Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная Школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления фланца

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З – 8Л51	Назаренко М.М.		22.05.2020

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Бознак А.О.	К.т.н		22.05.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОМ ИШНПТ	Ким А.Б.			22.02.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына З.В.	К.т.н		22.05.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Белоенко Е.В.	К.т.н		22.05.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Ефременков Е.А.	К.т.н.		22.05.2020

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по программе:

Код результата	Результат обучения
Р1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
Р2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
Р3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
Р4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
Р5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных производствах.
Р6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта.
Р11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
Р12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная Школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
З – 8Л51	Назаренко М.М.

Тема работы:

Разработка технологии изготовления фланца	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, № 59-58/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.05.2020

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Техническое задание: Чертёж детали «Фланец» 1000 шт./год Сталь Х12МФ

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор оборудования, расчёт основного времени. Конструкторская часть: расчёт и проектирование оснастки.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Чертеж детали, размерный анализ, операционная карта, сборочный чертеж приспособления.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологический	Ким А.Б.
Конструкторский	Ким А.Б.
Финансовый менеджмент	Криницына З.В.
Социальная ответственность	Белоенко Е.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.12.2019

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Бознак А.О.	К.т.н		16.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З – 8Л51	Назаренко М.М.		16.12.2019

РЕФЕРАТ

Данная выпускная квалификационная работа содержит 120 страниц пояснительной записки, 43 таблицы, 30 рисунков, 32 источника, 4 листа графического материала формата А1, 1 лист графического материала формата А3, 2 листа графического материала формата А2, 2 листа графического материала формата А4.

Ключевые слова: ФЛАНЕЦ, ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ.

Key words: flange, manufacturing technology, tolerance analysis, cutting parameters, workholding device.

Актуальность темы состоит в том что, детали «Фланец» имеют очень широкую область применения во всех отраслях промышленности, что делает фланец важной составляющей частью практически любого механизма, так как большинство разъемных соединений выполняется с помощью фланцев.

Объектом исследования является технология изготовления детали «Фланец».

Цели и задачи исследования: разработка технологичного, эффективного и экономически обоснованного технологического процесса изготовления детали «Фланец».

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен анализ технологичности конструкции детали, определен тип производства и выбран способ получения заготовки, спроектирован маршрут обработки детали с заполнением операционной карты и описанием всех переходов по каждой операции. Рассчитаны допуски технологических размеров, произведена проверка обеспечения точности обработки, рассчитаны припуски на обработку заготовки, технологические размеры, а также режимы резания для каждого технологического перехода и требуемая мощность оборудования для каждой операции, выбрано технологическое оборудование, рассчитаны нормы времени для выполнения каждой операции.

Результатом данной работы является разработка технологии изготовления детали «Фланец», применимая для реального производства с универсальным оборудованием, сконструировано специальное приспособление – коническая оправка, позволяющая обрабатывать детали типа «фланец» с конусной внутренней поверхностью.

Степень внедрения: среднесерийное производство.

Область применения: машиностроение.

Бюджет затрат на реализацию разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования составил 431 258,70 руб. Показатель финансовой эффективности разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования отражает численное удешевление стоимости разработки в разах по сравнению с имеющимися технологическими процессами и равен 0,84. Показатель ресурсоэффективности разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования по пятибалльной шкале равен 4,10, что значительно выше показателей ресурсоэффективности имеющихся технологических процессов.

Анализ, проведенный в разделе «Социальная ответственность», показал, что процесс разработки технологии изготовления фланца, а также воздействие процесса и рабочей зоны на организм человека и окружающую среду, соответствует требованиям и нормам безопасности.

Запланировано внедрение в производство разработанного технологического процесса обработки детали «Фланец».

Содержание:

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение традиционно считается ведущей отраслью экономики. Машиностроение решает важные задачи по совершенствованию технологических процессов, посредством современных технологий повышает степень автоматизации производства и точечной механизации. Исключительно важная роль принадлежит машиностроению в обеспечении обороноспособности государства.

Машиностроение в современном мире развивается стремительно, поэтому задачи машиностроителей оперативно реагировать на изменяющиеся условия и незамедлительно разрабатывать новые перспективные технологии и совершенствовать уже существующие, с тем чтобы идти в ногу со временем.

В процессе курсового проектирования студент получает и закрепляет необходимые навыки по применению базовых и специальных знаний. Учится пользоваться техническими регламентамии и справочной литературой. Получает навыки по технологическому и конструкторскому обеспечению машиностроительных производств.

В курсовом проекте решается задача по разработке эффективной технологии изготовления детали - фланец. Разработанная технология изготовления фланца должна удовлетворять требованиям экономичности изготовления детали.

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Исходные данные

Разработать технологию изготовления фланца, представленного на рисунке 1.1. Годовая программа выпуска деталей N=1000 штук.

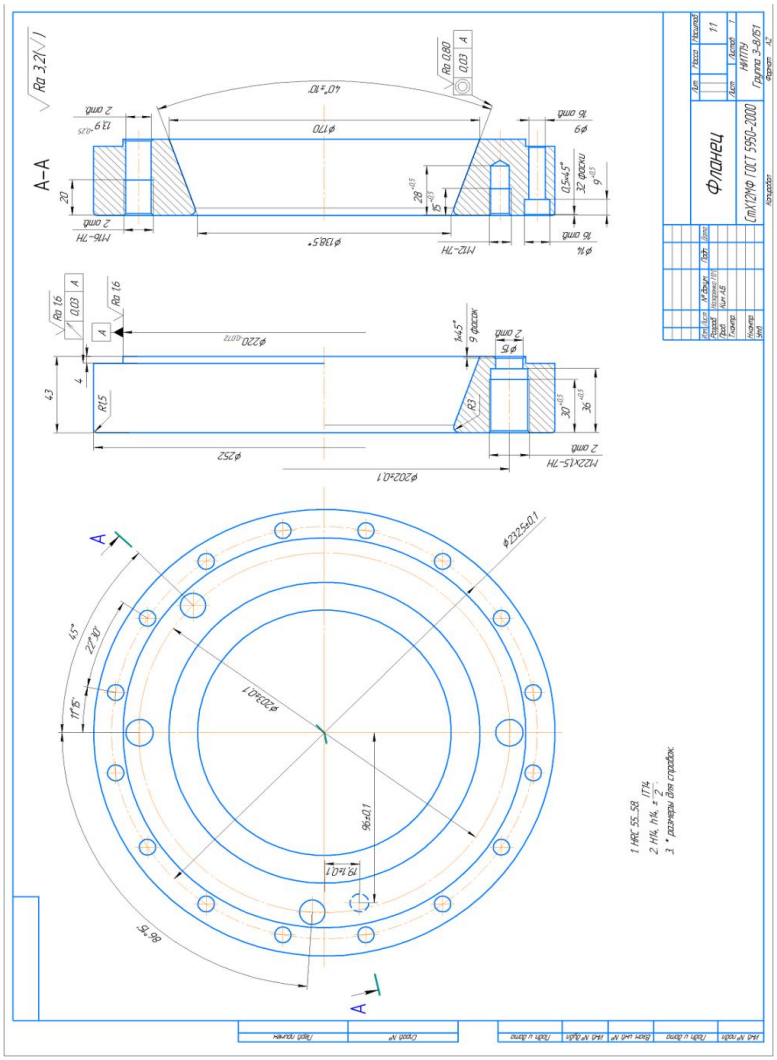


Рисунок 1.1 – Чертёж детали

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь фланец (рисунок 1.1) – изготовлена из инструментальной легированной стали Х12МФ. Наружный контур, которой состоит из одной ступени Ø252 $Ø220_{-0,072}$. Внутренний контур – рабочая поверхность с углом конуса α=40°±10′, D=170 и d=138,5. На торце детали имеются:

- шестнадцать сквозных отверстий Ø9, цековкой Ø14, расположенные на Ø232,5±0,1;

- два сквозных резьбовых отверстия М22х1,5-7Н с диаметром выхода отверстия Ø15, расположенные на Ø202±0,1;

- два сквозных резьбовых отверстия М16-7Н, расположенные на Ø203±0,1;

- одно глухое резьбовое отверстие М12-7Н, расположенное на r=96±0,1.

Анализируя технологичность данной детали, можно сказать, что:

- деталь достаточно жёсткая и позволит вести её механическую обработку в универсальном самоцентрирующем трёхкулачковом патроне;

- точные размеры – это диаметр пояска $Ø220_{-0,072}$ с R_a 1,6 точность и шероховатость которого добьемся тонким точением и угол конуса $\alpha=40^{\circ}\pm10'$ с R_a 0,8, который подразумевает использование операции шлифования, обеспечивающей высокую точность размера и выполнения требований к качеству поверхностей, остальные поверхности имеют относительно грубые допуски, что позволяет использовать для них стандартный мерительный и режущий инструмент;

- к конической рабочей поверхности $40^{\circ}\pm10'$ предъявлены повышенные требования к точности формы и расположения поверхностей;

- материал детали с точки зрения обрабатываемости - технологичен.

Требования к термообработке (см. таблицу 1.1):

Таблица 1.1 – Требования к термообработке стали Х12МФ [10, стр. 9]

Твердость стали после термообработки (ГОСТ 5950-73)	
Состояние поставки, режимы термообработки	HRC (HB)
Прутки и полосы отожженные или высокоотпущенные образцы.	До (255)
Закалка 970 °С, масло. Отпуск 180 °С. Закалка 1020 °С, воздух.	Св. 61
Отпуск при температуре, °С	63
200	61
300	60
400	61
500	(255)
Изотермический отжиг: нагрев 850-870 °С, охлаждение со скоростью 40 град/ч до 700-720 °С, выдержка 3-4 ч, охлаждение со скоростью 50 град/ч до 550 °С, воздух	61-63 58-59
Подогрев 650-700 °С. Закалка 1000-1030 °С, масло. Отпуск 190-210 °С, 1,5 ч, воздух (режим окончательной термообработки)	
Подогрев 650-700 °С. Закалка 1000-1030 °С, селитра. Отпуск 320-350 °С, 1,5 ч, воздух (режим окончательной термообработки)	

Подводя итог вышесказанному, деталь в целом можно считать технологичной.

1.3 Определение типа производства

По коэффициенту закрепления операций $К_{з.о}$ найденному из формулы [1, стр. 20], определим тип производства:

$$К_{з.о} = \frac{t_в}{T_{ср}}, \tag{1.1}$$

где $t_в$ – такт выпуска детали, мин.;

$T_{ср}$ – среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологии изготовления, мин.

Такт выпуска детали найдём по формуле [1, стр. 21]:

$$t_в = \frac{F_г}{N_г}, \tag{1.2}$$

где $F_г$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_г$ – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд определяем по табл. 5 [1, стр. 22] при двусменном режиме работы: $F_г$ = 4015 ч.

Тогда:

$$t_в = \frac{F_г}{N_г} = \frac{4015 \cdot 60}{1000} = 240{,}9\ мин;$$

Определим среднее штучно-калькуляционное время:

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{ш.к\,i}}{n}, \tag{1.3}$$

где $Т_{ш.к\,i}$ – штучно-калькуляционное время i- ой операции, мин.;

n – количество операций.

Штучно-калькуляционное время i- ой основной операции определяем по приложению 1 [1, с.173]:

$$Т_{ш.кi} = \varphi_{к.i} \cdot Т_{оi}, \tag{1.4}$$

где $\varphi_{к.i}$ – коэффициент, зависящий от типа производства и вида станка;

$Т_{оi}$ – основное технологическое время i-ой операции, мин.

Выберем четыре основные операций (n=4): две токарные операции, одна координатно-сверлильная и внутришлифовальная (см. операционную карту).

Для первой и второй операций (токарные): $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2}$ = 2,14; для третьей операции (сверлильной) $\varphi_{к.3}$ = 1,72; для четвертой (шлифовальной) $\varphi_{к.4}$ = 2,10.

1) Для первой токарной операции определим основное технологическое время (см. операционную карту):

$$T_{0.1} = [0{,}037 \cdot (D^2 - d^2) + 0{,}052 \cdot (D^2 - d^2) + 0{,}17 \cdot d \cdot l + 0{,}10 \cdot d \cdot l] \cdot 10^{-3},$$

где d – диаметр, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения переменных определяем приближенно:

Тогда

$$T_{0.1} = [0{,}037 \cdot (260^2 - 135^2) + 0{,}052 \cdot (260^2 - 135^2) + 0{,}17 \cdot 260 \cdot 47 + 0{,}10 \cdot 260 \cdot 47] \cdot 10^{-3} = 7{,}69 \textit{мин.}$$

Штучно–калькуляционное время первой токарной операции определяем по формуле 1.4:

$$T_{ш.к1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{о.1} = 2{,}14 \cdot 7{,}69 = 16{,}46 \textit{мин.}$$

2) Для второй токарной операции основное технологическое время определим (см. операционную карту):

$$T_{02} = [0{,}037 \cdot (D^2 - d^2) + 0{,}052 \cdot (D^2 - d^2) + 0{,}18 \cdot d \cdot l + 0{,}10 \cdot d \cdot l + 0{,}17 \cdot d \cdot l + 0{,}10 \cdot d \cdot l + \\ + 0{,}037 \cdot (D^2 - d^2) + 0{,}052 \cdot (D^2 - d^2)] \cdot 10^{-3},$$

тогда

$$T_{0.2} = (0{,}037 \cdot (260^2 - 135^2) + 0{,}052 \cdot (260^2 - 135^2) + 0{,}18 \cdot 135 \cdot 47 + 0{,}10 \cdot 135 \cdot 47 + \\ + 0{,}17 \cdot 220 \cdot 4 + 0{,}10 \cdot 220 \cdot 4 + 0{,}037 \cdot (260^2 - 220^2) + 0{,}052 \cdot (260^2 - 220^2)) \cdot 10^{-3} = 8{,}12 \textit{мин.}$$

Штучно-калькуляционное время данной операции (формула 1.4):

$$T_{ш.к2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{о.2} = 2{,}14 \cdot 8{,}12 = 17{,}38 \textit{мин.}$$

3) Основное технологическое время третьей сверлильной операции: (см. операционную карту):

$$T_{0.3} = ((0{,}52 \cdot d \cdot l) \cdot 16 + (0{,}52 \cdot d \cdot l) \cdot 2 + (0{,}52 \cdot d \cdot l) \cdot 2 + (0{,}52 \cdot d \cdot l)) \cdot 10^{-3},$$

тогда:

$$T_{0.3} = ((0{,}52 \cdot 9 \cdot 39) \cdot 16 + (0{,}52 \cdot 20{,}5 \cdot 43) \cdot 2 + (0{,}52 \cdot 13{,}9 \cdot 43) \cdot 2 + (0{,}52 \cdot 10{,}2 \cdot 28)) \cdot 10^{-3} = 4{,}61 \textit{мин.}$$

Штучно-калькуляционное время третьей сверлильной операции определим по формуле 1.4:

$$T_{ш.к3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{о..3} = 1{,}72 \cdot 4{,}61 = 7{,}93\,мин.$$

4) Основное технологическое время для шестой шлифовальной операции (см. операционную карту):

$$T_{0.6} = (1{,}5 \cdot d \cdot l + 2{,}5 \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

тогда $$T_{0.6} = (1{,}5 \cdot 170 \cdot 47 + 2{,}5 \cdot 4) \cdot 10^{-3} = 12{,}0\,мин$$

Штучно-калькуляционное время шестой шлифовальной операции, (формула 1.4):

$$T_{ш.к6} = \varphi_{к.6} \cdot T_{0.6} = 2{,}10 \cdot 12{,}0 = 25{,}2\,мин.$$

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение основных операций технологии изготовления определяем по формуле 1.3:

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{ш.к\,i}}{n} = \frac{T_{ш.к1} + T_{ш.к2} + T_{ш.к3} + T_{ш.к6}}{4} = \frac{16{,}46 + 17{,}38 + 7{,}93 + 25{,}2}{4} = 16{,}74\,мин.$$

Определяем тип производства по формуле 1.1:

$$K_{з.о} = \frac{t_в}{T_{ср}} = \frac{240{,}9}{16{,}74} = 14{,}4$$

Так как $10 < K_{з.о} < 20$, то тип производства среднесерийный.

1.4 Выбор заготовки

Получение заготовок в машиностроительном производстве – это один из самых важных процессов, так как он напрямую влияет на качество получаемых деталей и изделий, трудоёмкость их изготовления и себестоимость, а также на расход материалов.

Так как деталь изготавливается из инструментальной легированной стали Х12МФ ГОСТ 5950 - 2000 и её тип – втулка, а также мы имеем серийное производство, то принимаем метод получения заготовок – штамповка (высадка) на ГКМ с точностью выполнения заготовок по ГОСТ7505-74. Эскиз заготовки представлен на рисунке1.2.

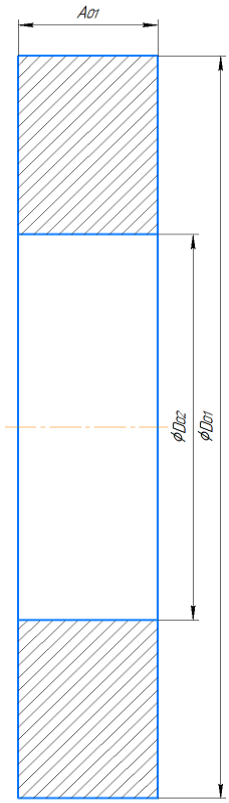


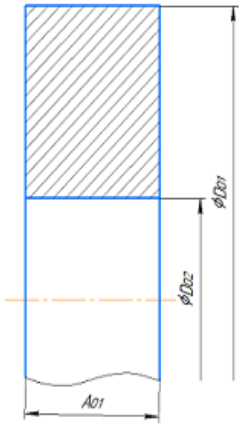
Рисунок 1.2 – Эскиз заготовки

Масса заготовки–14 кг.

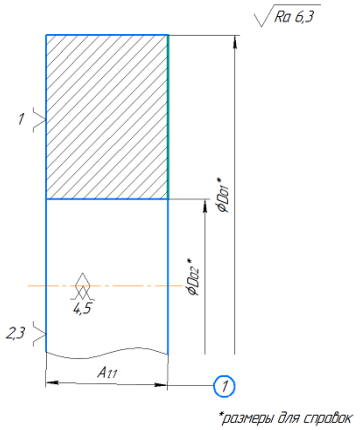
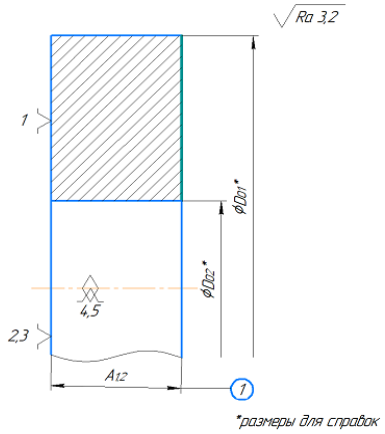
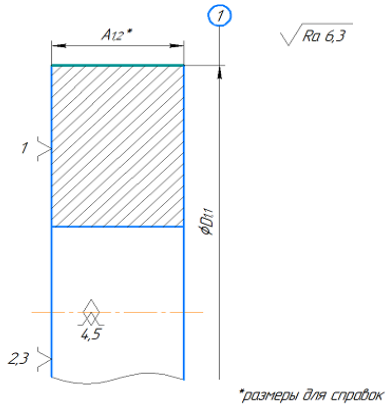
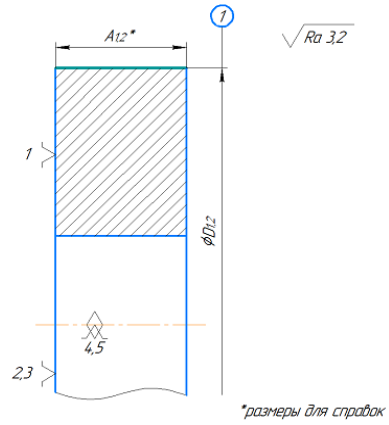
1.5 Разработка маршрута технологии изготовления фланца

Маршрут технологии изготовления фланца представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 –Маршрут технологии изготовления фланца

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
0	1	**<u>Заготовительная</u>** Ковать деталь, выдержав размеры, указанные на эскизе	

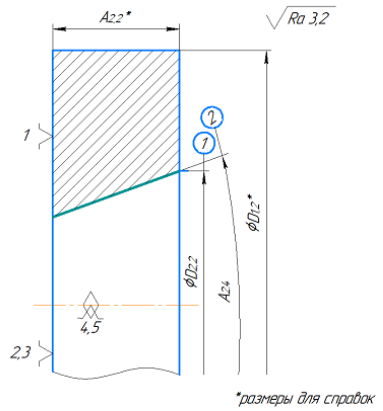
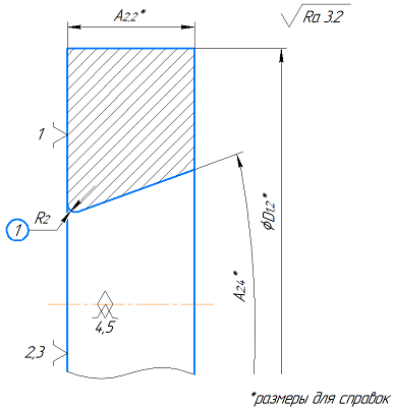
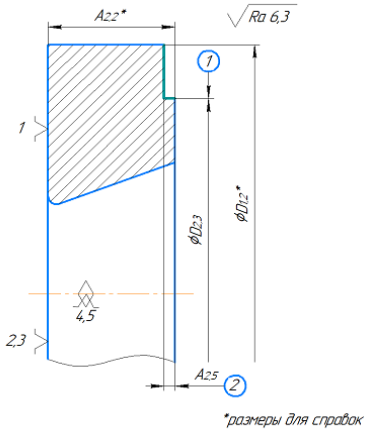
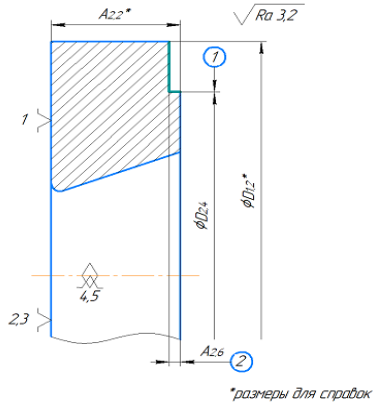
Продолжение таблицы 1.2

	А 1	**<u>Токарная</u>** Подрезать торец, выдержав размер 1.	
	2	Подрезать торец, выдержав размер 1.	
	3	Точить поверхность, выдержав размер 1.	
	4	Точить поверхность, выдержав размер 1.	

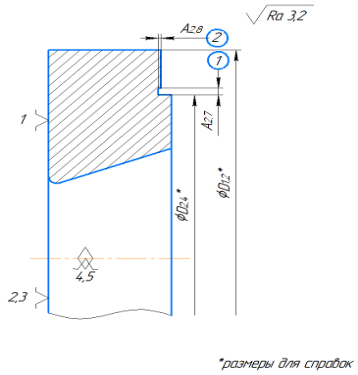
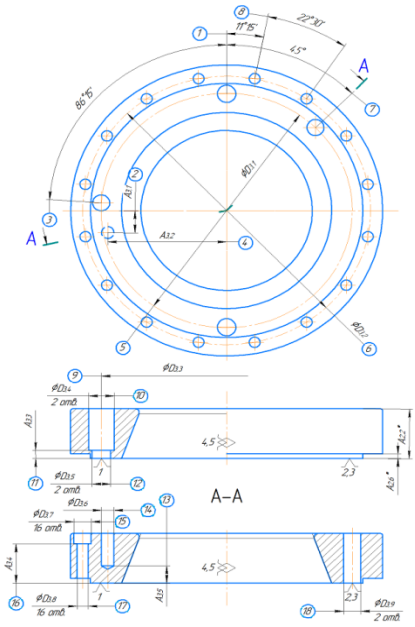
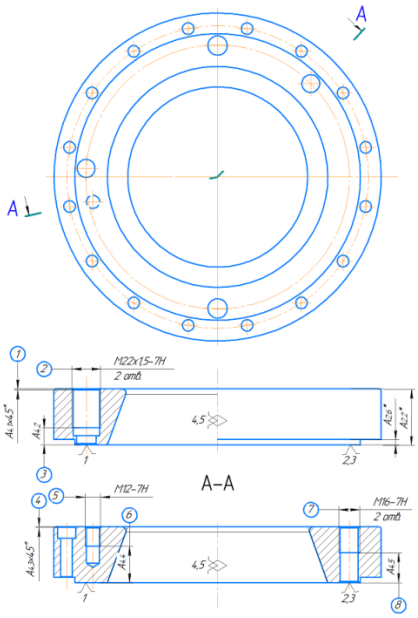
Продолжение таблицы 1.2

	5	Точить галтель, выдержав размер 1.	
2	А 1	**<u>Токарная</u>** Подрезать торец, выдержав размер 1.	
	2	Подрезать торец, выдержав размер 1.	
	3	Расточить поверхность, выдержав размеры 1 и 2.	

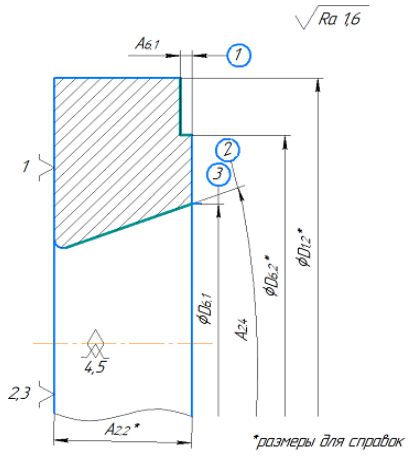
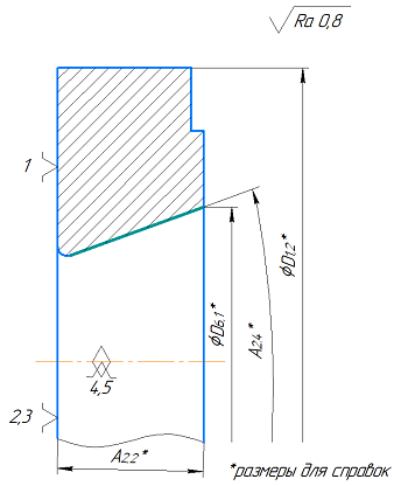
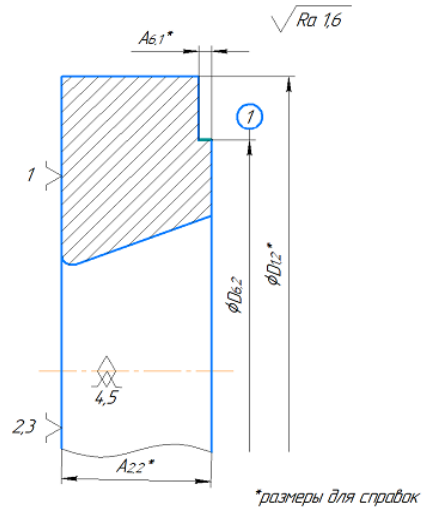
Продолжение таблицы 1.2

	4	Расточить поверхность, выдержав размеры 1 и 2.	
	5	Точить галтель, выдержав размер 1.	
	6	Точить поверхность, выдержав размеры 1 и 2.	
	7	Точить поверхность, выдержав размеры 1 и 2.	

Продолжение таблицы 1.2

	8	Точить технологическую канавку, выдержав размеры 1 и 2.	
3	А 1 2 3 4	**<u>Сверлильная (координатно)</u>** Сверлить 16 отверстий, выдержав размеры 1, 6, 8, 15, 16 и 17. Сверлить 2 отверстия, выдержав размеры 9-12. Сверлить 2 отверстия выдержав размеры 3, 5, 7 и 18. Сверлить 1 отверстие, выдержав размеры 2, 4, 13 и 14.	
4	А 1 2 3 4 5 Б 1 2	**<u>Слесарная</u>** Нарезать резьбу, выдержав размеры 2 и 3. Нарезать резьбу, выдержав размеры 5 и 6. Нарезать резьбу, выдержав размеры 7 и 8. Зенковать 5 отверстий, выдержав размер 1. Зенковать 16 отверстий, выдержав размер 4. Зенковать 4 отверстия, выдержав размер 1. Зенковать 16 отверстий, выдержав размер 4.	

Продолжение таблицы 1.2

5	А 1	**<u>Термическая</u>** Калить, отпустить, выдержав твёрдость 55…58 HRC.	
6	А 1 2	**<u>Шлифовальная</u>** Шлифовать поверхность, выдержав размер 1. Шлифовать поверхность, выдержав размеры 2 и 3.	
7	А 1	**<u>Полировальная</u>** Полировать поверхность.	
8	А 1	**<u>Токарная</u>** Точить поверхность, выдержав размер 1.	

1.6 Размерный анализ

1.6.1 Построение размерной схемы и графа технологических цепей

Для того чтобы построить размерную схему необходимо на эскизе детали выполненого в произвольном масштабе, но с сохранением пропорций детали, изобразить технологические припуски на обработку. В первую очередь изображаем припуски которые удаляем на последней операции, потом на предпоследней и т.д.

В результате построения размерной схемы получаем эскиз с изображением:

- конструкторских размеров;

- припусков на обработку Z, которые обозначаются волнистой линией;

- все технологические размеры, которые изображаются в порядке их получения, от размеров исходной заготовки к размерам получаемым на последней операции.

Расчётная схема представлена на рисунке1.3.

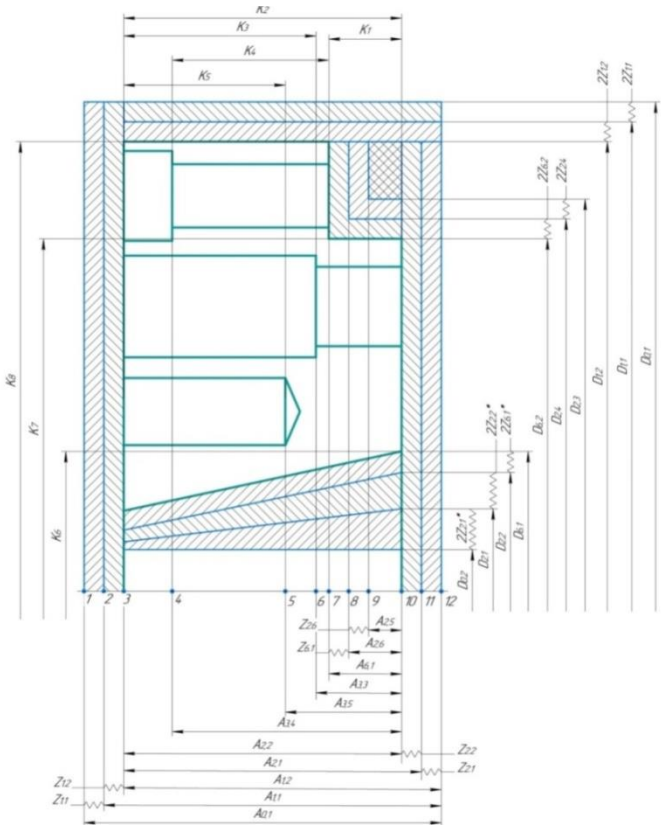


Рисунок 1.3 – Размерная схема технологического маршрута

Получили число поверхностей П – 12, а число технологических размеров равное А – 11, число припусков Z – 6, число конструкторских размеров К – 5, условия П=А+1 и А=К+Z выполняются, следовательно, размерная схема построена верно.

С целью облегчения составления размерных цепей, на базе размерной схемы строится граф-дерево. Методика построения граф-дерева подробно излагается в [2, стр. 29]. Граф-дерево для размерной схемы изготовления фланца представлено на рисунке 1.4.

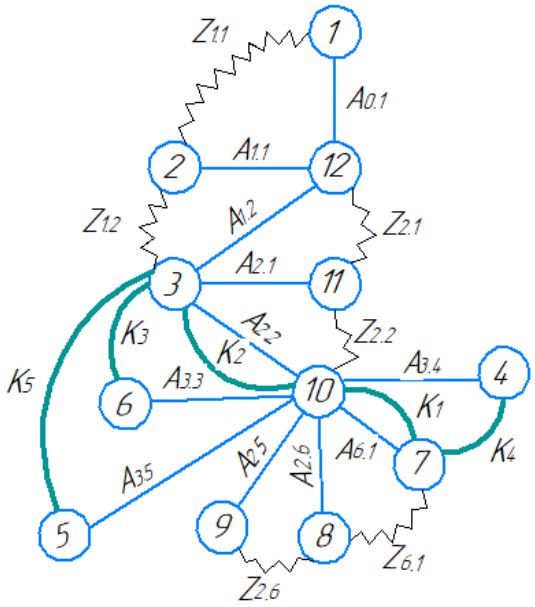


Рисунок 1.4 – Граф-дерево (осевое направление)

1.6.2 Расчет допусков технологических размеров

1.6.2.1 Допуски конструкторских размеров

Из чертежа детали выписываем допуски на конструкторские размеры:

$$TK_1 = (4)^{+0,15}_{-0,15} = 0,30 \text{ мм};$$
$$TK_2 = (43)^{+0,31}_{-0,31} = 0,62 \text{ мм};$$
$$TK_3 = (36)^{+0,50} = 0,50 \text{ мм};$$
$$TK_4 = (9)^{+0,50} = 0,50 \text{ мм};$$
$$TK_5 = (28)^{+0,50} = 0,50 \text{ мм};$$
$$TK_6 = (170)^{+0,50} = 0,50 \text{ мм};$$
$$TK_7 = (220)_{-0,072} = 0,072 \text{ мм};$$
$$TK_8 = (252)_{-0,65} = 0,65 \text{ мм};$$

1.6.2.2 Допуски технологических размеров. Осевое направление

Допуски на поковочные размеры назначаем по ГОСТ 7505-89 в зависимости от массы (от 10,0 до 20,0 кг), марки стали (Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000) – М3, степени сложности (не более 2х переходов) – С1 и класса точности поковки (полученная на горизонтально-ковочной машине) – Т4 находим исходный индекс по рисунку 1.5.

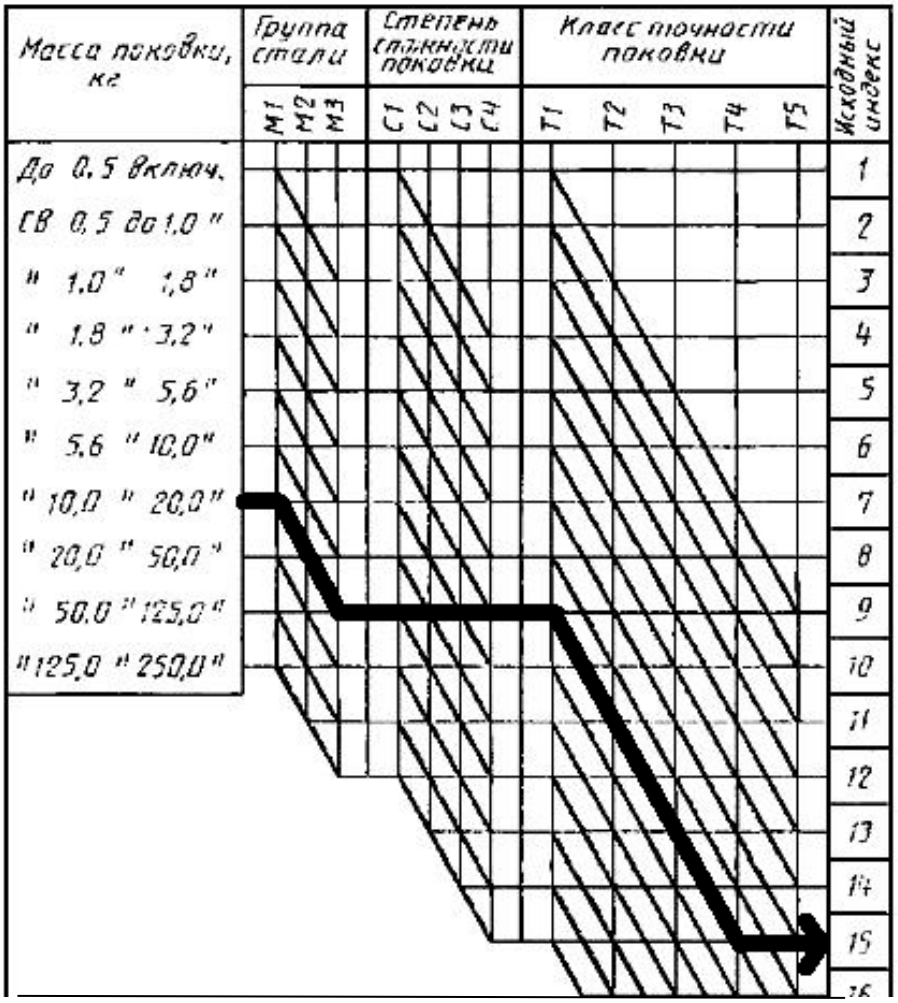


Рисунок 1.5 – Определение исходного индекса.

Исходный индекс – 15.

Далее по рисунку 1.6 назначаем допуски:

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки																	
	до 40		40-63		63-100		100-160		160-250		св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки																	
	до 40		40-100		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600		1600-2500	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	-	-	-	-	-	-
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-	-	-
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	-	-
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4

Рисунок 1.6 – Допуски и допускаемые отклонения размеров поковок.

Получаем допуск на осевой поковочный размер:

$$TA_{01} = (A_{01})^{+2,1}_{-1,1} = 3,2 \text{ мм};$$

Допуски осевых технологических размеров принимаются равными по [2, стр. 34]:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{u.i-1} + \varepsilon_{бi}, \quad (1.5)$$

где ω_{ci} - статическая погрешность, мм;

$\rho_{u.i-1}$ - пространственное отклонение измерительной (технологической) базы, мм.;

$\varepsilon_{бi}$ - погрешность базирования, мм.

Определяем допуски для размеров $TA_{1.1}$ и $TA_{1.2}$, гдеω_c по [2, стр. 65]:

$$TA_{1.1} = TA_{1.2} = \omega_c + \rho_u = 0{,}3 + 0{,}26 = 0{,}56 мм,$$

где пространственное отклонение ρ_u определяем по [1, стр. 68, табл. 4.7], как:

$$\rho_u = \rho_{кор} = \Delta_к \cdot D, \quad (1.6)$$

где $\Delta_к = 1 мкм/мм$

$$\rho_u = 260 \cdot 0{,}001 = 0{,}26 мм.$$

Допуски на размеры $TA_{2.5}$ и $TA_{2.6}$ будут равны статистической погрешности ω_c [2, стр. 65, п. 1]:

$TA_{2.5}$=0,3;

$TA_{2.6}$=0,12

Допуски на размеры $TA_{3.3}$, $TA_{3.4}$, $TA_{3.5}$ определим по [2, стр.68];

$TA_{3.3}$=0,15;

$TA_{3.4}$=0,15;

$TA_{3.5}$=0,15

Допуск на размер $TA_{6.1}$ определим по [2, стр.70, 75];

$$TA_{6.1} = \omega_c + \rho_u = 0{,}2 + 0{,}05 = 0{,}25 мм;$$

Допуск на размер $TA_{2.1}$ определим по [1, стр. 68, 73];

$$TA_{2.1} = \omega_c + \rho_u = 0{,}3 + 0{,}26 \cdot 0{,}06 = 0{,}32 мм,$$

где 0,06-коэффициент уточнения формы для черновой обработки.

Допуск на размер $TA_{2.2}$ определим по [1, стр. 68, 73];

$$TA_{2.2} = \omega_c + \rho_u = 0{,}3 + 0{,}26 \cdot 0{,}003 = 0{,}3 мм,$$

где 0,003-коэффициент уточнения формы для чистовой обработки.

Выпишем полученные допуски для удобства пользования в дальнейших расчётах:

$TA_{0.1}$=3,2 мм.;

$TA_{1.1}$=$TA_{1.2}$=0,56 мм.;

$TA_{2.5}$=0,3 мм.;

$TA_{2.6}$=0,12 мм.;

$TA_{3.3}$=0,15 мм.;

$TA_{3.4}$=0,15 мм.;

$TA_{3.5}$=0,15 мм.;

$TA_{6.1}$=0,25 мм.;

$TA_{2.1}$=0,32 мм.;

$TA_{2.2}$=0,3 мм.

1.6.2.3 Допуски технологических размеров. Диаметральное направление

Допуски на диаметральные размеры принимаются равными статистической погрешности [2, стр. 34]:

$$TD_i = \omega_{ci}, \tag{1.7}$$

где ω_{ci} - статическая погрешность, мм.

Тогда назначаем допуски, руководствуясь [2, стр. 65 П1]:

$TD_{1.1}$=IT12=0,52 мм.;

$TD_{1.2}$=IT10=0,21 мм.;

$TD_{2.3}$=IT12=0,46 мм.;

$TD_{2.4}$=IT10=0,185 мм.;

$TD_{6.2}$=IT8=0,072 мм.;

$TD_{6.1}$=IT8=0,063 мм.;

$TD_{2.2}$=IT10=0,16 мм.;

$TD_{2.1}$=IT12=0,40 мм.

В соответствии с требованиями ГОСТ 7505-89 назначим допуски на поковочные размеры:

$TD_{0.1}$=4,5 мм.;

$TD_{0.2}$=3,6 мм.

1.6.3 Проверка обеспечения точности обработки

Условие обеспечения точности конструкторских размеров, при выполнении расчётов методом максимума-минимума определим по [2, стр.48]:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i . \qquad (1.8)$$

Размерная цепь для размера $К_1$ показана на рисунке 1.7:

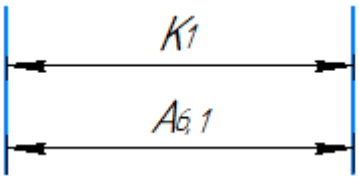


Рисунок 1.7 – Размерная схема для размера $К_1$

Из схемы видно что размер $К_1$ выдерживается непосредственно $ТК_1 \geq ТА_{6.1}$, 0,30>0,25.

Размерная цепь для размера $К_2$ показана на рисунке 1.8:

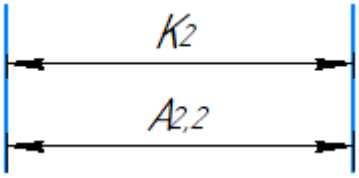


Рисунок 1.8 – Размерная схема для размера $К_2$

Из схемы видно что размер $К_2$ выдерживается непосредственно $ТК_2 \geq ТА_{2.2}$, 0,62>0,30.

Размерная цепь для размера $К_3$ показана на рисунке 1.9:

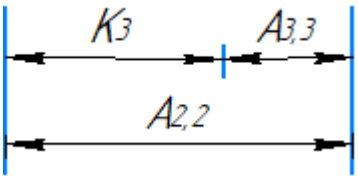


Рисунок 1.9 – Размерная схема для размера $К_3$

$ТК_3 \geq ТА_{3.3}+ТА_{2.2}$, 0,50≥0,15+0,3, размер $К_3$ выдерживается.

Размерная цепь для размера $К_4$ показана на рисунке 1.10:

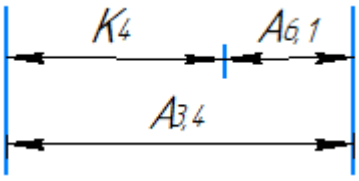


Рисунок 1.10 – Размерная схема для размера $К_4$

$ТК_4 \geq ТА_{3.4} + ТА_{6.1}$, 0,50≥0,15+0,25, размер $К_4$ выдерживается.

Размерная цепь для размера $К_5$ показана на рисунке 1.11:

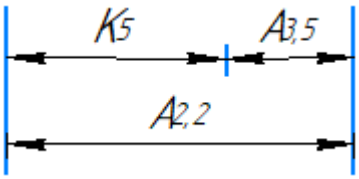


Рисунок 1.11 – Размерная схема для размера $К_5$

$ТК_5 \geq ТА_{3.5} + ТА_{2.2}$, 0,50≥0,15+0,30, размер $К_5$ выдерживается.

1.6.4 Расчёт припусков на обработку заготовки

В процессе проектирования технологических процессов, определение припусков на механическую обработку играет важную роль. Завышенные припуски ведут к увеличению трудоёмкости, повышенному расходу электроэнергии, материалов и режущего инструмента, что неизбежно ведёт к увеличению себестоимости изделия. Если припуск назначить заниженный, то возрастёт количества брака.

В настоящее время припуск на механическую обработку деталей назначают двумя методами. По таблицам – это производственный метод или на основании соответствующих расчётов – расчётно-аналитический метод. В нашей выпускной квалификационной работе будем использовать расчётно-аналитический метод, так как он более экономически выгоден (уменьшается припуск на исходную заготовку).

1.6.4.1 Расчет припусков на осевые размеры

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле из [2, стр. 42]:

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (1.9)$$

где $z_{i\min}$ – минимальный припуск на обработку плоскости, мкм;

Rz_{i-1} – шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} – суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм.

Рассчитаем припуск $Z_{1.1}$:

Расчетный минимальный припуск:

$Z_{1.1_{min}} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 200 + 300 + 260 = 760$ *мкм.;*

где $\rho_{i-1} = \rho_{кор} = \Delta_к \cdot D = 1 \cdot 260 = 260$ *мкм* по [1, стр. 68, табл. 4.7],

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{1.1} = TA_{0.1} + TA_{1.1} = 3200 + 560 = 3760 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{1.1_{max}} = Z_{1.1_{min}} + TZ_{1.1} = 760 + 3760 = 4520 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{1.1_{cp}} = \frac{Z_{1.1_{max}} + Z_{1.1_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{1.1}}{2} = \frac{4520 + 760}{2} \pm \frac{3760}{2} = 2640 \pm 1880 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $Z_{2.1}$:

Расчетный минимальный припуск:

$Z_{2.1min} = Z_{1.1_{min}} = 760$ *мкм.;*

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{2.1} = TA_{2.1} + TA_{1.2} = 320 + 560 = 880 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{2.1_{max}} = Z_{2.1_{min}} + TZ_{2.1} = 760 + 880 = 1640 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{2.1_{cp}} = \frac{Z_{2.1_{max}} + Z_{2.1_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{2.1}}{2} = \frac{1640 + 760}{2} \pm \frac{3760}{2} = 1200 \pm 440 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $Z_{1.2}$:

Расчетный минимальный припуск:

$Z_{1.2_{min}} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 80 + 50 + 16 = 146$ *мкм.;*

где $\rho_{i-1} = \rho_{кор} \cdot \kappa_y = \Delta_к \cdot D \cdot \kappa_y = 1 \cdot 260 \cdot 0{,}06 = 16$ *мкм* по [1, стр. 68, 73],

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{1.2} = TA_{1.1} + TA_{1.2} = 560 + 560 = 1120 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{1.2_{max}} = Z_{1.2_{min}} + TZ_{1.2} = 146 + 1120 = 1266 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{1.2_{ср}} = \frac{Z_{1.2_{max}} + Z_{1.2_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{1.2}}{2} = \frac{1266 + 146}{2} \pm \frac{1120}{2} = 706 \pm 560 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $Z_{2.2}$:

Расчетный минимальный припуск:

$Z_{2.2min} = Z_{1.2_{min}} = 146$ *мкм.;*

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{2.2} = TA_{2.1} + TA_{2.2} = 320 + 300 = 620 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{2.2_{max}} = Z_{2.2_{min}} + TZ_{2.2} = 146 + 620 = 766 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{2.2_{ср}} = \frac{Z_{2.2_{max}} + Z_{2.2_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{2.2}}{2} = \frac{766 + 146}{2} \pm \frac{620}{2} = 456 \pm 310 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $Z_{2.6}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{2.6_{min}} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 80 + 50 = 130 \text{ мкм.;}$$

где $\rho_{i-1} \approx 0$ *мкм*,

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{2.6} = TA_{2.5} + TA_{2.6} = 300 + 300 = 600 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{2.6_{max}} = Z_{2.6_{min}} + TZ_{2.6} = 130 + 600 = 730 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{2.6_{cp}} = \frac{Z_{2.6_{max}} + Z_{2.6_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{2.6}}{2} = \frac{730 + 130}{2} \pm \frac{600}{2} = 430 \pm 300 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $Z_{6.1}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{6.1_{min}} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 30 + 40 = 70 \text{ мкм.;}$$

где $\rho_{i-1} \approx 0 мкм$,

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{6.1} = TA_{2.6} + TA_{6.1} = 120 + 250 = 370 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{6.1_{max}} = Z_{6.1_{min}} + TZ_{6.1} = 70 + 370 = 440 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{6.1_{cp}} = \frac{Z_{6.1_{max}} + Z_{6.1_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{6.1}}{2} = \frac{440 + 70}{2} \pm \frac{550}{2} = 255 \pm 185 \text{ мкм.}$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 1.3:

Таблица 1.3 – Припуски на осевые размеры

Расчетный припуск	Элементы припуска			Расчетный минимальный припуск, мкм	Сумма допусков звеньев в цепи, мкм	Расчетный максимальный припуск, мкм	Расчетный средний припуск, мкм
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}				
$Z_{1.1}$	200	300	260	760	3760	4520	2640±1880
$Z_{1.2}$	80	50	16	146	1120	1266	706±560
$Z_{2.1}$	200	300	260	760	880	1640	1200±440
$Z_{2.2}$	80	50	16	146	620	766	456±310
$Z_{2.6}$	80	50	0	130	600	730	430±300
$Z_{6.1}$	30	40	0	70	370	440	255±185

1.6.4.2 Расчёт припусков на диаметральные размеры

Минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле из [2, стр. 42]:

$$z_{i\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}); \quad (1.10)$$

где $z_{i\min}$ – минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

Rz_{i-1} – шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} – суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

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

Рассчитаем припуск $2 \cdot Z_{2.1}$:

$$2 \cdot Z_{2.1_{min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где $\rho_{i-1} = \rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{эксц}^2})$ по $[1, стр. 67, табл. 4.7]$,

где $\rho_{см} = 1000 мкм$, $\rho_{эксц} = 1000 мкм$ по [9, табл. 9, 12],

Рассчитаем минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{2.1_{min}} = 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{1414^2 + 160^2}\right) = 3846\ мкм.$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{2.1} = TD_{0.2} + TD_{2.1} = 3600 + 400 = 4000\ мкм.$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{2.1_{max}} = 2 \cdot Z_{2.1_{min}} + T2Z_{2.1} = 3846 + 4000 = 7846\ мкм.$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{2.1_{ср}} = \frac{2 \cdot Z_{2.1_{max}} + 2 \cdot Z_{2.1_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{2.1}}{2} = \frac{7846 + 3846}{2} \pm \frac{4000}{2} =$$

$$= 5846 \pm 2000\ мкм.$$

Рассчитаем припуск $2 \cdot Z_{2.2}$:

$$2 \cdot Z_{2.2_{min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где $\rho_{i-1} = \rho_{ост} = \rho \cdot \kappa_y$ по $[1, стр. 73]$,

где $\kappa_y = 0{,}06$, $\rho = 1414 мкм$, $\varepsilon_i^2 = 0$

Рассчитаем минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{2.2_{min}} = 2 \cdot \left(60 + 80 + \sqrt{85^2}\right) = 450 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{2.2} = TD_{2.2} + TD_{2.1} = 160 + 400 = 560 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{2.2_{max}} = 2 \cdot Z_{2.2_{min}} + T2Z_{2.2} = 450 + 560 = 1010 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{2.2_{ср}} = \frac{2 \cdot Z_{2.2_{max}} + 2 \cdot Z_{2.2_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{2.2}}{2} = \frac{1010 + 450}{2} \pm \frac{560}{2} =$$

$$= 730 \pm 280 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $2 \cdot Z_{6.1}$:

Рассчитаем минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{6.1_{min}} = 2 \cdot \left(20 + 30 + \sqrt{61^2 + 100^2}\right) = 334 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{6.1} = TD_{6.1} + TD_{2.2} = 63 + 160 = 223 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{6.1_{max}} = 2 \cdot Z_{6.1_{min}} + T2Z_{6.1} = 334 + 223 = 557 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{6.1_{ср}} = \frac{2 \cdot Z_{6.1_{max}} + 2 \cdot Z_{6.1_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{6.1}}{2} = \frac{557 + 334}{2} \pm \frac{223}{2} =$$

$$= 445{,}5 \pm 111{,}5 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $2 \cdot Z_{6.2}$:

Рассчитаем минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{6.2min} = 2 \cdot Z_{6.1_{min}} = 334 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{6.2} = TD_{6.2} + TD_{2.4} = 72 + 185 = 257 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{6.2_{max}} = 2 \cdot Z_{6.2_{min}} + T2Z_{6.2} = 334 + 257 = 591 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{6.2_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{6.2_{max}} + 2 \cdot Z_{6.2_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{6.2}}{2} = \frac{591 + 334}{2} \pm \frac{257}{2} =$$

$$= 462{,}5 \pm 128{,}5 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $2 \cdot Z_{2.4}$:

$$2 \cdot Z_{2.1_{min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где ρ_{i-1}=0, $\varepsilon_i^2 = 0$

Рассчитаем минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{2.4_{min}} = 2 \cdot (60 + 80) = 280 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{2.4} = TD_{2.3} + TD_{2.4} = 460 + 185 = 645 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{2.4_{max}} = 2 \cdot Z_{2.4_{min}} + T2Z_{2.4} = 280 + 645 = 925 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{2.4_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{2.4_{max}} + 2 \cdot Z_{2.4_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{2.4}}{2} = \frac{925 + 280}{2} \pm \frac{645}{2} =$$

$$= 602{,}5 \pm 322{,}5 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $2 \cdot Z_{1.2}$:

$$2 \cdot Z_{1.2_{min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где $\rho_{i-1} = \rho_{ост} = \rho \cdot \kappa_y$ по [1, *стр.* 73],

где $\kappa_y = 0{,}06$, $\rho = 1414$*мкм*, $\varepsilon_i^2 = 0$

Рассчитаем минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{1.2_{min}} = 2 \cdot \left(60 + 80 + \sqrt{85^2}\right) = 450 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{1.2} = TD_{1.2} + TD_{1.1} = 520 + 210 = 730 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{1.2_{max}} = 2 \cdot Z_{1.2_{min}} + T2Z_{1.2} = 450 + 730 = 1180 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{1.2_{ср}} = \frac{2 \cdot Z_{1.2_{max}} + 2 \cdot Z_{1.2_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{1.2}}{2} = \frac{1180 + 450}{2} \pm \frac{730}{2} =$$

$$= 815 \pm 365 \text{ мкм.}$$

Рассчитаем припуск $2 \cdot Z_{1.1}$:

$$2 \cdot Z_{1.1_{min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

где $\rho_{i-1} = \rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{эксц}^2})$ по [1, *стр.* 67, *табл.* 4.7],

где $\rho_{см} = 1000 мкм$, $\rho_{эксц} = 1000 мкм$ по [9, табл. 9, 12],

Рассчитаем минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{1.1_{min}} = 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{1414^2 + 700^2}\right) = 4156 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{1.1} = TD_{0.1} + TD_{1.1} = 4500 + 520 = 5020 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{1.1_{max}} = 2 \cdot Z_{1.1_{min}} + T2Z_{1.1} = 5156 + 5020 = 10176 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{1.1_{ср}} = \frac{2 \cdot Z_{1.1_{max}} + 2 \cdot Z_{1.1_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{1.1}}{2} = \frac{10176 + 4156}{2} \pm \frac{5020}{2} =$$

$$= 7166 \pm 2510 \text{ мкм.}$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 1.4:

Таблица 1.4 – Припуски на диаметральные размеры

Расчетный припуск	Элементы припуска				Расчетный минимальный припуск, мкм	Сумма допусков звеньев в цепи, мкм	Расчетный максимальный припуск, мкм	Расчетный средний припуск, мкм
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_i				
$2Z_{2.1}$	200	300	1414	160	3846	4000	7846	5846±2000
$2Z_{2.2}$	60	80	85	0	450	560	1010	730±280
$2Z_{6.1}$	20	30	61	100	334	223	557	445,5±111,5
$2Z_{6.2}$	20	30	61	100	334	257	591	462,5±128,5
$2Z_{2.4}$	60	80	0	0	280	645	925	602,5±322,5
$2Z_{1.2}$	60	80	85	0	450	730	1180	815±365
$2Z_{1.1}$	200	300	1414	700	4156	5020	10176	7166±2510

1.6.5 Расчёт технологических размеров

1.6.5.1 Расчёт технологических размеров. Осевое направление

Исходя из размерного анализа проведём расчёт технологических размеров, составив для этого размерные цепи.

1) Рассмотрим размерную цепь для размера $A_{2.2}$ (рисунок 1.12):

$A_{2.2}=K_2$.

$TA_{2.2}=0,30$ мм.; $TK_2=0,62$ мм.

$A_{2.2}^c=K_2^c=42,69\pm0,15$ мм.

Принимаем: $A_{2.2}=42,7\pm0,15$ мм.

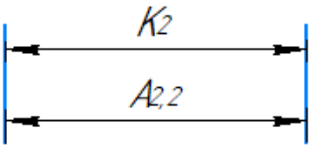


Рисунок 1.12 – Размерная цепь для размера $A_{2.2}$

2) Рассмотрим размерную цепь для размера $A_{2.1}$ (рисунок 1.13).

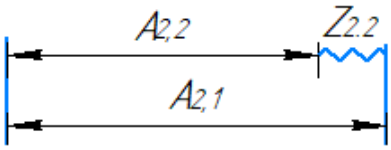


Рисунок 1.13 – Размерная цепь для размера $A_{2.1}$

$TA_{2.1}=0,32$ мм.

$A_{2.1}^c=A_{2.2}^c+Z_{2.2}^c=42,69+0,456=43,146\pm0,16$ мм.

Принимаем: $A_{2.1}=43,2\pm0,16$ мм.

3) Рассмотрим размерную цепь для размера $A_{1.2}$ (рисунок 1.14).

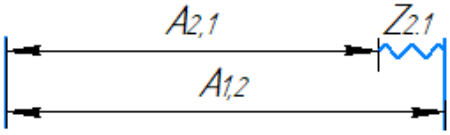


Рисунок 1.14 – Размерная цепь для размера $A_{1.2}$

$TA_{1.2}=0,56$ мм.

$A_{1.2}^{c}=A_{2.1}^{c}+Z_{2.1}^{c}=43,146+1,2=44,346\pm0,28$ мм.

Принимаем: $A_{1.2}=44,4\pm0,28$ мм.

4) Рассмотрим размерную цепь для размера $A_{1.1}$ (рисунок 1.15).

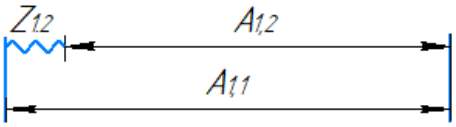


Рисунок 1.15 – Размерная цепь для размера $A_{1.1}$

$TA_{1.1}=0,56$ мм.

$A_{1.1}^{c}=A_{1.2}^{c}+Z_{1.2}^{c}=44,346+0,706=45,052\pm0,28$ мм.

Принимаем: $A_{1.1}=45,1\pm0,28$ мм.

5) Рассмотрим размерную цепь для размера $A_{0.1}$ (рисунок 1.16).

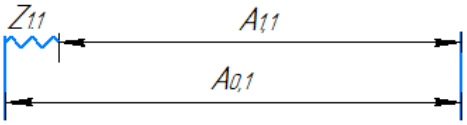


Рисунок 1.16 – Размерная цепь для размера $A_{0.1}$

$TA_{0.1}=3,2$ мм.

$A_{0.1}^{c}=A_{1.1}^{c}+Z_{1.1}^{c}=45,052+2,64=47,692\pm1,6$ мм.

$A_{0.1}=47,692-0,5=47,192\left(^{+2,1}_{-1,1}\right)$ мм.

Принимаем: $A_{0.1}=47,2\left(^{+2,1}_{-1,1}\right)$ мм.

6) Рассмотрим размерную цепь для размера $A_{6.1}$ (рисунок 1.17).

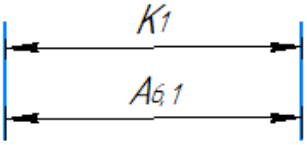


Рисунок 1.17 – Размерная цепь для размера $A_{6.1}$

$A_{6.1}=K_1$.

$TA_{6.1}=0,25$ мм.; $TK_1=0,30$ мм.

$A_{6.1}^{c}=K_1^{c}=4\pm0,15$ мм.

Принимаем: $A_{6.1}=4\pm0,15$ мм.

7) Рассмотрим размерную цепь для размера $A_{2.6}$ (рисунок 1.18).

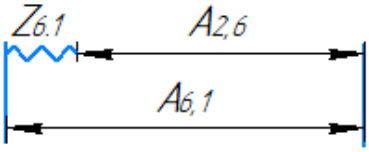


Рисунок 1.18 – Размерная цепь для размера $A_{2.6}$

$TA_{2.6}$=0,12 мм.;

$A_{2.6}^{c}=A_{6.1}^{c}-Z_{6.1}^{c}$=3,75-0,255=3,495±0,06 мм.

Принимаем: $A_{2.6}$=3,4±0,06 мм.

8) Рассмотрим размерную цепь для размера $A_{2.5}$ (рисунок 1.19).

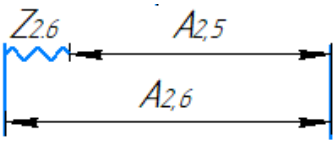


Рисунок 1.19 – Размерная цепь для размера $A_{2.5}$

$TA_{2.5}$=0,30 мм.

$A_{2.5}^{c}=A_{2.6}^{c}-Z_{2.6}^{c}$=3,495-0,43=3,065±0,15 мм.

Принимаем: $A_{2.5}$=3,0±0,15 мм.

1.6.5.2 Расчёт технологических размеров. Диаметральное направление

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

1) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{6.2}$ (рисунок 1.20):

$D_{6.2}=K_7$.

$TD_{6.2}$=0,072 мм; TK_7=0,072 мм.

$D_{6.2}^{c}=K_7^{c}$=219,964±0,036 мм.

$D_{6.2}=220(_{-0,72})$ мм.

Принимаем: $D_{6.2}=220(_{-0,72})$ мм.

Рисунок 1.20 – Размерная цепь для размера $D_{6.2}$

2) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{2.4}$ (рисунок 1.21):

$TD_{2.4}$=0,185 мм.

$D_{2.4}^{c}=D_{6.2}^{c}+2Z_{6.2}^{c}$ = 219,964+0,4625=220,4265±0,0925 мм.

$D_{2.4}=220{,}519(_{-0{,}185})$ мм.

Принимаем: $D_{2.4}=220{,}52(_{-0{,}185})$ мм.

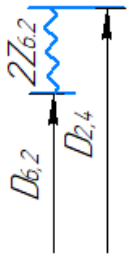


Рисунок 1.21 – Размерная цепь для размера $D_{2.4}$

3) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{2.3}$ (рисунок 1.22):

$TD_{2.3}$=0,46 мм.

$D_{2.3}^{c}=D_{2.4}^{c}+2Z_{2.4}^{c}$ = 220,4265+0,6025=221,029±0,23 мм.

$D_{2.3}=221{,}259(_{-0{,}46})$ мм.

Принимаем: $D_{2.3}=221{,}26(_{-0{,}46})$ мм.

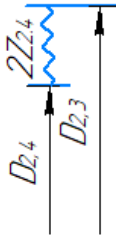


Рисунок 1.22 – Размерная цепь для размера $D_{2.3}$

4) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{1.2}$ (рисунок 1.23):

$D_{1.2}=K_8$.

$TD_{1.2}$=0,21 мм; TK_7=0,65 мм.

$D_{1.2}^{c}=K_8^{c}$=251,675±0,105 мм.

$D_{1.2}=251{,}78(_{-0{,}21})$ мм.

Принимаем: $D_{1.2}=251{,}78(_{-0{,}21})$ мм.

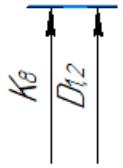


Рисунок 1.23 – Размерная цепь для размера $D_{1.2}$

5) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{1.1}$ (рисунок 1.24):

$TD_{1.1}$=0,52 мм.

$D_{1.1}^{c}=D_{1.2}^{c}+2Z_{1.2}^{c}$ = 251,675+0,815=252,49±0,26 мм.

$D_{1.1}=252{,}75(_{-0{,}52})$ мм.

Принимаем: $D_{1.1}=252{,}75(_{-0{,}52})$ мм.

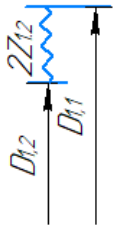


Рисунок 1.24 – Размерная цепь для размера $D_{1.1}$

6) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{0.1}$ (рисунок 1.25):

$TD_{0.1}$=4,5 мм.

$D_{0.1}^{c}=D_{1.1}^{c}+2Z_{1.1}^{c}$ = 252,49+6,666=259,156±2,25 мм.

$D_{0.1}=259{,}156-0{,}75=258{,}406\left(^{+3{,}0}_{-1{,}5}\right)$мм.

Принимаем: $D_{0.1}=258{,}4\left(^{+3{,}0}_{-1{,}5}\right)$мм.

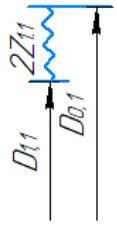


Рисунок 1.25 – Размерная цепь для размера $D_{0.1}$

7) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{6.1}$ (рисунок 1.26):

$D_{6.1}=K_6$.

$TD_{6.1}$=0,063 мм.; TK_6=0,50 мм.

$D_{6.1}^{c}=K_6^{c}$=170,25±0,0315 мм.

$D_{6.1}=170{,}2185(^{+0{,}063})$ мм.

Принимаем: $D_{6.1}=170{,}22(^{+0{,}063})$ мм.

Рисунок 1.26 – Размерная цепь для размера $D_{6.1}$

8) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{2.2}$ (рисунок 1.27):

$TD_{2.2}$=0,16 мм.

$D_{2.2}^{c}=D_{6.1}^{c}-2Z_{6.1}^{c}$ = 170,25-0,4455=169,8045±0,08 мм.

$D_{2.2}$=169,7245($^{+0,16}$) мм.

Принимаем: $D_{2.2}$=169,72($^{+0,16}$) мм.

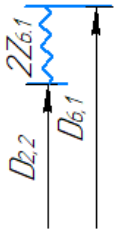


Рисунок 1.27 – Размерная цепь для размера $D_{2.2}$

9) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{2.1}$ (рисунок 1.28):

$TD_{2.1}$=0,40 мм.

$D_{2.1}^{c}=D_{2.2}^{c}-2Z_{2.2}^{c}$ = 169,8045-0,730=169,0745±0,20 мм.

$D_{2.1}$=168,8745($^{+0,40}$) мм.

Принимаем: $D_{2.1}$=168,87($^{+0,40}$) мм.

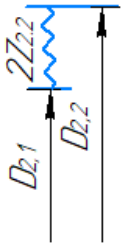


Рисунок 1.28 – Размерная цепь для размера $D_{2.1}$

10) Рассмотрим размерную цепь для размера $D_{0.2}$ (рисунок 1.29):

$TD_{0.2}$=3,6 мм.

$D_{0.2}^{c}=D_{2.1}^{c}-2Z_{2.1}^{c}$ = 169,0745-5,846=163,2285±1,8 мм.

$D_{0.2}$=163,2285-0,6=162,6285$\left(^{+2,4}_{-1,2}\right)$мм.

Принимаем: $D_{0.2}$=162,63$\left(^{+2,4}_{-1,2}\right)$мм.

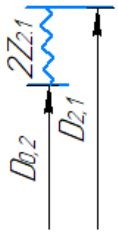


Рисунок 1.29 – Размерная цепь для размера $D_{0.2}$

1.7 Расчет режимов резания

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Элементы режима резания обычно устанавливают в порядке, указанном ниже:

1) глубина резания;
2) скорость подачи;
3) скорость резания.

Далее рассчитываются:

1) число оборотов;
2) фактическая скорость резания;
3) главная составляющая силы резания;
4) мощность резания;
5) мощность главного привода движения;
6) проверка по мощности.

1.7.1 Токарная операция 1: черновая подрезка торца $A_{1.1}$

Таблица 1.5 – Токарно-винторезный станок 16К20

Диаметр обработки над станиной, мм	400
Диаметр обработки над суппортом, мм	220
Расстояние между центрам	1000 / 1500
Размер внутреннего конуса в шпинделе	Морзе 6 М80*
Конец шпинделя по ГОСТ 12593-72	6К

Диаметр сквозного отверстия в шпинделе, мм	55
Максимальная масса заготовки, закрепленной в патроне, кг	300
Максимальная масса детали, закрепленной в центрах, кг	1 300
Число ступеней вращения шпинделя, шт.	23
Число ступеней частот обратного вращения шпинделя	12
Пределы частот прямого вращения шпинделя, мин-1	12,5 - 2 000

Продолжение таблицы 1.5

Пределы частот обратного вращения шпинделя, мин-1	19 - 2 420
Число ступеней рабочих подач - продольных	42
Число ступеней рабочих подач - поперечных	42
Пределы рабочих подач - продольных, мм/об	0.7 - 4,16
Пределы рабочих подач - поперечных, мм/об	0,035-2,08
Наибольший крутящий момент, кНм	2
Наибольшее перемещение пиноли, мм	200
Поперечное смещение корпуса, мм	±15
Наибольшее сечение резца, мм	25
Мощность электродвигателя главного привода	10 кВт
Мощность электродвигателя привода быстрых перемещений суппорта, кВт	0,75 или 1.1
Габаритные размеры станка (Д х Ш х В), мм	3 200 х 1 166 х 1 324
Масса станка, кг	3 035

Выберем инструмент и материал режущей части резца.

Резец подрезной: φ = 90º, γ = 10º, λ = 0º, радиус при вершине r=0,5 мм. Материал режущей части резца – твердый сплав Т15К6.

Сечение державки резца 16х25 мм.

1) Глубина резания при черновой обработке равна максимальному припуску на обработку: $t = Z_{11_{max}} = 4{,}52$ *мм*.

2) Подачу S назначаем по таблице 11 [3, с.364]. При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, мощности привода станка, прочности

твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов. Для данной глубины резания: $s = 0{,}8$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \qquad (1.11)$$

Период стойкости инструмента принимаем: T=45 мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 280$; $m = 0{,}2$; $x = 0{,}15$; $y = 0{,}45$ – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \qquad (1.12)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По таблиам 1, 5, 6 [3, стр. 361]:

$$K_{MV} = K_Г \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}, \qquad (1.13)$$

Значение коэффициента $K_Г$ и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали Х12МФ берем из таблицы 2 [3, с.359]:

$$K_Г = 0{,}8 \quad n_V = 1{,}0$$

Тогда:

$$K_{MV} = K_Г \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 0{,}8 \cdot \left(\frac{750}{710}\right)^{1{,}0} = 0{,}85$$

Отсюда: $K_{MV} = 0{,}85$; $K_{ПV} = 0{,}8$; $K_{ИV} = 1{,}0$.

Окончательно коэффициент K_V определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 = 0{,}68$$

Скорость резания определяем для $t = Z_{11_{ср}} = 2{,}64$ *мм* (формула 1.11):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{280}{45^{0{,}2} \cdot 2{,}64^{0{,}15} \cdot 0{,}8^{0{,}45}} \cdot 0{,}68 = 85{,}38 \ \frac{м}{мин}.$$

1) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 85{,}38}{3{,}14 \cdot 252} = 107{,}9\ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 100\ \frac{об}{мин}.$$

2) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 252 \cdot 100}{1000} = 79{,}1\ \frac{м}{мин}.$$

3) Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P (7.4)$$

Значения коэффициентов: C_P = 300; n = - 0,15; x = 1,0; y = 0,75 – определены по таблице 22 [3, с.372].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{11_{max}} = 4{,}52$ *мм*.

Коэффициент K_P:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} (7.5)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9, 23 [3, с.374]:

$$K_{мр} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{710}{750}\right)^{0{,}75} = 0{,}96.$$

K_{MP} = 0,96; $K_{\varphi P}$ = 0,89; $K_{\gamma P}$ = 1,0; $K_{\lambda P}$ = 1,0; K_{rP} = 0,87.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0{,}96 \cdot 0{,}89 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}87 = 0{,}74$$

Главная составляющая силы резания (формула 1.14):

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = \qquad (1.14)$$

$$= 10 \cdot 300 \cdot 4{,}52^1 \cdot 0{,}8^{0{,}75} \cdot 79{,}1^{(-0{,}15)} \cdot 0{,}74 = 4206{,}38\ Н$$

4) Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4206{,}38 \cdot 79{,}1}{1020 \cdot 60} = 5{,}44\ кВт.$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{5,44}{0,75} = 7,25 \text{ кВт}.$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант η = 0,75.

5) Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$7,25 < 7,5$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

1.7.2 Токарная операция 1: чистовая подрезка торца $A_{1.2}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, с. 180] – Т15К6.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $t = Z_{1.2_{ср}} = 0,71$ *мм.*, срезаем его за 2 прохода $t_{1,2} = 0,35$ *мм.*,

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, с.366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0,144$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле 1.11:

Период стойкости инструмента принимаем: Т=60 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, с. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,144^{0,2}} \cdot 0,68 = 180,99 \ \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 180,99}{3,14 \cdot 252} = 228,73 \ \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 200\ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 252 \cdot 200}{1000} = 158{,}26\ \frac{м}{мин}.$$

1.7.3 Токарная операция 1: черновое точение диаметра $D_{1.1}$

Материал режущей части резца – твердый сплав Т15К6.

1) Глубина резания при черновой обработке равна максимальному припуску на обработку: $t = 2 \cdot Z_{11_{max}} = 10{,}18\,мм.$, удалим припуск за 3 прохода $t_{1,2,3} = 3{,}39\,мм$

2) Подачу S назначаем по таблице 11 [3, стр. 364]. При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов. Для данной глубины резания: $s = 0{,}8$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.11):

Период стойкости инструмента принимаем: Т=45 мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 280$; $m = 0{,}2$; $x = 0{,}15$; $y = 0{,}45$ – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{280}{45^{0{,}2} \cdot 3{,}39^{0{,}15} \cdot 0{,}8^{0{,}45}} \cdot 0{,}68 = 81{,}87\ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 81{,}87}{3{,}14 \cdot 252} = 103{,}47\ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 100\ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 252 \cdot 100}{1000} = 79{,}1\ \frac{м}{мин}.$$

Так как глубина резания $t_{1,2,3}$=3,39 мм. меньше глубины резания первого перехода t=4,52 мм, то рассчитывать силу и мощность резания нет необходимости.

1.7.4 Токарная операция 1: чистовое точение диаметра $D_{1.2}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 180] – Т15К6.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $t = 2 \cdot Z_{1.2_{ср}} = 0{,}82$ *мм.*, срезаем его за 2 прохода $t_{1,2} = 0{,}41$ *мм.*,

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, стр. 366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0{,}144$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (7.1):

Период стойкости инструмента принимаем: T=60 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0{,}41^{0,15} \cdot 0{,}144^{0,2}} \cdot 0{,}68 = 259{,}92\ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 259{,}92}{3{,}14 \cdot 252} = 328{,}48\ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 315\ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 252 \cdot 315}{1000} = 249{,}25\ \frac{м}{мин}.$$

1.7.5 Токарная операция 1: точение галтели R 1

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 180] – Т15К6.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $t = 0{,}62$ *мм.*, срезаем его за 2 прохода $t_{1,2} = 0{,}31$ *мм.*,

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, стр. 366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0{,}144$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (7.1):

Период стойкости инструмента принимаем: Т=60 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0{,}31^{0,15} \cdot 0{,}144^{0,2}} \cdot 0{,}68 = 184{,}32\ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 184{,}32}{3{,}14 \cdot 252} = 232{,}94\ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 250\ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 252 \cdot 250}{1000} = 197{,}82\ \frac{м}{мин}.$$

1.7.6 Токарная операция 2: черновая подрезка торца $A_{2.1}$

Резец подрезной: φ = 90º, γ = 10º, λ = 0º, радиус при вершине r=0,5 мм. Материал режущей части резца – твердый сплав Т15К6.

Сечение державки резца 16х25 мм.

1) Глубина резания при черновой обработке равна максимальному припуску на обработку: $t = Z_{2.1_{max}} = 1{,}64\,мм$.

2) Подачу S назначаем по таблице 11 [3, стр. 364]. При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов. Для данной глубины резания: $s = 0{,}8$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.11):

Период стойкости инструмента принимаем: Т=45 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 280; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,45 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

Скорость резания определяем для $t = Z_{2.1_{max}} = 1{,}64\,мм$. формула (1.11):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{280}{45^{0,2} \cdot 1{,}64^{0,15} \cdot 0{,}8^{0,45}} \cdot 0{,}68 = 85{,}38\ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 85{,}38}{3{,}14 \cdot 252} = 91{,}29\ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 100\ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 252 \cdot 100}{1000} = 79{,}1\ \frac{м}{мин}.$$

Так как глубина резания на этом переходе t=1,64 мм. меньше глубины резания 1 перехода 1 токарной операции t=4,52 мм., то рассчитывать силу и мощность резания нет необходимости.

1.7.7 Токарная операция 2: чистовая подрезка торца $A_{2.2}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 180] – Т15К6.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $t = Z_{1.2_{ср}} = 0{,}46\,мм.$, срезаем его за 2 прохода $t_{1,2} = 0{,}23\,мм.$,

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, стр.366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0{,}144$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.11):

Период стойкости инструмента принимаем: Т=60 мин.

Значения коэффициенов: C_V = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0{,}23^{0,15} \cdot 0{,}144^{0,2}} \cdot 0{,}68 = 192{,}76\ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 192{,}76}{3{,}14 \cdot 252} = 243{,}61\ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментальнго материала:

$$n = 250\ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 252 \cdot 250}{1000} = 197{,}82\ \frac{м}{мин}.$$

1.7.8 Токарная операция 2: черновая расточка поверхности $D_{2.1}$

Материал режущей части резца – твердый сплав Т15К6, r = 1,0 мм.

Сечение державки резца 20х20 мм.

1) Глубина резания при черновой обработке равна максимальному припуску на обработку: $t = 2 \cdot Z_{2.1_{max}} = 7{,}85\,мм.$, припуск удалим за два прохода $t_{1,2}$=3,925 мм.

2) Подачу S назначаем по таблице 11 [3, стр. 364]. При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов. Для данной глубины резания: $s = 0{,}9$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле:

$$V = 0{,}9 \cdot \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \qquad (1.15)$$

Период стойкости инструмента принимаем: T=30 мин .

Значения коэффициентов: C_V = 280; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,45 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = 0{,}9 \cdot \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = 0{,}9 \cdot \frac{280}{30^{0{,}2} \cdot 3{,}925^{0{,}15} \cdot 0{,}9^{0{,}45}} \cdot 0{,}68 = 74{,}13\ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 74{,}13}{3{,}14 \cdot 170} = 138{,}87\ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 125\ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 170 \cdot 125}{1000} = 66{,}72\ \frac{м}{мин}.$$

Так как глубина резания на этом переходе t=3,925 мм. меньше глубины резания 1 перехода 1 токарной операции t=4,52 мм., то рассчитывать силу и мощность резания нет необходимости.

1.7.9 Токарная операция 2: чистовая расточка поверхности $D_{2.2}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 180] – Т15К6, r=1,0 мм.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $t = 2 \cdot Z_{2.2_{ср}} = 0{,}73$ *мм.*, срезаем его за 2 прохода $t_{1,2} = 0{,}365$ *мм.*,

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, стр. 366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0{,}223$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.11):

Период стойкости инструмента принимаем: T=60 мин .

Значения коэффициентов: C_V = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = 0{,}9 \cdot \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = 0{,}9 \cdot \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0{,}365^{0,15} \cdot 0{,}223^{0,2}} \cdot 0{,}68 = 148{,}31 \ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 148{,}31}{3{,}14 \cdot 170} = 277{,}84 \ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 250 \ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 170 \cdot 250}{1000} = 133{,}45 \ \frac{м}{мин}.$$

1.7.10 Токарная операция 2: точение галтели R 2

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 180] – Т15К6.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости

обработанной поверхности: $t = 2{,}28$ *мм.*, срезаем его за 3 прохода $t_{1,2,3} = 0{,}76$ *мм.*,

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, стр. 366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0{,}223$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.11):

Период стойкости инструмента принимаем: T=60 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0{,}76^{0,15} \cdot 0{,}223^{0,2}} \cdot 0{,}68 = 147{,}63 \ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 147{,}63}{3{,}14 \cdot 170} = 276{,}56 \ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 250 \ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 170 \cdot 250}{1000} = 133{,}45 \ \frac{м}{мин}.$$

1.7.11 Токарная операция 2: черновое точение поверхности $D_{2.3}$

Материал режущей части резца – твердый сплав Т15К6.

1) Напуск на данном переходе равен 16 мм., удалим напуск за 4 прохода $t_{1,2,3,4} = 4{,}0$ *мм*

2) Подачу S назначаем по таблице 11 [3, стр. 364]. При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов. Для данной глубины резания: $s = 0{,}9$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.11):

Период стойкости инструмента принимаем: T=30 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 280; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,45 – определены по таблице 17 [3, с.367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{280}{30^{0,2} \cdot 4,0^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,68 = 82,13 \ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 82,13}{3,14 \cdot 220} = 118,89 \ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 125 \ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 220 \cdot 125}{1000} = 86,35 \ \frac{м}{мин}.$$

Так как глубина резания $t_{1,2,3,4}$=4,0 мм. меньше глубины резания первого перехода t=4,52 мм, то рассчитывать силу и мощность резания нет необходимости.

1.7.12 Токарная операция 2: чистовое точение поверхности $D_{2.4}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 180] – Т15К6.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $t = 2 \cdot Z_{1.2_{ср}} = 0,6$ *мм.*, срезаем его за 2 прохода $t_{1,2} = 0,3$ *мм.*,

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, стр. 366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0,144$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.11):

Период стойкости инструмента принимаем: T=60 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,144^{0,2}} \cdot 0,68 = 185,23 \ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 185,23}{3,14 \cdot 220} = 268,14 \ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 250 \ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 220 \cdot 250}{1000} = 172,7 \ \frac{м}{мин}.$$

1.7.13 Токарная операция 2: точение технологической канавки $A_{2.7}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 180] – Т15К6.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $t = 1,0$ *мм.*, срезаем его за 2 прохода $t_{1,2} = 0,5$ *мм.*

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, стр. 366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0,144$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (7.1):

Период стойкости инструмента принимаем: T=60 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,144^{0,2}} \cdot 0,68 = 171,57 \ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 171,57}{3,14 \cdot 220} = 248,36 \ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 250 \ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 220 \cdot 250}{1000} = 172,7 \ \frac{м}{мин}.$$

1.7.14 Сверлильная операция: сверление 16 отверстий

Таблица 1.6 – Координатно-расточной станок 2А450

Рабочая поверхность стола, мм	1100 х 630
Наименьшее расстояние от зеркала стола до торца шпинделя, мм	250
Наибольший диаметр сверления по стали в сплошном материале, мм	30
Наибольший диаметр расточки, мм	250
Наибольший конус закрепляемого инструмента	Морзе 4
Число Т-образных пазов на столе	7
Частота вращения шпинделя (бесступенчатое регулирование), об/мин	50-2000
Подача на один оборот шпинделя (бесступенчатое регулирование), мм	0,03-0,16
Величина ускоренного перемещения стола и салазок, мм/мин	1200
Скорость перемещения изделия при фрезеровании, мм/мин	30-200
Масса обрабатываемого изделия при установке на столе, кг	600
Цена деления отсчётного растра установки координат, мм	0,002
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4,5
Габариты станка (Д х Ш х В)	2670 х 3305 х 2660
Масса станка, кг	7300

1) При сверлении глубина резания будет равна: t=0,5*D=0,5*14,0=7,0 мм.

2) Подача по таблице 35 [3, стр. 381] : 0,20-0,23 мм/об, но с учётом имеющихся подач на станке принимаем:

S= 0,16 мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V, \qquad (1.15)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [3, стр. 384]: T=45мин., $\varphi = 59°$.

Значения коэффициентов для быстрорежущей стали Р6М5: C_V = 7,0; q = 0,4; m = 0,2; y = 0,7 – определены по таблице 38 [3, стр. 383].

Коэффициент K_V :

$K_V = K_{MV} * K_{lV} * K_{ИV}$,

где K_{lV} – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициенты K_{MV} ,$K_{ИV}$ определены выше.

По таблице 41 [3, стр.385]: K_{lV} = 1,0.

$K_V = K_{MV} * K_{lV} * K_{ИV}$ = 0,85*1,0*1,0 = 0,85.

Скорость резания (формула 1.15):

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V = \frac{7{,}0 \times 14{,}0^{0,4}}{45^{0,2} \times 0{,}16^{0,7}} \times 0{,}85 = 28{,}8\ м/мин.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

n = 1000*V/(π *D) = 1000*28,8/(3,14*14,0) = 655,14 об/мин.

Силу и мощность резания определим на следующем переходе, т.к диаметр отверстий там максимальный.

1.7.15 Сверлильная операция: сверление 2 отверстий d=20,5 мм

1) При сверлении глубина резания будет равна: t=0,5*D=0,5*20,5= 10,25 мм.

2) Подача по таблице 35 [3, стр. 381]: 0,27-0,32 мм/об, но с учётом имеющихся подач на станке принимаем:

S= 0,16 мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.15):

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V, \qquad (1.15)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [3, стр. 384]: Т=45 мин.

Значения коэффициентов для быстрорежущей стали Р6М5: C_V = 7,0; q = 0,4; m = 0,2; y = 0,7 – определены по таблице 38 [3, стр.383].

Коэффициент K_V:

$K_V = K_{MV} * K_{lV} * K_{ИV}$,

где K_{lV} – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициенты K_{MV} ,$K_{ИV}$ определены выше.

По таблице 41 [3, стр. 385]: K_{lV} = 1,0.

$K_V = K_{MV} * K_{lV} * K_{ИV}$ = 0,85*1,0*1,0 = 0,85.

Скорость резания (формула 1.15):

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V = \frac{7{,}0 \times 20{,}5^{0,4}}{45^{0,2} \times 0{,}16^{0,7}} \times 0{,}85 = 33{,}53\ м/мин.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

n = 1000*V/(π *D) = 1000*33,53/(3,14*20,5) = 520,89 об/мин.

5) Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p, \qquad (1.16)$$

Значения коэффициентов: C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8 – определены по таблице 42 [3, стр.385].

Коэффициент K_p: $K_P = K_{MP}$ = 0,96.

Крутящий момент (формула 1.16):

$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0{,}0345 * 20{,}5^2 * 0{,}16^{0,8} * 0{,}96 = 32{,}13$ Н*м.

6) Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p, \qquad (1.17)$$

Значения коэффициентов: C_p = 68; q = 1; y = 0,7 – определены по таблице 42 [3, стр. 385].

Осевая сила:

$P_o = 10*C_p *D^q * S^y * K_p=10*68 *20,5^1 * 0,16^{0,7} * 0,96 = 3710,38$ Н.

7) Мощность резания:

$N= M_{кр} * n_ф /9750 = 32,13*520/9750 = 1,7$ кВт.

8) Мощность привода главного движения:

$N_{пр}= N/\eta =1,7/0,85= 2,0$ кВт.

Мощность электродвигателя станка 4,5 кВт, она достаточна для выполнения операции.

1.7.16 Сверлильная операция: сверление 2 отверстий d=13,9 мм

1) При сверлении глубина резания будет равна: t=0,5*D=0,5*13,9=6,95 мм.

2) Подача по таблице 35 [3, стр. 381]: 0,20-0,23 мм/об, но с учётом имеющихся подач на станке принимаем:

S= 0,16 мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V, \qquad (1.15)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [3, стр. 384]: T = 45мин.

Значения коэффициентов для быстрорежущей стали Р6М5: C_V = 7,0; q = 0,4; m = 0,2; y = 0,7 – определены по таблице 38 [3, стр. 383].

Коэффициент K_V:

$K_V = K_{MV} *K_{lV} *K_{ИV}$,

где K_{lV} – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициенты K_{MV} ,$K_{ИV}$ определены выше.

По таблице 41 [3, стр. 385]: K_{lV} = 1,0.

$K_V = K_{MV}*K_{lV} *K_{ИV} = 0,85*1,0*1,0 = 0,85$.

Скорость резания (формула 1.15):

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V = \frac{7,0 \times 13,9^{0,4}}{45^{0,2} \times 0,16^{0,7}} \times 0,85 = 28,72\ м/мин.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

n = 1000*V/(π*D) = 1000*28,72/(3,14*13,9) = 658,02 об/мин.

Силу и мощность резания определять нет необходимости, т.к они посчитаны для d=20,5 мм., мощность двигателя главного движения достаточная.

1.7.17 Сверлильная операция: сверление 1 отверстия d=10,2 мм

1) При сверлении глубина резания будет равна: t=0,5*D=0,5*10,2=5,1 мм.

2) Подача по таблице 35 [3, стр. 381]: 0,17-0,20 мм/об, но с учётом имеющихся подач на станке принимаем:

S= 0,16 мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V, \qquad (1.15)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [3, стр. 384]: T=25мин.

Значения коэффициентов для быстрорежущей стали Р6М5: C_V = 7,0; q = 0,4; m = 0,2; y = 0,7 – определены по таблице 38 [3, стр. 383].

Коэффициент K_V:

$$K_V = K_{MV} * K_{lV} * K_{ИV},$$

где K_{lV} – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициенты K_{MV} ,$K_{ИV}$ определены выше.

По таблице 41 [3, стр. 385]: K_{lV} = 1,0.

$$K_V = K_{MV} * K_{lV} * K_{ИV} = 0,85*1,0*1,0 = 0,85.$$

Скорость резания (формула 1.15):

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V = \frac{7,0 \times 10,2^{0,4}}{25^{0,2} \times 0,16^{0,7}} \times 0,85 = 28,54\, м/мин.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000*V/(\pi*D) = 1000*28,54/(3,14*10,2) = 891,1 \text{ об/мин.}$$

Силу и мощность резания определять нет необходимости, т.к они посчитаны для d=20,5 мм., мощность двигателя главного движения достаточная.

1.7.18 Шлифовальная операция:шлифование поверхности $A_{6.1}$

Таблица 1.7 – Внутришлифовальный станок 3К228А

Наибольший диаметр изделия, мм	400
Размеры шлифуемого отверстия, мм: диаметр наибольшая длина	 50…200 200
Наибольший угол поворота бабки изделия, град	30
Наибольшее поперечное перемещение бабки изделия, мм	200
Поперечное перемещение шлифовальной бабки, мм: вперёд назад	 60 10
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм: диаметр высота	 110 63
Поперечное перемещение шлифовального круга, мм: на одно деление лимба от рычага дозированной подачи	 0,005 0,00125
Наибольшее перемещение стола, мм	630
Частота вращения шлифовального круга (бесступенчатое регулирование), $мин^{-1}$	4500; 6000; 9000; 12000
Поперечная подача шлифовального круга (бесступенчатое регулирование), мм/мин	0,065…1,2
Поперечная прерывистая подача шлифовального круга за один ход стола (бесступенчатое регулирование), мм	0,001…0,008
Частота вращения изделия (бесступенчатое регулирование), $мин^{-1}$	100…600
Скорость перемещение стола при шлифовании (бесступенчатое регулирование), м/мин	1…7
Общая мощность электродвигателей, кВт	12,0
Габариты станка, мм	3740х1400
Категория ремонтной сложности	36

1) Припуск на шлифование: $t_{6.2_{ср}} = 0{,}45$ мм. При плоском шлифовании торцом круга глубина резания по табл. 130 выбирается из диапазона 0,015-0,04 мм. Принимаем t=0,02 мм., скорость подачи s=20 мм/об., число рабочих ходов N=0,45/0,02=23.

2) Выбираем шлифовальный круг на основе белого электрокорунда:

ЧК 90×40×16 25А 32 М2 К8 8 А 30 м/с по ГОСТ 2424-83,

где: ЧК – форма круга (чашечный конический);

90×40×16 – параметры круга (наружный диаметр, высота, диаметр посадочного отверстия);

25А – марка абразивного зерна (электрокорунд белый); 32 – зернистость круга (размер зерна 400-315 мкм);

М2 – твёрдость круга (мягкий);

К8 – марка связки (керамическая 8);

8 – структура круга;

А – класс точности;

30 м/с – рабочая окружная скорость.

3) Скорость вращения круга $V_к$ принимаем равной 30 м/с.

Тогда:

$$n = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{3{,}14 \cdot 90} = 6369 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем n=6000 мин$^{-1}$.

Тогда $V_к$=29,8 м/с.

4) Скорость вращения детали принимаем в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 130 [3, с. 438]: $V_{заг}$ = 12 м/мин.

$$n_З = \frac{1000 \cdot \upsilon_З}{\pi D_З} = \frac{1000 \cdot 12}{3{,}14 \cdot 220} = 17{,}37 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_з$ = 20 об/мин, тогда:

$$\upsilon_З = \frac{\pi D_З n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 220 \cdot 20}{1000} = 13{,}82 \text{ м/мин.}$$

5) Эффективная мощность, кВт, при плоском шлифовании торцом круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot b^z, \qquad (1.18)$$

где значение коэффициента C_N и показателей степени по таблице 131 [3, стр. 441]. $b = 4$ мм;C_N = 1,9; r=0,5; x=0,5; z=0,6.

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot b^z = 1{,}9 \cdot 13{,}38^{0{,}5} \cdot 0{,}02^{0{,}5} \cdot 4^{0{,}6} = 2{,}26 \text{ кВт}.$$

6) Мощность привода главного движения:

$$\mathrm{N_{пр}} = \frac{\mathrm{N}}{\eta} = \frac{2{,}26}{0{,}75} = 3{,}01 \text{ кВт}.$$

Так как значение КПД привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант η = 0,75.

7) Проверка по мощности:

$$\mathrm{N} \leq \mathrm{N_{ст}} \cdot \eta;$$
$$3{,}01 < 5{,}6$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка (7,5 кВт).

1.7.19 Шлифовальная операция:шлифование поверхности $D_{6.1}$

1) Припуск на шлифование: $t_{6.1_{ср}} = 0{,}46$ мм. Глубина шлифования по таблице 130 [3, стр. 438] t=0,02 мм; скорость продольной подачи s=(0,3–0,7)*B*=0,5x40=20 мм/об. заготовки. Число рабочих ходов N=0,46/0,02=23.

2) Выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда титанистого:

ПП 90×40×16 37А 40 СМ2 К5 6 А 35 м/с ГОСТ 2424-83,

где: ПП – форма круга (прямого профиля);

90×40×16 – параметры круга (наружный диаметр, высота, диаметр посадочного отверстия);

37А – марка абразивного зерна (электрокорунд титанистый);

40 – зернистость круга (размер зерна 500-400 мкм);

СМ2 – твёрдость круга (среднемягкий);

К5 – марка связки (керамическая 5);

6 – структура круга;

А – класс точности;

35 м/с – рабочая окружная скорость.

3) Скорость вращения круга $V_к$ принимаем равной 35 м/с.

Тогда:

$$n=\frac{1000\cdot35\cdot60}{3{,}14\cdot90}=7420 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем n=6000 мин$^{-1}$.

Тогда $V_к$=28,3 м/с.

4) Скорость вращения детали принимаем в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 130 [3, с. 438]: $V_{заг}$ = 30 м/мин.

$$n_з=\frac{1000\cdot v_з}{\pi D_з}=\frac{1000\cdot30}{3{,}14\cdot170}=56{,}2\text{об/мин}.$$

Принимаем $n_з$ = 60 об/мин, тогда:

$$v_з=\frac{\pi D_з n}{1000}=\frac{3{,}14\cdot170\cdot60}{1000}=32\text{м/мин}.$$

5) Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга с продольной подачей:

$$N=C_N\cdot V_з^r\cdot t^x\cdot s^y\cdot d^q, \qquad (1.19)$$

где значение коэффициента C_N и показателей степени по таблице 131 [3, стр. 441]. C_N = 0,36; r=0,35; x=0,4; y=0,4; q=0,3.

Тогда:

$$N=C_N\cdot V_з^r\cdot t^x\cdot s^y\cdot d^q=0{,}36\cdot32^{0{,}35}\cdot0{,}02^{0{,}4}\cdot20^{0{,}4}\cdot170^{0{,}2}=2{,}4 \text{ кВт}.$$

6) Мощность привода главного движения:

$$N_{пр}=\frac{N}{\eta}=\frac{2{,}4}{0{,}75}=3{,}2 \text{ кВт}.$$

Так как значение КПД привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант η = 0,75.

7) Проверка по мощности:

$$N\le N_{ст}\cdot\eta;$$

$$3{,}2<5{,}6$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

1.7.20 Токарная операция 8: чистовое точение диаметра $D_{6.2}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 180] – ВК6М.

1) Глубина резания при чистовой обработке назначается в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $t = 2 \cdot Z_{6.2_{ср}} = 0{,}46$ *мм.*, срезаем его за 2 прохода $t_{1,2} = 0{,}23$ *мм.*,

2) Подачу S назначаем по таблице 14 [3, стр. 366]. При чистовой обработке подачу назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности: $s = 0{,}144$ мм/об.

3) Скорость резания определяется по формуле (1.11):

Период стойкости инструмента принимаем: T=60 мин.

Значения коэффициентов: C_V = 292; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2 – определены по таблице 17 [3, стр. 367].

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0{,}23^{0,15} \cdot 0{,}144^{0,2}} \cdot 0{,}68 = 160{,}82 \ \frac{м}{мин}.$$

4) Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 160{,}82}{3{,}14 \cdot 220} = 232{,}8 \ \frac{об}{мин}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка, типа обработки и обрабатывающего инструментального материала:

$$n = 250 \ \frac{об}{мин}.$$

5) Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 220 \cdot 250}{1000} = 172{,}7 \ \frac{м}{мин}.$$

1.8 Нормирование технологических операций

Основное время для токарных операций определяем по формуле 1.20 [4, стр. 603]:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \qquad (1.20)$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{в} + l_{сх} + l_{пд} \quad (1.21)$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

$l_в$ – величина врезания инструмента, мм;

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

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

$l_{сх} = l_{пд} = 1..2$мм., принимаем 1 мм.

Величина врезания инструмента:

$$l_в = \frac{t}{tg\varphi}, \quad (1.23)$$

Где t – глубина резания, мм;

φ – угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_o = \frac{(l + \frac{t}{tg\varphi} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} \quad (1.24)$$

Вспомогательное время определяем по формуле;

$$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.}, \quad (1.25)$$

Где $T_{у.с.}$ – время па установку и снятие детали;

$T_{з.о}$ – время на закрепление и открепление детали;

$T_{уп.}$ – время на управление станком;

$T_{изм.}$ – время на измерение детали;

$T_{всп}$ – вспомогательное время,

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_{о} + T_{всп.}, \quad (1.26)$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{о.о.} = 15\% \cdot T_{опер}, \quad (1.27)$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_{о} + T_{всп} + T_{о.о.}, \quad (1.28)$$

Подготовительно заключительное время определяем:

Подготовительно-заключительное время рассчитывается как сумма слагаемых:

$$T_{п.з.} = T_{оснащ} + T_{налад} + T_{инструкт.}, \quad (1.29)$$

где $T_{оснащ}$-время на получение инструмента, оснастки и документации, принимаем= 10 мин.;

$T_{инструкт}$ – время на инструктаж рабочего, принимаем= 3 мин.;

$T_{налад}$ – время на наладку оборудования, рассчитывается как сумма следующих параметров:

$$T_{налад} = i \cdot T_{инстр} + T_{креп} + T_{подгот}, \quad (1.30)$$

где, i – количество инструмента;

$T_{инструм}$ – время на единицу инструмента, принимаем= 1.5 мин.;

$T_{креп}$ – слагаемое времени, зависящее от способа крепления заготовки;

$T_{подгот}$ – время на подготовку оснастки.

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n}\right), \quad (1.31)$$

где n – количество деталей.

Основное время для первой токарной операции:

переход 1 – подрезка торца (черновая):

$$T_o = \frac{(l + \frac{Z_{1.1ср}}{tg\varphi} + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(47{,}9 + \frac{2{,}64}{tg\ 90°} + 1 + 1) \cdot 1}{100 \cdot 0{,}8} = 0{,}62 \text{ мин.}$$

переход 2 – подрезка торца (чистовая):

$$T_o = \frac{\left(l + \frac{Z_{1.2\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}\right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(47{,}9 + \frac{0{,}35}{tg\ 90°} + 1 + 1\right) \cdot 2}{200 \cdot 0{,}144} = 3{,}47\ \text{мин.}$$

переход 3 – точить поверхность (черновая):

$$T_o = \frac{(l + \frac{2Z_{1.1ср}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(44{,}4 + \frac{3{,}39}{tg\ 90°} + 1 + 1) \cdot 3}{100 \cdot 0{,}8} = 1{,}74\ \text{мин.}$$

переход 4 – точить поверхность (чистовая):

$$T_o = \frac{(l + \frac{2Z_{1.2\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(44{,}4 + \frac{0{,}41}{tg\ 90°} + 1 + 1) \cdot 2}{315 \cdot 0{,}144} = 2{,}05\ \text{мин.}$$

переход 5 – точить галтель (чистовой):

$$T_o = \frac{\left(l + \frac{t_{1.2}}{tg\varphi} + l_{сх} + l_{пд}\right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(1{,}0 + \frac{0{,}31}{tg\ 90°} + 1 + 1\right) \cdot 2}{250 \cdot 0{,}144} = 0{,}17\ мин.$$

Общее вспомогательное время:

$T_{у.с}$+ $T_{з.о}$=0,94 мин; $T_{уп}$=0,18 мин; $T_{изм}$=0,96 мин;

$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 0{,}94 + 0{,}18 + 0{,}96 = 2{,}08\ мин$;

Подготовительно-заключительное время:

$T_{инстр}$=3 мин; $T_{креп}$=6 мин; $T_{подгот}$=5 мин;

$$T_{налад} = i \cdot T_{инстр} + T_{креп} + T_{подгот} = 1 \cdot 3 + 6 + 5 = 14\ мин.$$

$T_{оснащ}$ = 10мин.; $T_{инструкт}$ = 3 мин.;

$T_{п.з.} = T_{оснащ} + T_{налад} + T_{инструкт.} = 10 + 14 + 3 = 27\ мин$;

Оперативное время:

$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 8{,}05 + 2{,}08 = 10{,}13\ мин$;

Время на обслуживание и отдых:

$T_{о.о.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 10{,}13 = 1{,}52\ мин$;

Штучное время:

$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{о.о.} = 8{,}05 + 2{,}08 + 1{,}52 = 11{,}65$ *мин*;

Штучно-калькуляционное время:

$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n}\right) = 11{,}65 + \frac{27}{1000} = 11{,}68$ *мин*;

Основное время для второй токарной операции:

переход 1 – подрезка торца (черновая):

$$T_o = \frac{\left(l + \frac{Z_{2.1\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}\right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(44{,}58 + \frac{1{,}64}{tg\ 90°} + 1 + 1\right) \cdot 1}{100 \cdot 0{,}8} = 0{,}58 \text{ мин.}$$

переход 2 – подрезка торца (чистовая):

$$T_o = \frac{(l + \frac{Z_{2.2\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(44{,}58 + \frac{1{,}64}{tg\ 90°} + 1 + 1) \cdot 2}{250 \cdot 0{,}144} = 2{,}59 \text{ мин.}$$

переход 3 – растачивание поверхности (черновое):

$$T_o = \frac{(l + \frac{2Z_{2.1\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(45{,}44 + \frac{3{,}925}{tg\ 90°} + 1 + 1) \cdot 2}{125 \cdot 0{,}9} = 0{,}84 \text{ мин.}$$

переход 4 – растачивание поверхности (чистовое):

$$T_o = \frac{(l + \frac{2Z_{2.2\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(45{,}44 + \frac{0{,}365}{tg\ 90°} + 1 + 1) \cdot 2}{250 \cdot 0{,}223} = 1{,}7 \text{ мин.}$$

переход 5 – точить галтель (чистовой):

$$T_o = \frac{\left(l + \frac{t_{1,2,3\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}\right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(4{,}28 + \frac{0{,}76}{tg\ 90°} + 1 + 1\right) \cdot 3}{250 \cdot 0{,}223} = 0{,}02 \text{ мин.}$$

переход 6 – точить поверхность (черновая):

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_{1,2,3,4\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(3{,}0 + \frac{4{,}0}{tg\ 90°} + 1 + 1) \cdot 4}{125 \cdot 0{,}9} = 0{,}18 \text{ мин.}$$

переход 7 – точить поверхность (чистовая):

$$T_o = \frac{(l + \frac{t_{1,2\text{ср}}}{tg\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(3{,}4 + \frac{0{,}3}{tg\ 90°} + 1 + 1) \cdot 2}{250 \cdot 0{,}144} = 0{,}3 \text{ мин.}$$

переход 8 – точить технологическую канавку (чистовая):

$$T_o = \frac{\left(l + \frac{t_{1,2ср}}{tg\varphi} + l_{сх} + l_{пд}\right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(1{,}0 + \frac{0{,}5}{tg\ 90°} + 1 + 1\right) \cdot 2}{250 \cdot 0{,}144} = 0{,}17 \text{ мин.}$$

Общее вспомогательное время:

$T_{у.с}$+ $T_{з.о}$=0,94 мин; $T_{уп}$=0,18 мин; $T_{изм}$=1,61 мин;

$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 0{,}94 + 0{,}18 + 1{,}61 = 2{,}73$ мин;

Подготовительно-заключительное время:

$T_{инстр}$=3 мин; $T_{креп}$=6 мин; $T_{подгот}$=5 мин;

$$T_{налад} = i \cdot T_{инстр} + T_{креп} + T_{подгот} = 5 \cdot 3 + 6 + 5 = 26 \text{ мин.}$$

$T_{оснащ}$=10мин.; $T_{инструкт}$=3 мин.;

$T_{п.з.} = T_{оснащ} + T_{налад} + T_{инструкт.} = 10 + 26 + 3 = 38$ мин;

Оперативное время;

$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 6{,}38 + 2{,}73 = 9{,}11$ мин;

Время на обслуживание и отдых:

$T_{о.о.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 9{,}11 = 1{,}37$ мин;

Штучное время:

$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{о.о.} = 6{,}38 + 2{,}73 + 1{,}37 = 10{,}48$ мин;

Штучно-калькуляционное время:

$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n}\right) = 10{,}48 + \frac{38}{1000} = 10{,}52$ мин;

Основное время для сверлильной (координатно) операции:

При сверлении на проход длину врезания определяют по формуле:

$$l_в = \frac{d}{2} \cdot ctg\varphi \qquad (1.25)$$

переход 1-сверлить 16 отверстий:

$$T_o = \frac{(\frac{d_1}{2} \cdot ctg\varphi + l + (3 \cdot s)) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(\frac{14}{2} \cdot ctg59° + 39 + (3 \cdot 0{,}16)) \cdot 16}{655 \cdot 0{,}16} =$$

$$= 6{,}67 \text{ мин};$$

переход 2-сверлить 2 отверстия:

$$T_o = \frac{(\frac{d_2}{2} \cdot ctg\varphi + l + (3 \cdot s)) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(\frac{20{,}5}{2} \cdot ctg59° + 43 + (3 \cdot 0{,}16)) \cdot 2}{521 \cdot 0{,}16} = 1{,}19 \text{ мин};$$

переход 3-сверлить 2 отверстия:

$$T_o = \frac{(\frac{d_3}{2} \cdot ctg\varphi + l + (3 \cdot s)) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(\frac{13{,}9}{2} \cdot ctg59° + 43 + (3 \cdot 0{,}16)) \cdot 2}{658 \cdot 0{,}16} = 0{,}91 \text{ мин};$$

переход 4-сверлить 1 отверстие:

$$T_o = \frac{(\frac{d_4}{2} \cdot ctg\varphi + l + (3 \cdot s)) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(\frac{10{,}2}{2} \cdot ctg59° + 28 + (3 \cdot 0{,}16)) \cdot 1}{891 \cdot 0{,}16} = 0{,}22 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$T_{у.с}$+ $T_{з.о}$=8,31+0,94=9,25 мин; $T_{уп}$=0,10 мин; $T_{изм}$=0,92 мин;

$$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 9{,}25 + 0{,}10 + 0{,}92 = 10{,}27 \text{ мин};$$

Подготовительно-заключительное время:

$T_{инстр}$*i=8 мин; $T_{креп}$=4 мин; $T_{подгот}$=5 мин;

$$T_{налад} = i \cdot T_{инстр} + T_{креп} + T_{подгот} = 8 + 4 + 5 = 17 \text{ мин.}$$

$T_{оснащ}$=5 мин.; $T_{инструкт}$=3 мин.;

$$T_{п.з.} = T_{оснащ} + T_{налад} + T_{инструкт.} = 5 + 17 + 3 = 25 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 8{,}99 + 10{,}27 = 19{,}26 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{о.о.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 19{,}26 = 2{,}89 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{о.о.} = 8{,}99 + 10{,}27 + 2{,}89 = 22{,}15 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n}\right) = 22{,}15 + \frac{25}{1000} = 22{,}18 \text{ мин};$$

переход 1 – основное время внутришлифовальной операции торцом круга с прямоугольным столом определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L_{рх} \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot \frac{k}{q} \cdot i \qquad (1.26)$$

где h – припуск на обработку, мм;

$K = 1.2 \div 1.5$ – коэффициент точности, принимаем 1,2;

V_c – скорость перемещения стола, м/мин;

q – число деталей;

i – число рабочих ходов;

t – глубина шлифования, мм.;

$L_{рх}$ – длина рабочего хода стола, мм.

$$L_{рх} = l - (0{,}2 \cdot B_к) \qquad (1.27)$$

где l –длина поверхности обработки в направлении подачи, мм.;

$B_к$ – ширина круга, мм.;

$$L_{рх} = 16 - (0{,}2 \cdot 40) = 8{,}0 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{8 \cdot 0{,}45}{1000 \cdot 1 \cdot 0{,}02} \cdot \frac{1{,}2}{1} \cdot 23 = 4{,}97 \text{ мин};$$

переход 2 – основное время внутришлифовальной операции периферией круга с продольной подачей определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L_{PX} \cdot i \cdot K}{n_д \cdot S_B}, \text{ мин} \qquad (1.28)$$

где $L_{рх}$ – длина рабочего хода, мм;

$L_{PX} = l_P - (0{,}2 \div 0{,}4) B_K$ - при шлифовании на проход;

l_P – длина шлифуемой поверхности, мм;

B_K – ширина (высота) шлифовального круга, мм;

$n_д$ - частота вращения детали, об/мин;

S_B – продольная подача, мм/об;

i – число рабочих ходов;

К – коэффициент учитывающий время выхаживания.

Принимают для чистового шлифования К = 1,8;

$$L_{PX} = l_P - (0{,}2 \div 0{,}4)B_K = 45{,}44 - 0{,}2 \cdot 40 = 37{,}44 \text{мм};$$

Основное время для внутришлифовальной операции:

$$t_o = \frac{37{,}44 \cdot 23 \cdot 1{,}8}{56{,}2 \cdot 20{,}0} = 1{,}38 \text{ мин.}$$

Общее вспомогательное время:

$T_{у.с}$+ $T_{з.о}$=4,4+0,94=5,34 мин; $T_{уп}$=0,18 мин; $T_{изм}$=0,51 мин;

$$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 5{,}34 + 0{,}18 + 0{,}51 = 6{,}03 \text{ мин};$$

Подготовительно-заключительное время:

$T_{инстр}$*i=6 мин; $T_{креп}$=4 мин; $T_{подгот}$=5 мин;

$$T_{налад} = i \cdot T_{инстр} + T_{креп} + T_{подгот} = 6 + 4 + 5 = 15 \text{ мин.}$$

$T_{оснащ}$=5 мин.; $T_{инструкт}$=3 мин.;

$$T_{п.з.} = T_{оснащ} + T_{налад} + T_{инструкт.} = 5 + 15 + 3 = 23 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 6{,}35 + 6{,}03 = 12{,}38 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{о.о.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 12{,}38 = 1{,}86 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{о.о.} = 6{,}35 + 6{,}03 + 1{,}86 = 14{,}24 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n}\right) = 14{,}24 + \frac{23}{1000} = 14{,}26 \text{ мин};$$

Основное время для восьмой токарной операции:

переход 1 – точить поверхность (чистовая):

$$T_o = \frac{\left(l + \frac{Z_{6.2ср}}{tg\varphi} + l_{сх} + l_{пд}\right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{\left(4 + \frac{0,46}{tg\ 90°} + 1 + 1\right) \cdot 1}{250 \cdot 0,144} = 0,17 \text{ мин.}$$

Общее вспомогательное время:

$T_{у.с}$+ $T_{з.о}$=0,94 мин; $T_{уп}$=0,18 мин; $T_{изм}$=0,23 мин;

$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.} = 0,94 + 0,18 + 0,23 = 1,35$ мин;

Подготовительно-заключительное время:

$T_{инстр}$=3 мин; $T_{креп}$=6 мин; $T_{подгот}$=5 мин;

$$T_{налад} = i \cdot T_{инстр} + T_{креп} + T_{подгот} = 1 \cdot 3 + 6 + 5 = 14 \text{ мин.}$$

$T_{оснащ}$=10мин.; $T_{инструкт}$=3 мин.;

$T_{п.з.} = T_{оснащ} + T_{налад} + T_{инструкт.} = 10 + 14 + 3 = 27$ мин;

Оперативное время;

$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,17 + 1,35 = 1,52$ мин;

Время на обслуживание и отдых:

$T_{о.о.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 1,52 = 0,23$ мин;

Штучное время:

$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{о.о.} = 0,17 + 1,35 + 0,23 = 1,75$ мин;

Штучно-калькуляционное время:

$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n}\right) = 1,75 + \frac{27}{1000} = 1,78$ мин;

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Техническое задание на разработку станочного приспособления

На основании технического задания спроектируем станочное приспособление, которое позволит нам закрепить деталь с внутренней конусной поверхностью, для выполнения восьмой токарной операции.

Техническое задание на разработку станочного приспособления представлено в таблице 2.1.

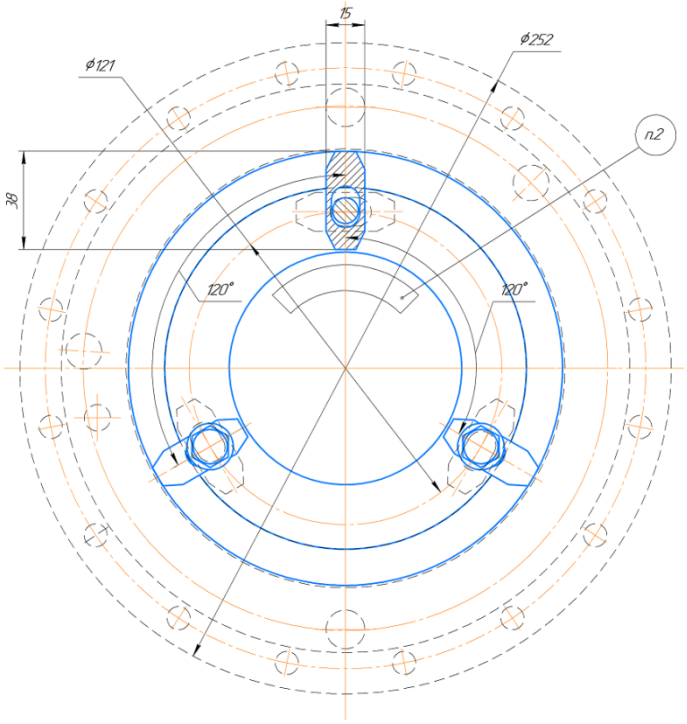
Таблица 2.1 – Техническое задание

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для установки и закрепления детали «фланец» на токарно-винторезном станке модель 16К20.
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки детали «фланец».
Цель и назначение разработки	Станочное приспособление должно обеспечивать быстрое закрепление и снятие заготовки, необходимую шероховатость поверхности и проведение механической обработки с заданной точностью.
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства – среднесерийное Программа выпуска – 1000 штук в год. Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать токарно-винторезному станку модели 16К20.
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка с чертежом приспособления, чертежи деталей приспособления, спецификация.

Материал обрабатываемой детали – сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000. Переход для расчета – точение поверхности Ø $220_{-0,072}$ мм. Сила резания 1229Н, крутящий момент 3,3Нм. Диаметр закрепленной части Ø57,8Н10мм.

2.2 Описание конструкции и работы приспособления

Проект конструкции приспособления для восьмой токарной операции представлен на чертеже формата А2.



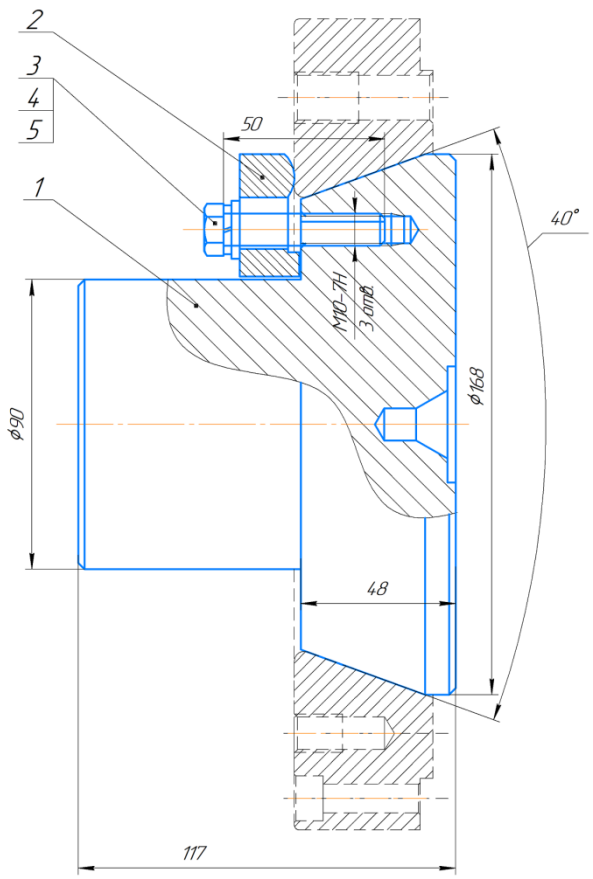


Рисунок 2.1 – Оправка коническая

Деталь устанавливается на конус оправки 1 и закрепляется на нём посредством трёх прижимов 2, осевое усилие прижима обеспечивается затяжкой трёх болтов 3. Конусная поверхность оправки позволяет центрировать деталь с требуемой точностью.

2.3 Расчёт усилия затяжки приспособления и моментов затяжки болтов

Исходные данные:

Максимальный диаметр обработки D_{max}=252 мм.=0,252 м.;

Главная составляющая силы резания при черновой обработке P_z=4206,38 Н.;

Коэффициент трения покоя сталь-сталь без смазки f=0,15;

Коэффициент запаса конусного соединения принимают равным n=2,0…2,5, принимаем n=2,0;

Максимальный диаметр конуса D=168 мм.=0,168 м.;

Минимальный диаметр конуса d=140 мм.=0,14 м.;

Активная длина конусного соединения l=38,5 мм.=0,0385 м.

Найдём средний диаметр конуса:

$$d_{cp} = \frac{D+d}{2} = \frac{168+140}{2} = 154 \text{ мм.} = 0{,}154 \text{ м.}$$

Рассчитаем максимальный крутящий момент при черновом точении:

$$\text{М}_{\text{кр.рез}} = \frac{P_z \cdot D_{max} \cdot n}{2} = \frac{4206{,}32 \cdot 0{,}252 \cdot 2}{2} = 1060 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определим конусность:

$$K = \frac{D-d}{l} = \frac{0{,}168-0{,}14}{0{,}0385} 0{,}727$$

Усилие затяжки необходимое для предотвращения проворота конусного соединения определим по формуле:

$$\text{Р}_{\text{зат}} = 10^3 \cdot \frac{\text{М}_{\text{кр.рез}}}{d_{\text{ср}}} \cdot \left(2 \cdot \frac{K}{f}\right) (2.1)$$

Где f – коэффициент трения;

К – конусность;

$d_{ср}$ – средний диаметр конуса.

$$\text{Р}_{\text{зат}} = 10^3 \cdot \frac{1060}{154} \cdot \left(2 \cdot \frac{0{,}727}{0{,}15}\right) = 47{,}13 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Исходя из конструкции приспособления с тремя болтами на прижимах, усилие предварительной затяжки каждого болта найдём:

$$Q = 10^3 \cdot \frac{P_{\text{зат}}}{3} = \frac{47{,}13}{3} = 15{,}71 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Рассчитаем момент затяжки по формуле 8 [12, стр.8]:

$$\text{Т}_{\text{кл}} = F_{\text{з}} \frac{d_2}{2000} \cdot \left[\tan\left(\psi + \varphi^{/}\right) + \text{ƒ} \cdot \frac{D_T}{d_2}\right] \qquad (2.2)$$

где D_T – диаметр трения головки болта, D_T=1,4*d=1,4*10=14 мм.;

d – диаметр резьбы, мм.;

d_2 – средний диаметр резьбы, для М10 d_2=9,026 мм.;

ψ – угол подъёма витка резьбы;

$\varphi^{/}$ - приведённый угол трения резьбы, $\varphi^{/}$=arctg ($f^{/}$)

$f^{/}$ - приведённый коэффициент трения в резьбе;

$$\psi = arctg\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) \qquad (2.3)$$

где P_h – шаг резьбы, равный 1,5 мм.

$$\psi = arctg\left(\frac{1{,}5}{3{,}14 \cdot 9{,}026}\right) = 3{,}029°$$

f – коэффициент трения по таблице 5 [12, стр. 5], f=0,19 для резьб с цинковым покрытием;

$f^{/}$ - приведённый коэффициент трения определим по формуле 4 [12, стр. 5]

$$f^{/} = \frac{f}{\cos\theta} \qquad (2.4)$$

где θ – угол наклона боковой рабочей поверхности витка резьбы равен $\theta = \frac{\alpha}{2} = \frac{60^{\circ}}{2}$ =30°

$$f^{/} = \frac{0{,}19}{\cos 30°} = 0{,}219$$

Найдём приведённый угол трения резьбы:

$$\varphi^{/} = arctg(f^{/}) = arctg\ (0{,}219) = 12{,}37°$$

Рассчитаем момент зятяжки:

$$T_{кл} = 15{,}71 \cdot 10^3 \cdot \frac{9{,}026}{2000} \cdot \left[\tan(3{,}029° + 12{,}37°) + 0{,}19 \cdot \frac{14}{9{,}026}\right] = 41{,}42\ Н \cdot м$$

Согласно РД 37.001.131-89 Затяжка резьбовых соединений. Нормы затяжки и технические требования, для резьбы М10 болты класса прочности 12,9 (применены в присоблении), для II классарезьбового соединения (ответственные) минимальный момент затяжки без смазки=69 Н*м, максимальный=85 Н*м. т.е минимальное усилие затяжки, предусмотренное РД 37.001.131-89 выше необходимого расчётного усилия $T_{кл}$=41,42 Н*м, отсюда следует что болты М10 с классом прочности 12,9 могут быть затянуты с более высоким моментом затяжки, что обеспечит больший коэффициент запаса от проворота детали на оправке.

При моменте затяжки болтов М=69 Н*м, усилие затяжки конусного соединения $P_{зат}$, равно усилию затяжки приспособления Q:

$$\text{Р}_{\text{зат}} = Q = \frac{N \cdot T_{\text{кл}} \cdot 2000}{d_2 \cdot \tan(\psi + \varphi^{/}) + \text{ƒ} \cdot \frac{D_T}{d_2}}$$

где N – количество болтов приспособления, N=3.

$$\text{Р}_{\text{зат}} = Q = \frac{3 \cdot 41{,}42 \cdot 2000}{9{,}026 \cdot \tan(3{,}029° + 12{,}37°) + 0{,}19 \cdot \frac{14}{9{,}026}} = 80{,}46 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Таким образом, результаты конструкторской части подтвердили, что приспособление сконструировано очень хорошо и может применяться на более жестких режимах обработки, а также позволяет достаточно быстро закреплять заготовку и производить обработку с заданной точностью.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате выполнения задания по разработке технологии изготовления фланца. В технологической части выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- определён тип производства;
- выбрана заготовка и разработан маршрут технологии изготовления фланца;
- рассчитаны допуски технологических размеров и технологические размеры;
- рассчитаны режимы резания для всех переходов;
- пронормированны все технологические операции.

Решение вышеперечисленных задач позволило получить технологию изготовления фланца, которую можно применить практически на любой производственной площадке, так как большинство производственных площадок оснащено универсальным оборудованием, следовательно, у разработанной технологии широкий круг применения.

Также в ходе выполнения конструкторской части была разработана коническая оправка, конструкция которой позволяет в условиях среднесерийного производства, очень быстро и с маленькой величиной погрешности закрепления в обычный токарный самоцентрирующий патрон закреплять заготовки с конической внутренней поверхностью и производить их наружную обработку с требуемой точностью и шероховатостью поверхности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-8Л51	Назаренко М.М.

Школа	**ИШНПТ**	**Отделение школы (НОЦ)**	**Материаловедение**
Уровень образования	бакалавр	**Направление/специальность**	15.03.01

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости материальных ресурсов, затрат на специальное оборудование, оплату труда, отчисления во внебюджетные фонды, расчет накладных расходов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премия общая – 30%; надбавки общие – 20%; дополнительная заработная плата – 15%; районный коэффициент -1,3; накладные расходы – 16%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Страховые взносы общие – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Составить карту сегментирования рынка; оценочную карту для сравнения конкурентных технических решений; SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составить перечень этапов, работ и распределения исполнителей; определить трудоемкость выполнения работ; найти временные показатели проведения исследования; разработать календарный план-график (график Ганта) Рассчитать материальные затраты, затраты на специальное оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы; сформировать бюджет затрат на проект
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать интегральные показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности, эффективности вариантов исполнения; сравнить эффективность разработки
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**:**	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.2020

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына З.В.	к.т.н., доцент		16.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Л51	Назаренко М.М.		16.03.2020

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Продуктом выпускной квалификационной работы является разработка технологии изготовления фланца. Фланец – это плоская круглая деталь с 21-им отверстием для болтов либо шпилек. Область применения фланца достаточно широка, поскольку он применяется при строительстве трубопроводов, независимо от того, в каких целях используются трубы: газопроводы, нефтепродукты, водопроводы и т.п. Широкая область применения во всех строительных отраслях делает фланец важной составляющей частью любого

трубопровода, поскольку разъемные соединения выполняются с помощью фланца. Объем выпускаемой продукции – 1000 шт. в год. Исходя из этого, потенциальными потребителями результатов настоящего исследования будут машиностроительные предприятия Российской Федерации, независимо от их организацонно-правовых форм, местоположения, имеющие оборудование, которое позволяет производить обработку металлов давлением. На территории г. Томска выделим такие предприятия, как: АО «НПФ «Микран», АО «ТОМЗЭЛ», ООО «Сибмаш».

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования проанализируем целевой рынок и проведем его сегментирование.

К категории потребителей относятся коммерческие организации, наиболее значимыми критериями для рынка будут являться:

1. отрасль экономики, к которой относятся предприятия-заказчики;
2. область применения фланца.

На основании данных критериев строится карта сегментирования рынка, представленная в таблице 3.1:

Таблица 3.1 – Карта сегментирования рынка предприятий, использующих в своей деятельности фланец

Отрасль экономики		Область применения детали				
		Сборка гражданских центральных трубопроводов	Сборка газопроводов	Монтаж бытовых систем водоснабжения	Установка теплотрасс	Сборка промышленных систем и коммуникаций
	Строительство и	А		А	А	

	ЖКХ					
	Газовая промышленность		Б			
	Нефтедобывающая промышленность					В

А	Предприятие А – ООО «Водоконал»	Б	Предприятие Б – ООО «Газпром газораспределение Томск»	В	Предприятие В – АО «Транснефть-Сибирь»

Таким образом, наиболее перспективным сегментом рынка является отрасль строительства и услуг ЖКХ, но также привлекательными остаются газовая и нефтеперерабатывающая промышленность.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений позволяет оценить конкурентные преимущества проекта, а также помогает внести коррективы в проект, улучшающие его слабые стороны. Данный анализ также позволяет оценить сильные и слабые стороны конкурентов, изготавливающих аналогичные детали. Для анализа конкурентных технических решений разработки технологии изготовления фланца составлена оценочная карта, продемонстрированная в таблице 3.2, в которой оценивались следующие потенциальные конкуренты:

- к1 – ООО «Сибмаш»;
- к2 – АО «НПФ «Микран».

Таблица 3.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	**Вес критерия**	**Баллы**			**Конкурентоспособность**		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,01	3	3	2	0,03	0,03	0,02

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Энергоэкономичность	0,02	4	4	3	0,08	0,08	0,06
4. Надежность	0,2	4	3	4	0,8	0,6	0,8
5. Безопасность	0,2	4	4	3	0,8	0,8	0,6
6. Функциональная мощность(предоставляемые возможности)	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
7. Простота эксплуатации	0,15	3	2	3	0,45	0,3	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	3	2	3	0,24	0,16	0,24
2. Цена	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
4. Послепродажное обслуживание	0,03	2	3	3	0,06	0,09	0,09
5. Финансирование научной разработки	0,02	1	2	1	0,02	0,04	0,02
6. Наличие сертификации разработки	0,03	5	3	3	0,15	0,09	0,09
Итого	**1**	**45**	**40**	**41**	**3,75**	**3,11**	**3,43**

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$К = \Sigma В_i * Б_i, \quad (3.1)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$Б_i$ – балл *i*-го показателя.

Отсюда найдем конкурентоспособность научной разработки:

$$К = \Sigma В_i * Б_i = 45 * 3,75 = 168,75$$

Далее найдем конкурентоспособность конкурентов:

$$К1 = \Sigma В_i * Б_i = 40 * 3,11 = 124,40$$

$$К2 = \Sigma В_i * Б_i = 41 * 3,43 = 140,63$$

Таким образом, анализ конкурентных технических решений показал, что технология изготовления фланца, разработанная в настоящей выпускной квалификационной работе, является конкурентоспособной. Преимущества данного проекта заключается в удобстве эксплуатации, поскольку

предлагаемый фланец крепится на 21 болт стандартного диаметра. Также следует отметить, повышение производительности труда, что является следствием простоты использования фланца, так как он предназначен для широкого вида деятельности. Настоящий проект уступает конкурентам только по одному критерию – послепродажное обслуживание. По всем остальным критериям, включая цену, настоящая технология изготовления фланца находится в рамках допустимой нормы. Разработка выполнялась в соответствии со стандартами ЕСТПП.

3.1.3 SWOT-анализ

В целях оценки сильных и слабых сторон разработки технологии изготовления фланца, как во внутренней, так и во внешней среде проведем SWOT-анализ проекта.

Данный анализ проводится в несколько этапов:

- первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта; результатом первого этапа является составление промежуточной матрица SWOT, которая представлена в таблице 3.3;

- второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды; результатом второго этапа является составление интерактивных матриц проекта, которые представлены в таблицах 3.4, 3.5, 3.6 и 3.7;

- на третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, которая представлена в таблице 3.8;

- по завершению SWOT-анализа делаются соответствующие выводы.

Таблица 3.3 – Промежуточная матрица SWOT

	Положительное влияние	Отрицательное влияние
	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
Внутренняя среда предприятия	С1 – Наличие высоко спроса на продукт; С2 – Гибкая ценовая политика; С3 – Удобство в эксплуатации;	Сл1 – Недостаточно короткий срок выхода на рынок; Сл2 – Высокая доля постоянных расходов;

	С4 – Высокая технологичность проекта; С5 – Высокая производительность труда; С6 – Конкурентоспособность проекта; С7 – Использование современного оборудования.	Сл3 – Высокая стоимость оборудования; Сл4 – Узкоспециальное назначение разработки; Сл5 – Необходимость повышения квалификации кадров; Сл6 – Отсутствие крупных заказов; Сл7 – Слабое послепродажное обслуживание.
	Возможности проекта:	Угрозы проекта:
Внешняя среда предприятия	В1 – Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2 – Получение государственных заказов; В3 – Партнерские отношения с рядом ведущих машиностроительных предприятий; В4 – Внедрение новых технологий и оборудования; В5 – Повышение стоимости конкурентных разработок.	У1 – Неплатежеспособный спрос потребителей из-за сложившейся санитарно-эпидемиологической обстановки (пандемии); У2 – Развитие новых технологий; У3 – Развитая конкуренция технологий производства; У4 – Потеря (увольнение) квалифицированного персонала из-за сложившейся экономической ситуации, вызванной пандемией; У5 – Рост цен на сырье.

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица пересечения возможностей и сильных сторон проекта

	Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7
	В1	+	0	-	+	+	0	-
	В2	0	+	+	+	+	+	+
	В3	+	+	+	0	+	-	0
	В4	0	+	+	+	+	+	+
	В5	-	-	0	+	+	0	+

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица пересечения возможностей и слабых сторон проекта

	Слабые стороны проекта							
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6	Сл7
	В1	0	-	-	-	+	-	-
	В2	+	0	+	-	0	+	+
	В3	+	+	0	+	-	0	+
	В4	+	+	+	+	+	-	+
	В5	+	+	+	0	-	-	+

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица пересечения угроз и сильных сторон проекта

	Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7
	У1	+	+	0	0	-	-	+
	У2	-	-	+	+	+	+	-
	У3	+	-	0	-	+	0	+
	У4	-	0	+	+	+	+	+
	У5	-	+	-	+	-	-	+

Таблица 3.7 – Интерактивная матрица пересечения угроз и слабых сторон проекта

	Слабые стороны проекта							
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6	Сл7
	У1	-	+	-	-	-	+	-
	У2	+	+	0	-	-	-	+
	У3	0	+	-	+	+	0	-
	У4	+	0	+	+	+	-	0
	У5	-	+	-	+	-	-	-

Таблица 3.8 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны: С1 – Наличие высоко спроса на продукт; С2 – Гибкая ценовая политика; С3 – Удобство в эксплуатации; С4 – Высокая технологичность проекта; С5 – Высокая производительность труда; С6 – Конкурентоспособность проекта; С7 – Использование современного оборудования.	**Слабые стороны:** Сл1 – Недостаточно короткий срок выхода на рынок; Сл2 – Высокая доля постоянных расходов; Сл3 – Высокая стоимость оборудования; Сл4 – Узкоспециальное назначение разработки; Сл5 – Необходимость повышения квалификации кадров; Сл6 – Отсутствие крупных заказов; Сл7 – Слабое послепродажное обслуживание.

Возможности: В1 – Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2 – Получение государственных заказов; В3 – Партнерские отношения с рядом ведущих машиностроительных предприятий; В4 – Внедрение новых технологий и оборудования; В5 – Повышение стоимости конкурентных разработок.	Для того чтобы усилить сильные стороны проекта необходимо использовать возможность получения государственных заказов	Для того чтобы нивелировать слабые стороны проекта необходимо внедрять новые технологии и оборудование
Угрозы: У1 – Неплатежеспособный спрос потребителей из-за сложившейся санитарно-эпидемиологической обстановки (пандемии); У2 – Развитие новых технологий; У3 – Развитая конкуренция технологий производства; У4 – Потеря (увольнение) квалифицированного персонала из-за сложившейся экономической ситуации, вызванной пандемией; У5 – Рост цен на сырье.	Поскольку наиболее ощутимой угрозой является Потеря (увольнение) квалифицированного персонала, из-за сложившейся экономической ситуации, вызванной пандемией, которая оказывает наибольшее влияние для сильных и слабых сторон проекта, машиностроительным предприятиям (внедрителям проекта) необходимо использовать все предоставляемые Правительством Российской Федерации льготы и гарантии, направленные на сохранение рабочих мест, а также мотивировать персонал к повышению квалификации (уровень знаний, умений, профессиональных навыков и опыта работы работника) и усовершенствовать систему оплаты труда с целью сохранения квалифицированных кадров	

Подводя итог проведенной матрицы SWOT-анализа можно сделать следующие выводы:

- для представленной разработки технологии изготовления фланца наиболее значимыми возможностями являются Получение государственных заказов и Внедрение новых технологий и оборудования, из которых вторая оказывает влияние, как на сильные стороны проекта, так и на слабые стороны. Соответственно стратегия развития проекта с целью усиления конкурентных преимуществ должна быть направлена в первую очередь на внедрение новых технологий и оборудования, во вторую на получение государственных заказов;

- для того чтобы эффективно использовать сильные стороны проекта для максимизации возможностей необходимо сохранять, а по возможности повышать производительность труда. Обеспечить высокую технологичность проекта. Поскольку Наличие высоко спроса на продукт и Конкурентоспособность проекта показывают слабую взаимосвязь с возможностями проекта, необходимо выходить на новые рынки сбыта и, как

уже отмечалось ранее, приобретать современное оборудование и расширять партнерские отношения с рядом ведущих машиностроительных предприятий;

- чтобы минимизировать угрозы необходимо снижать долю постоянных расходов проекта, повышать квалификацию персонала, а также акцентировать внимание на преимуществах проекта – простоте эксплуатации и надежности технологии изготовления фланца;

- используя имеющиеся возможности необходимо минимизировать слабые стороны проекта, прежде всего, уменьшить срок выхода продукта на рынок и улучшить послепродажное обслуживание;

- для того, чтобы снизить влияние угроз на внедрение проекта необходимо проанализировать затраты, в том числе на приобретение оборудования, и уменьшить долю постоянных расходов, также необходимо проанализировать возможность внедрения проекта за пределами Томской области, а по возможности за пределами Российской Федерации.

3.2 Планирование научно-исследовательской работы

Планирование научно-исследовательских работ проводится с целью распределения обязанностей между исполнителями проекта, расчета заработной платы работников, задействованных в проекте, а также позволяет реализовать проект в установленные сроки.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научного исследования.

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ, результаты представим в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	$t_{min\ i}$	$t_{max\ i}$	$t_{ож\ i}$	$Тр_i$
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы; Консультант темы; Студент-дипломник	2	4	3	1
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Консультант темы; Студент-дипломник	7	10	8	4
	3	Проведение патентных исследований	Руководитель темы; Консультант темы; Студент-дипломник	9	12	10	3
	4	Выбор направления исследований	Руководитель темы; Консультант темы; Студент-дипломник	2	4	3	1
	5	Календарное планирование работ по теме	Студент-дипломник	2	4	3	3
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент-дипломник	9	14	11	11
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент-дипломник	9	14	11	11
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент-дипломник	9	14	11	11
	9	Разработка чертежей на основе полученных расчетов	Студент-дипломник	5	10	7	7
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы; Консультант темы	5	10	7	4
	11	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы; Консультант темы	7	13	9	5
Проведение ОКР							

Продолжение таблицы 3.9

Разработка технической документации и проектирование	12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Консультант темы; Студент-дипломник	6	11	8	4
	13	Выбор и расчет конструкции	Консультант темы; Студент-дипломник	7	13	9	5
	14	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Консультант темы; Студент-дипломник	3	5	4	2
	15	Технико-экономическое основание и расчет	Студент-дипломник	4	8	6	6
Изготовление и испытание	16	Конструирование и изготовление	Студент-дипломник	5	10	7	7

макета (опытного образца)		макета (опытного образца)					
	17	Лабораторные испытания макета	Студент-дипломник	2	4	3	3
Оформление отчета но НИР (комплекта документации по ОКР)	18	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент-дипломник	3	5	4	4
	19	Оформление патента	Руководитель темы; Консультант темы; Студент-дипломник	9	15	11	4
	20	Размещение рекламы	Студент-дипломник	2	4	3	3

3.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожi} = (3t_{mini} + 2t_{maxi}) / 5 \text{ , чел.-дн.,} \quad (3.2)$$

где $t_{ож\,i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы чел.-дн.;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях Тр, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес заработной платы в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$Тр_i = t_{ож\,i} / Ч_i, \quad (3.3)$$

где $Тр_i$ – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Произведем расчет ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы первого этапа:

$$t_{ожi} = (3t_{mini} + 2t_{maxi}) / 5 = (3 * 2 + 2 * 4) / 5 = 3 \text{ чел.-дн.}$$

Произведем расчет продолжительности одной работы первого этапа:

$$Тр_i = t_{ож\ i} / Ч_i = 3 / 3 = 1 \text{ раб. дн.}$$

Аналогичным образом произведены расчеты для последующих этапов, результаты выполненных расчетов представлены в таблице 3.9.

3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, переведем длительность каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни. Воспользуемся следующей формулой:

$$Тк_i = Тр_i * k_{кал}, \quad (3.4)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = Т_{кал} / (Т_{кал} – Т_{вых} – Т_{пр}), \quad (3.5)$$

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

$Т_{вых}$– количество выходных дней в году;

$Т_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Произведем расчет коэффициента календарности для 2020 года:

$$k_{кал} = Т_{кал} / (Т_{кал} – Т_{вых} – Т_{пр}) = 366 / (366 – 52 – 14) = 1,22$$

Расчет длительности каждого из этапов работ в календарных днях представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Количество исполнителей	Длительность работ в рабочих днях	Коэффициент календарности 2020 год	Длительность работ в календарных днях
	tmin, чел-дни	t_{max}, чел-дни	*tожі*, чел-дни	*Ч і*	*Т рі*	*k кал*	*Т кі*
Составление и утверждение технического задания	2	4	3	3	1	1,22	1
Подбор и изучение материалов по теме	7	10	8	2	4	1,22	5
Проведение патентных исследований	9	12	10	3	3	1,22	4
Выбор направления исследований	2	4	3	3	1	1,22	1
Календарное планирование работ по теме	2	4	3	1	3	1,22	3
Проведение теоретических расчетов и обоснований	9	14	11	1	11	1,22	13
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	9	14	11	1	11	1,22	13
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	9	14	11	1	11	1,22	13
Разработка чертежей на основе полученных расчетов	5	10	7	1	7	1,22	9
Оценка эффективности полученных результатов	5	10	7	2	4	1,22	4
Определение целесообразности проведения ОКР	7	13	9	2	5	1,22	6
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	6	11	8	2	4	1,22	5
Выбор и расчет конструкции	7	13	9	2	5	1,22	6
Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	3	5	4	2	2	1,22	2
Технико-экономическое основание и расчет	4	8	6	1	6	1,22	7

Продолжение таблицы 3.10

Конструирование и изготовление	5	10	7	1	7	1,22	9
Лабораторные испытания макета	2	4	3	1	3	1,22	3
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	3	5	4	1	4	1,22	5
Оформление патента	9	15	11	3	4	1,22	5
Размещение рекламы	2	4	3	1	3	1,22	3
Итого	107	184	138	34	97		118

На основании произведенных расчетов, представленных в таблице 3.10, построим календарный план-график – график Ганта, представленный в таблице 3.11, в котором:

- синим цветом выделена продолжительность работ в календарных днях руководителя темы (в таблице – Р);

- зеленым цветом выделена продолжительность работ в календарных днях консультанта темы (в таблице – К);

- красным цветом выделена продолжительность работ в календарных днях студента-дипломника (в таблице – С).

По итогам планирования с помощью графика Ганта был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 118 календарных дней.

Таблица 3.11 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ раб.	Содержание работ	Исполнитель	Ткі, кал. дн.	Январь										Февраль										Март										Апрель										Май									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Составление и утверждение технического задания	Р	1	1/3																																																	
		К		1/3																																																	
		С		1/3																																																	
2	Подбор и изучение материалов по теме	К	5																																																		
		С																																																			
3	Проведение патентных исследований	Р	4					1/2																																													
		К						1/2																																													
		С																																																			
4	Выбор направления исследований	Р	1								1/3																																										
		К									1/3																																										
		С									1/3																																										
5	Календарное планирование работ по теме	С	3																																																		
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	С	13																																																		
7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	С	13																																																		
8	Сопоставление результатов экспериментов	С	13																																																		

Продолжение таблицы 3.11

9	Разработка чертежей на основе полученных расчетов	С	9																								🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥																		
10	Оценка эффективности полученных результатов	Р	4																											🟦																							
		К																												🟩	🟩	🟩																					
11	Определение целесообразности проведения ОКР	Р	6																														🟦	🟦	🟦																		
		К																															🟩	🟩	🟩																		
12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	К	5																																🟩	🟩																	
		С																																	🟥	🟥	🟥																
13	Выбор и расчет конструкции	К	6																																		🟩	🟩	🟩														
		С																																			🟥	🟥	🟥														
14	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	К	2																																					🟩													
		С																																						🟥													
15	Технико-экономическое основание и расчет	С	7																															🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥													
16	Конструирование и изготовление	С	9																															🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥													
17	Лабораторные испытания макета	С	3																															🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥													
18	Составление пояснительной записки	С	5																															🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥													
19	Оформление патента	Р	5																															🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥													
		К																																🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥													
		С																																🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥													
20	Размещение рекламы	С	3																															🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥	🟥													

3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета на реализацию проекта учитываются все виды расходов, связанных с его выполнением. Формируя бюджет проекта, используется следующая группа затрат:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- заработная плата (основная и дополнительная) исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.3.1 Расчет материальных затрат проекта

К материальным затратам на разработку технологии изготовления фланца относятся: картридж, бумага для принтера, ручка шариковая, карандаш чертежный, коническая оправка, штангенциркуль, нутромер.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_м = (1 + k_Т) * \sum_{i=1}^{m} Ц_i * N_{расхi}, \qquad (3.6)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м^2 и т.д.);

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

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

Произведем расчет затрат на картридж:

$$З_м = (1 + k_Т) * \sum Ц_i * N_{расхi} = (1 + 0)\ 1\ 500 * 1 = 1\ 500 \text{ руб.}$$

Аналогичным способом производен расчет затрат для остальных материалов, в расчет приняты средние цены по г. Томску по состоянию на апрель 2020 г., результаты расчетов представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Зм), руб.
Картридж	шт.	1	1 500,00	1 500,00
Бумага для принтера	пачка	2	280,00	560,00
Ручка шариковая	шт.	6	58,00	348,00
Карандаш чертежный	шт.	4	16,00	64,00
Коническая оправка	шт.	1	2 500,00	2 500,00
Штангенциркуль	шт.	1	2 910,00	2 910,00
Нутромер	шт.	1	13 163,00	13 163,00
Итого				**21 045,00**

Таким образом, материальные затраты на разработку технологии изготовления фланца составили 21 045,00 руб.

3.3.2 Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

К затратам на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ по разработке технологии изготовления фланца относится использование следующего оборудования и специальных инструментов: координатно-расточный станок 2А450, токарно-винторезный станок 16К20, внутришлифовальный станок 3К228А.

Вышеуказанное оборудование имеется в организации, поэтому его стоимость учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Рассчитаем амортизационные отчисления линейным способом, применяющимся как в бухгалтерском, так и в налоговом учете, по формуле:

$$\sum_{М} = ПС * n , \quad (3.7)$$

где ПС – первоначальная стоимость оборудования в бухгалтерском (налоговом) учете;

n – ежемесячная норма амортизации, рассчитываемая как отношение 1 к СПИ (срок полезного использования), выраженному в месяцах.

СПИ, для применяемого в настоящем проекте оборудования, определим в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 27.12.2019) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы»:

- для координатно-расточного станка 2А450 СПИ равен 10 годам;
- для токарно-винторезного станка 16К20 СПИ равен 20 годам;
- для внутришлифовального станка 3К228А СПИ равен 10 годам.

Произведем расчет амортизации координатно-расточного станка 2А450:

$$\sum_{М} = ПС * n, = 1\ 348\ 000 * 1 / 120 = 11\ 233{,}33 \text{ руб.}$$

Аналогичным способом производен расчет амортизационных отчислений для остального оборудования, результаты расчетов представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Расчет бюджета амортизационных отчислений спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	СПИ, мес.	Амортизация (Зм), руб.
Координатно-расточный станок 2А450	шт.	1	1 348 000,00	120	11 233,33
Токарно-винторезный станок 16К20	шт.	1	1 250 000,00	240	5 208,33
Внутришлифовальн ый станок 3К228А	шт.	1	3 430 200,00	120	28 585,00
Итого					**45 026,66**

Таким образом, амортизационные отчисления спецоборудования для разработки технологии изготовления фланца составили 45 026,66 руб.≈45 027,00 руб.

3.3.3 Заработная плата исполнителей проекта

В настоящую статью включается основная заработная плата $З_{осн}$ и дополнительная заработная плата $З_{доп}$ руководителя темы, консультанта темы и студента-дипломника. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата руководителя темы и консультанта темы рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями. В соответствии с «Положением об оплате труда в Томском политехническом университете» [13] оклад доцента кафедры (руководитель темы) равен 35 120, 00 руб., оклад старшего преподавателя (консультант темы) равен 27 500, руб.;

- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. По условию, стимулирующая выплата в виде премии выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от оклада;

- иные выплаты, к которым в соответствии с «Положением об оплате труда в Томском политехническом университете» относится доплата кандидату технических наук (руководитель темы) составляет 3 000,00 руб., доплата консультанту темы за интенсивность труда составляет 20 % от оклада;

- районный коэффициент на территории Томской области составляет 30 %.

Основная заработная плата студента-дипломника рассчитывается на основании «Положения об оплате труда Томский РВПиС» [14] и предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется штатным расписанием Томский РВПиС [15], оклад начальника ремонтно-эксплуатационной базы (студент-дипломник) равен 15 800, 00 руб.;

- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. По условию, стимулирующая выплата в виде премии выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от оклада;

- иные выплаты, к которым в соответствии с «Положением об оплате труда Томский РВПиС» относится доплата за напряженность труда (выплачивается ежемесячно) составляет 20 % от оклада;

- районный коэффициент на территории Томской области составляет 30 %.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} * Т_р, \quad (3.8)$$

где $Т_р$ – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, раб.дн. (таблица 3.10);

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Чтобы провести расчет $Т_р$ для каждого исполнителя проекта воспользуемся следующей формулой:

$$Т_р = \Sigma Т_р / Т_{р\ ср} * n, \quad (3.9)$$

где $\Sigma Т_р$ – сумма длительности работ, раб.дн.;

$Т_{р\ ср}$ – среднее количество рабочих дней, раб.дн.;

n – количество работ выполняемых исполнителем проекта.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = (З_м * М) / F_д, \quad (3.10)$$

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

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- для студента-дипломника при отпуске в 40 раб.дн. М равен 10,5 месяцев, 5-дневная неделя;

- для руководителя темы и консультанта темы при отпуске в 56 раб.дн. М=10 месяцев, 6-дневная неделя;

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, раб.дн.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_м = З_{тс} * (1 + k_{пр} + k_д) * k_р, \quad (3.11)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{тс}$);

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок, принимаем для:

- руководителя темы 0,85 (т.к. доплата в 3 000, руб. от оклада в 35 120,00 руб. составляет 85 %);

- консультанта темы и студента дипломника 0,2 (т.к. доплата составляет 20% от оклада);

$k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} * З_{осн}, \quad (3.12)$$

где $k_{доп}$ – это коэффициент дополнительной заработной платы (на

стадии проектирования принимаем равным 0,15).

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп} \quad (3.13)$$

На основании приведенных выше формул произведем расчет заработной платы руководителя темы:

$З_м = З_{тс} * (1 + k_{пр} + k_д) * k_р$ =35 120 * (1 + 0,3 + 0,85) * 1,3 = 98 160,40 руб.

$З_{дн} = (З_м * М) / F_д$ = (98 160,40 * 10) / (366 – 66 – 56) = 4 023,00 руб.

$Т_р = ΣТ_р / Т_{р\ ср} * n$ = 97 / 32 * 6 = 18 раб.дн.

$З_{осн} = З_{дн} * Т_р$ = 4 023,00 * 18 = 73 186,00 руб.

$З_{доп} = k_{доп} * З_{осн}$ = 0,15 * 73 186,00 = 10 978,00 руб.

$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп}$ = 73 186,00 + 10 978,00 = 84 164,00 руб.

Аналогичным способом произведем расчет заработной платы консультанта темы:

$З_м = З_{тс} * (1 + k_{пр} + k_д) * k_р$ =27 500 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 53 625,00 руб.

$З_{дн} = (З_м * М) / F_д$ = (53 625,00 * 10) / (366 – 66 – 56) = 2 197,80 руб.

$Т_р = ΣТ_р / Т_{р\ ср} * n$ = 97 / 32 * 10 = 30 раб.дн.

$З_{осн} = З_{дн} * Т_р$ = 2 197,80 * 30 = 66 619,20 руб.

$З_{доп} = k_{доп} * З_{осн}$ = 0,15 * 66 619,20 = 9 992,90 руб.

$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп}$ = 66 619,20 + 9 992,90 = 76 612,10 руб.

Произведем расчет заработной платы студента-дипломника:

$З_м = З_{тс} * (1 + k_{пр} + k_д) * k_р$ =15 800 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 30 810,00 руб.

$З_{дн} = (З_м * М) / F_д$ = (30 810,00 * 10,5) / (366 – 118 – 40) = 1 555,30 руб.

$Т_р = ΣТ_р / Т_{р\ ср} * n$ = 97 / 32 * 16 = 49 раб.дн.

$З_{осн} = З_{дн} * Т_р$ = 1 555,30 * 49 = 75 432,70 руб.

$З_{доп} = k_{доп} * З_{осн}$ = 0,15 * 75 432,70 = 11 314,90 руб.

$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп}$ = 75 432,70 + 11 314,90 = 86 747,60 руб.

Результаты произведенных расчетов представим в таблице 3.14:

Таблица 3.14 – Расчет заработной платы исполнителей проекта

Исполнитель проекта	Зтс, руб.	к пр	к д	к р	З м, руб.	З дн, руб.	Т тр, раб. дн.	З осн, руб.	к д	З доп, руб.	З ЗП, руб.
Руководитель темы	35 120,00	0,3	0,85	1,3	98 160,40	4 024,00	18	73 186,00	0,15	10 978,00	84 164,00
Консультант темы	27 500,00	0,3	0,2	1,3	53 625,00	2 197,80	30	66 619,20	0,15	9 992,90	76 612,10
Студент-дипломник	15 800,00	0,3	0,2	1,3	30 810,00	1 555,30	49	75 432,70	0,15	11 314,90	86 747,60
Итого	**78 420,00**				**182 595,40**	**7 777,10**	**97**	**215 237,90**		**32 285,80**	**247 523,70**

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Поскольку Федеральный закон «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования» от 24.07.2009 N 212-ФЗ утратил силу, в настоящей выпускной квалификационной работе в целях расчета отчислений во внебюджетные фонды будем руководствоваться Федеральным законом от 01.04.2020 N 102-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [16], Приказом ФНС России от 18.09.2019 N ММВ-7-11/470@ «Об утверждении формы расчета по страховым взносам, порядка ее заполнения, а также формата представления расчета по страховым взносам в электронной форме и о признании утратившим силу приказа Федеральной налоговой службы от 10.10.2016 N ММВ-7-11/551@» [17].

Размер страховых взносов в 2020 году составляет 30 % (из них: обязательное пенсионное страхование (ОПС) – 22 %; обязательное медицинское страхование (ОМС) – 5,1 %; страховые взносы по временной нетрудоспособности и материнству (ВНиМ) – 2,9 %). В соответствии с

подпунктом 7 пункта 1 статьи 427 Налогового кодекса Российской Федерации [18] для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2020 году применяется пониженная ставка – 20% (из них: ОПС – 20 %; ОМС – 0 %; ВНиМ – 0 %).

Результаты расчетов отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей проекта представлены в таблице 3.15:

Таблица 3.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$З_{осн}$, руб.	$З_{доп}$, руб.
Руководитель темы	73 186,00	10 978,00
Консультант темы	66 619,20	9 992,90
Студент-дипломник	75 432,70	11 314,90
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды (пониженный)	0,2	
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Руководитель темы	16 833,00	
Консультант темы	15 322,00	
Студент-дипломник	26 024,00	
Итого отчисления во внебюджетные фонды	**58 179,00**	

Таким образом, отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) за всех исполнителей проекта составляют 58 179,00 руб.

3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{нак} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) * k_{нр}, \quad (3.14)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем в размере 16 %.

Произведем расчет накладных расходов:

$З_{нак} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) * k_{нр} = (З_{м} + З_{АО} + З_{ЗП} + З_{внеб}) * k_{нр} =$

= (21 045,00 + 45 026,66 + 247 523,70 + 58 179,00) * 0,16 =

= 59 484,00 руб.

Таким образом, накладные расходы на разработку технологии изготовления фланца составили 59 484,00 руб.

3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Далее в настоящей выпускной квалификационной работе будут применены следующие определения:

- исп.1 – разработка технологии изготовления фланца в настоящем исследовании;
- исп.2 – технология изготовления фланца в ООО «Сибмаш»;
- исп.3 – технология изготовления фланца в АО «НПФ «Микран».

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения разработки технологии изготовления фланца представлен в таблице3.16.

Таблица 3.16 – Бюджет затрат на проектирование разработки технологии изготовления фланца

Наименование статьи	Сумма, руб.	Сумма, руб.	Сумма, руб.	В % к итогу	В % к итогу	В % к итогу
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты ($З_М$)	21 045,00	27 900,00	25 420,00	4,88	5,40	5,09
2. Затраты на специальное борудование для научных (экспериментальных) работ ($З_{АО}$)	45 027,00	68 030,00	53 900,00	10,44	13,17	10,79
3. Заработная плата (основная и дополнительная) исполнителей проекта ($З_{ЗП}$)	247 523,70	268 650,00	270 310,00	57,40	52,02	54,10
4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ($З_{внеб}$)	58 179,00	80 595,00	81 093,00	13,49	15,61	16,23
5. Накладные расходы ($З_{нак}$)	59 484,00	71 228,00	68 915,70	13,79	13,79	13,79
6. Бюджет затрат на проектирование	**431 258,70**	**516 403,00**	**499 638,70**	**100,00**	**100,00**	**100,00**

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

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

3.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования (таблица 3.16) и определяют как:

$$I_{исп.i/финр} = Ф_{pi}/Ф_{max}, \quad (3.15)$$

где $I_{исп.i/финр}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$Ф_{max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Определим интегральные показатели финансовой эффективности для каждого варианта исполнения:

$I_{исп.1/финр} = Ф_{p1} / Ф_{max}$ = 486 968,30 / 516 403,00 = 0,94;

$I_{исп.2/финр} = Ф_{p2} / Ф_{max}$ = 516 403,00 / 516 403,00 = 1;

$I_{исп.3/финр} = Ф_{p3} / Ф_{max}$ = 499 638,70 / 516 403,00 = 0,97.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования отражает численное удешевление стоимости разработки в разах по сравнению с имеющимися технологическими процессами.

3.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов

исполнения разработки технологии изготовления фланца определить следующим образом:

$$I_{pi} = \Sigma a_i * b_i, \quad (3.16)$$

где I_{pi} − интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i − весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i −бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Произведем расчет интегрального показателя ресурсоэффективности разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования:

$I_{pi} = \Sigma a_i / b_i = 0,3 * 5 + 0,2 * 4 + 0,2 * 5 + 0,2 * 4 + 0,1 * 4 = 4,1$

Аналогичным способом произведены расчеты интегральных показателей ресурсоэффективности технологии изготовления фланца в ООО «Сибмаш» и АО «НПФ «Микран», результаты расчетов представлены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3	I_p1	I_p2	I_p3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,30	5	4	3	1,5	1,2	0,9
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	4	3	3	0,8	0,6	0,6
3. Энергосбережение	0,20	5	4	4	1	0,8	0,8
4. Надежность	0,20	4	4	4	0,8	0,8	0,8
5. Материалоемкость	0,10	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого	**1,00**	**18,00**	**15,00**	**14,00**	**4,10**	**3,40**	**3,10**

3.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($Э_{ср}$) рассчитывается по формуле:

$$Э_{ср} = I_{исп1} / I_{исп2}, \quad (3.17)$$

где $I_{исп1}$ – это интегральный показатель эффективности для исп.1;

$I_{исп2}$ – это интегральный показатель эффективности для исп.2.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности разработки технологии изготовления фланца в настоящем исследовании относительно технологий изготовления фланца в ООО «Сибмаш» и АО «НПФ «Микран» представлены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	1,00	0,97
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,10	3,40	3,10
Интегральный показатель эффективности	0,20	0,29	0,31
Сравнительная эффективность вариантов исполнения исп.1 с исп.2	0,69		
Сравнительная эффективность вариантов исполнения исп.1 с исп.3	0,65		

Сравнительный анализ показал, что эффективность варианта разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования более конкурентоспособна по отношению к имеющимся технологическим процессам.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его слабые и сильные стороны.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта, в результате которого был установлен срок реализации проекта – 118 календарных дней.

Бюджет затрат на реализацию разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования составил 431 258,70 руб. Показатель финансовой эффективности разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования отражает численное удешевление стоимости разработки в разах по сравнению с имеющимися технологическими процессами и равен 0,84. Показатель ресурсоэффективности разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования по пятибалльной шкале равен 4,10, что значительно выше показателей ресурсоэффективности имеющихся технологических процессов.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что разработанная технология изготовления фланца настоящего исследования является более эффективной, чем существующие технологические процессы. Данная технология является экономически целесообразной и может использоваться на предприятии взамен существующим.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-8Л51	Назаренко Михаилу Михайловичу

Школа	**ИШНПТ**	**Отделение школы (НОЦ)**	**Материаловедение**
Уровень образования	бакалавр	**Направление/специальность**	15.03.01

Тема ВКР:

Разработка технологии изготовления Фланца

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
4. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: процесс разработки технологии изготовления фланца, воздействие процесса и рабочей зоны на организм человека и окружающую среду
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Нормативные документы: ТК РФ, Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ, Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: 1. Отклонение показателей микроклимата; 2. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума; 3. Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения; 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 5. Неудобная рабочая поза
3. Экологическая безопасность:	Область воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу: безотходная или малоотходная технология производства; раздельный сбор мусора, утилизация средств освещения
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: подтопление и затопление в весеннее половодье, пожар; - реальная ЧС: режим «Повышенная готовность»

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.2020

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Белоенко Е.В.	к.т.н.		16.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Л51	Назаренко М.М.		16.03.2020

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования в настоящем разделе выпускной квалификационной работы, является процесс разработки технологии изготовления фланца, а также воздействие процесса и рабочей зоны на организм человека и окружающую среду. Под рабочей зоной в настоящем разделе принимается рабочее место инженера-технолога, а также производственный цех с имеющимися в нем станками и оборудованием, участвующими в производстве изготовления фланца.

Фланец, проектируемый в настоящей выпускной квалификационной работе – это плоская круглая деталь с 21-им отверстием для болтов либо шпилек. Область применения фланца достаточно широка, поскольку он применяется при строительстве трубопроводов, независимо от того, в каких целях используются трубы: газопроводы, нефтепродукты, водопроводы и т.п.

Разработка технологии изготовления фланца будет проанализирована с точки зрения социальной ответственности. С этой целью в настоящем разделе приведены специальные нормы трудового законодательства, применимые к данной технологии изготовления детали, учтены требования к эргономике рабочего пространства, в частности создана комфортная компоновка рабочей среды. Проанализированы возможные источники возникновения опасных и вредных факторов, которым подвергаются работники производства при изготовлении фланца, предложены пути минимизации воздействия этих факторов. Также выявлено влияние спроектированного процесса на окружающую среду, выбраны мероприятия по обеспечению экологической безопасности, а также проанализированы возможные чрезвычайные ситуации, из них выбрана наиболее вероятная, разработаны меры по предупреждению ее возникновения.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Процесс разработки технологии изготовления фланца – это трудовая функция работника (работников), как правило, на производстве данную функцию выполняет инженер-технолог. Трудовые функции и трудовые отношения регламентируются Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) (далее – ТК РФ) [19], имеющим приоритетное значение перед другими действующими федеральными законами, связанными с трудовыми отношениями, с Указами Президента РФ, Постановлениями Правительства РФ и другими нормативными актами РФ.

Анализ правовых норм трудового законодательства Российской Федерации выявил, что в соответствии со статьей 210 ТК РФ государство является надзорным органом, требующим и контролирующим обеспечение работодателем безопасных условий труда, которые согласно статье 212 ТК РФ работодатель обязан предоставить работнику.

В соответствии со статьей 100 ТК РФ режим рабочего времени инженера-технолога должен предусматривать пятидневную рабочую неделю с двумя выходными днями. В соответствии со статьей 115 ТК РФ инженеру-технологу должен предоставляется ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительностью 28 календарных дней. Также частью 3 статьи 133, частью 11 статьи 133.1 ТК РФ инженеру-технологу гарантирована месячная заработная плата (отработавшего за этот период норму рабочего времени и выполнившего нормы труда (трудовые обязанности), не ниже МРОТ (минимальный размер оплаты труда).

Согласно статье 215 ТК РФ проекты технологических процессов должны соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда. Технологические процессы, материалы должны соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда и иметь декларацию о соответствии и (или) сертификат соответствия. В

производстве запрещается применение вредных или опасных веществ, материалов, продукции, товаров, токсикологическая (санитарно-гигиеническая, медико-биологическая) оценка которых не проводилась [19].

Кроме того, действует Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ (ред. от 01.04.2020) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» [20]. Данный закон устанавливает порядок осуществления обязательного страхования от несчастных случаев на производстве, а также возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при наступлении таких несчастных случаев.

Следует отметить, что на деятельность инженера-технолога распространяется действие Приказа Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 13.12.2019) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» [21] в части прохождения первичных (при устройстве на работу) и периодических медицинских осмотров.

Помимо ТК РФ на разработку технологии изготовления фланца действуют различные СНиП, СанПиН, ГОСТ. Данные нормативные документы необходимы для обеспечения безопасности, а также создания комфортной среды для работников на производстве.

4.2 Производственная безопасность

На основании «ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» (введен в действие Приказом

Росстандарта от 09.06.2016 N 602-ст) [22] были идентифицированы потенциальные вредные и опасные факторы, характерные для разработки технологии изготовления фланца. Перечень выявленных возможных вредных и опасных факторов представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Возможные вредные и опасные факторы, характерные для разработки технологии изготовления фланца

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388) (ред. от 20.06.2000) [23]
2. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности (введен в действие Приказом Росстандарта от 29.12.2014 N 2146-ст) [24] СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 N 36)[25]
3. Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения	+	+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (Зарегистрировано в Минюсте России 08.08.2016 N 43153) [26]
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18.06.2003 N 4710) [27] ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1) [28]
5. Неудобная рабочая поза	+	+	+	«Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005) [29]

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

1) Отклонение показателей микроклимата.

Основными параметрами, характеризующими микроклимат на рабочем месте являются: температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение. Несоответствие параметров микроклимата рабочей зоны допустимым ведет к снижению комфорта работников, качества выполняемой работы, приводит к высокой утомляемости, а при длительном несоответствии требуемым приведет к проблемам со здоровьем.

Допустимые нормы микроклимата в производственных помещениях регламентируются ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, оптимальные параметры представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Микроклимат в производственных условиях [23]

Период года	Категория работ	Температура, °С			Относительная влажность, %	
		Оптимальная	Допустимая			
			Верхняя граница	Нижняя граница	Оптимальная	Допустимая, не более
Холодный	Легкая	21-23	24	20	40-60	75
	Средней тяжести	17-19	21	23	40-60	75
Теплый	Легкая	22-24	28	30	40-60	60 (при 27°С)
	Средней тяжести	20-22	27	16	40-60	70 (при 25°С)

Для достижения необходимых параметров микроклимата рабочей зоны необходимо обеспечить надлежащий тепло- и воздухообмен, вентиляцию помещения в теплое время года и отопление в холодное, изолировать источники высокой и низкой температуры.

2) Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума

Основными источниками шума при изготовлении фланца являются: Координатно-расточный станок 2А450, Токарно-винторезный станок 16К20, Внутришлифовальный станок 3К228А. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96.2.2.4, допустимый уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80 дБ [25]. Его превышение влечет за собой не только

тугоухость при длительных воздействиях, но и снижает скорость реакций, что резко повышает вероятность несчастного случая на производстве.

К средствам индивидуальной защиты от воздействия шума относятся одноразовые или многоразовые вкладыши (беруши), защитные наушники с пассивной защитой или активным шумоподавлением. Коллективная защита заключается в планировке помещения, позволяющей снизить воздействие шума и изменить его направленность.

3) Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения рабочей зоны

Освещение рабочей зоны должно быть оптимальным по величине, а его спектр должен быть максимально приближен к дневному (солнечному) освещению, лучше всего соответствующему физиологии человека. Чрезмерно высокая освещенность так же, как и недостаточная, вызывает быстрое утомление глаз, снижение видимости. Освещение должно быть достаточно равномерным по площади, так как при переводе взгляда с менее освещенных на ярко освещенные поверхности и наоборот происходит снижение остроты зрения на некоторый период времени, связанный с переадаптацией глаз.

Мерой защиты от данного фактора является подбор оптимального освещения в зависимости от вида работ. Кроме того, освещенность может быть повышена на тех участках рабочей зоны, где это оправдано или приведет к более комфортной работе.

4) Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Источником опасности в производственном цехе (рабочей зоне) в процессе изготовления детали «Фланец» может стать случайное прикосновение к токоведущим частям, появление напряжения на металлических конструкциях оборудования из-за нарушения изоляции, появление напряжения на отключенных токоведущих частях в случае

ошибочного включения установки и возникновение шагового напряжения в случае замыкания провода на землю.

При прохождении через тело человека ток вызывает три вида поражений: термическое, электролитическое и биологическое. В таблице 4.3 представлены предельно допустимые уровни токов и напряжения, регламентирующиеся «ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.Предельнодопустимые значения напряжений прикосновения и тока».

Таблица 4.3 – Допустимые уровни токов и напряжения [28]

Ток	U, В не более	I, А не более
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1,0

К индивидуальным средствам защиты можно отнести: диэлектрические перчатки с защитой до 7500В, диэлектрические боты, коврики, изолирующие приспособления, специальная одежда и обувь с защитой от поражения электродугой. К коллективным средствам защиты от поражения электрическим током относят следующие средства:

- защитное разделение сети, применение двойной изоляции, защитное заземление;

- зануление, выравнивание потенциала и организация безопасной эксплуатации электроустановок.

5) Неудобная рабочая поза

Характер рабочей позы обусловлен организацией технологического процесса и рабочего места. При разработке технологии изготовления фланца, оценивая характер рабочей позы следует иметь ввиду, что:

- свободная поза комфортна и может быть изменена в любой момент по усмотрению работника;

- фиксированная поза (очевидно, сидя для инженера-технолога), может иметь место в условиях, когда рабочее место достаточно эргономично, но технологический процесс не позволяет ее покинуть.

Неудобное положение тела, возникающее вследствие конструктивных недостатков промышленного оборудования и производственной мебели, легко может привести к усталости и появлению патологических изменений в организме вплоть до развития тяжелейшего поясничного синдрома, базирующегося на выпячивании студнеобразного ядра межвертебральных дисков.

Для работающих сидя, рекомендуется менять позы, а также предусмотреть оптимальное использование производственной мебели и оборудования. Это способствует облегчению и сохранению компенсаторных возможностей организма путем уменьшения значимости невыгодных моментов сидения.

4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

В соответствии с Федеральным законом «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 N 426-ФЗ (далее – закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ) [30] первоочередным мероприятием по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов при разработке технологии изготовления фланца является проведение специальной оценки условий труда рабочего места инженера-технолога (далее – СОУТ). Согласно статье 68 ТК РФ и статье 15 закона от 28.12.2013 N 426-ФЗ инженер-технолог (работник) должен быть ознакомлен с результатами СОУТ, знать параметры имеющихся вредных и опасных факторов, планы профилактических мероприятий, полагающиеся ему льготы и компенсации за работу во вредных условиях труда.

Кроме технических устройств, в помещении инженера-технолога должны быть:

- инструкции по охране труда и пожарной безопасности;

- нормативно-техническая документация и методические материалы, необходимые для работы;

- плакаты по охране труда (в том числе и при работе на персональном компьютере (далее – ПК);

- аптечка первой помощи.

Также особому вниманию подлежит индивидуальный подход в ограничении времени работы на ПК, коррекция длительности перерывов для отдыха или смена деятельности на другую, не связанную с использованием ПК, применяется в случаях возникновения при работе с ПК зрительного дискомфорта и других неблагоприятных субъективных ощущений, несмотря на соблюдение санитарно-гигиенических, эргономических требований, режима труда и отдыха.

Инженер-технолог должен быть обеспечены следующими средствами защиты:

- заземляющие устройства (контуры заземления, зануления);

- аппараты и устройства для аэроионизации воздуха;

- приборы и устройства для обеспыливания и обеззараживания воздуха;

- системы и устройства для вентиляции, кондиционирования и отопления.

Конструкция рабочего стола инженера-технолога должна обеспечивать оптимальное размещение оборудования и оргтехники с учетом их конструктивных особенностей (размер ПК, клавиатуры, пюпитра и др.) и характера выполняемой работы. Дисплей в зависимости от размеров алфавитно-цифровых знаков должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 60 - 70 см, но не ближе 50 см.

Для создания и автоматического поддержания на рабочее зоне инженера-технолога независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха.

Длительное воздействие шумов отрицательно сказываются на эмоциональном состоянии инженера-конструктора. Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [24] эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА. Для того чтобы добиться этого уровня шума рекомендуется применять звукопоглощающее покрытие стен.

В производственных и административных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк.

4.3 Экологическая безопасность

В соответствии со статьей 1 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ [31] экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Наиболее активная форма экологической безопасности – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходному производству при разработке технологии изготовления фланца необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров и, соответственно, бумаги. Также необходимо позаботиться о раздельных контейнерах для отходов бытового и производственного характера: отдельные мусорные баки для

бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с организацией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов компаниям, занимающимся переработкой отходов. Также необходимо утилизировать средства освещения. В г. Томске принимают энергосберегающие лампы на утилизацию Научно-производственное предприятие «ЭКОТОМ» и ОАО «Полигон».

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В настоящей выпускной квалификационной работе актуальным представляется рассмотреть разработку технологии изготовления фланца в режиме «Повышенная готовность», введенном распоряжением Администрации Томской области от 18.03.2020 № 156-ра «О введении режима функционирования «повышенная готовность» для органов управления и сил звеньев территориальной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на территории Томской области» [32].

При разработке технологии изготовления фланца в режиме «Повышенная опасность» в целях профилактики короновирусной инфекции инженеру-технологу необходимо соблюдать следующие правила:

- не прикасаться руками к лицу;
- мыть руки, использовать антисептики и перчатки;
- носить маску, которую необходимо менять каждые 2-3 часа;
- избегать близких контактов, соблюдать социальную дистанцию (расстояние в 1,5-2 м);
- проветривать помещение в течение не менее 20 минут каждые 2 часа.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

В результате выполнения данного раздела проведен анализ нормативно-правовых актов РФ, регулирующих безопасность при разработке технологи изготовления фланца, выявлены специальные нормы трудового законодательства, регламентирующие деятельность инженера-технолога.

Выявлены потенциально вредные и опасные факторы, проведен их анализ и разработаны решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных вредных и опасных факторов, оказывающих негативное влияние на инженера-технолога, определены средства индивидуальной и коллективной защиты, снижающие или устраняющие влияние вредных и опасных факторов.

Проведен анализ воздействия разработки технологии изготовления фланца на окружающую среду, в результате которого разработаны мероприятия по экологической безопасности, сокращающие негативное воздействие на нее.

Кроме того, разработаны профилактические мероприятия для инженера-технолога, разрабатывающего технологию изготовления фланца в режиме «Повышенная готовность».

Таким образом, можно утверждать, что настоящий проект соответствует требованиям и нормам безопасности и может реализовываться на производстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы по теме «Разработка технологии изготовления фланца», в технологической части, решены следующие задачи:

- определён тип производства;

- выбрана заготовка и разработан маршрут технологии изготовления фланца;

- рассчитаны допуски технологических размеров и технологические размеры;

- рассчитаны режимы резания для всех переходов;

- пронормированны все технологические операции.

Решение вышеперечисленных задач позволило получить технологию изготовления фланца, которую можно применить практически на любой производственной площадке, так как большинство производственных площадок оснащено универсальным оборудованием, следовательно, у разработанной технологии широкий круг применения.

В ходе выполнения конструкторской части была разработана коническая оправка, конструкция которой позволяет в условиях среднесерийного производства, очень быстро и с маленькой величиной погрешности закрепления в обычный токарный самоцентрирующий патрон закреплять заготовки с конической внутренней поверхностью и производить их наружную обработку с требуемой точностью и шероховатостью поверхности.

В результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведен анализ

конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его слабые и сильные стороны.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта, в результате которого был установлен срок реализации проекта – 118 календарных дней.

Бюджет затрат на реализацию разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования составил 431 258,70 руб. Показатель финансовой эффективности разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования отражает численное удешевление стоимости разработки в разах по сравнению с имеющимися технологическими процессами и равен 0,84. Показатель ресурсоэффективности разработки технологии изготовления фланца настоящего исследования по пятибалльной шкале равен 4,10, что значительно выше показателей ресурсоэффективности имеющихся технологических процессов.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что разработанная технология изготовления фланца настоящего исследования является более эффективной, чем существующие технологические процессы. Данная технология является экономически целесообразной и может использоваться на предприятии взамен существующим.

В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» проведен анализ нормативно-правовых актов РФ, регулирующих безопасность при разработке технологи изготовления фланца, выявлены специальные нормы трудового законодательства, регламентирующие деятельность инженера-технолога.

Выявлены потенциально вредные и опасные факторы, проведен их анализ и разработаны решения, обеспечивающие снижение влияния

выявленных вредных и опасных факторов, оказывающих негативное влияние на инженера-технолога, определены средства индивидуальной и коллективной защиты, снижающие или устраняющие влияние вредных и опасных факторов.

Проведен анализ воздействия разработки технологии изготовления фланца на окружающую среду, в результате которого разработаны мероприятия по экологической безопасности, сокращающие негативное воздействие на нее.

Кроме того разработаны профилактические мероприятия для инженера-технолога, разрабатывающего технологию изготовления фланца в режиме «Повышенная готовность».

Таким образом, можно утверждать, что настоящий проект соответствует требованиям и нормам безопасности и может реализовываться на производстве.

Список используемых источников

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. 2-е изд. –Томск: Изд. ТПУ, 2009. -91 с.

3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/ под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение. 1985. 496 с., ил.

4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/ под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение. 1986. 656 с., ил.

5. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.

6. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.

7. Ансеров, М.А. Приспособление для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – 4-е изд., испр. и доп. – Л.: Машиностроение, 1985. – 656 с.

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

9. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные.

10. ГОСТ 5950-73 Прутки и полосы из инструментальной легированной стали.

11. РД 37.001.131-89 Затяжка резьбовых соединений. Нормы затяжки и технические требования.

12. Баловнев Н.П. Расчёт резьбовых соединений и винтовых механизмов. Методические указания. – М.: МАМИ, 1999, 39 с.

13. Положение об оплате труда в Томском политехническом университете

14. Положение об оплате труда Томский РВПиС

15. Штатное расписание Томский РВПиС

16. Федеральный закон от 01.04.2020 N 102-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации»

17. Приказ ФНС России от 18.09.2019 N ММВ-7-11/470@ «Об утверждении формы расчета по страховым взносам, порядка ее заполнения, а также формата представления расчета по страховым взносам в электронной форме и о признании утратившим силу приказа Федеральной налоговой службы от 10.10.2016 N ММВ-7-11/551@»

18. Налоговый кодекс Российской Федерации (подпункт 7 пункта 1 статьи 427)

19. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)

20. Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ (ред. от 01.04.2020) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»

21. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 13.12.2019) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда»

22. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» (введен в действие Приказом Росстандарта от 09.06.2016 N 602-ст)

23. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388) (ред. от 20.06.2000)

24. ГОСТ 12.1.003-2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности (введен в действие Приказом Росстандарта от 29.12.2014 N 2146-ст)

25. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 N 36)

26. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (Зарегистрировано в Минюсте России 08.08.2016 N 43153)

27. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18.06.2003 N 4710)

28. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)

29. Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005)

30. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 N 426-ФЗ

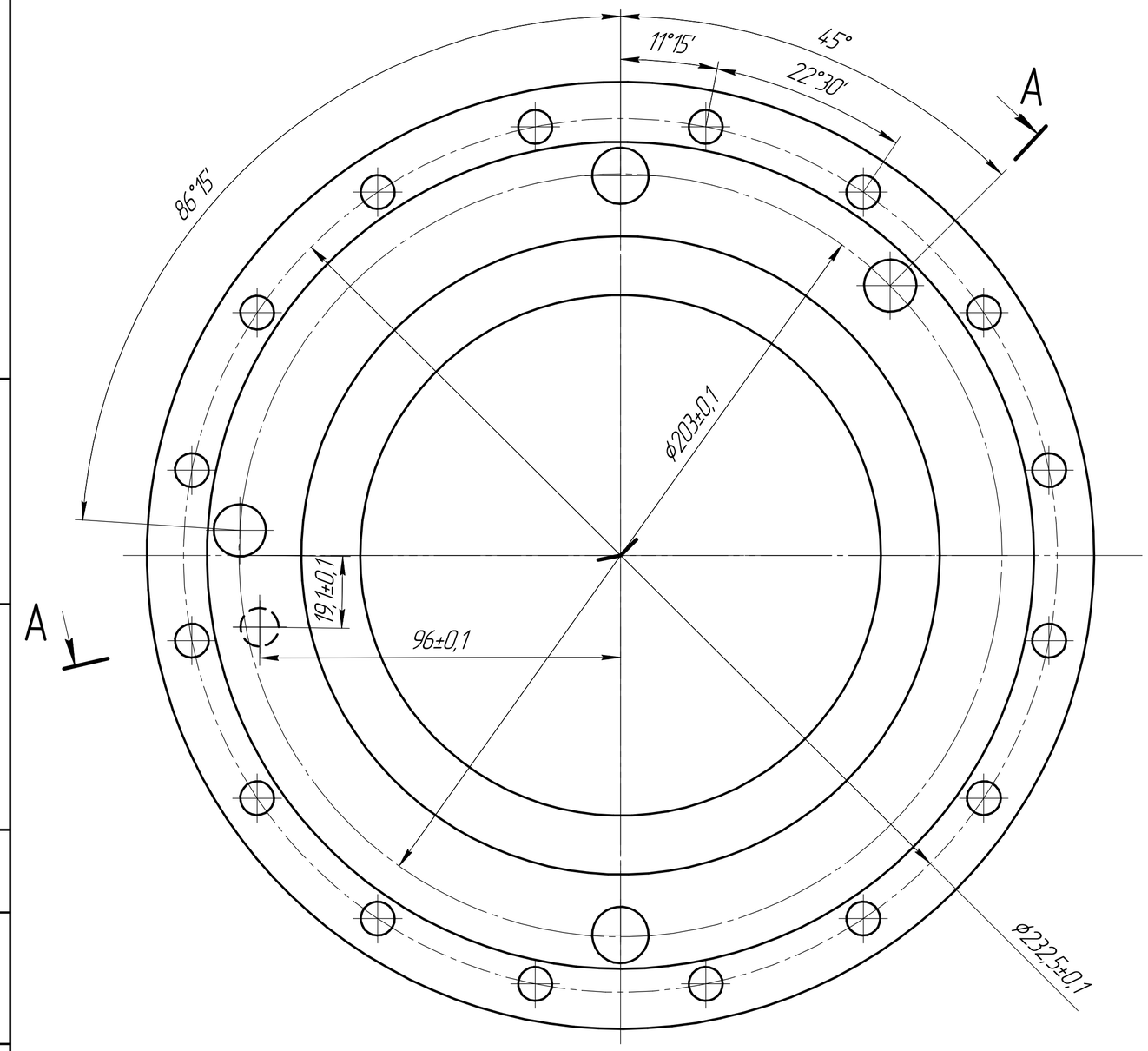
31. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ

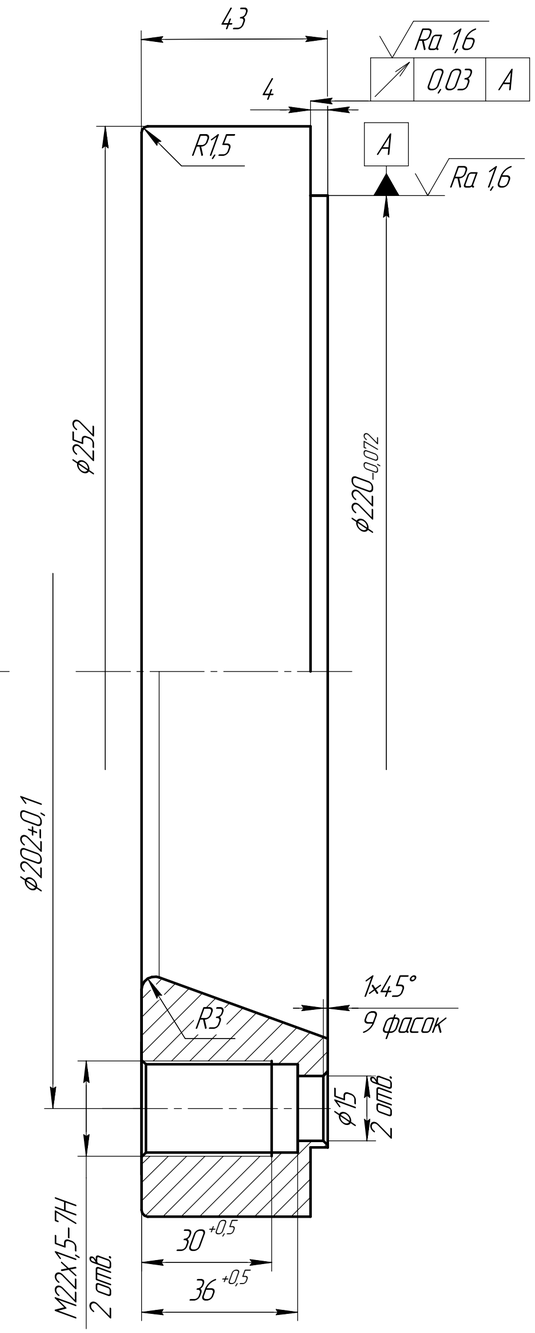
32. Распоряжение Администрации Томской области от 18.03.2020 № 156-ра «О введении режима функционирования «повышенная готовность» для органов управления и сил звеньев территориальной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на территории Томской области»

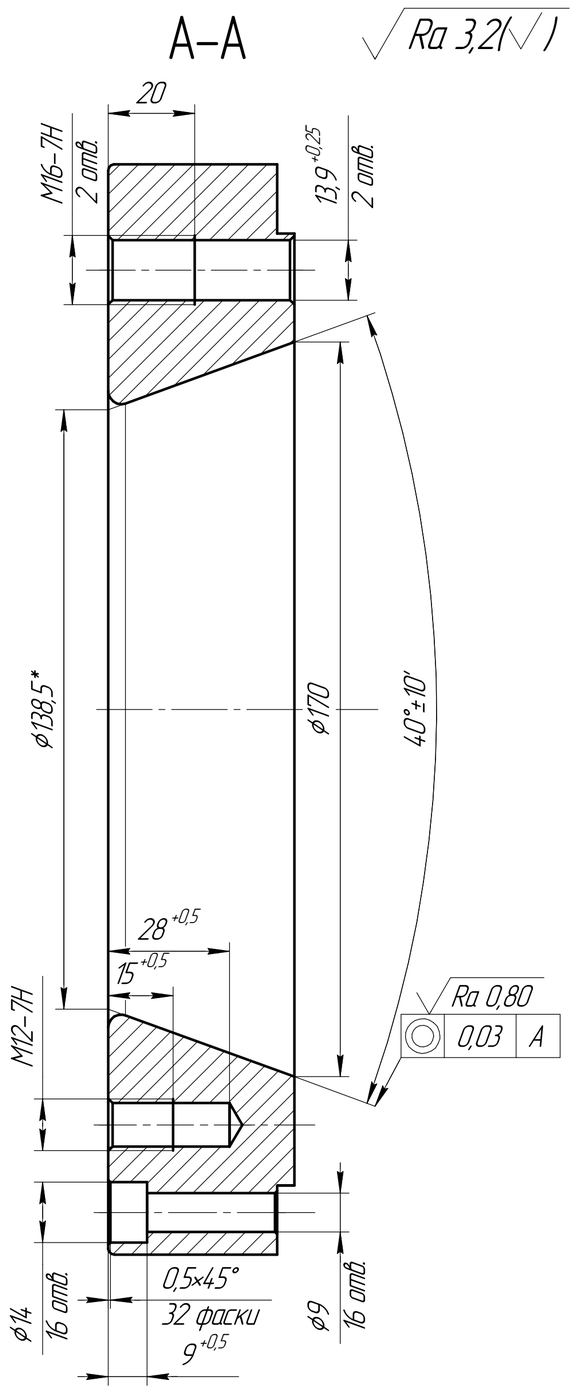
Приложение А

Чертёж детали

ИШНПТ-38/Л5117.00.00.01







1. HRC 55....58.
2. H14, h14, $\pm\frac{IT14}{2}$.
3. * размеры для справок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИШНПТ-38/Л5117.00.00.01		
Разраб.		Назаренко М.М.		20.05.2020	Фланец	Лит.	Масса	Масштаб 1:1
Пров.		Ким А.Б.				Лист	Листов 1
Т.контр.					СтХ12МФ ГОСТ 5950-2000	НИТПУ Группа 3-8/Л51	
Н.контр.							
Утв.							

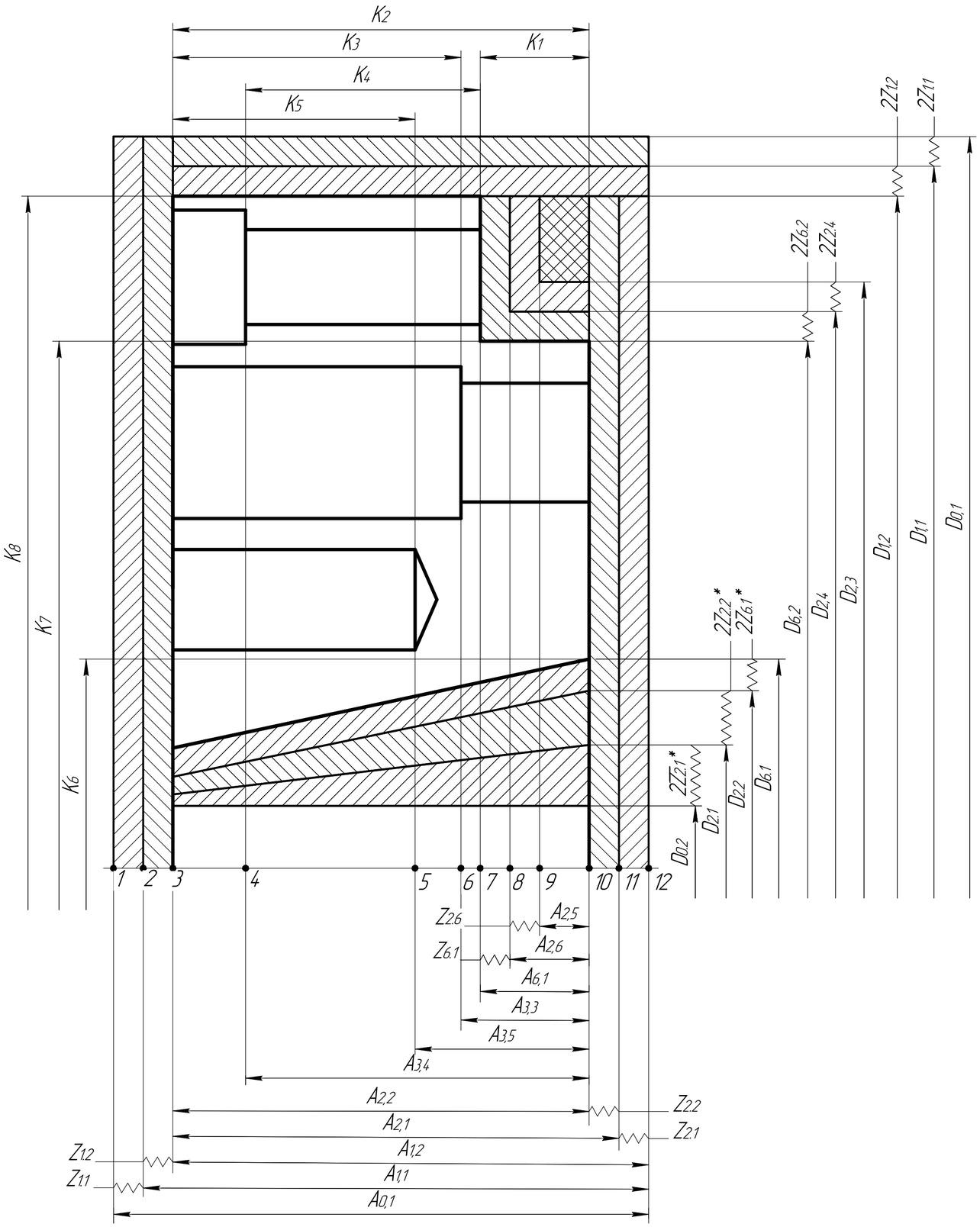
Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

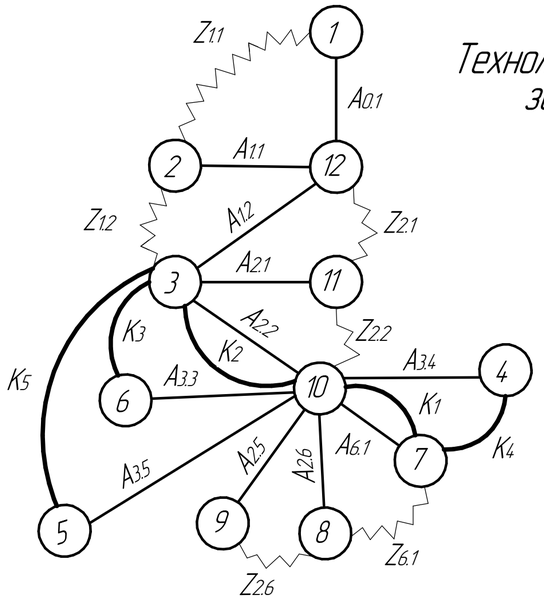
Копировал | Формат A2

Приложение Б

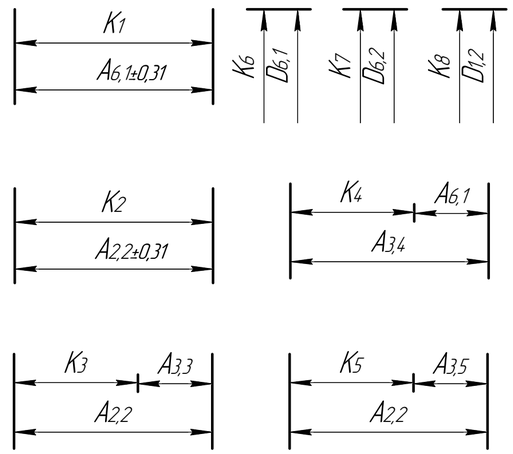
Размерный анализ

ИШНПТ-38/15117.00.00.02

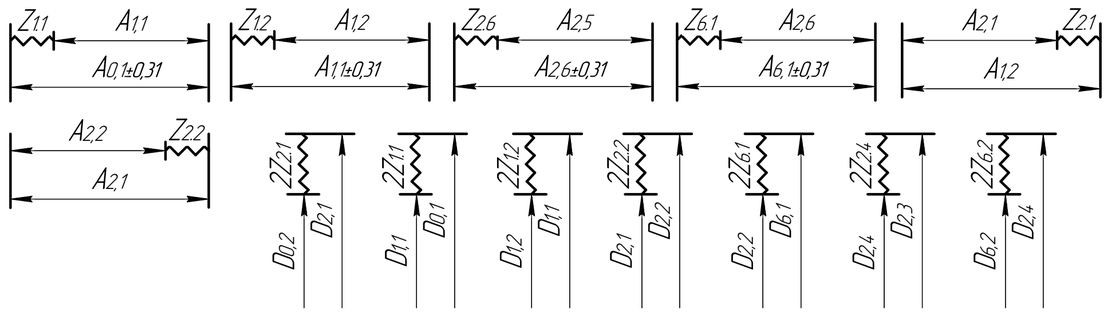




Технологические размерные цепи в которых замыкающими звеньями являются конструкторские размеры



Технологические размерные цепи, в которых замыкающими звеньями являются припуски



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИШНПТ-38/15117.00.00.02		
Разраб.		Назаренко М.М.		22.05.2020	Размерный анализ	Лит.	Масса	Масштаб б/м
Пров.		Ким А.Б.				Лист	Листов 1
Т.контр.						НИ ТПУ группа 3-8/151	
Н.контр.							
Утв.							

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А2

Приложение В

Операционная карта

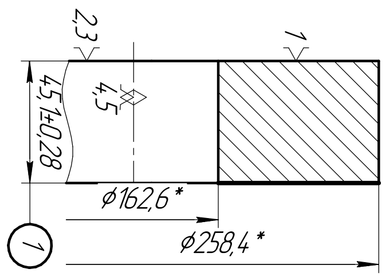
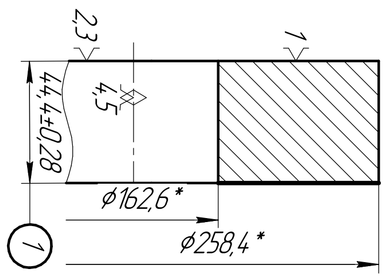
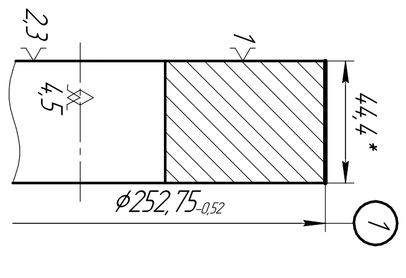
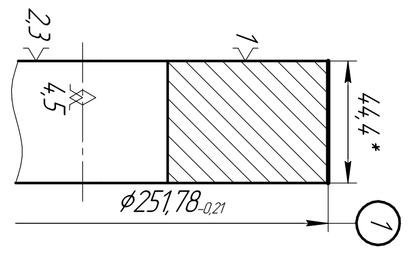
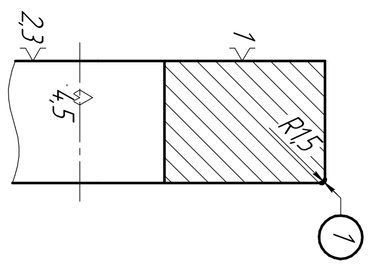
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.

Чертёж детали размещён на листе №1

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Карта технологического процесса

ОМ ИШНПТ

Номер операции	Номер перехода	Наименование и содержание операции и переходов	Операционный эскиз
1	1	Токарная	
	1	Подрезать торец, выдержав размер 1.	
	2	Подрезать торец, выдержав размер 1.	
	3	Точить поверхность, выдержав размер 1.	
	4	Точить поверхность, выдержав размер 1.	
	5	Точить галтель, выдержав размер 1.	
5	Оборудование	Токарно-винторезный станок модель 16К20	
6	Приспособление	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый 7100-0011 ГОСТ 2675-80	
7	Инструмент: режущий	Резец 2112-0057 Т15К6 ГОСТ 18880-73	
8	Инструмент: измерительный	Шаблоны радиусные, набор № 1 ГОСТ 4126-66	Микрометр МК 275-1 ГОСТ 6507-90.
9	Наличие одноврем. обраб. деталей		
10	Число рабочих ходов	2	2
11	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	3	251,78
12	Длина в направлении подачи, мм	4,7	44,4
13	Глубина резания, мм	0,31	0,41
14	Режим обработки: Подача, мм/об	0,144	0,144
15	Режим обработки: Подача, мм/мин	36	45
16	Режим обработки: Частота, об/мин	250	315
17	Режим обработки: Скорость резания, м/мин	198	249
18	Нормы времени, мин: То	0,17	2,05
19	Нормы времени, мин: Твс	2,08	
20	Нормы времени, мин: Тпз	27	
21	Нормы времени, мин: Тшт	11,65	
22	Нормы времени, мин: Тшт.к	11,68	
23	Разряд работы		

Материал: Наименование, марка	Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка: Профиль, размеры	Код и вид	Кол.	Масса, кг
Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000		9,6	Поковка		1000	14,0

Шаблоны радиусные, набор № 1 ГОСТ 4126-66	Микрометр МК 275-1 ГОСТ 6507-90.		Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89.	
2	2	3	2	1
3	251,78	252,75	258,4	258,4
4,7	44,4	44,4	47,9	47,9
0,31	0,41	3,39	0,35	4,52
0,144	0,144	0,8	0,144	0,8
36	45	80	29	80
250	315	100	200	100
198	249	79	158	79
0,17	2,05	1,74	3,47	0,62

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Назарено М.М.		10.10.20
Пров.		Ким А. Б.		
Н.контр.				
Утв.				

ИШНПТ-38/15117.00.00.02

Операционная карта

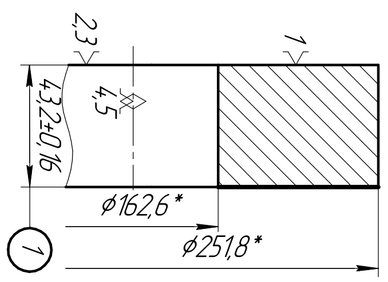
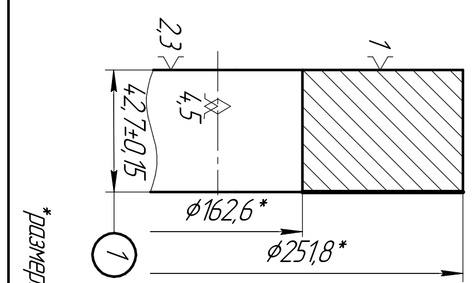
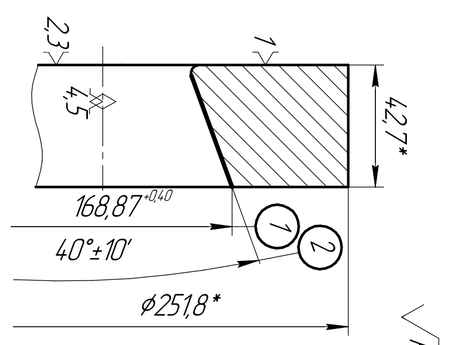
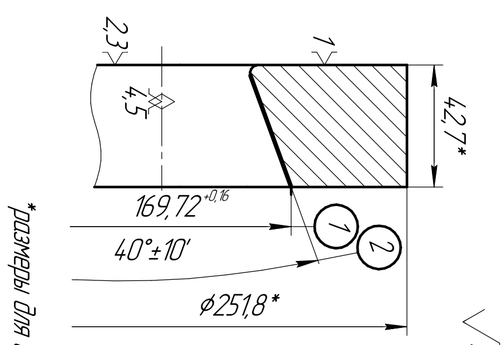
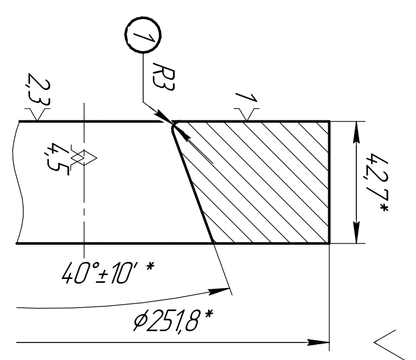
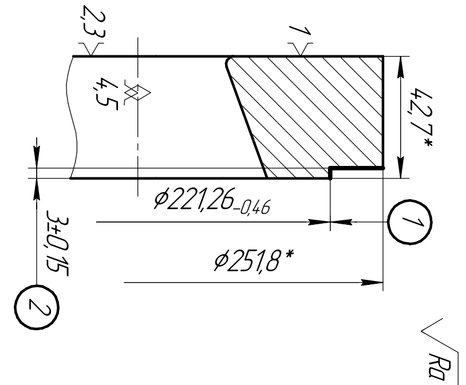
Лит.	Масса	Масштаб

Лист 1 Листов 4

НИ ТПУ
Группа 3-8/151

Копировал
Формат А1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Номер операции	Номер перехода	Наименование и содержание операции и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент: режущий	Инструмент: измерительный	Режим обработки: Подача	Режим обработки	Нормы времени, мин
1	А	Токарная		Токарно-винторезный станок модель 16К20	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый 7100-0011 ГОСТ 2675-80	Резец 2112-0057 Т15К6 ГОСТ 18880-73	Микрометр МК 225-1 ГОСТ 6507-90, Штангенглубиномер ШГ 160 ГОСТ 162-80			
2	1	Подрезать торец, выдержав размер 1.							4	4
3	2	Подрезать торец, выдержав размер 1.				Резец канавочный внутренний ГОСТ 18885-73	Шаблоны радиусные, набор № 1 ГОСТ 4126-66		3	6
4	3	Расточить поверхность, выдержав размеры 1 и 2.				Резец 2140-0025 Т15К6 ГОСТ 18882-73	Конусный калибр-пробка 40°±10' ⌀169,72$^{+0,16}$	Конусный калибр-пробка 40°±10' ⌀168,87$^{+0,40}$	2	2
5	4	Расточить поверхность, выдержав размеры 1 и 2.							2	2
6	5	Точить заоплечик, выдержав размер 1.				Резец 2112-0057 Т15К6 ГОСТ 18880-73	Глубиномер ГМ 50-1 ГОСТ 7470-92, Плита-5-3-400х400 ГОСТ 10905-86		2	1
	6	Точить поверхность, выдержав размеры 1 и 2.								
	7	Наличие одноврем. обраб. деталей								
	8	Число рабочих ходов								
	9	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм								
	10	Длина в направлении подачи, мм								
	11	Глубина резания, мм								
	12	Подача, мм/об								
	13	Подача, мм/мин								
	14	Частота, об/мин								
	15	Скорость резания, м/мин								
	16	То								
	17	Тв.с								
	18	Тп.з								
	19	Тшт								
	20	Тшт.к								
	21	Разряд работы								

*размеры для справок

Ra 6,3

Ra 3,2

ИШНПТ-38/15117.00.00.02

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

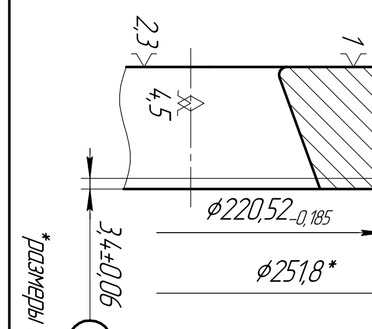
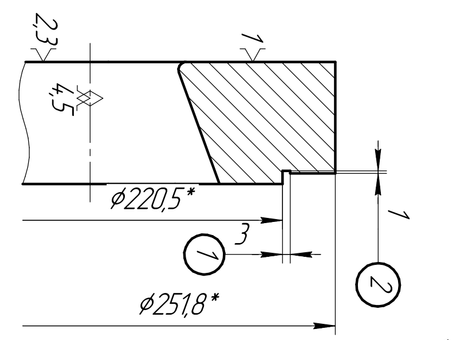
ИШНПТ-38/15117.00.00.02

Копировал

Формат А1

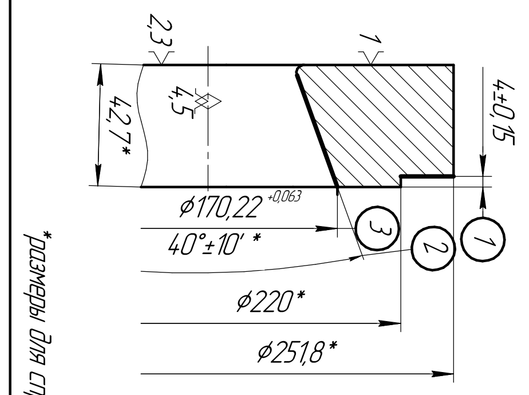
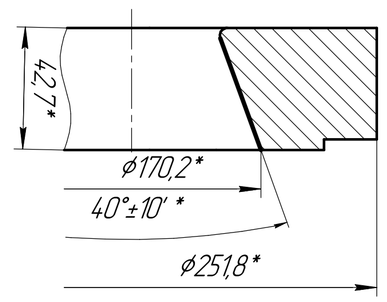
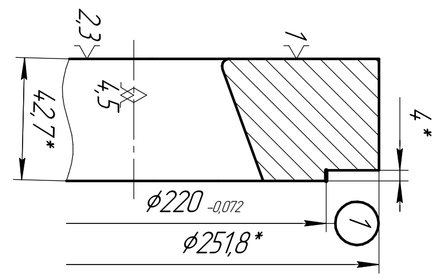
Лист 2

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Номер операции	Номер перехода	Наименование и содержание операции и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент: режущий	Инструмент: измерительный	Режим обработки: Подача мм/об	Режим обработки: Подача мм/мин	Режим обработки: Частота об/мин	Режим обработки: Скорость резания, м/мин	Нормы времени, мин: То	Нормы времени, мин: Твс	Нормы времени, мин: Тпз	Нормы времени, мин: Тшт	Нормы времени, мин: Тшт.к	Разряд работы
1	2	3	4	5	6	7	8										
	7	Точить поверхность. Выдержать размеры 1 и 2.		Токарно-винторезный станок модель 16К20	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый 7100-0011 ГОСТ 2675-80	Резец канавочный внутренний ГОСТ 18885-73	Резец 2112-0057 Т15К6 ГОСТ 18880-73										
	8	Точить технологические канавку. Выдержать размеры 1 и 2.				Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89.	Микрометр МК 225-1 ГОСТ 6507-90. Глубиномер ГМ 25-1 ГОСТ 7470-92										
	9	Наличие одноврем. обраб. деталей															
	10	Число рабочих ходов				2	2										
	11	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм				223,5	251,8										
	12	Длина в направлении подачи, мм				1	15,64										
	13	Глубина резания, мм				0,5	0,3										
	14	мм/об				0,144	0,144										
	15	мм/мин				36	36										
	16	Частота, об/мин				250	250										
	17	Скорость резания, м/мин				172,7	172,7										
	18	То				0,17	0,3										
	19	Твс				2,73											
	20	Тпз				38											
	21	Тшт				10,48											
	22	Тшт.к				10,52											
	23	Разряд работы															

Номер операции	Номер перехода	Наименование и содержание операции и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент: режущий	Инструмент: измерительный	Режим обработки: Подача мм/об	Режим обработки: Подача мм/мин	Режим обработки: Частота об/мин	Режим обработки: Скорость резания, м/мин	Нормы времени, мин: То	Нормы времени, мин: Твс	Нормы времени, мин: Тпз	Нормы времени, мин: Тшт	Нормы времени, мин: Тшт.к	Разряд работы
3	А	Координатно-сверлильная		Координатно-расточной станок модель 2А450	Приспособление специальное	Сверло правое ступенчатое специальное ø14, ø9; сверло правое ступенчатое специальное ø20,5, ø15; сверло 2300-2474 ГОСТ 10902-77; сверло 2300-5081 ГОСТ 10902-77.	Нутромер НИ 10-18-1 ГОСТ 868-82; нутромер НИ 6-10-1 ГОСТ 868-82; нутромер НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82; глубиномер ГМ50-1 ГОСТ 7470-92; плита-5-3-400х400 ГОСТ 10905-86.											
	1	Сверлить 16 отверстий, выдержав размеры 1, 6, 8, 15, 16 и 17.															
	2	Сверлить 2 отверстия, выдержав размеры 9-12.															
	3	Сверлить 2 отверстия, выдержав размеры 3, 5, 7 и 18.															
	4	Сверлить 1 отверстие, выдержав размеры 2, 4, 13 и 14.															
				1	2	2	16										
				192	203	202	232,5										
				28	42,7	42,7	39,3										
				5,1	6,95	10,25	7										
				0,16	0,16	0,16	0,16										
				1575	105,3	83,4	105										
				891,1	658	521	655										
				28,5	28,7	33,5	28,8										
				0,22	0,91	1,19	6,67										
				10,27													
				25													
				22,15													
				22,18													
4	А	Слесарная.		Верстак слесарный	Метчик 2621-1761 ГОСТ 3266-81; метчик 2621-1513 ГОСТ 3266-81; метчик 2621-1617 ГОСТ 3266-81; зенковка коническая 45°.	Пробка 8221-0088 7Н ГОСТ 17756-72; пробка 8221-0067 7Н ГОСТ 17756-72; пробка 8221-0053 7Н ГОСТ 17756-72; глубиномер ГМ50-1 ГОСТ 7470-92.											
	1	Нарезать резьбу, выдержав размеры 2 и 3.															
	2	Нарезать резьбу, выдержав размеры 5 и 6.															
	3	Нарезать резьбу, выдержав размеры 7 и 8.															
	4	Зенковать 5 отверстий, выдержав размер 1.															
	5	Зенковать 16 отверстий, выдержав размер 1.															
	Б																
	1	Зенковать 5 отверстий, выдержав размер 1.															
	2	Зенковать 16 отверстий, выдержав размер 4.															

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

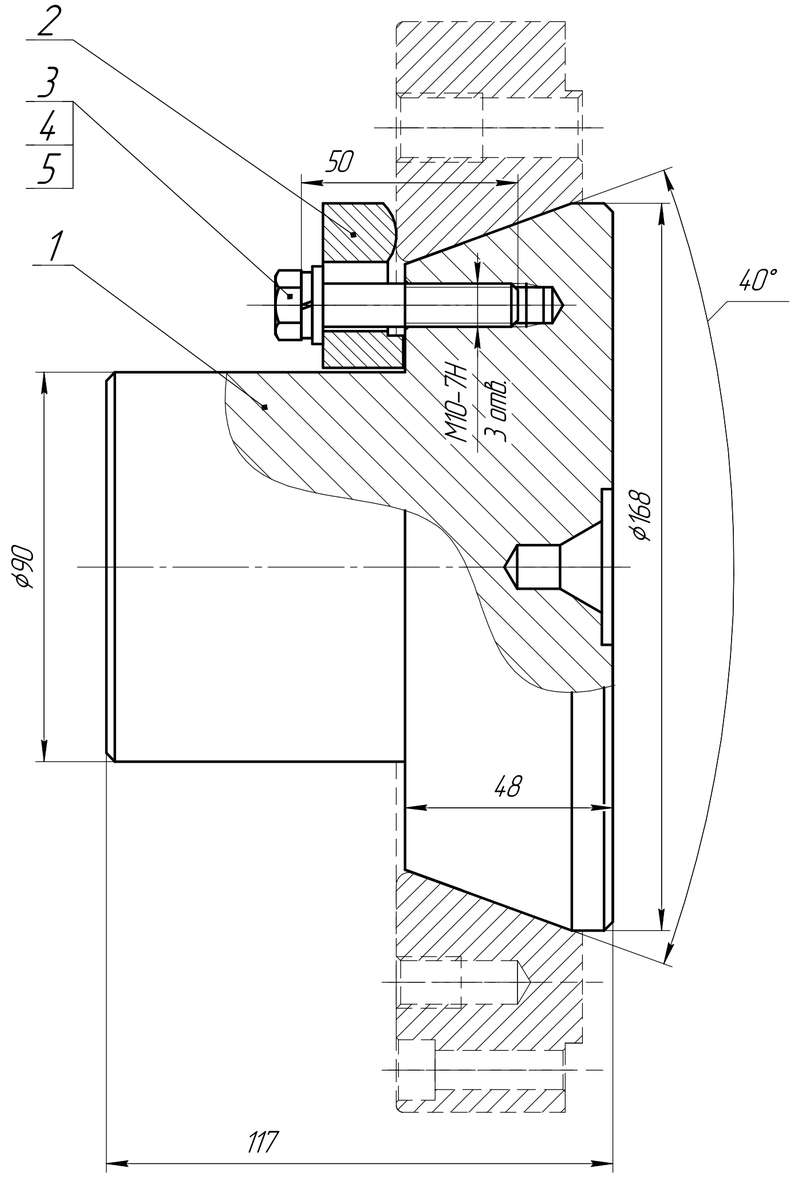
Номер операции	Номер перехода	Наименование и содержание операции и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Режим обработки		Нормы времени, мин
1	2	3	4	5	6				
5	А	Термическая. Калить, отпустить, выдержать твердость 55..58 HRC.		Электропечь камерная СНЗ-6.12.4-12	Твердомер ТР ГОСТ 23677-79, наконечник НК ГОСТ 9377-81.				
6	А	Шлифовальная.		Внутришлифовальный станок модель 3К228А.	Патрон самоцентрирующий трехкулачковый 7100-0011 ГОСТ 2675-80				
1	1	Шлифовать поверхность, выдержать размер 1.							
2	1	Шлифовать поверхность, выдержать размеры 2 и 3.							
7	А	Полировальная.							
1	1	Полировать поверхность.							
8	А	Токарная.		Токарно-винторезный станок модель 16К20	Приспособление специальное: коническая оправка				
1	1	Точить поверхность, выдержать размер 1.							
						7	режущий		Инструмент
						8	измери-тельный		
						9	Наличие одноврем. обраб. деталей		
2				23	23				
10				Число рабочих ходов					
220				170,2	251,8				
11				Диаметр или ширина в направлении подачи, мм					
4				45,4	15,9				
12				Длина в направ-лении подачи, мм					
0,23				0,02	0,02				
13				Глубина резания, мм					
0,144				0,05	0,05		мм/об	Подача	Режим обработки
14									
36				2,81	0,87		мм/мин		
15									
250				$n_{заг}$= 56,2; $n_к$= 6000.	$n_{заг}$= 17,4.; $n_к$= 6000.		Частота, об/мин		
16									
172,7				$V_{заг}$= 32,0; $V_к$= 28,3 м/с	$V_{заг}$= 13,8; $V_к$= 29,8 м/с		Скорость ре-зания, м/мин		
17									
0,17				1,38	4,97		Тo		Нормы времени, мин
18									
1,35				6,03			Твс		
19									
27				23			Тпз		
20									
1,75				14,24			Тшт		
21									
1,78				14,26			Тшт.к		
22									
						23	Разряд работы		

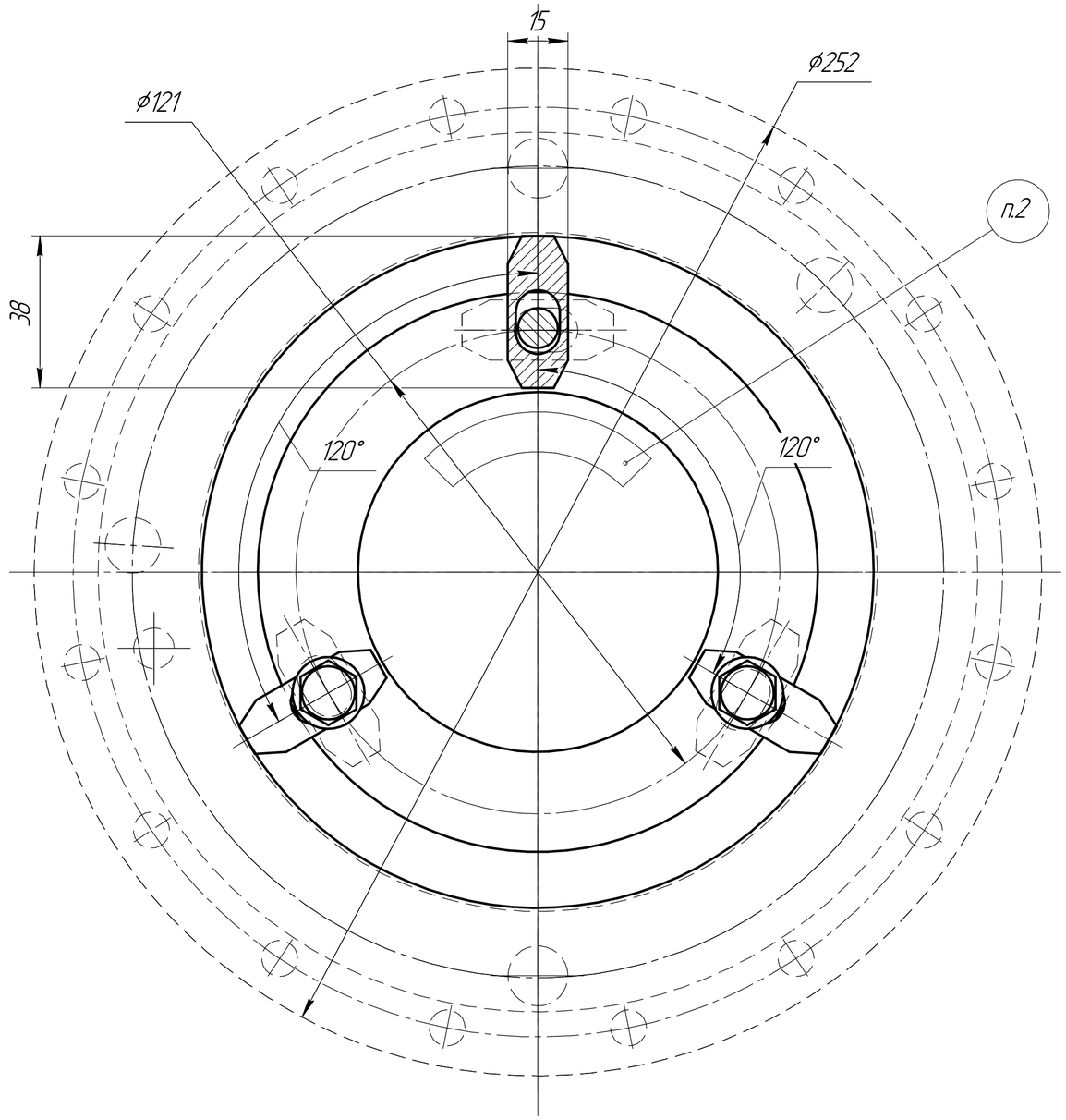
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Приложение Г

Коническая оправка

ИШНПТ-38/Л5117.00.04.00 СБ





Технические характеристики

1 Усилие зажима осевое Q: 80460 Н.
2 Момент затяжки болтов Мзат.: 69 Нм.

Технические требования

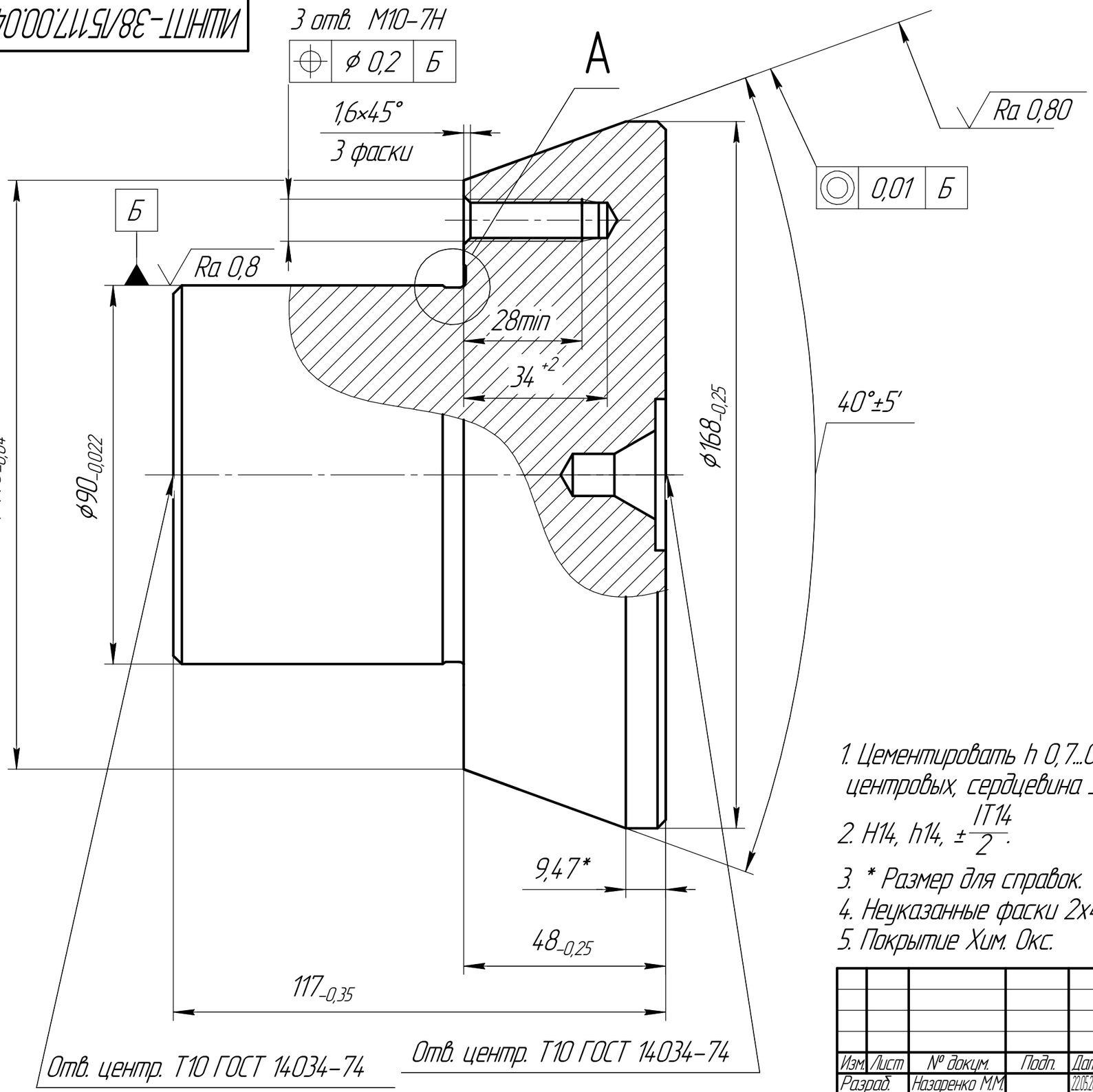
1 Размеры для справок.
2 Маркировать ударным способом серийный номер приспособления, товарный знак завода изготовителя. Шрифт ПО-5 ГОСТ 2930-62.

					ИШНПТ-38/Л5117.00.04.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Оправка коническая Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Назаренко М.М.		22.05.2020				1:1
Пров.		Ким А.Б.				Лист	Листов 1	
Т.контр.						НИ ТПУ группа З-8/Л51		
Н.контр.								
Утв.								

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

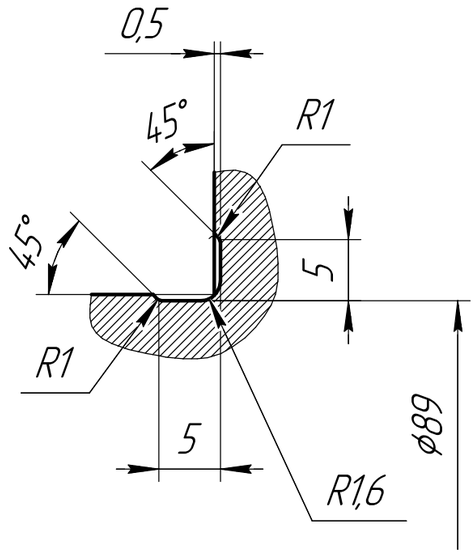
Копировал | Формат А2

ИШНПТ-38/15117.00.04.01



Ra 3,2 (√)

А(2:1)



1. Цементировать h 0,7...0,9 мм, 58...62 HRC, кроме отверстий центровых, сердцевина 36...42 HRC.
2. H14, h14, $\pm\frac{IT14}{2}$.
3. * Размер для справок.
4. Неуказанные фаски 2х45°.
5. Покрытие Хим. Окс.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Назаренко М.М.		22.05.2020
Пров.		Ким А.Б.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ИШНПТ-38/15117.00.04.01

Оправка

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

НИ ТПУ
группа 3-8/151

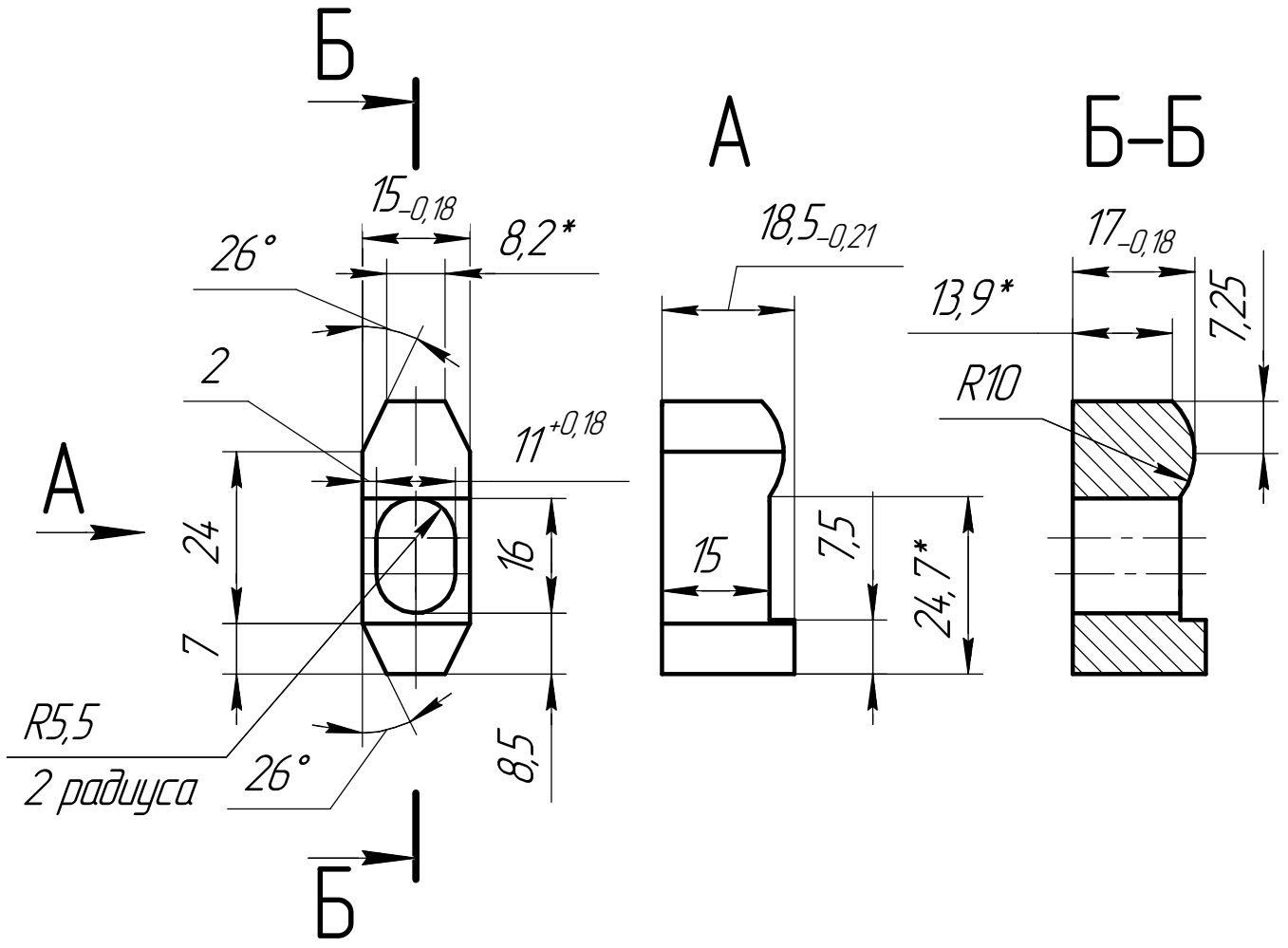
Копировал

Формат А3

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

ИШНПТ-38/Л5117.00.04.02

Ra 3,2 (√)



1. 38....42 HRC.
2. H14, h14, $\pm\frac{IT14}{2}$.
3. * Размер для справок.
4. Острые кромки притупить.
5. Покрытие Хим. Окс.прм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Назаренко М.М.		22.05.2020
Пров.		Ким А.Б.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ИШНПТ-38/Л5117.00.04.02

Прижим

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Сталь 40 ГОСТ 4543-71

НИ ТПУ
группа 3-8/Л51

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

 Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
A2			ИШНПТ-38/15117.00.04.00СБ	Сборочный чертёж		
				Детали		
A3		1	ИШНПТ-38/15117.00.04.01	Оправка	1	
A4		2	ИШНПТ-38/15117.00.04.02	Прижим	3	
				Стандартные изделия		
		3		Болт М10-6gх50.129.019	3	
				ГОСТ 7796-70		
		4		Шайба А10.01.019	3	
				ГОСТ 9649-78		
		5		Шайба 10 65Г.019	3	
				ГОСТ 6402-70		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Назаренко М.М.		22.05.2020
Пров.		Ким А.Б.		
Н.контр.				
Утв.				

ИШНПТ-38/15117.00.04.00

Оправка коническая

Лит.	Лист	Листов
		1

НИ ТПУ группа 3-8/151

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.