Нормировал			
							Н.контр.			
			ККИ						142	

Дубл.
Взам.
Подл.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

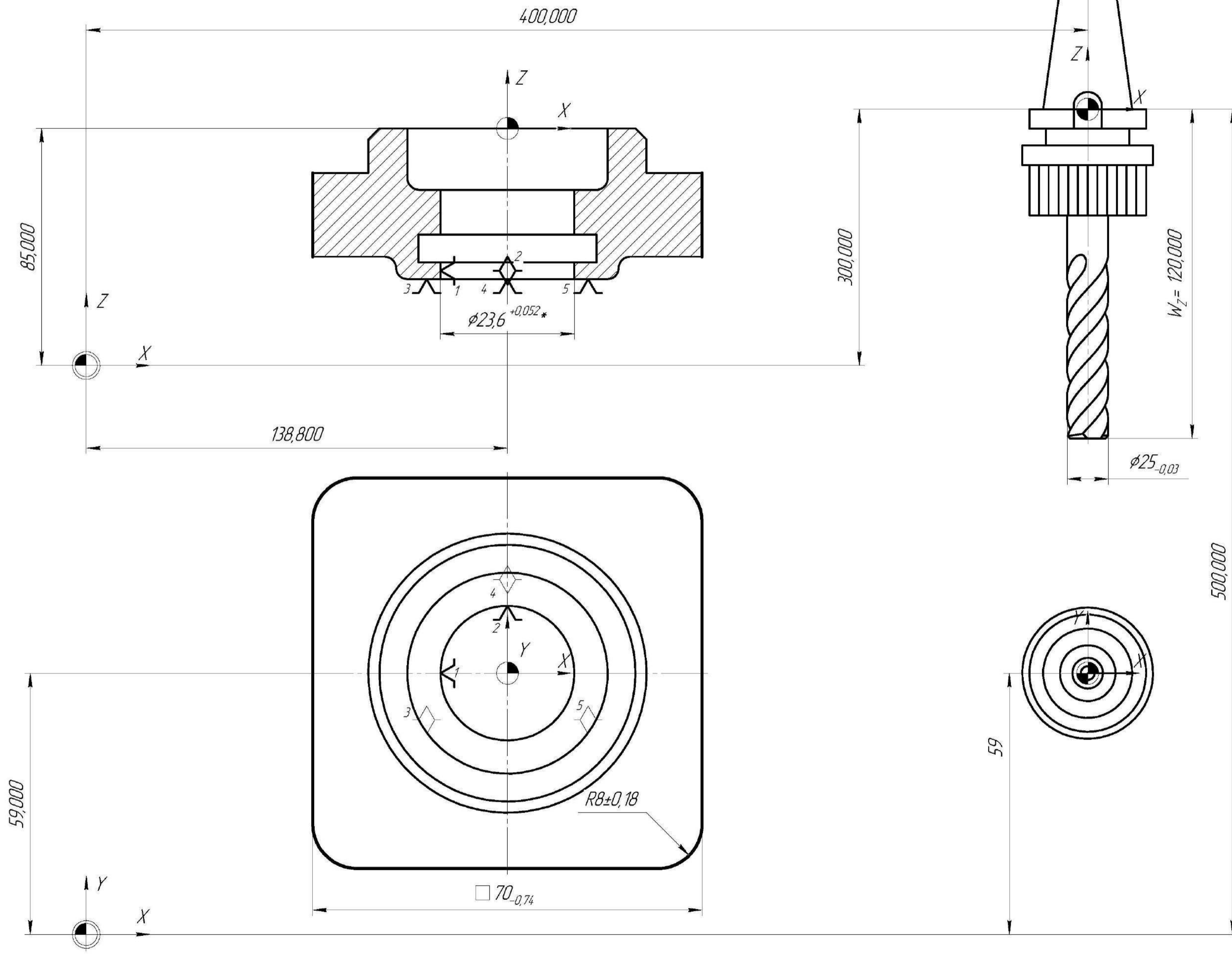
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

								1	1
Разраб.	Ли Вэйхан			НИ ТПУ	ИШНПТ-154A91004.00.00.01	ИШНПТ 154A91			
Проверил	Козлов В.Н.								
Нормировал									
Н.контр.				4	Крышка	2	2	1	015



* Размер для справок.

Оп. 015 Установ А



- ноль станка
- ноль детали
- ноль инструмента

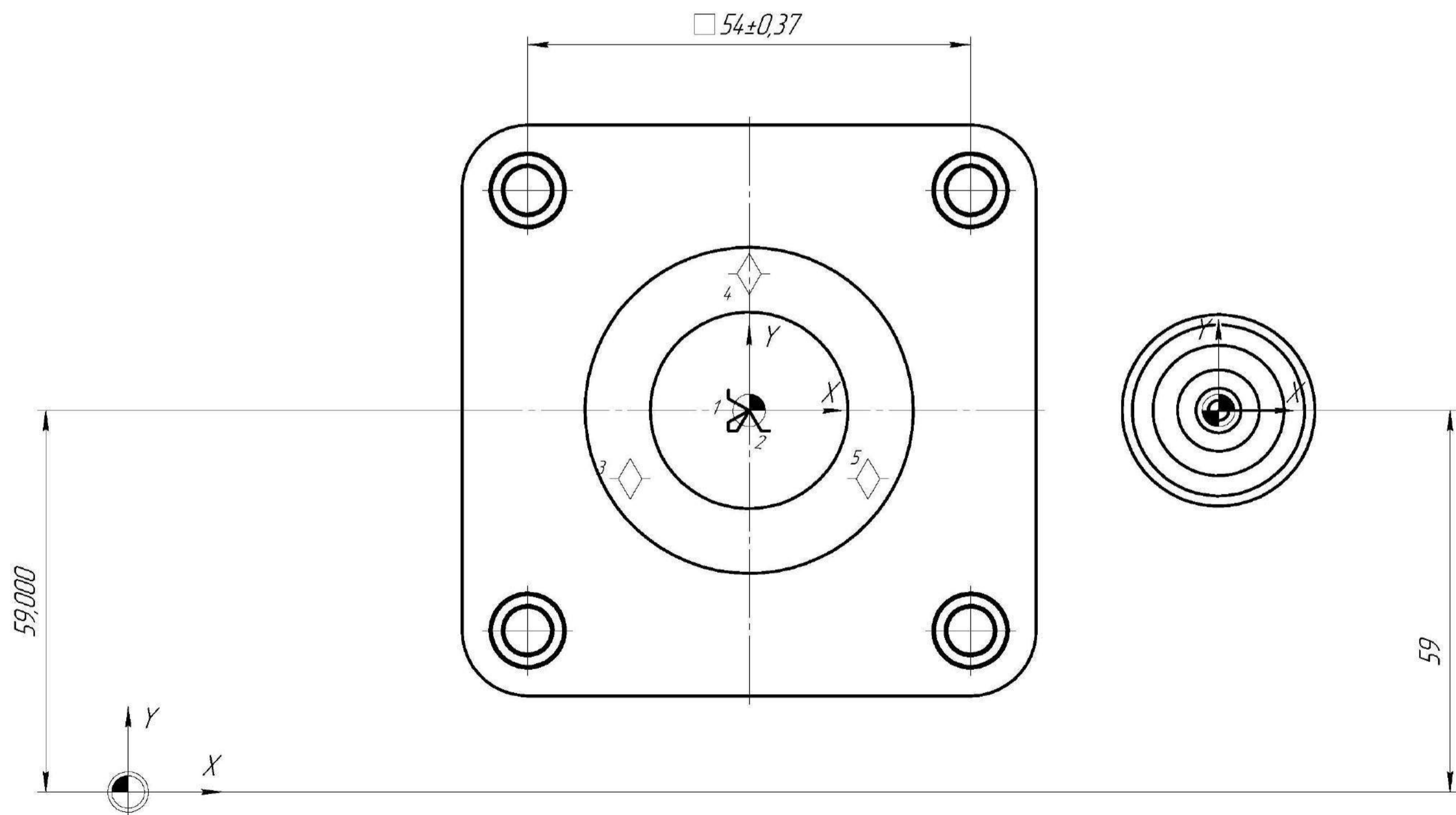
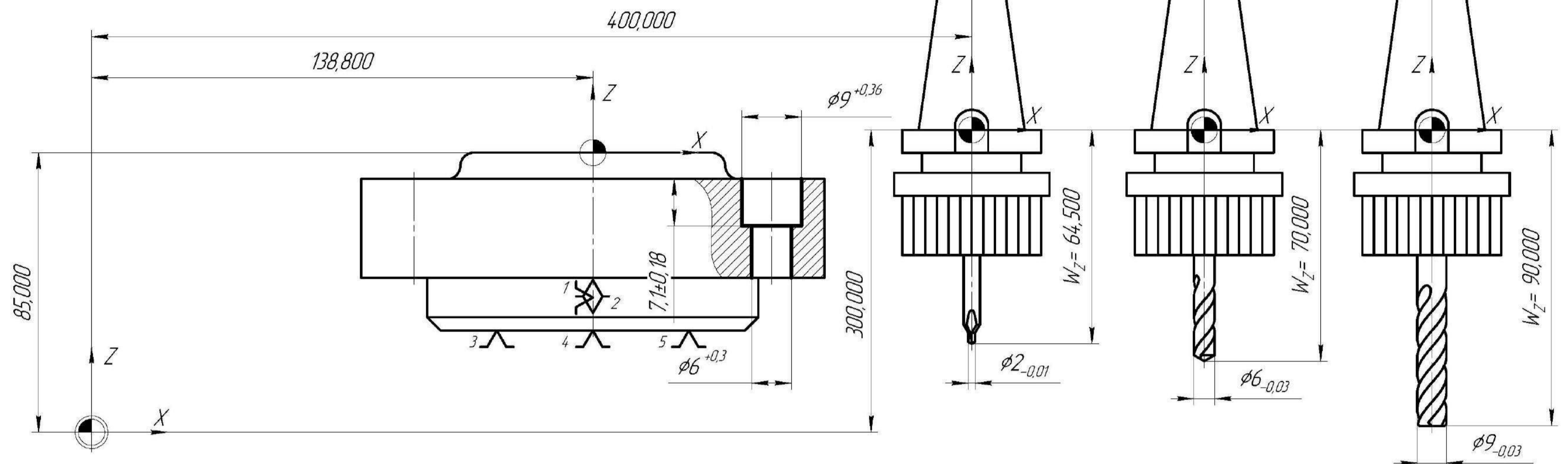
* Размер для справок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АКОСТ-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.
 Инв. № подл. _____ Взам. инв. № _____ Инв. № дробл. _____ Подл. и дата _____

Оп. 015 Установ Б

√ Ra 6,3



- ноль станка
- ноль детали
- ноль инструмента

* Размер для справок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

154A1004.005

Лист

Копировал

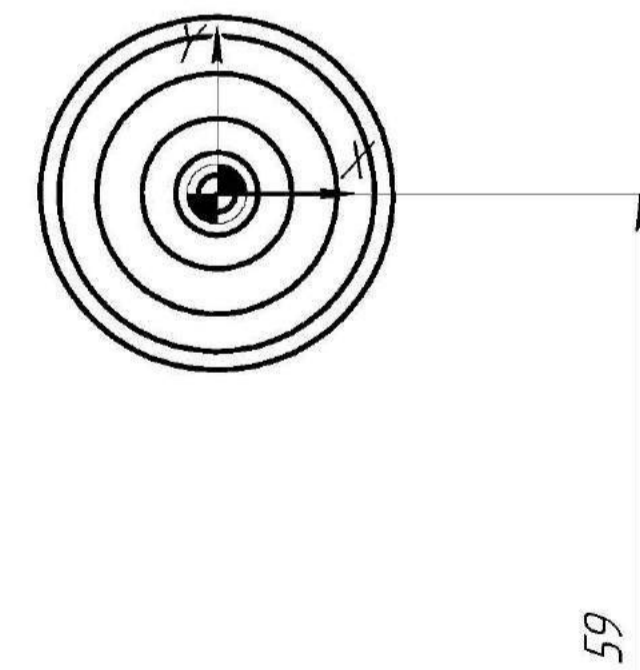
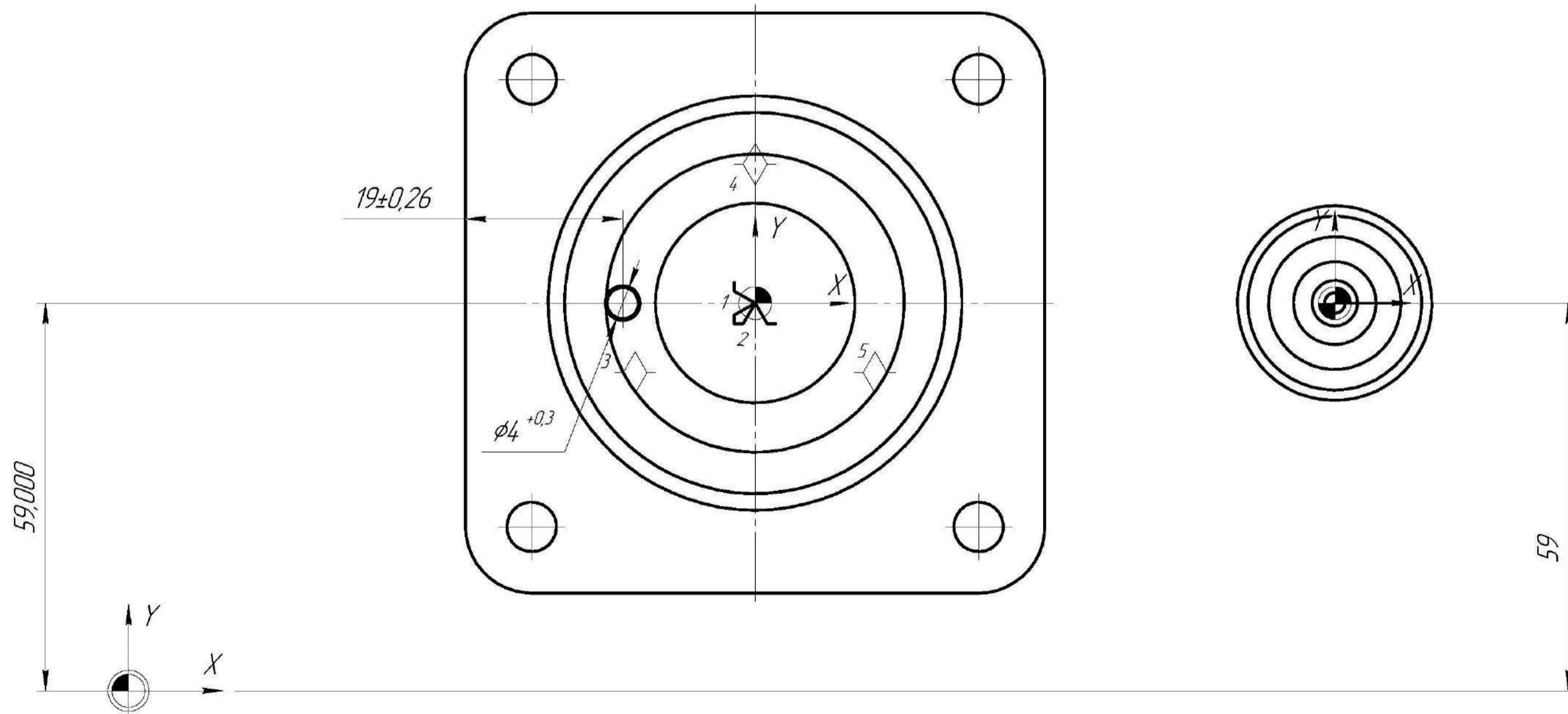
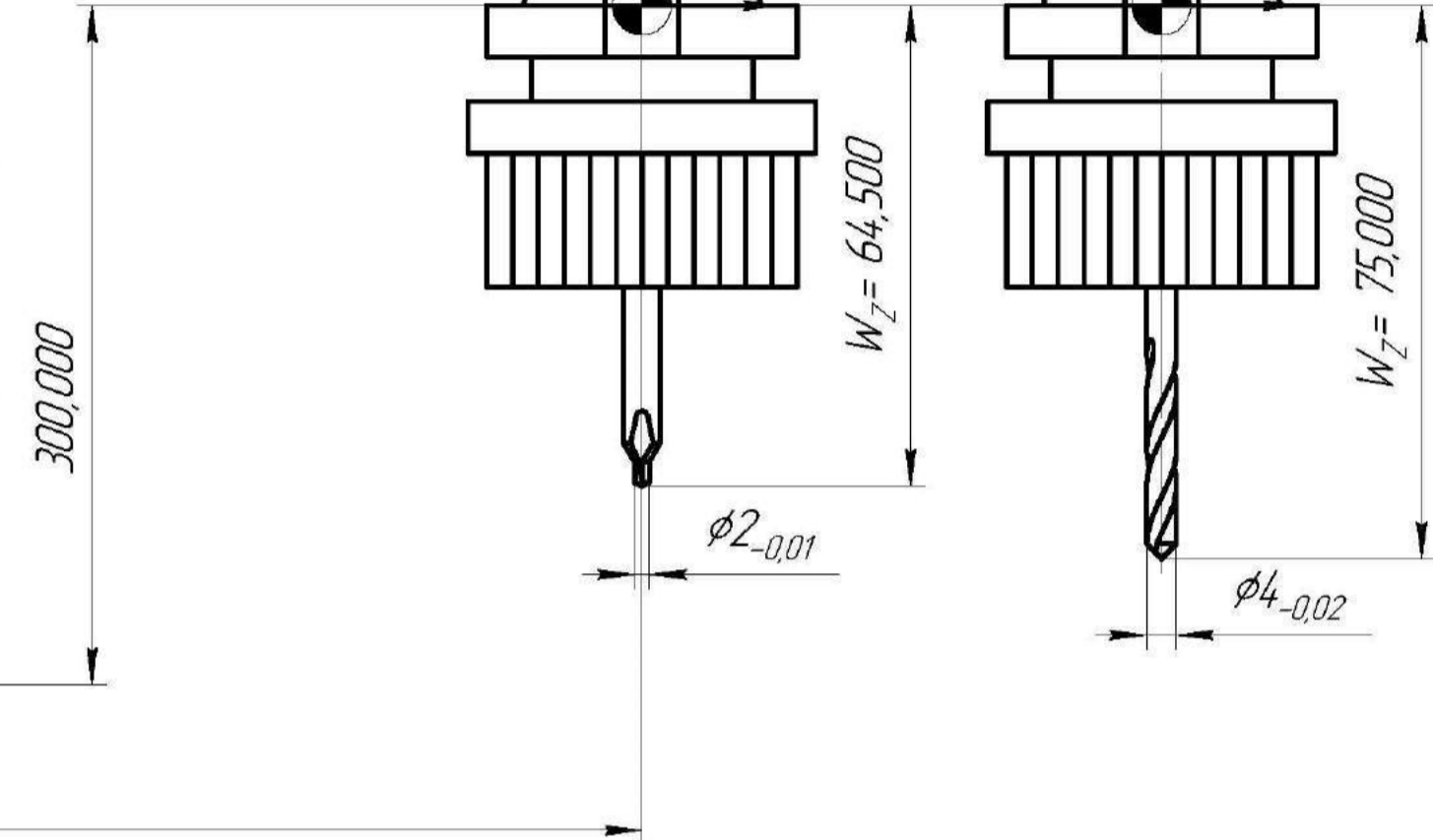
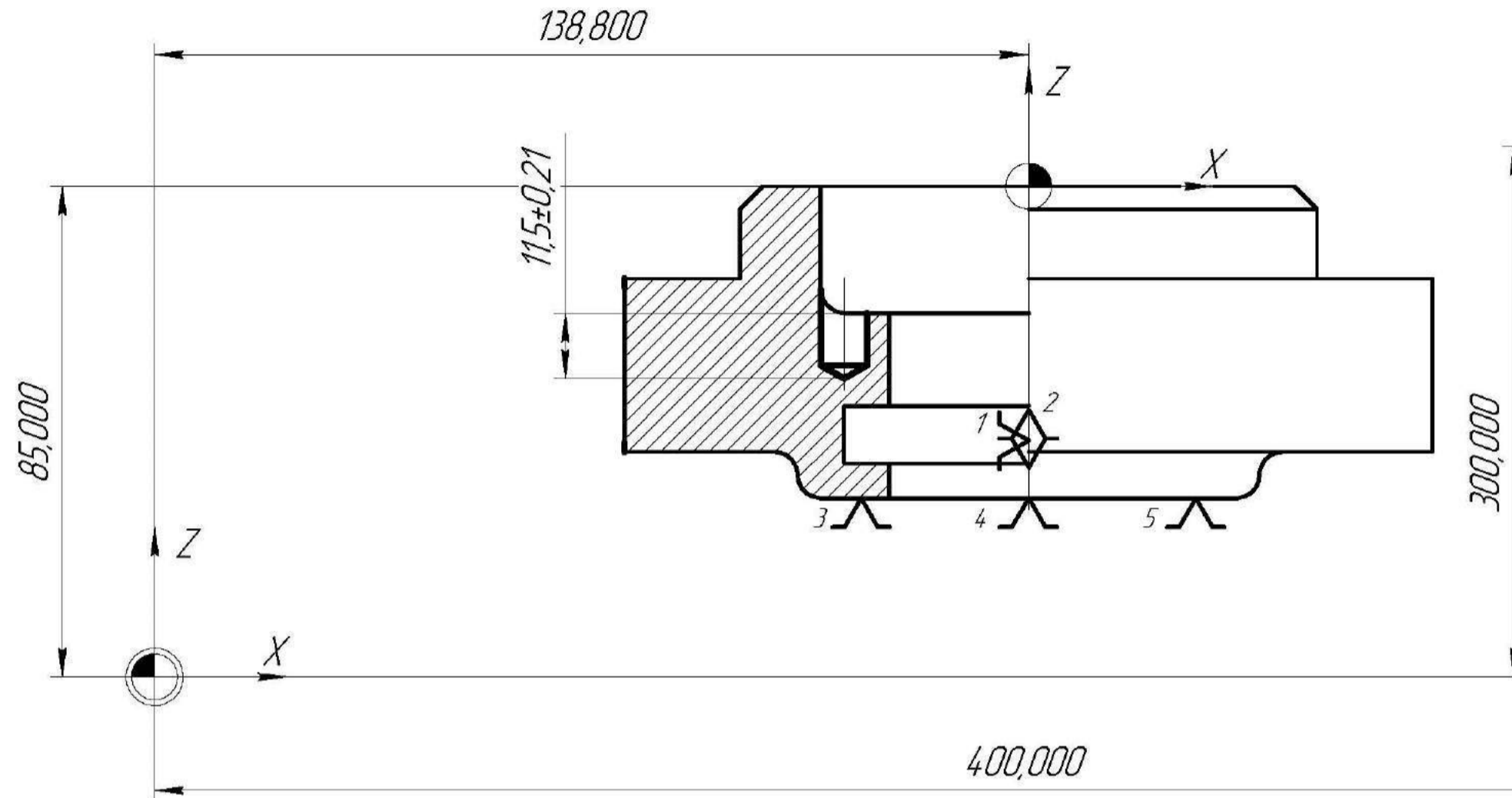
Формат А2

КОМПАС-3D v21 Чудовяк версия © 2022 ООО "АКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.
 Имя, № листа, Подп. и дата. Взам. инв. №. Инв. № докум. Подп. и дата.

Не для коммерческого использования

Оп. 015 Установ В

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



- ноль станка
- ноль детали
- ноль инструмента

* Размер для справок.

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

154A1004.005

Лист

КОМУЛС-3D v21 Учредитель ООО "АСОУН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Изд. № 0001 Подп. и дата: Взам. инв. № Инв. № д/изд. Подп. и дата

Не для коммерческого использования

Копиравал

Формат А2

								3	1		
		НИ ТПУ	ИШНПТ-154А91004.00.00.01					ИШНПТ 154А91			
		Крышка						2	2	1	015
		Оборудование, устройства ЧПУ			Особые указания						
		Фрезерный станок с ЧПУ TM20 0605			Устройство ЧПУ Fanuc						
		Кодирование информации, содержание кадра				Содержание перехода					
		8000000-000002									
		N002 M06 T01									
		N003 G01 G54 G43 X400 Z200 H01									
		N004 M03 S200									
		N005 G01 X45 Y0 Z10 F100									
		N006 G01 Z-25									
		N007 G41 X35									
		N008 Y-27									
		N009 G41 X27 Y-35 R8 D01									
		N010 G40 X-27 Y-35									
		N011 G41 X-35 Y-27 R8 D01									
		N012 G40 X-35 Y27									
		N013 G41 X-27 Y35 R8 D01									
		N014 G40 X27 Y35									
		N015 G41 X35 Y27 R8 D01									
		N016 G40 X35 Y0									
		N017 X45									
		N018 Z100									
		N019 M05									
		N021 M06 T02									
		N022 G01 G54 G43 X400 Z200 H02									
		N023 M03 S800									
		N024 G01 X27 Y27 Z10 F100									
		N025 G01 Z-7									
		N026 Z3									
						Разраб.	Ли Вэйхан				
						Проверил	Козлов В.Н.				
						Нормировал					
						Н.контр.					
		ККИ								156	

Дубл.
Взам.
Подл.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

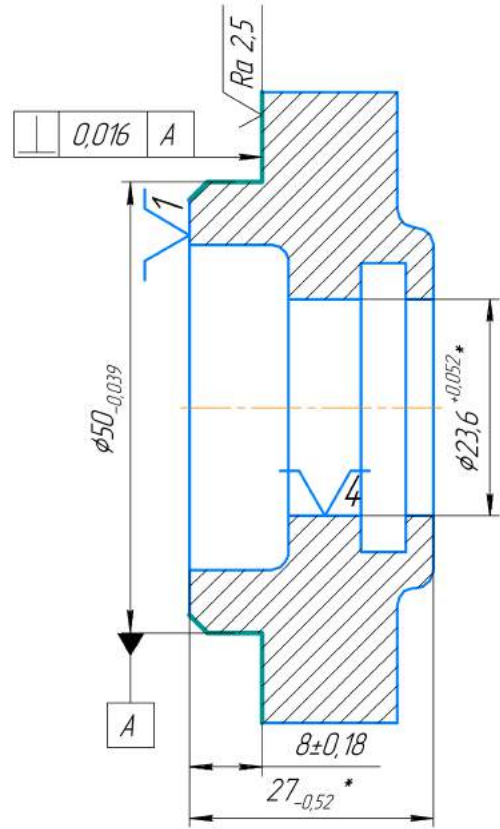
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

								1	1
--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Разраб.	Ли Вэйхан		
Проверил	Козлов В.Н.		
Нормировал			
Н.контр.			

НИ ТПУ	ИШНПТ-154А91004.00.00.01	ИШНПТ 154А91	
ч	Крышка	2	5 1 035

$\sqrt{Ra\ 1,25\ (\checkmark)}$



* Размеры для справок.

КЭ			165
----	--	--	-----

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

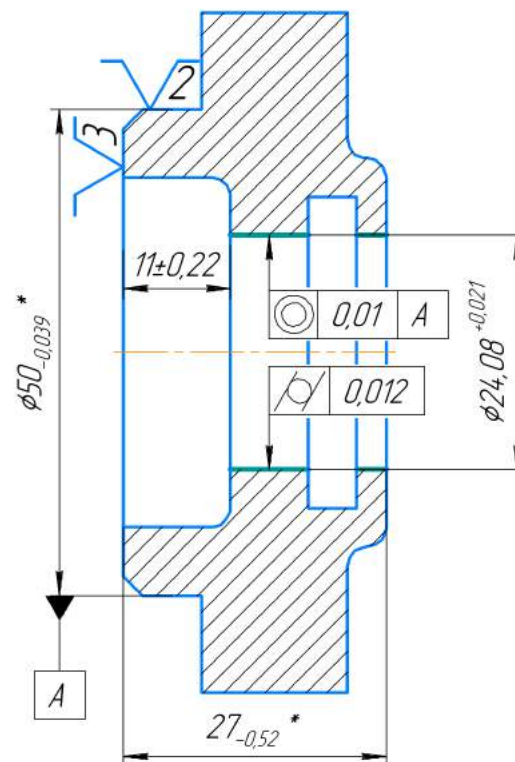
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

								1	1
--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Разраб.	Ли Вэйхан		
Проверил	Козлов В.Н.		
Нормировал			
Н.контр.			

НИ ТПУ	ИШНПТ-154А91004.00.00.01	ИШНПТ 154А91	
4	Крышка	2	5 2 040

$\sqrt{Ra\ 0,8}$



* Размеры для справок.

КЭ			167
----	--	--	-----

