

Школа__ ИШНПТ
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ)____ Материаловедение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления муфты УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Алейченко Егор Сергеевич		22.05.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Алфёрова Е.А.	к.ф.-м н.		22.05.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Цыганков Р.С.			22.05.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоев Е.В.	к.т.н		22.05.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Результаты обучения по программе

Код Результата	Результат обучения
Общие по направлению подготовки (специальности)	
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

P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	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, проведении патентных исследований.
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.

Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств	
P11	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.
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий

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

Школа _____
 ИШНПТ _____
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение _____
 Отделение школы _____
 (НОЦ) Материаловедение _____

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
3-8Л52	Алейченко Егор Сергеевич

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления муфты	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-58/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.05.2020
------------------------------------------	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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.).</p>	<p><i>Чертёж детали "Муфта"</i></p> <p><i>Технологический процесс изготовления детали</i></p> <p><i>2000 шт./год</i></p> <p><i>Сталь 40Х</i></p> <p><i>Особых требований нет</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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).</i>	<i>Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор оборудования, расчёт основного времени.</i> <i>Конструкторская часть: расчёт и проектирование оснастки.</i>
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Чертеж детали, размерный анализ технологического процесса, карта технологического процесса, чертеж приспособления.</i>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологическая часть	Цыганков Р.С.
Конструкторская часть	Цыганков Р.С.
Финансовый менеджмент	Криницына З.В.
Социальная ответственность	Белоев Е.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат (abstract)	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Алфёрова Екатерина Александровна	к.ф-м н.		16.12.2019
Старший преподаватель	Цыганков Роман Сергеевич			16.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Алейченко Егор Сергеевич		16.12.2019

Оглавление

Введение	12
1. Технологическая часть	13
1.1 Исходные данные	13
1.2 Определение типа производства	14
1.3 Анализ технологичности конструкции детали	17
1.4 Выбор исходной заготовки	18
1.5 Разработка технологического процесса	19
1.6 Разработка маршрута технологии изготовления муфты. Выбор технологических баз и применяемого оборудования	20
1.7 Расчет допусков, технологических размеров и припусков	23
1.7.1 Расчет технологических размеров и припусков поверхности $\varnothing 122_{-0,25}$	23
1.7.2 Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 110h14$	27
1.7.3 Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 100k6$ и $\varnothing 78_{-0,2}$	30
1.7.4 Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 80H7$, $\varnothing 58H14$, $\varnothing 30^{+0,52}$, $\varnothing 30^{+0,052}$	35
1.7.5 Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении	41
1.8 Выбор средств технологического оснащения	50
1.9 Расчет режимов резанья	57
1.9.1. Токарная операция с ЧПУ: подрезка торца $\varnothing 125$ мм	57
1.9.2 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности $\varnothing 122$ мм (черновая)	60
1.9.3 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности $\varnothing 122$ мм (чистовая)	62
1.9.4 Токарная операция с ЧПУ: растачивание поверхности $\varnothing 80$ мм (черновая)	64
1.9.5 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности $\varnothing 80$ мм (чистовая)	66
1.9.6 Токарная операция с ЧПУ: растачивание поверхности $\varnothing 58$ мм (черновая)	69
1.9.7 Токарная операция с ЧПУ: растачивание поверхности $\varnothing 58$ мм (чистовая)	71

1.9.8 Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø78 мм	74
1.9.9 Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø100 мм	76
1.9.10 Сверлильная 12 отверстий под резьбу м8:	77
1.10 Расчет основного времени	80
1.11 Техничко-экономическое обоснование и показатели технологического процесса	89
2 Конструкторская часть	94
2.1 Описание работы приспособления	94
2.2 Силовой расчет приспособления.....	98
2.3 Расчет силового привода.....	100
2.3.1 Схема работы пневматического привода	100
2.3.2 Расчет диаметра поршня пневмопривода	101
2.4. Проверочные расчеты	103
2.4.1 Расчет элемента приспособления на прочность.....	103
3. Финансовый менеджмент,	106
ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	106
3.1 Организация и планирование работ.....	106
3.2 Продолжительность этапов работ.....	107
3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	113
3.4 Расчет затрат на материалы	114
3.5 Расчет заработной платы.....	115
3.6 Расчет затрат на социальный налог	116
3.7 Расчет амортизационных отчислений	118
3.8 Расчет прочих расходов	119
3.9 Расчет общей себестоимости разработки.....	120
3.10 Расчет прибыли	120
3.10.1 Расчет НДС	120
3.10.2 Цена разработки НИР	120
3.11 Оценка экономической эффективности проекта	121
3.12 Определение срока.....	123
окупаемости инвестиций (PP – payback period).....	123
3.13 Определение эффективности исследования	126
4.Социальная ответственность	128

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	128
4.2 Производственная безопасность	129
4.3 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении технологического процесса на производство	130
4.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов	131
4.5 Экологическая безопасность	135
4.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего	136
4.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	138
Список использованных источников	141
Приложение А	142
Приложение Б	143
Приложение В	144
Приложение Г	145
Приложение Д	146

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 146 страниц, 42 рисунков, 24 таблиц, 14 источников, 6 приложений.

Ключевые слова: ДЕТАЛЬ, МУФТА, ПРИПУСК, СТАНОК, РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления муфты

В результате выполнения работы разработан технологический процесс изготовления муфты на станках.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: муфта — деталь машины, предназначенная для соединения друг с другом концов валов и свободно сидящих на них деталей для передачи крутящего момента. Служат для соединения двух валов, расположенных на одной оси или под углом друг к другу. Муфта передаёт механическую энергию без изменения её величины.

Область применения: машиностроение.

В результате выполнения работы разработан технологический процесс изготовления втулки на станках. Так же произведен расчёт ресурсоэффективности данного проекта. Выявлены опасные и вредные факторы на рабочем месте разработаны меры по снижению этих факторов на человека.

Abstract

The final qualification work consists of 146 pages, 42 figures, 24 tables, 14 sources, 6 applications.

Keywords: PART, COUPLING, ALLOWANCE, MACHINE, DIMENSION, ANALYSIS, ADJUSTMENT.

The aim of this work is to develop a manufacturing process for the manufacture of parts "clutch"

As a result of the work, a technological process has been developed manufacturing couplings on machines.

The main structural, technological and technical and operational characteristics: coupling - a machine part designed to connect the ends of the shafts and parts that are freely sitting on them to transmit torque. They are used to connect two shafts located on the same axis or at an angle to each other. The coupling transmits mechanical energy without changing its size.

Field of application: mechanical engineering.

As a result of the work, a technological process has been developed.

manufacturing bushings on the machines. The resource efficiency of this project was also calculated. Hazardous and harmful factors have been identified at the workplace; measures have been developed to reduce these factors per person.

Введение

Цель данной выпускной квалификационной работы – разработка технологического процесса изготовления муфты.

Предметами исследования выпускной квалификационной работы являются: выбор заготовки для производства детали, определение размеров и припусков, выбор основного оборудования, технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента, расчет режимов резания и норм времени на обработку детали.

В выпускной квалификационной работе я считаю наиболее важным рациональный маршрут обработки детали, а также подбор оборудования для изготовления детали «Муфта». Особенно токарное оборудование с практической полной автоматизацией обработки изделия.

В результате выпускной квалификационной работы был разработан ресурсоэффективный и экономически выгодный технологический процесс изготовления детали.

1. Технологическая часть

1.1 Исходные данные

Разработка техпроцесса изготовления муфты. Чертёж детали представлен на рисунке 1, 3Д модель на рисунке 2. Годовая программа выпуска: 2000 шт. Разрабатываем процесс обработки для Киселевского завода горного оборудования. С расчетом под имеющееся оборудование.

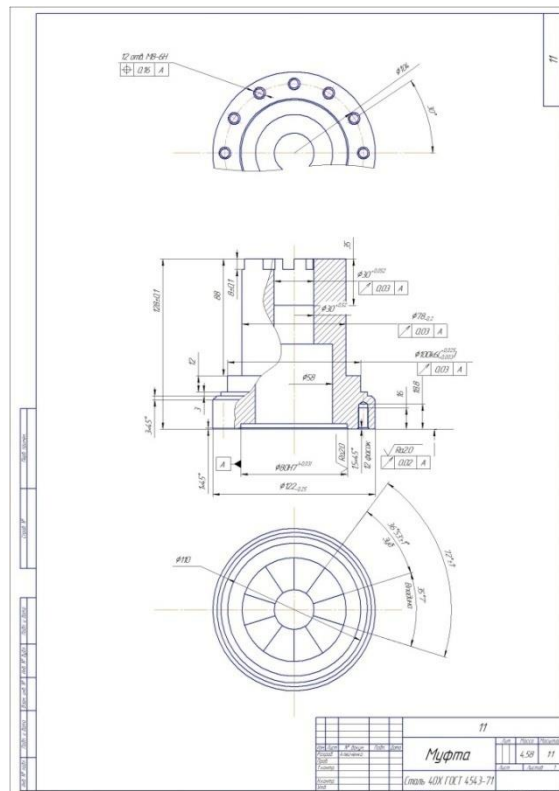


Рисунок 1

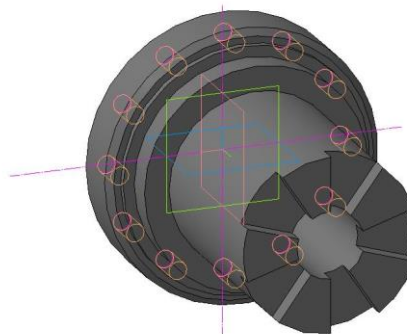


Рисунок 2

1.2 Определение типа производства

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций, который находим по формуле::

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ – такт выпуска детали, мин.;

$T_{\text{ср}}$ – среднее штучное время операций.

Такт выпуска детали определяем по формуле (2):

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}}, \quad (2)$$

где $F_{\text{г}}$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{\text{г}}$ – годовой объем выпуска деталей.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования (4029ч при двухсменном режиме работы в 2020 году) определяем по таблице 2.1 [1,стр.22]

Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}} = \frac{4029 \times 60}{2000} = 120,87 \text{ мин};$$

Среднее штучное время рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к} i}}{n}, \quad (3)$$

где $T_{\text{ш.к} i}$ – штучное время i -ой основной операции;

n – число основных операций в технологическом процессе.

При подсчете среднего штучного времени следует исключить, например, операции термообработки, промывки детали, удаление заусенцев, маркирования, а брать только основные операции. Предлагаю выделить основные операций две токарные с числовым

программным управлением и одна шлифовальная операции (см.

операционную карту)(n=3).

Штучное время операций определяется по формуле:

$$T_{ш.кi} = \varphi_{к.i} * T_{o.i}, \quad (4)$$

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

$T_{o.i}$ – основное технологическое время операции

Коэффициент $\varphi_{к.i}$ будем брать из приложения [1, стр. 147]

Для первых двух операций (токарная с ЧПУ): $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 2,14$;

для шлифовальной: $\varphi_{к.3} = 2,1$.

Из рекомендации первого приложения [1,стр.146] основное технологическое время будет зависеть от длины и диаметра обрабатываемой поверхности детали, и конечно вида обработки.

Время токарно-револьверной операции определяется только для самых продолжительных по времени переходов (точить поверхность начерно и начисто (см. операционную карту)):

$$T_{o.1} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,052(D^2 - d^2) + 0,17dl + 0,1dl + 0,52dl + 0,18dl)10^3,$$

где D – наибольший диаметр обрабатываемого торца, мм;

d – наименьший диаметр обрабатываемого торца либо диаметр обрабатываемого отверстия, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

$$\begin{aligned} T_{o.1} &= (0,037(D^2 - d^2) + 0,052(D^2 - d^2) + 0,17dl + 0,1dl + \\ &0,52dl + 0,18dl)10^3 = (0,037(125^2 - 0^2) + 0,052(125^2 - 0^2) + 0,17 * 122 * \\ &25 + 0,1 * 122 * 25 + 0,52 * 28 * 128 + 9 * 0,18 * 80 * 4 + 5 * 0,18 * 58 * \\ &60)10^{-3} = 7,73 \text{ мин} \end{aligned}$$

Штучное время токарно-револьверной операции определяется по формуле (4):

$$T_{ш.к1} = \varphi_{к.1} * T_{o.1} = 2,14 * 7,73 = 16,54 \text{ мин}$$

Чтобы определить основное время второй токарно-фрезерной с ЧПУ операции также определяем только для самых продолжительных по времени переходов (подрезать торец начерно и начисто, точить поверхность, сверлить отверстие, фрезеровать зуб, (см. операционную карту)):

$$T_{o.2} = (0,037(D^2-d^2)+0,052(D^2-d^2)+0,17dl+0,18dl+7l)10^{-3},$$

D, d , мм. (определенно выше)

Тогда

$$T_{o.2} = 0,037(125^2-28^2)+0,052(125^2-28^2)+8 \times 0,17 \times 78 \times 88 + 5 \times 0,17 \times 100 \times 12 + 0,18 \times 30 \times 64 + 7 \times 8)10^{-3} = 12,1 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции ,формула (4):

$$T_{ш.к 2} = \varphi_{к.2} \times T_{o.2} = 2,14 \times 12,1, = 25,9 \text{ мин.}$$

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

$$T_{o.3} = (0,07 \times d \times l + 0,07 \times d \times l)10^{-3}$$

$$T_{o.3} = (0,07 \times 78 \times 88 + 0,07 \times 100 \times 12)10^{-3} = 0,6 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула(4):

$$T_{ш.к 3} = \varphi_{к.3} \times T_{o.3} = 2,1 \times 0,6 = 1,26 \text{ мин.}$$

Среднее штучное время на все операции будем определять по формуле (3):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n} = \frac{T_{ш.к 1} + T_{ш.к 2} + T_{ш.к 3}}{3} = \frac{16,54 + 25,9 + 1,26}{3} = 14,57 \text{ мин.}$$

Чтобы определить тип производства воспользуемся формулой (1):

$$K_{з.о} = \frac{t_{\epsilon}}{T_{cp}} = \frac{120,87}{14,57} = 8,3.$$

Так как $2 < K_{з.о} < 10 = 2 < 8,9 < 10$, то тип производства крупносерийное.

Процесс разработан в соответствии со спецификой производства на Киселевском заводе горного оборудования.

1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь не имеет сложности в изготовлении. Деталь не требует применение специального оборудования. Поэтому обеспечивается полностью свободный доступ к инструменту по всем поверхностям которые нужно обработать, деталь имеет хорошую жесткость непосредственно для изготовления. На детали присутствуют совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Форма детали позволяет использовать металлопрокат в качестве заготовки, и не требует применения дорогостоящего литья или изготовления штампа непосредственно для штамповки. Предварительная обработка будет производиться на станке с числовым программным управлением, окончательная обработка на шлифовальном, внутреннюю обработку полностью изготавливать на станке с числовым программным управлением. Деталь изготавливается из материала 40Х Сталь конструкционная легированная ГОСТ 13663-86.

Трудности при изготовлении детали являются высокие требования к точности и качеству некоторых поверхностей, уступов и зубьев. С учетом изложенного можно сделать вывод, что конструкция детали - технологична.

1.4 Выбор исходной заготовки

Изготовление заготовок – один из основных этапов машиностроительного производства, непосредственно влияющий на расход материалов, качество изделий, трудоёмкость их изготовления и себестоимость. С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 40х), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (крупносерийный) выбрал исходную заготовку – прокат горячекатаный, рисунок 3.

Используем прокат Д130, так как множество фирм предлагают данный прокат, что следовательно можно выбрать более дешёвого поставщика.

После заготовительной операции заготовка принимает форму, представленную на рисунке 3.

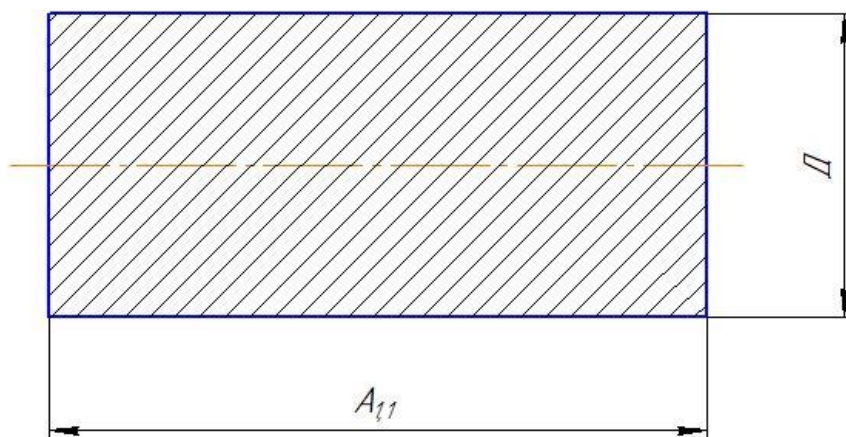


Рисунок 3

1.5 Разработка технологического процесса

В базовом технологическом процессе изготовления детали «Муфта», применяем современное оборудование токарный станок с ЧПУ модель 160НТ, токарно-обрабатывающий центр с ЧПУ TakisawaLA, но существенным недостатком является применение ручного труда и низкопроизводительного оборудования с ручным управлением, что не дает обслуживать несколько станков одновременно.

В таблице 1 приведен технологический процесс, взятый с подобной детали, изготавливаемой на Киселевском заводе горного оборудования.

Таблица – 1

№ операции	Название операции	Краткое содержание операции
005	Отрезная	Отрезать заготовку из крупного проката
010	Токарная с ЧПУ	Подрезать левый торец и обработать по контуру со стороны левого торца
015	Токарно-фрезерная с ЧПУ	Подрезать правый торец и обработать по контуру со стороны правого торца, нарезать зуб
020	Круглошлифовальная	Шлифовать выдерживая размеры и частоту поверхности
025	Сверлильная	Сверлить 12 отверстий под резьбу М8
030	Слесарная	Зачистить заусенцы, притупить кромки, нарезать резьбу
035	Контрольная	Произвести обмер всех поверхностей

1.6 Разработка маршрута технологии изготовления муфты. Выбор технологических баз и применяемого оборудования

Базовый технологический процесс не подходит по операциям 010, 015, 020, 025 тогда разрабатываемый маршрут изготовления детали «Муфта» примет вид представленный в таблице 2.

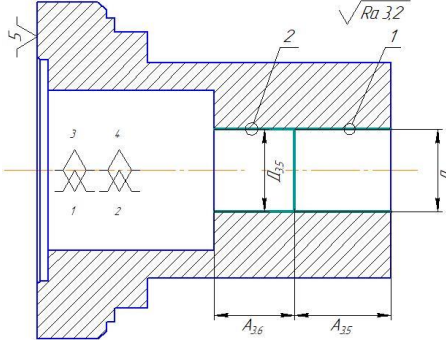
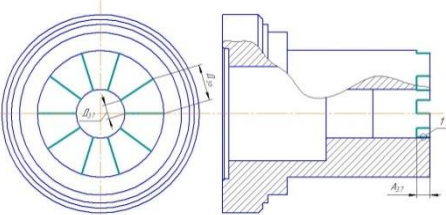
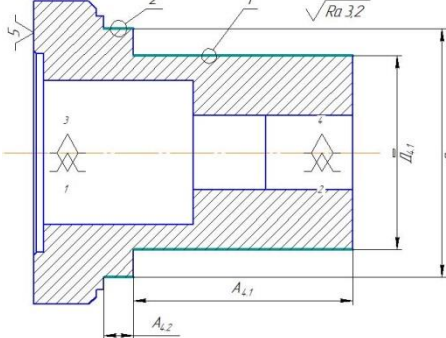
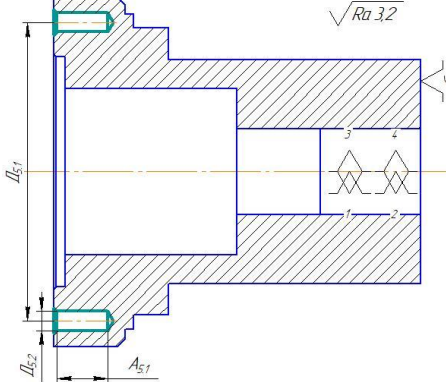
Таблица – 2 Маршрут технологии изготовления муфты

Операция	Наименование операции и содержание переходов	Эскиз	Станок и оснастка
005	Заготовительная 1. По программе выдвинуть прокат до упора 2. Зажать гидравлический зажим тисков 3. Отрезать заготовку в размер $A_{1.1}$		Ленточнопильный станок-автомат NWTCH-280HA
010	Токарная с ЧПУ 1. Установить заготовку 2. Подрезать торец 1 в размер $A_{2.1}$		Токарный станок с ЧПУ модель 160НТ. Трехкулачковый клиновой патрон.
	3. Точить поверхность 1 в размеры $A_{2.2}$, $D_{2.1}$		

Продолжение таблицы 2

	4.Сверлить отверстие 1 в размеры $A_{2.3}$ и $D_{2.2}$		Сверлофирмы SECOPERFO MAXSD525- 28-140-32R7
	5.Расточить поверхность 1 в размеры $A_{2.4}$ и $D_{2.3}$, поверхность 2 в размеры $A_{2.5}$ и $D_{2.4}$ начисто.		Расточной резецSECOA2 0R-SDUCR11
015	Токарнофрезерная с ЧПУ 1.Установить заготовку в упор приточки кулачков, закрепить, выверить. 2.Подрезать торец 1в размер $A_{3.1}$		Токарно-обрабатывающий центр с ЧПУ TakisawaLA.
	3.Точить поверхности: 1 в размеры $A_{3.2}$ и $D_{3.1}$; 2 в размеры $A_{3.3}$ и $D_{3.2}$; 3 в размеры $A_{3.4}$ и $D_{3.3}$		

Продолжение таблицы 2

	4.Расточить поверхности: 1 в размеры $A_{3.5}$ и $D_{3.4}$; 2 в размеры $A_{3.6}$ $D_{3.5}$ начисто.		Расточной резец SECOA20R- SDUCR11
	5.Фрезеровать зуб поверхности 1 в размеры $A_{3.7}$, $D_{3.6}$ и $D_{3.7}$		Фреза JC0710208D4R 250.3Z6
020	Круглошлифовальная 1.Установить в центра 2.Шлифовать поверхности: 1 в размеры $A_{4.1}$ и $D_{4.1}$; 2 в размеры $A_{4.2}$ и $D_{4.2}$ начисто.		Универсальны й круглошлифов альный станок Paragonсерии GUc ЧПУ
025	Сверлильная 1.Установить, закрепить и выверить. 2.Сверлить 12 отверстий под резьбу М8 в размеры $A_{5.1}$, $D_{5.1}$ и $D_{5.2}$		Сверлильный станок PROMAVR- 6DF/230 Свело Р6М5
030	Слесарная 1. Зачистить заусенцы, притупить острые кромки, нарезать резьбу в отверстиях.		Тиски слесарные, метчик М8
035	Контрольная 1. Произвести полный обмер детали		

1.7 Расчет допусков, технологических размеров и припусков

Для того чтобы обеспечить требуемую точность, качество поверхности и точность конструкторских размеров, обязательно рассчитать припуски и технологические размеры. Припуски на обработку и технологические размеры назначаются из значений точности конструкторских размеров, а также минимально допустимых припусков на обработку.

1.7.1 Расчет технологических размеров и припусков поверхности

Ø122_{-0,25}

Непосредственно на обработку поверхностей вращения минимальный припуск определяется по формуле (5):

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (5)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности на предыдущем переходе или предыдущей операции, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предыдущем переходе или предыдущей операции, мкм;

ρ_{i-1} – сумма пространственного отклонения обрабатываемой поверхности, полученная на предыдущем переходе или предыдущей операции, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Таблица 3 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø122_{-0,25}

Переходы обработ.п оверх. Ø122 _{-0,25}	Элементы минимального припуска, мкм				Миним. припус к2·Z _{min} , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Сред.р азмер, мм	Технол. размер, мм	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	ε					
Заготовка	150	250	62	0	-	1600	124,63	125 ^{+0,5} _{-1,1}	-
Точение:Ч ерновое h14 <i>Чисто</i> вая-0,25	50	50	0	420	1649,7	740	122,37	122 ^{+0,5} _{-0,25}	3,0 ^{+0,75} _{-1,1}
	30	30	3,6	0	207,2	100			

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем по таблице 4.5 [1, с. 64]:

черновое точение: Rz = 50 мкм, h = 50 мкм;

чистовое точение: Rz = 30 мкм, h = 30 мкм.

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину (таблица 9 [2, с. 86]). Для проката обычной точности $\Delta_k = 0,5$ мкм/мм. Вылет заготовки из патрона $l \approx 128$ мм. Таким образом:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 128 = 64 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе зависит только от погрешности закрепления (погрешности базирования нет). Погрешность закрепления определяем по таблице 4.10 [1, с.76]:

черновое точение: $\varepsilon = 420$ мкм;

Минимальный припуск на точение, формула (5):

$$2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot \left(Rz_0 + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2} \right) = 2 \left(150 + 250 + \sqrt{64^2 + 420^2} \right) \\ = 1649,7 \text{ мм.}$$

Расчет диаметральных технологических размеров выполняем из условия обеспечения минимальных припусков на обработку. При этом расчете будем использовать размерную схему, представленную на рисунке 4.

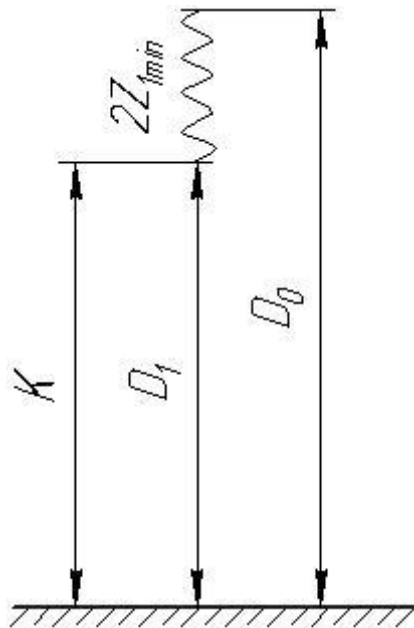


Рисунок 4 Размерная схема обработки поверхности $\varnothing 122_{-0,25}^{+0,5}$ мм.

Допуск и предельные отклонения на заготовку выбираем в соответствии с рекомендациями [2, прил. 5, с. 90]:

$$D_0 \begin{matrix} +0,5 \\ -1,1 \end{matrix}$$

$$D_1^c = D_1 + \frac{BOD_1 + HOD_1}{2} = 122 + \frac{0 - 0,74}{2} = 122,37 \text{ мм;}$$

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1 \min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 1,650 + \frac{0,74 + 1,6}{2} = 2,82 \text{ мм;}$$

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 122,37 + 2,82 = 125,19 \text{ мм.}$$

Вычислим номинальное значение D_0 :

$$D_0 = D_0^c + \frac{BOD_0 + HOD_0}{2} = 125,19 + \frac{0,5 - 1,1}{2} = 124,89 \text{ мм.}$$

Расчетное значение этого звена составит: $D_0 = 124,89_{-1,1}^{+0,5}$ мм.

Примем в соответствии со стандартом: $D_0 = 125_{-1,1}^{+0,5}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 125_{-1,1}^{+0,5} - 122_{-0,25} = 3,0_{-1,1}^{+0,75} \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 3,75 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 1,9 \text{ мм}$$

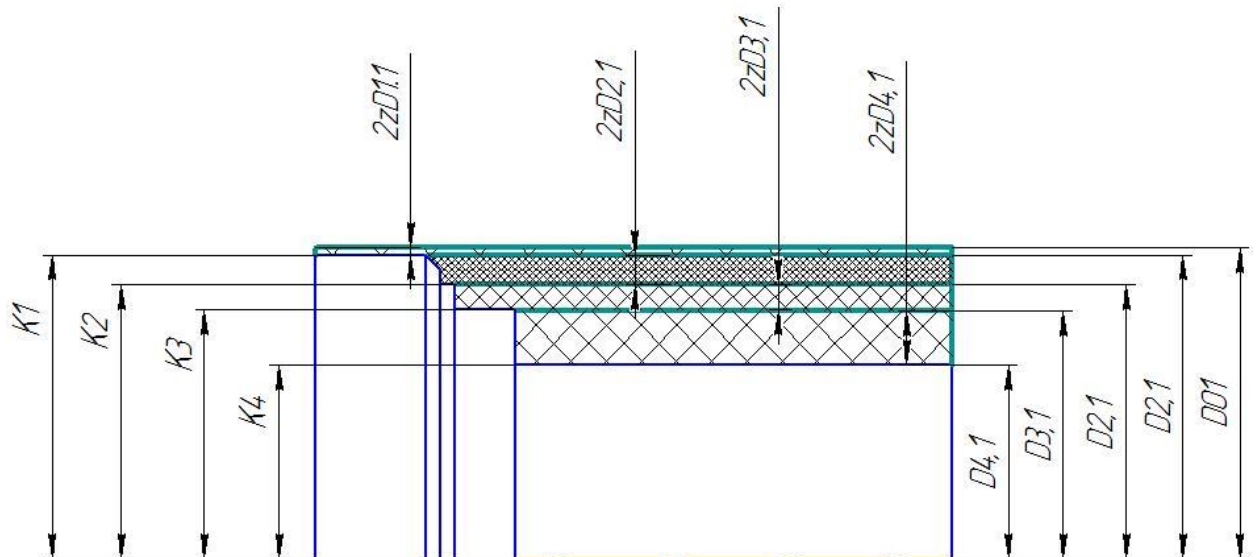


Рисунок 5 Размерная схема технологического процесса в диаметральном направлении

1.7.2 Расчет припусков и технологических размеров поверхности

Ø110h14

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (5) и сводим их в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø110h14

Переход. обработ. поверх. Ø110h14	Элементы минимального припуска, мкм				Миним. припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Сред. размер, мм.	Технол. размер, мм.	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	ε					
Точение: Черновое	50	50	3,84	70		620	110,767	$111,017_{-0,62}$	$0,767^{+0,1}_{-0,62}$
Чистовое h14	30	30	2,56	0	207,68	100	109,565	$110,25_{-0,1}$	$0,25^{+0,25}_{-0,1}$

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем:

черновое точение: $Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм;

чистовое точение: $Rz = 30$ мкм, $h = 30$ мкм;

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_{\kappa} \cdot l = 0,5 \cdot 128 = 64 \text{ мкм.}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости:

черновое точение: $\rho = 0,06 \cdot 64 = 3,84$ мкм,

чистовое точение: $\rho = 0,04 \cdot 64 = 2,56$ мкм,

Погрешность закрепления определяем:

черновое точение: $\varepsilon = 70$ мкм.

чистовое точение: $\mathcal{E} = 0$ мкм.

Минимальный припуск под чистовое точение, формула (4):

$$2 \cdot z_{1\min} = 2 \cdot \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2(50 + 50 + 3,84) = 207,68 \text{ мкм.}$$

Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей определяем:

допуск на черновое точение: 620 мкм;

допуск на чистовое точение: 100 мкм;

Для расчета диаметральных технологических размеров воспользуемся размерной схемой представленной на рисунке 6.

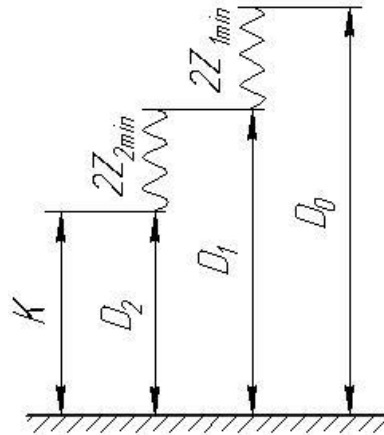


Рисунок 6 Размерная схема обработки поверхности $\varnothing 110h14$ мм.

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение $-D_1$. Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2\min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 110 + \frac{0 - 0,87}{2} = 109,56 \text{ мм;}$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2\min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,207 + \frac{0 + 0,87}{2} = 0,64 \text{ мм,}$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 109,56 + 0,64 = 110,2 \text{ мм.}$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 110,207 \pm 0,05$ мм.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 110,25_{-0,1}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 110,25_{-0,1} - 110_{-0,25} = 0,25^{+0,25}_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,15 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,5 \text{ мм}$$

Необходимо далее определить величину D_0 – технологический размер под черновое точение. В этом случае нужно рассмотреть размерную цепь, в которую входят такие размеры как: D_1 , D_0 , $2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,207 + \frac{0,1 + 0,62}{2} = 0,567 \text{ мм,}$$

и вычисляем

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 110,2 + 0,564 = 110,767 \text{ мм.}$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 110,767 \pm 0,31$ мм.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_0 = 111,017_{-0,62}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 111,017_{-0,62} - 110,25_{-0,1} = 0,767^{+0,1}_{-0,62} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,147 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,867 \text{ мм}$$

1.7.3 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø100k6 и Ø78-0,2

Для расчета припусков на обработку поверхностей Ø100k6 и Ø78-0,2 воспользуемся вышеуказанной формулой (5) и сводим расчеты в таблицу 4.

Таблица 5 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø100k6

Переход. обраб. поверх. Ø100k6	Элементы минимального припуска, мкм.				Миним. припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Сред. размер, мм.	Технол. размер, мм.	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	ε					
Точение: Черновое h14	50	50	3,84	70		740	100,841	101,211 _{-0,74}	9,039 ^{+0,74} _{-0,1}
Чистовое h10	30	30	2,56	0	205,12	120	100,206	100,266 _{-0,12}	0,945 ^{+0,12} _{-0,74}
Шлифов. К6	5	15	0,12 8	0	120,256	30	100	100 ^{+0,025} _{-0,003}	0,266 ^{+0,003} _{-0,145}

Определим шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки:

черновое точение: $Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм;

чистовое точение: $Rz = 30$ мкм, $h = 30$ мкм;

шлифование: $Rz = 5$ мкм; $h = 15$ мкм.

В суммарное пространственное отклонение поверхности заготовки включаем только коробление, которое определяется как произведение удельной кривизны заготовки на длину:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l = 0,5 \cdot 128 = 64 \text{ мкм.}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости:

черновое точение: $\rho = 0,06 \cdot 64 = 3,84$ мкм,

чистовое точение: $\rho = 0,04 \cdot 64 = 2,56$ мкм,

шлифование: $\rho = 0,002 \cdot 64 = 0,128$ мкм,

Погрешность закрепления определяем:

черновое точение: $\varepsilon = 70$ мкм.

чистовое точение: $\varepsilon = 0$ мкм.

шлифование: $\varepsilon = 0$

Минимальный припуск под чистовое точение, формула (4):

$$2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2(50 + 50 + 2,56) = 205,12 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под шлифование:

$$2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2(30 + 30 + 0,128) = 120,256 \text{ мкм.}$$

Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей определяем:

допуск на черновое точение: 620 мкм;

допуск на чистовое точение: 100 мкм;

допуск на шлифование: 20 мкм.

Для расчета диаметральных технологических размеров воспользуемся размерной схемой представленной на рисунке 7.

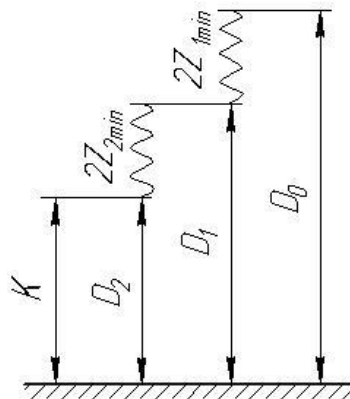


Рисунок 7 Размерная схема обработки поверхности Ø100k6 и Ø78_{-0,2} мм.

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение – D_1 . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 100 + \frac{0,003 + 0,025}{2} = 100,014 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,122 + \frac{0,020 + 0,120}{2} = 0,192 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 100,014 + 0,192 = 100,206 \text{ мм}.$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 100,206 \pm 0,06 \text{ мм}$.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 100,266_{-0,12} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 100,266_{-0,12} - 100^{+0,025}_{+0,003} = 0,266^{+0,003}_{-0,145} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,122 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,262 \text{ мм}$$

Дальше определим величину D_0 – технологический размер под черновое точение. В этом случае необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: D_1 , D_0 , $2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,205 + \frac{0,12 + 0,74}{2} = 0,635 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 100,206 + 0,635 = 100,841 \text{ мм}.$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 100,841 \pm 0,37 \text{ мм}$.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_0 = 101,211_{-0,74} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 101,211_{-0,74} - 100,266_{-0,12} = 0,945^{+0,12}_{-0,74} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,205 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 1,065 \text{ мм}$$

Таблица 6 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø78_{-0,2}

Переход. обработ. поверх. Ø78 _{-0,2}	Элементы минимального припуска, мкм.				Миним. припуск 2·Z _{min} , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Сред. размер, мм.	Технол. размер, мм.	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	ε					
Точение: Черновое h14	50	50	3,84	70		740	78,955	79,325 _{-0,74}	20, 675 ^{+0,74} _{-0,003}
Чистовое h10	30	30	2,56	0	205,12	120	78,32	78,38 _{-0,12}	0,945 ^{+0,12} _{-0,74}
Шлифов. -0,2	5	15	0,12 8	0	120,256	30	78	78 _{-0,2}	0,38 ^{+0,20} _{-0,12}

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение –D₁.

Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: D₂ = К, D₁, 2·Z_{2min}.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 78 + \frac{0 + 0,2}{2} = 78,1 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,12 + \frac{0,1 + 0,1}{2} = 0,22 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 78,1 + 0,22 = 78,32 \text{ мм}.$$

Звено D₁^c записываем в виде: D₁ = 78,32 ± 0,06 мм.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 78,38_{-0,12}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 78,38_{-0,12} - 78_{-0,2} = 0,38^{+0,20}_{-0,12} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,26 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,58 \text{ мм}$$

Дальше необходимо определить величину D_0 – технологический размер под черновое точение. В этом случае необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: D_1 , D_0 , $2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,205 + \frac{0,12 + 0,74}{2} = 0,635 \text{ мм, и вычисляем}$$

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 78,32 + 0,635 = 78,955 \text{ мм.}$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 78,955 \pm 0,37$ мм.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_0 = 79,325_{-0,74}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 79,325_{-0,74} - 78,38_{-0,12} = 0,945^{+0,12}_{-0,74} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,205 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 1,065 \text{ мм}$$

1.7.4 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø80Н7, Ø 58Н14, Ø30^{+0,52}, Ø30^{+0,052}

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (5) и сводим их в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчет припусков на обработку поверхности

Переходы обработки поверхнос ти	Элементы минимального припуска, мкм.				Миним. припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Сред. размер, мм	Технол. размер, мм.	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	ε					
Точение: Черновое Ø80Н7 чистовое	50		41	70	260	200	80,895	80,995 ^{+0,2} 80,485 ^{+0,1}	0,51 ^{+0,2} -0,1 0,485 ^{+0,1} -0,0
	20		2	0	100	100	80,535		
Точение: Черновое Ø58Н14 чистовое	50		41	70	260	200	57,44	57,54 ^{+0,2}	0,46 ^{+0,1} -0,2
	20		2	0	100	100	57,85	57,95 ^{+0,1}	0,1 ^{+0,74} -0,1
Точение: Черновое Ø30 ^{+0,52} чистовое	50		41	70	260	200	29,43	29,53 ^{+0,2}	0,31 ^{+0,1} -0,2
	20		2	0	100	100	29,74	29,84 ^{+0,1}	0,16 ^{+0,52} -0,1
Точение: Черновое Ø30 ^{+0,052} чистовое	50		41	70	260	200	29,146	29,246 ^{+0,2}	0,31 ^{+0,1} -0,2
	20		2	0	100	100	29,506	29,556 ^{+0,1}	0,444 ^{+0,05} -0,1

Для расчета диаметральных технологических размеров воспользуемся размерной схемой представленной на рисунке 8.

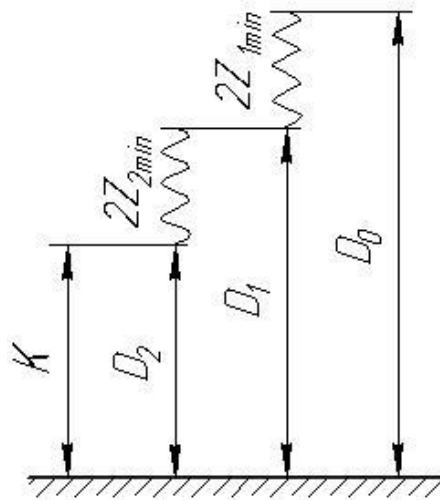


Рисунок 8 Размерная схема обработки поверхности.

Так как обработку производим диаметров окончательно, можно принять минимальный припуск при чистовом точении 260мкм. Диаметр 32 не учитываем, так как оно делается окончательно сверлом.

Расчет для размера Ø80H7:

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение $-D_1$. Для этого необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 80 + \frac{0 + 0,03}{2} = 80,015 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,1 + \frac{0,74 + 0,100}{2} = 0,52 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 80,015 + 0,52 = 80,535 \text{ мм}.$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 80,535 \pm 0,05 \text{ мм}$.

Так как для отверстия принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_1 = 80,485^{+0,1} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 80,485^{+0,1} - 80^{+0,03} = 0,485_{-0,03}^{+0,1} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,455 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,585 \text{ мм}$$

После нужно определить величину D_0 – технологический размер под черновое точение. Здесь необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: $D_1, D_0, 2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,26 + \frac{0,10 + 0,2}{2} = 0,41 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 80,485 + 0,41 = 80,895 \text{ мм}.$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 80,895 \pm 0,1 \text{ мм}.$

Так как для отверстий принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_0 = 80,995^{+0,2} \text{ мм}.$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 80,995^{+0,2} - 80,485^{+0,1} = 0,51_{-0,1}^{+0,2} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,16 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,46 \text{ мм}$$

Расчет для размера $\varnothing 58H14$:

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение $-D_1$. Для этого необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K, D_1, 2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 58 + \frac{0 + 0,74}{2} = 58,37 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,1 + \frac{0,74 + 0,100}{2} = 0,52 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 58,37 - 0,52 = 57,85 \text{ мм}.$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 57,85 \pm 0,05 \text{ мм}.$

Так как для отверстия принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_1 = 57,9^{+0,1} \text{ мм}.$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_1 = 58^{+0,74} - 57,9^{+0,1} = 0,1_{-0,1}^{+0,74} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,84 \text{ мм}$$

После нужно определить величину D_0 – технологический размер под черновое точение. Здесь необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: $D_1, D_0, 2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,26 + \frac{0,10 + 0,2}{2} = 0,41 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 54,85 - 0,41 = 54,44 \text{ мм}.$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 54,44 \pm 0,1 \text{ мм}$.

Так как для отверстия принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_0 = 54,54^{+0,2} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_1 - D_0 = 54,9^{+0,1} - 54,54^{+0,2} = 0,46_{-0,2}^{+0,1} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,26 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,56 \text{ мм}$$

Расчет для размера $\varnothing 30^{+0,52}$:

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение $-D_1$. Для этого необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K, D_1, 2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 30 + \frac{0 + 0,52}{2} = 30,26 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,1 + \frac{0,74 + 0,100}{2} = 0,52 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 30,26 - 0,52 = 29,74 \text{ мм}.$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 29,74 \pm 0,05 \text{ мм}$.

Так как для отверстия принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_1 = 29,84^{+0,1} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_1 = 30^{+0,52} - 29,84^{+0,1} = 0,16^{+0,52}_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,06 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,84 \text{ мм}$$

После необходимо определить величину D_0 – технологический размер под черновое точение. Здесь необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: D_1 , D_0 , $2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,26 + \frac{0,10 + 0,2}{2} = 0,41 \text{ мм,}$$

и вычисляем

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 29,84 - 0,41 = 29,43 \text{ мм.}$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 29,43 \pm 0,1 \text{ мм.}$

Так как для отверстия принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_0 = 29,53^{+0,2} \text{ мм.}$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_1 - D_0 = 29,84^{+0,1} - 29,53^{+0,2} = 0,31^{+0,1}_{-0,2} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,11 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,41 \text{ мм}$$

Расчет для размера $\varnothing 30^{+0,052}$:

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение – D_1 . Для этого необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 30 + \frac{0 + 0,052}{2} = 30,026 \text{ мм;}$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,1 + \frac{0,74 + 0,100}{2} = 0,52 \text{ мм,}$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 30,026 - 0,52 = 29,506 \text{ мм.}$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 29,506 \pm 0,05 \text{ мм.}$

Так как для отверстия принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_1 = 29,556^{+0,1} \text{ мм.}$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_1 = 30^{+0,052} - 29,556^{+0,1} = 0,444^{+0,052}_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,84 \text{ мм}$$

После необходимо определить величину D_0 – технологический размер под черновое точение. Здесь необходимо рассмотреть размерную цепь, в которую входят размеры: D_1 , D_0 , $2 \cdot Z_{1min}$:

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,26 + \frac{0,10 + 0,2}{2} = 0,41 \text{ мм,}$$

и вычисляем

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 29,556 - 0,41 = 29,146 \text{ мм.}$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 29,146 \pm 0,1 \text{ мм.}$

Так как для отверстия принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_0 = 29,246^{+0,2} \text{ мм.}$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_1 - D_0 = 29,556^{+0,1} - 29,246^{+0,2} = 0,31^{+0,1}_{-0,2} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,11 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,51 \text{ мм}$$

1.7.5 Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении

Формула непосредственно для расчета минимальных припусков на обработку плоскостей:

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (6)$$

Данная формула совпадает по смысловому содержанию переменными с формулой (5).

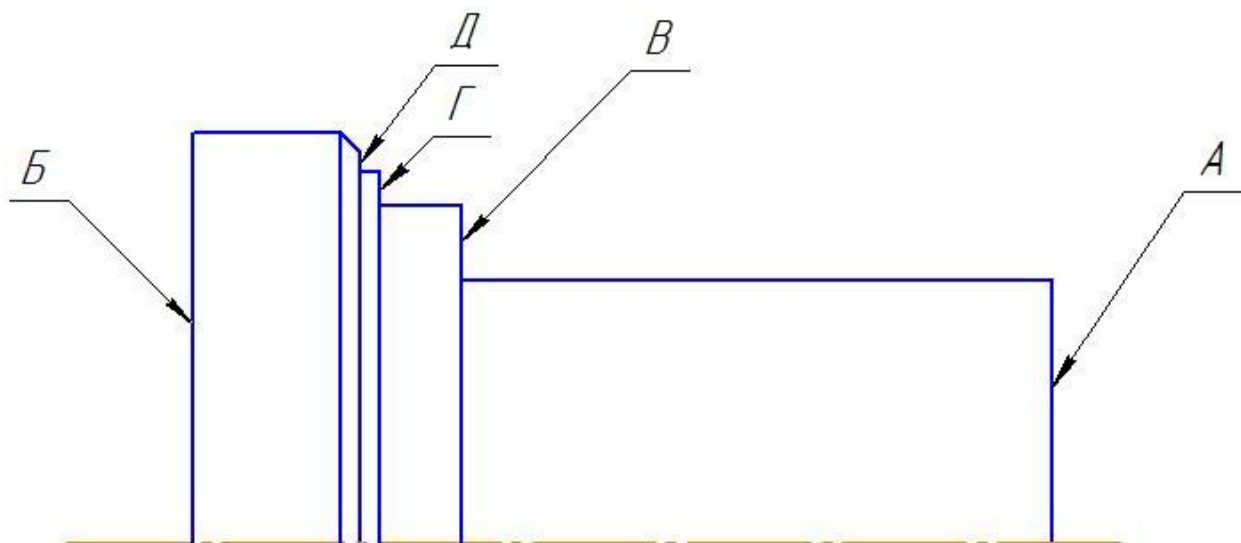


Рисунок 9 Деталь

Расчет припуска на обработку торца А сводим в таблицу 6.

Таблица 7 – Расчет припуска на обработку торца А

Переходы обработки торца А	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{\min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Заготовка	150	250	64	
Подрезка: Черновая:	50	50		464

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяем по таблице 4.4 [1, с.64]: $R_z + h = 400 \text{ мкм}$.

Суммарное пространственное отклонение торца заготовки возникает только из-за коробления (таблица 4.7 [1,стр.68]), определяющееся как произведение удельной кривизны заготовки на наружный диаметр:

$$\rho = 0,5 \cdot 128 = 64 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки заготовки можно не учитывать, так как эта погрешность войдет в допуск на соответствующий размер.

Минимальный припуск под подрезание, формула (6):

Черновое:

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_0 = 150 + 250 + 64 = 464 \text{ мкм.}$$

Для торца Б (см. рисунок6) принимаем минимальный припуск на обработку такой же как для торца А: $Z_{\min} = 431 \text{ мкм.}$

Расчет припусков на обработку торца В сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчет припуска на обработку торца В

Переходы обработки торца В	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{\min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Заготовка	150	250	64	
Подрезка:				
Черновая:	50	50	2	102
Чистовая:	30	30	1,4	

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяется по таблице 4.4 [1, с.64]: $Rz=150 \text{ мкм}, h = 250 \text{ мкм.}$

Торец В обрабатывается за один проход: черновой.

Суммарное пространственное отклонение находим по формуле:

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}}, \quad (7)$$

где $\rho_{\phi_{i-1}}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

$\rho_{p_{i-1}}$ – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

Из Приложения 3 [2, с.75] для $l \approx (160 \dots 300) \text{ мм}$:

$\rho_{\phi_{i-1}} = 12$ мкм, а $\rho_{p_{i-1}} = 23$ мкм.

Таким образом

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}} = 12 + 23 = 35 \text{ мкм.}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости [1, с.73]:

черновое точение: $\rho_1 = k_y \cdot \rho_{\text{зар}} = 0,06 \cdot 35 = 2$ мкм,

чистовое точение: $\rho_2 = k_y \cdot \rho_{\text{зар}} = 0,04 \cdot 35 = 1,4$ мкм

Минимальный припуск на подрезку торца, по формуле (6):

Чистовая:

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 50 + 50 + 2 = 102 \text{ мкм.}$$

Расчет припусков на обработку торца Г сводим в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчет припуска на обработку торца Г и Д

Переходы обработки торца Г	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{\min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Заготовка	150	250	64	
Подрезка:				
Черновая:	50	50	1	101
Чистовая:	30	30	0,6	

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяется по таблице 4.4 [1, с.64]: $Rz=150$ мкм, $h = 250$ мкм.

Торец В обрабатывается за один проход: черновой.

Суммарное пространственное отклонение находим по формуле (7):

Из Приложения 3 [2, с.75] для $l \approx (10 \dots 50)$ мм:

$\rho_{\phi_{i-1}} = 5$ мкм, а $\rho_{p_{i-1}} = 10$ мкм.

Таким образом

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}} = 5 + 10 = 15 \text{ мкм.}$$

Остаточное суммарное пространственное отклонение поверхности после механической обработки определяется по эмпирической зависимости [1, с. 73]:

$$\text{черновое точение: } \rho_1 = k_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 15 = 1 \text{ мкм,}$$

$$\text{чистовое точение: } \rho_2 = k_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 15 = 0,6 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на подрезку торца, по формуле (6):

Чистовая:

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 50 + 50 + 1 = 101 \text{ мкм.}$$

Технологические размеры в осевом направлении определяем, используя размерную схему на рисунке 10.

Допуски на технологические размеры:

$$TA_{1,1} = 0,3 \qquad TA_{3,2} = 0,25$$

$$TA_{2,1} = 0,25 \qquad TA_{3,3} = 0,2$$

$$TA_{2,2} = 0,25 \qquad TA_{3,4} = 0,2$$

$$TA_{2,3} = 0,25 \qquad TA_{3,5} = 0,25$$

$$TA_{2,4} = 0,2 \qquad TA_{3,6} = 0,2$$

$$TA_{2,5} = 0,25 \qquad TA_{3,7} = 0,25$$

$$TA_{3,1} = 0,25 \qquad TA_{3,8} = 0,2$$

Допуски на линейные конструкторские размеры:

$$TK_1 = 1,0 \qquad TK_7 = 0,43$$

$$TK_2 = 0,52 \qquad TK_8 = 0,25$$

$$TK_3 = 0,25 \qquad TK_9 = 0,25$$

$$TK_4 = 0,25 \qquad TK_{10} = 0,62$$

$$TK_5 = 0,74 \qquad TK_{11} = 0,52$$

$$TK_6 = 0,87 \qquad TK_{12} = 0,2$$

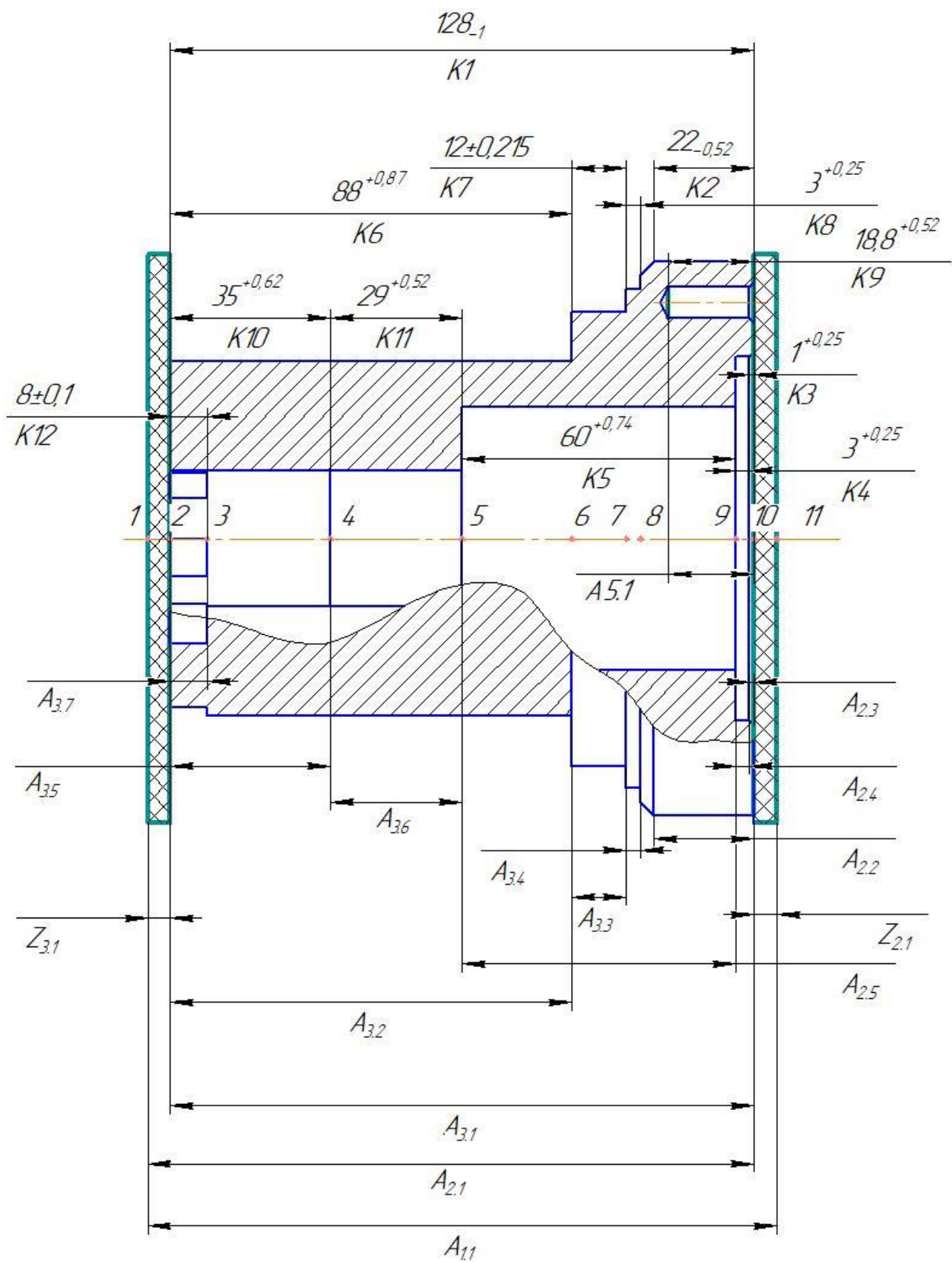


Рисунок 10 Размерная схема

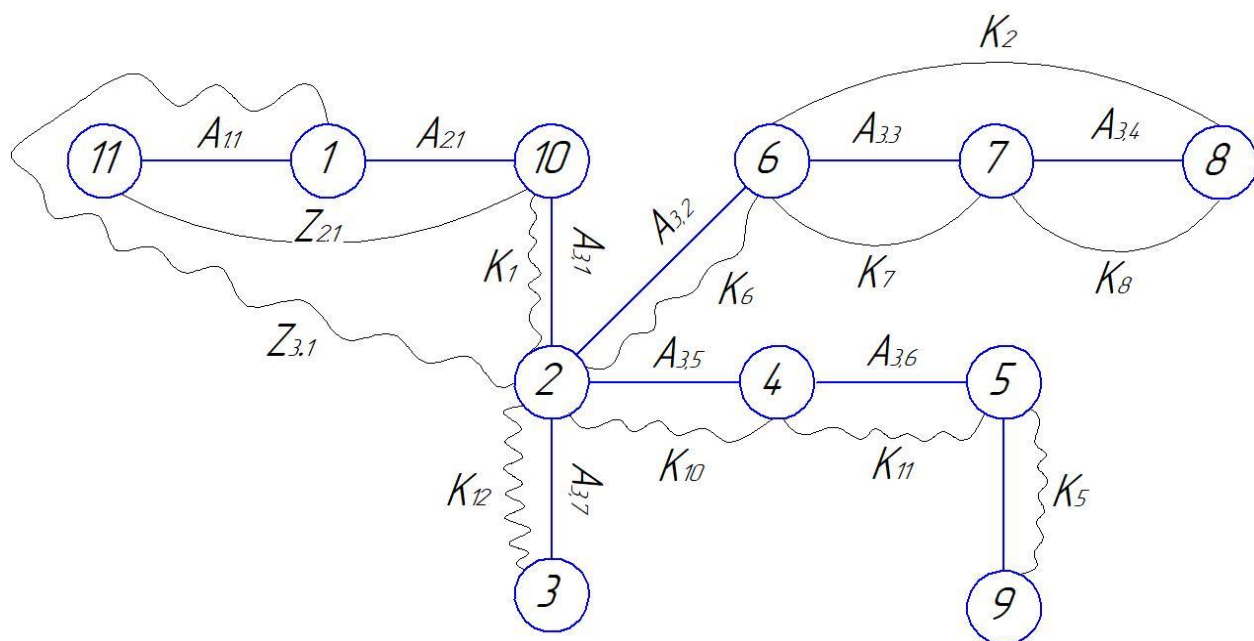


Рисунок 11 Граф-дерево технологических размерных цепей

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i, \quad (8)$$

Непосредственно для размера K_1 (см. рисунок 12): $TK_1 = 1,0 \geq TA_{3,1} = 1,0 \geq 0,25$ мм, т. е. размер K_1 может быть обеспечен с заданной точностью.

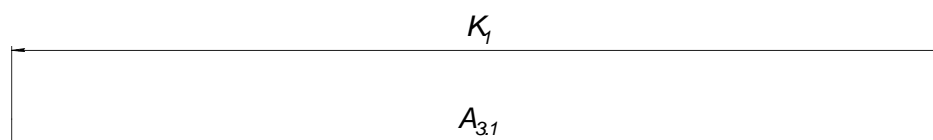


Рисунок 12 Размерная схема для K_1

Непосредственно для размера K_2 (см. рисунок 13): $TK_2 = 0,52 \geq TA_{2,2} = 0,25$ мм, размер K_2 может быть обеспечен с заданной точностью.

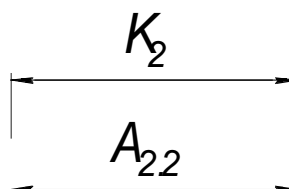


Рисунок 13 Размерная схема для K_2

Непосредственно для размера K_3 (см. рисунок 14): $TK_3 = 0,25 = TA_{2,3} = 0,25$ мм, размер K_3 может быть обеспечен с заданной точностью.

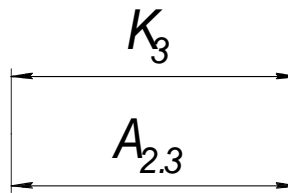


Рисунок 14 Размерная схема для K_3

Непосредственно для размера K_4 (см. рисунок 15): $TK_4 = 0,25 \geq TA_{2,4} = 0,2\text{мм}$, размер K_4 может быть обеспечен с заданной точностью.

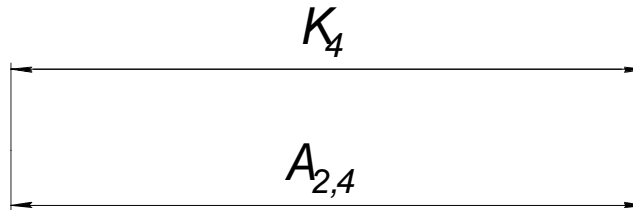


Рисунок 15 Размерная схема для K_4

Непосредственно для размера K_5 (см. рисунок 16): $TK_5 = 0,74 \geq TA_{2,5} = 0,25\text{мм}$, размер K_5 может быть обеспечен с заданной точностью.

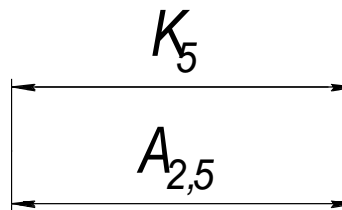


Рисунок 16 Размерная схема для K_5

Непосредственно для размера K_6 (см. рисунок 17): $TK_6 = 0,87 \geq TA_{3,2} = 0,25\text{мм}$, размер K_6 может быть обеспечен с заданной точностью.

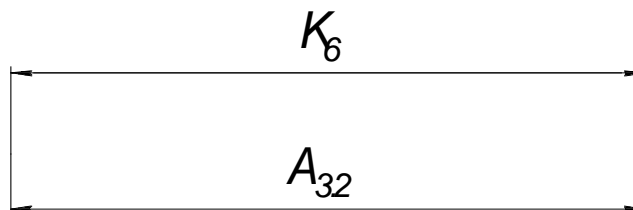


Рисунок 17 Размерная схема для K_6

Непосредственно для размера K_7 (см. рисунок 17): $TK_7 = 0,43 \geq TA_{3,3} = 0,2\text{мм}$, размер K_7 может быть обеспечен с заданной точностью.

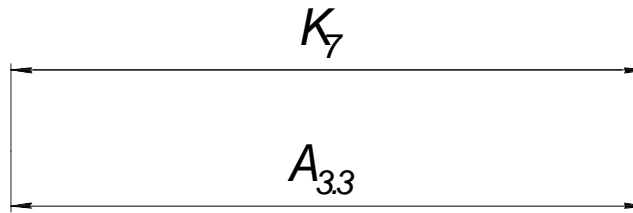


Рисунок 18 Размерная схема для K_7

Непосредственно для размера K_8 (см. рисунок 19): $TK_8 = 0,25 \geq TA_{3.1} = 0,2\text{мм}$, размер K_8 может быть обеспечен с заданной точностью.

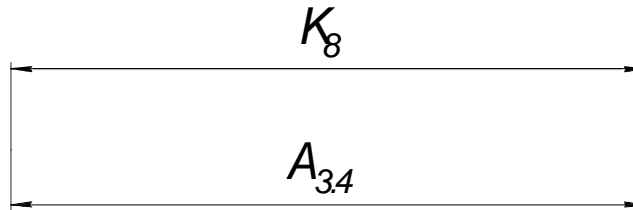


Рисунок 19 Размерная схема для K_8

Непосредственно для размера K_9 (см. рисунок 20): $TK_9 = 0,25 \geq TA_{3.5} = 0,25\text{ м}$, размер K_9 может быть обеспечен с заданной точностью.

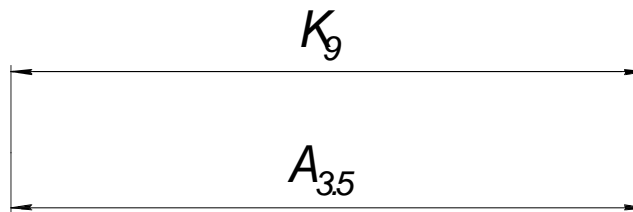


Рисунок 20 Размерная схема для K_9

Непосредственно для размера K_{10} (см. рисунок 21): $TK_{10} = 0,62, \geq TA_{3.6} = 0,2\text{мм}$, размер K_{10} может быть обеспечен с заданной точностью.

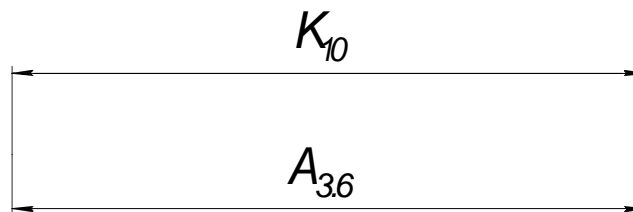


Рисунок 21 Размерная схема для K_{10}

Непосредственно для размера K_{11} (см. рисунок 22): $TK_{11} = 0,52 \geq TA_{3.4} = 0,25\text{мм}$, размер K_{11} может быть обеспечен с заданной точностью.

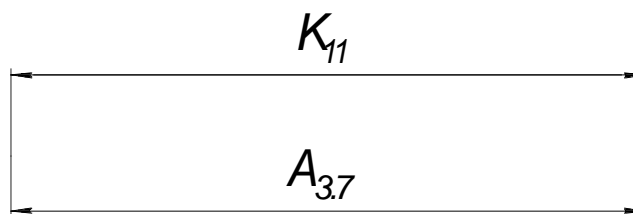


Рисунок 22 Размерная схема для K_{10}

Непосредственно для размера K_{12} (см. рисунок 23): $TK_{12} = 0,2 \geq TA_{3,5} = 0,2$ мм, размер K_{12} может быть обеспечен с заданной точностью.

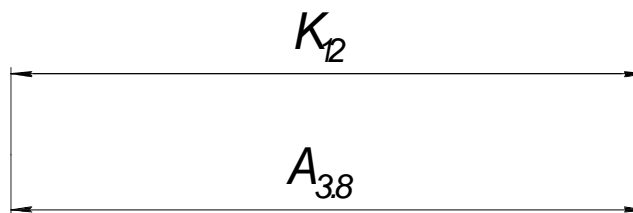


Рисунок 23 Размерная схема для K_{12}

В ходе размерного анализа проверил выполнение условия, что обеспечивается необходимая точность всех непосредственно не выдерживаемых конструкторских размеров. Так же была построена размерная схема осевых размеров и граф технологических размерных цепей, из которых видно, что построенный технологический процесс верен. А также, в ходе размерного анализа технологического процесса определил: размеры заготовки, допуски на технологические размеры, минимальные припуски на обработку, диаметральные и осевые технологические размеры.

1.8 Выбор средств технологического оснащения

Станок горизонтальный токарный с ЧПУ модель 160НТ

Станок горизонтальный токарный с ЧПУ модели 160НТ в патронном исполнении предназначен для токарной обработки деталей типа фланцев и шестерен (длина детали не превышает двух диаметров). Так же имеется возможность обработки деталей с твердостью до HRC 65 методом твердого точения, позволяющий заменить операцию шлифовки точением при весоном сокращении времени обработки. Станок имеет числовое программное управление (ЧПУ) высокой точности, это дает возможность производить комплексные обработки разных деталей в режимах программного управления.

На суппорте станка установлена револьверная головка дискового типа с закрепленным на ней инструментом.

Общий вид станка представлен на рисунке 24



Рисунок 24 Станок 160 НТ

Основные технические данные и характеристики

Технические характеристики, основные параметры и размеры согласно ГОСТ 10172-87, технических условий ТУ3810-013-48852592-2005 приведены в таблице 9.

Таблица - 10

Наименование параметров	Значения
	160НТ-01
Характеристика рабочего пространства	
Максимальный диаметр заготовки, мм	200
Максимальные программируемые перемещения шпиндельной бабки (ось Z), мм	250
Максимальные программируемые перемещения суппорта (ось X), мм	200
Максимальная длина обрабатываемой заготовки, мм	120
Максимальная масса заготовки, устанавливаемой в патроне, кг	30
Конец шпинделя по ГОСТ12595-85	1-6Ц
Характеристика главного привода	
Границы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	5...4000
Число ступеней частот вращения шпинделя	Регулирование бесступенчатое
Максимальный крутящий момент на шпинделе (с двигателем мощностью 12 кВт), Н·м	205
Характеристика приводов подач	
Границы программируемых подач по осям X, Z, мм/мин	1...15000
Число ступеней рабочих подач	Регулирование бесступенчатое
Скорость быстрого перемещения по осям (X, Z), м/мин	20
Точность позиционирования, мм	±0,010
Повторяемость позиционирования, мм	±0,005
Максимальное усилие подачи, Н -по координате X -по координате Z	5250 5250
Характеристика устройства ЧПУ и измерительных преобразователей	
Количество одновременно управляемых координат	3
Количество одновременно управляемых каналов	1
Дискретность перемещения, мм	0,001
Характеристика револьверной головки	
Количество позиций	8
Время смены инструмента, с	0,5
Точность позиционирования	±4"

Токарные обрабатывающие центры с ЧПУ TAKISAWA серии LA



Рисунок 25

Таблица 11 – стандартная комплектация

	<p>Шпиндельная бабка с ременным приводом</p> <p>Сконструирована для производительной токарной обработки. Конструкция литая и очень жесткая. В конструкции имеется теплорассеивающее ребрение, для того чтобы получить минимальную вибрацию и не допускался перегрев шпинделя.</p>
	<p>Высокоточный шпиндель</p> <p>Сконструирован и сбалансирован на заводе Такисава.</p> <p>Высокое качество поверхностей деталей получается, из-за обеспечения точного вращения заготовки.</p>

	<p>Револьверная голова имеющая возможность установки двенадцати инструментов</p> <p>Револьверная головка усиленной конструкции, сконструированная на заводе Такисава.</p> <p>Позволяющая жестко закреплять инструмент с максимальной степенью точности и применять силовые режимы резания.</p> <p>Так же есть возможность установить револьверную головку на 8 или 10 инструментов.</p>
	<p>Стойка ЧПУ Фанук специально разработана для станков Такисава</p> <p>Адаптирована на заводе Такисава для удобства выбора режимов резания, преднастроена для работы с системой измерения инструмента и имеет большой диапазон встроенных циклов.</p>
	<p>Конвейер для стружки</p> <p>Стружка удаляется автоматизировано из зоны резанья, поэтому конвейер позволят оператору не отвлекаться на выгрузку стружки из рабочей зоны.</p>

Токарные обрабатывающие центры Такисава серии ЛА предназначены для высокопроизводительной токарной обработки деталей типа тел вращения: валов, осей, муфт, при “трудоемких” режимах резания и т.д.

В сочетании мощного шпинделя, направляющих скольжения, по сечению увеличенных, а также высочайшей жесткости наклонной конструкции станины позволяют непосредственно сочетать силовое резание при чистовой обработке стальных закаленных деталей с твердостью близкой к 60 HRC, и при этом обеспечивая высокую точность по седьмому качеству и шероховатость от 8 до 9 класса.

Токарные обрабатывающие центры Такисава серии ЛА имеют применение во всех отраслях машиностроительной индустрии.

VR - 6DF сверлильный станок



Рисунок 26

VR - 6DF - это сверлильный станок (рисунок 26), разработанный и производящийся международной корпорацией Proma. Аппарат будет незаменим в сверлении деталей, а также нарезке резьбы требуемого образца. Еще он понадобится в работе по высокоточному сверлению, развертыванию, зенкерованию и другим операциям, диаметр сверла в которых составляет не более 6-ти миллиметров.

Высококачественный и надежный станок VR - 6DF снабжен специальным цифровым индикатором, помогающим с максимальной точностью определить глубину сверления. У оборотов шпинделя имеется плавная регулировка, благодаря которой обеспечивается аккуратное и точное

проведение операций. Незначительные размеры станка (15,6 X 27,5 см) и используемое напряжение в 230В дают возможность использования аппарата у себя дома. Стоит сказать, что по точности выполняемых операций станок не уступает этому же параметру, применяемому на отраслевых предприятиях. Вес аппарата составляет всего 15 килограмм, что делает очень удобным его перемещение в необходимое место.

В разработке сверлильного станка VR - 6DF компания Proma ориентировалась на высокое качество изделия и применение его широким диапазоном потребителей. Результат эксплуатации аппарата показал, что он удобен и выгоден в применении как крупными предприятиями, так и небольшими мастерскими, а также частными пользователями у себя дома.

Основное управление станком производится от вводного выключателя. В положении "I" аппарат находится во включенном состоянии, в положении "0" - в выключенном состоянии. Потенциометром регулируется скорость вращения шпинделя. Также станок снабжен гнездом для предохранителя.

GU-2020CNC - Станок круглошлифовальный с ЧПУ



Рисунок 27

Врезное шлифование. Система автоматической подачи при врезном шлифовании и электронный таймер "выхаживания" дают хорошие результаты на малых партиях деталей.

Продольное шлифование. Автоматические дискретные перемещения при возвратно-поступательных движениях стола позволяют эффективно производить продольное шлифование.

Торцевое шлифование. Для обработки торца заготовки передняя бабка может разворачиваться до 90 гр.

Шлифование буртиков. Цилиндрическая поверхность и примыкающий к ней буртик может быть отшлифована за один врезной шлифовальный цикл.

Шлифование конических поверхностей. Шлифование конусов на заготовке установленной в центрах возможно при развороте стола, на заготовке зажатой в патроне - при развороте передней бабки и/или стола.

Внутреннее шлифование. Для шлифования отверстий применяется шпиндельная внутришлифовальная головка (опция), которая устанавливается на шлифовальной бабке на шарнире и, в случае необходимости, может быть быстро переведена в рабочее положение.

Подшипник шпинделя шлифовальной бабки – это отличная разработка ParagonMachinery, обеспечивающий высокую плавность и точность при вращении, исключая соприкосновение металла с металлом;

V- и П-образные направляющие скольжения с гидростатической разгрузкой;

Механизм поворота стола обеспечивает разворот его до 7,5° против часовой стрелки, что позволяет шлифовать конусные поверхности заготовки в «центрах»;

Механизм регулирующий натяжение ремня привода передней бабки, обеспечивает передачу наибольшего момента от привода на поводок;

3-х или 4-х кулачковый патрон передней бабки, с гидравлическим или пневматическим зажимом (опция);

Разворот шлифовальной бабки $\pm 30^\circ$ (кроме CNC-серии), позволяет шлифовать наружные, радиальные и торцевые поверхности тел вращения одним врезным проходом;

Субмикронные оптико-электронные датчики отсчета линейных перемещений по осям;

Приспособление для внутреннего шлифования (опция), устанавливается на шлифовальной бабке и позволяет шлифовать внутренние, цилиндрические и конические поверхности тел вращения;

Гидрокопировальное приспособление (опция, кроме CNC-серии), позволяет править шлифовальный круг по шаблону;

Обработка тонких и небольших заготовок, достигается в результате регулировки силы зажима заготовки в центрах;

Точная настройка задней бабки (опция), позволяет корректировать «конусность» заготовки при шлифовании в центрах;

Станки используются в массовом производстве, за счет исполнения с автоматической загрузкой или выгрузкой обрабатываемых деталей.

Высокомоментные двигатели приводов Fanuc осей X и Z, напрямую соединенные с прецизионными шарико-винтовыми парами (класса «C1») позволяют обеспечить позиционирования узлов станка с точностью до 0,1μ (только CNC-серия).

1.9 Расчет режимов резанья

1.9.1. Токарная операция с ЧПУ: подрезка торца Ø125 мм

Материал режущего инструмента выберем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – T15K6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,0$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:
 $s = 0,2$ мм/об

3. Скорость резания определяется по формуле:

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

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (10)$$

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

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

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

По табл. 1,5,6 [4,с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V}, \quad (11)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40хберемиз таблицы 2 [4, с.262]:

$$\begin{aligned} K_{\Gamma} &= 1,0 \quad n_V = 1,0 \\ K_{MV} &= K_{\Gamma} \left(\frac{750}{600} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25 \\ K_{MV} &= 1,25; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0. \\ K_V &= K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125. \end{aligned}$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 1,125 = 352,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 352,5}{3,14 \cdot 125} = 898 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 800 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 800}{1000} = 314 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \quad (12)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\max} = 2$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (13)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывая фактические условия резания. По таблице 9,23 [4, с.264]:

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

$K_{MP} = 0,85$; $K_{\phi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,0$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{rP} = 0,93$.

$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7$.

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 314^{-0,15} \cdot 0,7 = 718 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{718 \cdot 314}{1020 \cdot 60} = 3,7 \text{ кВт}.$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,7}{0,75} = 4,9 \text{ кВт}.$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаю $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$4,9 < 7,5$$

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

1.9.2 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø122 мм(черновая)

Материал режущего инструмента выберем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – T15K6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 1,5$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,3 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^{m \cdot t^x \cdot s^y}} \cdot K_V, \quad (14)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=90$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \quad (15)$$

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

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

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

По табл. 1,5,6 [4,с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V}, \quad (16)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{600} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (14):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,45}} \cdot 1,125 = 251,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 251,5}{3,14 \cdot 122} = 656,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаю фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\text{ст}} = 600 \text{ об/мин.}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 122 \cdot 600}{1000} = 229,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяю главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P (11)$$

Значения коэффициентов: $C_P=300$; $n = 0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4,с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 1,5 \text{ мм}$ (в два прохода).

Коэффициент K_P :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблице 9,23 [4, с.264]:

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

$K_{MP}= 0,85$; $K_{\varphi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,0$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{TP}= 0,93$.

$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7$.

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 229,8^{0,15} \cdot 0,7 = 565 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{565 \cdot 229,8}{1020 \cdot 60} = 2,1 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,1}{0,75} = 2,8 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$
$$2,8 < 7,5$$

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

1.9.3 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø122 мм (чистовая)

Материал режущего инструмента выберем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – T15K6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,31$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,15 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V, \quad (17)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 180$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 420$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,20$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (18)$$

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

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

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

По табл. 1,5,6 [4,с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V}, \quad (18)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{600} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{180^{0,2} \cdot 0,31^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 1,125 = 236 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 236}{3,14 \cdot 122} = 616 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 600 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 122 \cdot 600}{1000} = 230 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

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

Значения коэффициентов: $C_P = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$
– определены по таблице 22 [4, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 0,485 \text{ мм.}$

Коэффициент K_P :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9,23 [4, с.264]:

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

$$K_{MP} = 0,85; \quad K_{\phi P} = 0,89; \quad K_{\gamma P} = 1,0; \quad K_{\lambda P} = 1,0; \quad K_{\Gamma P} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,485^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 230^{-0,15} \cdot 0,7 = 108,5 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{108,5 \cdot 230}{1020 \cdot 60} = 0,4 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,4}{0,75} = 0,5 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$0,5 < 7,5$$

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

Для выполнения сверлильной операции воспользуемся современным инструментом и режимы выбираем в соответствии с каталогами Seco <https://www.secotools.com>:

Сверловка отверстия (сверло диаметром 28) $n=350\dots600$ об/мин, $V = 100$ м/мин, $s = 0,03\dots0,12$ мм/об

1.9.4 Токарная операция с ЧПУ: растачивание поверхности Ø80 мм (черновая)

Материал режущего инструмента выберем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 2,415$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,7 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (19)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (20)$$

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

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

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

По табл. 1,5,6 [4,с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V}, \quad (21)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{600} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2,415^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 1,125 = 154 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 154}{3,14 \cdot 80} = 613 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 600 \text{ об/мин}.$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 600}{1000} = 150,72 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (21)$$

Значения коэффициентов: $C_p=300$; $n = 0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4,с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\max} = 1,375$ мм (в два прохода)

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9,23 [4, с.264]:

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

$$K_{MP}= 0,85; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{TP}= 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,375^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 150,72^{0,15} \cdot 0,7 = 1041 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1041 \cdot 150,72}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,6}{0,85} = 3,1 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем $\eta = 0,85$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$3,1 < 7,5$$

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

1.9.5 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø80 мм (чистовая)

Материал режущего инструмента выберем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,31$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:
 $s = 0,15$ мм/об

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V, \quad (22)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=180$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 420$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,20$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (23)$$

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

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

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

По табл. 1,5,6 [4,с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V}, \quad (24)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_V = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{600} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

$$K_{MV} = 1,25; \quad K_{ПВ} = 0,9; \quad K_{ИВ} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{340}{180^{0,2} \cdot 0,31^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 1,125 = 236 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 236}{3,14 \cdot 80} = 939 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 950 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 950}{1000} = 238,64 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p=300$; $n = 0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4,с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 0,485 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\text{фP}} \cdot K_{\text{γP}} \cdot K_{\text{λP}} \cdot K_{\text{rP}}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9,23 [4, с.264]:

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

$$K_{\text{MP}} = 0,85; K_{\text{фP}} = 0,89; K_{\text{γP}} = 1,0; K_{\text{λP}} = 1,0; K_{\text{rP}} = 0,93.$$

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\text{фP}} \cdot K_{\text{γP}} \cdot K_{\text{λP}} \cdot K_{\text{rP}} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,485^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 238,64^{0,15} \cdot 0,7 = 108 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{108 \cdot 238,64}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,5}{0,75} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$0,6 < 7,5$$

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

1.9.6 Токарная операция с ЧПУ: растачивание поверхности Ø58 мм (черновая)

Материал режущего инструмента выберем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – T15K6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 2,415$ мм.

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:

$$s = 0,7 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V, \quad (25)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (26)$$

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

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

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

По табл. 1,5,6 [4,с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (27)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$K_{\Gamma} = 1,0 \quad n_v = 1,0$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{600} \right)^{Nv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,0.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Скорость резания, формула (25):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2,415^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 1,125 = 173,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 173,5}{3,14 \cdot 58} = 953 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 950 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 58 \cdot 950}{1000} = 173,02 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

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

Значения коэффициентов: $C_P=300$; $n = 0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 1,375$ мм (в два прохода)

Коэффициент K_P :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9,23 [4, с.264]:

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

$$K_{MP} = 0,85; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{\tau P} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 1,375^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 173,02^{0,15} \cdot 0,7 = 1020 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1020 \cdot 173,02}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,9}{0,75} = 3,9 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$
$$3,9 < 7,5$$

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

1.9.7 Токарная операция с ЧПУ: растачивание поверхности Ø58 мм (чистовая)

Материал режущего инструмента выберем в соответствии с рекомендациями [4, с. 116] – T15K6.

1. Глубина резания: $t = Z^C = 0,31 \text{ мм.}$

2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:
 $s = 0,15 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V, \quad (28)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 180 \text{ мин.}$

Значения коэффициентов: $C_V = 420$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,20$ – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (29)$$

где K_{MV} – учитывающий коэффициент качества обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – отражающий коэффициент состояния поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – учитывающий коэффициент качества материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [4,с.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_V}, \quad (30)$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 45 берем из таблицы 2 [4, с.262]:

$$\begin{aligned} K_{\Gamma} &= 1,0 \quad n_V = 1,0 \\ K_{MV} &= K_{\Gamma} \left(\frac{750}{600} \right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25 \\ K_{MV} &= 1,25; \quad K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,0. \\ K_V &= K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125. \end{aligned}$$

Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{180^{0,2} \cdot 0,31^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 1,125 = 236 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 236}{3,14 \cdot 58} = 1294 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1300 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 59 \cdot 1300}{1000} = 240,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

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

Значения коэффициентов: $C_P=300$; $n = 0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4,с.273].

Глубина резания в формуле: $t = Z_{\text{max}} = 0,485 \text{ мм.}$

Коэффициент K_P :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9,23 [4, с.264]:

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

$$K_{MP}= 0,85; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,485^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 240,8^{-0,15} \cdot 0,7 = 108 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{108 \cdot 240,8}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,5}{0,75} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам не известно, то принимаем $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$0,6 < 7,5$$

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

Для выполнения токарно-фрезерной операции воспользуемся современным инструментом и режимы выбираем в соответствии с каталогами Seco <https://www.secotools.com>

1.Обработка наружной поверхности:

Черновое точение $n=600...1600$ об/мин, $V = 100 ... 200$ м/мин,

$s=0,15...0,4$ мм/об

Чистовое точение $n=800...1500$ об/мин, $V = 120 ... 150$ м/мин,

$s=0,15...0,2$ мм/об

2.Обработка внутренней поверхности:

Черновое точение $n=600...1600$ об/мин, $V = 100 ... 200$ м/мин,

$$s = 0,15 \dots 0,4 \text{ мм/об}$$

Чистовое точение $n = 800 \dots 1500 \text{ об/мин}$, $V = 120 \dots 150 \text{ м/мин}$,

$$s = 0,15 \dots 0,2 \text{ мм/об}$$

3. Фрезеровка зубов (твердосплавная фреза диаметром 6)
 $n = 450 \dots 1600 \text{ об/мин}$, $V = 100 \dots 500 \text{ м/мин}$, $s = 0,1 \dots 0,5 \text{ мм/об}$

1.9.8 Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø78 мм

Выберем шлифовальный круг в основу которого входит электрокорунд белый:

ПВ200 × 10 × 32 24А 40 СМ2 К1 ГОСТ 2424 – 83.

Стойкость инструмента $T = 10 \text{ мин}$.

1. Из выбранного диаметра круга и паспортным данным станка определим скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60}, \quad (31)$$

где D_K - диаметр круга; n_K - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,17 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2. Скорость детали примем по рекомендациям таблицы 55 [4, с. 301]:
 $V_{\text{заг}} = 30 \text{ м/мин}$.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 78} = 122,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем $n_3 = 150 \text{ об/мин}$, тогда:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 78 \cdot 150}{1000} = 36,74 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [4, с. 301]: $t = 0,01 \text{ мм}$.

4. Продольную подачу выбираем по таблице 162 [5, с. 345]: $s = 2,5 \text{ мм}$.

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R, \text{ где}$$

K_M – учитывающий коэффициент обрабатываемого материала;

K_R – учитывающий коэффициент радиуса галтели детали;

K_D – учитывающий коэффициент диаметра шлифовального круга;

K_T – учитывающий коэффициент стойкости круга;

K_{VK} – учитывающий коэффициент скорости круга;

K_h – учитывающий коэффициент припуска на обработку;

K_{IT} – учитывающий коэффициент точности обработки..

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0;$$

$$S_B = 2,5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,26 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162[5, с. 345]: $S_{2XT} = 0,031$ мм.

$$S_{2X} = S_{2XT} \cdot K_{S2X},$$

$$K_{S2X} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R$$

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0.$$

$$S_{2XT} = 0,031 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,0036 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

5. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (32)$$

где d – диаметр шлифования; значения коэффициента C_N и показателей степени по таблице 56 [4, стр. 303].

$$C_N = 2,2; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; z = 0$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 2,2 \cdot 36,74^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 0,26^{0,55} = 0,64 \text{ кВт}$$

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,64}{0,75} = 0,9 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где $N_{cm} = 2,8$ кВт – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,75$ – КПД привода.

$$0,9 < 2,52.$$

1.9.9 Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø100 мм

Выберем шлифовальный круг в основу которого входит электрокорунд белый:

ПВ200 × 10 × 32 24А 40 СМ2 К1 ГОСТ 2424-83.

Стойкость инструмента T=10 мин.

1. Из выбранного диаметра круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60}, \quad (33)$$

где D_K - диаметр круга; n_K - частота вращения шпинделя.

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 26,17 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2. Скорость детали примем по рекомендациям таблицы 55 [4, с. 301]:

$V_{\text{заг}} = 30 \text{ м/мин.}$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 100} = 95,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем $n_3 = 100 \text{ об/мин}$, тогда:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 100}{1000} = 31,4 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

3. Глубину резания выбираем по таблице 55 [4, с. 301]: $t = 0,01 \text{ мм}$.

4. Продольную подачу выбираем по таблице 162 [5, с. 345]: $s = 2,5 \text{ мм}$.

$$S_B = S_{Bt} \cdot K_{SB},$$

$$K_{SB} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R, \text{ где}$$

K_M – учитывающий коэффициент обрабатываемого материала;

K_R – учитывающий коэффициент радиуса галтели детали;

K_D – учитывающий коэффициент диаметра шлифовального круга;

K_T – учитывающий коэффициент стойкости круга;

K_{VK} – учитывающий коэффициент скорости круга;

K_h – учитывающий коэффициент припуска на обработку;

K_{IT} – учитывающий коэффициент точности обработки.

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0;$$

$$S_B = 2,5 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,26 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

5. Радиальную подачу на двойной ход выбираем по таблице 162 [5, с. 345]: $S_{2ХТ} = 0,031 \text{ мм}.$

$$S_{2X} = S_{2ХТ} \cdot K_{S2X},$$

$$K_{S2X} = K_M \cdot K_D \cdot K_T \cdot K_{VK} \cdot K_h \cdot K_{IT} \cdot K_R$$

$$K_M = 0,66; K_D = 0,42; K_T = 0,72; K_{VK} = 1,0; K_h = 1,16; K_{IT} = 0,5; K_R = 1,0.$$

$$S_{2ХТ} = 0,031 \cdot 0,66 \cdot 0,42 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,0036 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

5. Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (34)$$

где d – диаметр шлифования; значения коэффициента C_N и показателей степени по таблице 56 [4, стр. 303].

$$C_N = 2,2; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; z = 0$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 2,2 \cdot 31,4^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 0,26^{0,55} = 0,59 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,59}{0,75} = 0,78 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta$$

где $N_{\text{ст}} = 2,8 \text{ кВт}$ – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,75$ – КПД привода.

$$0,78 < 2,52.$$

1.9.10 Сверлильная 12 отверстий под резьбу м8:

1. Глубина резания: $t_{5,1} = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 6,7 = 3,35 \text{ мм}.$

2. Подача по таблице 25 [2, Т.2, стр. 277] : $0,25 \text{ мм/об}$, но с учётом имеющихся подач на станке принимаем:

$$S_{3,1} = 0,2 \text{ мм/об}.$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v, \quad (35)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 30 [2, Т.2, стр.279]:

$$T=45 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определил по таблице 28 [2, Т.2, стр.278].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{IIV},$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициенты K_{MV} , K_{IIV} определены выше.

Тогда по таблице 31 [2, Т.2, стр.280]: $K_{IV} = 1$.

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{IIV} = 1,19 * 1 * 1 = 1,19.$$

Скорость резания, формула (9):

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v = \frac{7 \times 3,35^{0,4}}{45^{0,2} \times 0,2^{0,7}} \times 1,19 = 19,5 \text{ м / мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 * V / (\pi * D) = 1000 * 19,5 / (3,14 * 6,7) = 926 \text{ об/мин.}$$

5. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 900 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \pi * D * n_{\phi} / 1000 = 3,14 * 6,7 * 900 / 1000 = 18,9 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p, \quad (36)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$ – определены по таблице 32 [2, Т.2, стр.281].

Коэффициент K_p : $K_p = K_{MP} = 0,85$.

Крутящий момент, формула (10):

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,0345 * 6,7^2 * 0,2^{0,8} * 0,85 = 3,63 \text{ Н*м.}$$

8. Определяем осевую силу по формуле:

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

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$ – определены по таблице 32 [2, Т.2, стр.281].

Осевая сила:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p = 10 * 68 * 6,7^1 * 0,2^{0,7} * 0,85 = 1255 \text{ Н.}$$

Допускаемая осевая сила по паспорту станка 5600 Н, поэтому расчётная осевая сила приемлема.

8. Мощность резания:

$$N = M_{кр} * n_{ф} / 9750 = 3,63 * 900 / 9750 = 0,36 \text{ кВт.}$$

9. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 0,36 / 0,85 = 0,42 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 1,5 кВт, она достаточна для выполнения операции.

1.10 Расчет основного времени

Токарная операция с ЧПУ–1

переход 1 – подрезка торца:

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n},$$

где l – непосредственно длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{ctg} \varphi$ – длина врезания инструмента в заготовку, мм;

$l_{\text{пер}}$ – длина перебега инструмента, мм;

$l_{\text{подв}}$ – длина подвода инструмента к заготовке, мм ($1 \div 3$ мм);

i – число рабочих ходов;

$S_m = S \cdot n$ минутная подача, мм/мин.

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(62,5 + 1,071 \cdot \text{ctg} 45^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{0,2 \cdot 800} 0,41 \text{ мин.}$$

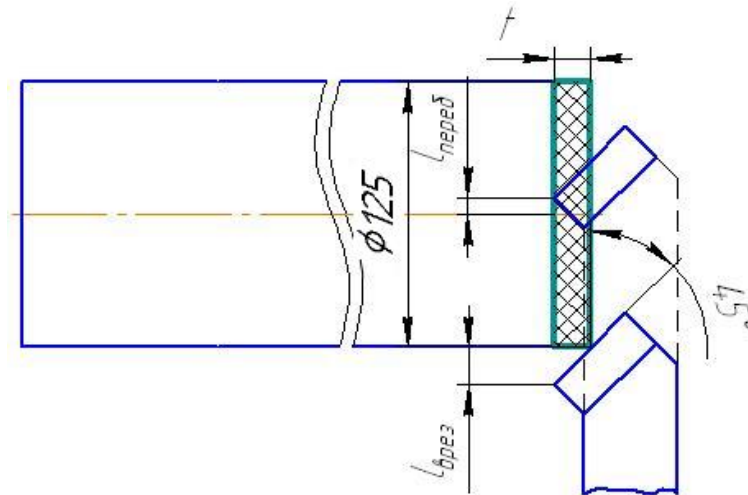


Рисунок 28

Переход 2 – точить шейку Ø122 мм (начерно и начисто).

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n}$$

$$= \frac{(25 + 1,375/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,3 \cdot 600} + \frac{(25 + 1,5/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,15 \cdot 600}$$

$$= 0,78 \text{ мин.}$$

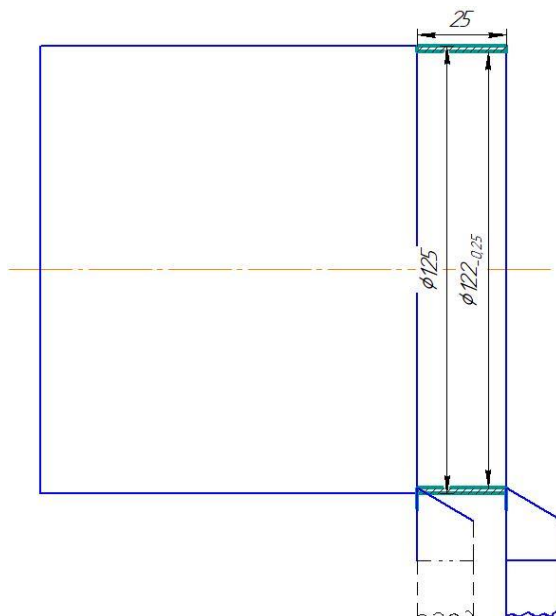


Рисунок 29

Переход 3 – сверловка отверстия диаметром 28

$$t_o = \frac{l}{S \cdot n} = \frac{130}{0,05 \cdot 450} = 5,8 \text{ мин}$$

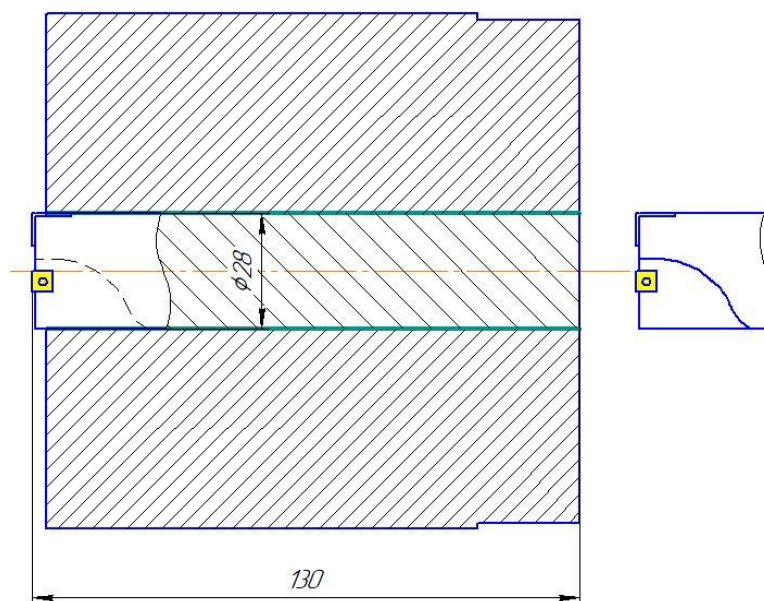


Рисунок 30

Переход4 – расточить приточку Ø80 мм (начерно и начисто).

$$\begin{aligned}
 t_o &= \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} \\
 &= \frac{(4 + 1,375/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 13}{0,7 \cdot 600} + \frac{(4 + 1,5/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,7 \cdot 600} \\
 &= 0,1 \text{ мин.}
 \end{aligned}$$

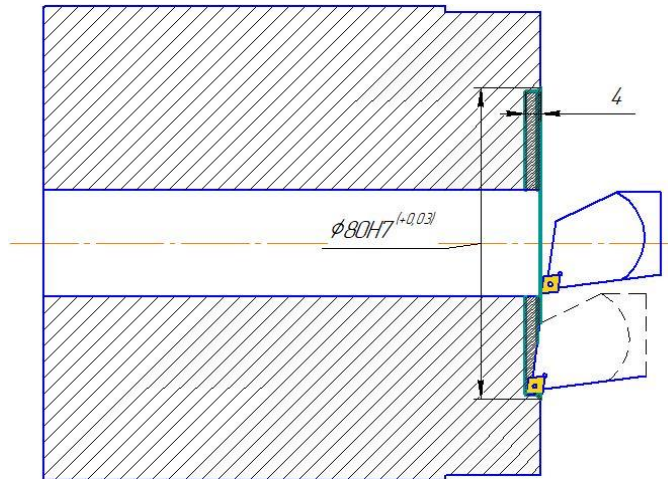


Рисунок 31

Переход5 – расточить отверстие Ø58 мм (начерно и начисто).

$$\begin{aligned}
 t_o &= \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} \\
 &= \frac{(60 + 1,375/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 8}{0,05 \cdot 450} + \frac{(60 + 1,5/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,15 \cdot 1300} \\
 &= 1,3 \text{ мин.}
 \end{aligned}$$

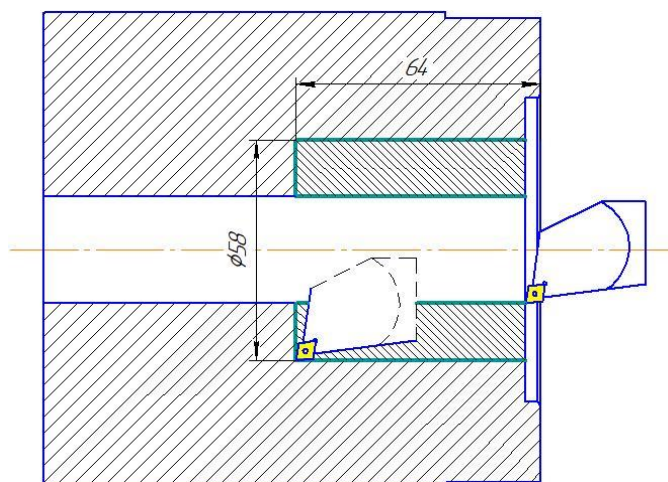


Рисунок 32

$$\sum t_o = 0,41 + 0,78 + 5,8 + 0,1 + 1,3 = 8,39 \text{ мин}$$

Токарно-фрезерная операция с ЧПУ - 2

переход 1 – подрезка торца:

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(48,5 + 1,071 \cdot \text{ctg} 45^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{0,2 \cdot 800} = 0,32 \text{ мин.}$$

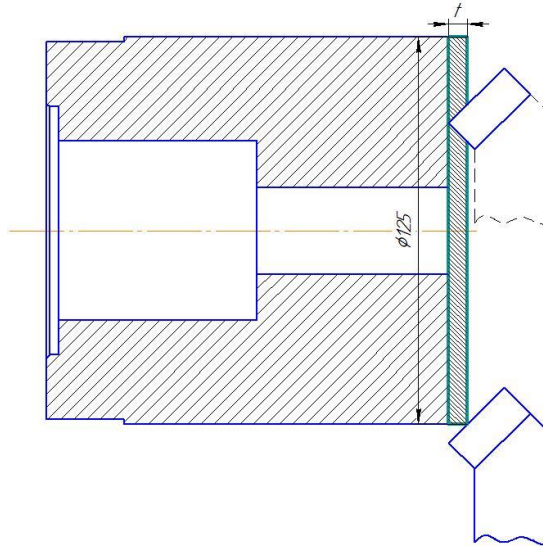


Рисунок 33

переход 2 – точить шейку Ø78 мм (начерно).

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(88 + 1,375/\text{tg} 90^\circ + 2 + 1) \cdot 8}{0,3 \cdot 900} = 2,6 \text{ мин}$$

переход 3 – точить шейку Ø100 мм (начерно).

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(12 + 1,375/\text{tg} 90^\circ + 0 + 1) \cdot 9}{0,3 \cdot 800} = 0,38 \text{ мин}$$

переход 4 – точить шейку Ø110 мм (начерно и начисто).

$$\begin{aligned} t_o &= \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} \\ &= \frac{(3 + 1,375/\text{tg} 90^\circ + 0 + 1) \cdot 7}{0,3 \cdot 800} + \frac{(3 + 1,5/\text{tg} 90^\circ + 0 + 1) \cdot 1}{0,15 \cdot 800} \\ &= 0,13 \text{ мин} \end{aligned}$$

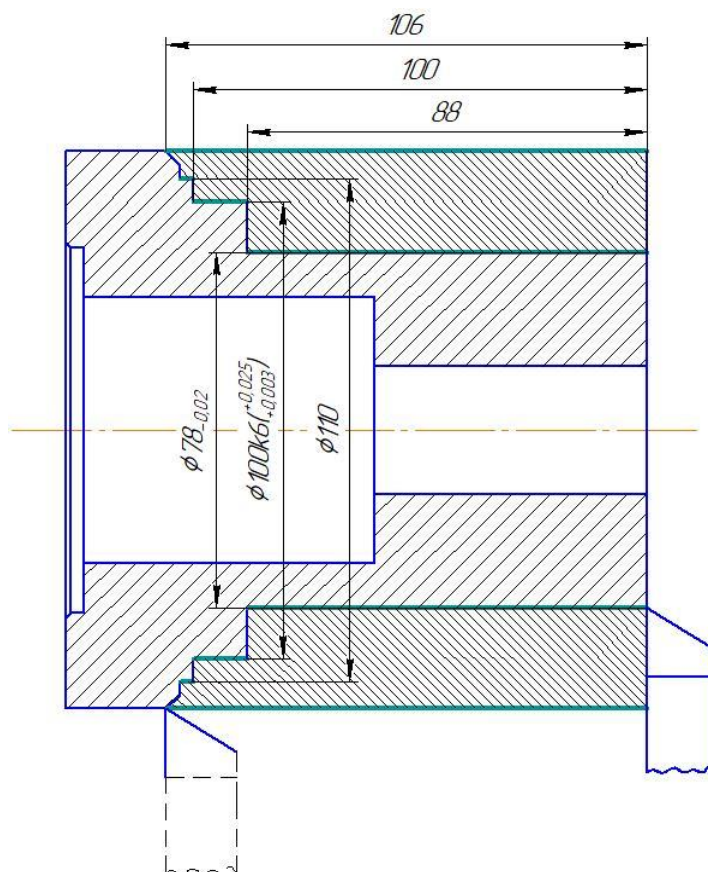


Рисунок 34

Переход 5 – расточить отверстие Ø30 мм (начерно и начисто).

$$\begin{aligned}
 t_o &= \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} \\
 &= \frac{(35 + 1,375/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 1}{0,05 \cdot 450} + \frac{(35 + 1,5/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,15 \cdot 1300} \\
 &+ \frac{(29 + 1,375/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 1}{0,05 \cdot 450} + \frac{(29 + 1,5/\text{tg}90^0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,15 \cdot 1300} \\
 &= 1,5 \text{ мин.}
 \end{aligned}$$

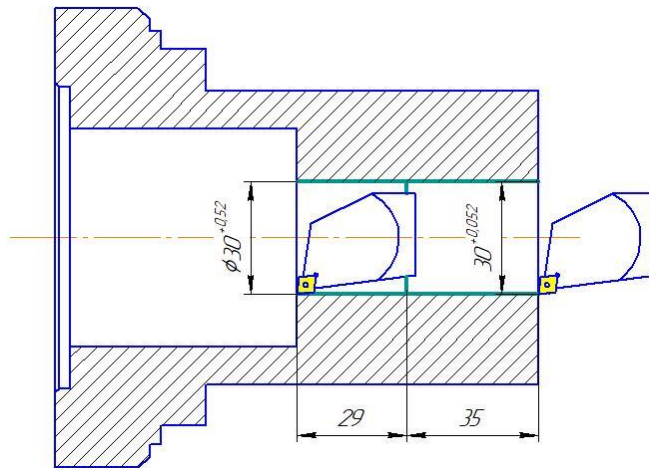


Рисунок 35

Переходб – Фрезеровать зубья (начисто).

$$t_o = \frac{L}{S_M} \cdot i \text{ мин},$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

S_M – подача, мм/мин.

i – число рабочих ходов.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}$$

Величина врезания инструмента:

$$l_B = \sqrt{\left(\frac{D_\phi}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_\phi}{2} - t\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{8}{2}\right)^2 - \left(\frac{8}{2} - 0,3\right)^2} = 1,52 \text{ мм};$$

где D_ϕ – диаметр фрезы, мм;

t – глубина резания, мм.

$$t_o = \frac{L}{S_M} \cdot i = \frac{13,5 + 1,52 + 1 + 1}{160} \cdot 10 = 1,1 \text{ мин}$$

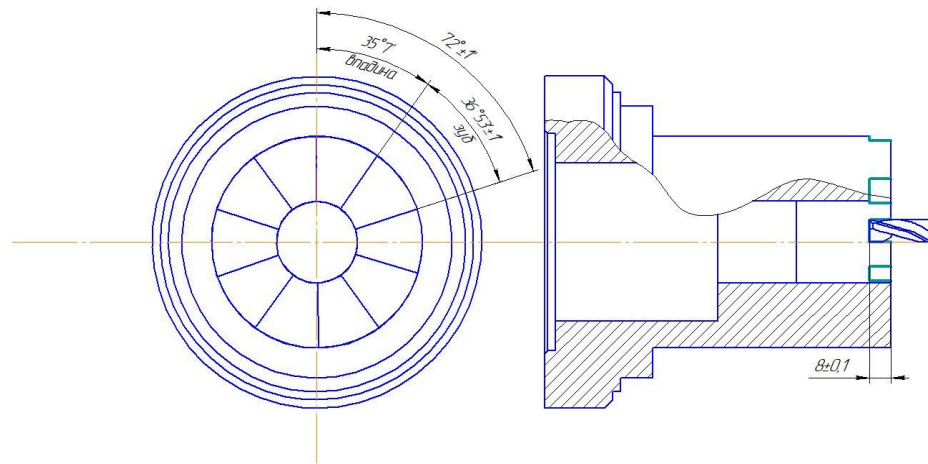


Рисунок 36

$$\sum t_o = 0,32 + 2,6 + 0,38 + 0,13 + 1,5 + 1,1 = 6,03 \text{ мин}$$

Основное время для круглошлифовальной операции:

Основное время круглошлифовальной операции определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K, \text{ мин.}$$

где z – припуск на сторону, мм;

K – коэффициент учитывает время выхаживания;

Принимают для чистового шлифования: $K = 1,25 \dots 1,5$;

n_o - частота вращения детали, об/мин;

переход 1:– шлифовать шейку вала $\varnothing 100$ мм.

$$i = \frac{a}{S_{2X}} = \frac{0,25}{0,0031} = 81;$$

$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K = \frac{12 \cdot 81 \cdot 1,5}{0,26 \cdot 32 \cdot 100} = 1,75 \text{ мин}$$

переход 2:– шлифовать шейку муфты $\varnothing 78$ мм.

$$i = \frac{a}{S_{2X}} = \frac{0,28}{0,0031} = 91;$$

$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K = \frac{88 \cdot 91 \cdot 1,5}{0,26 \cdot 32 \cdot 150} = 9,6 \text{ мин}$$

$$\sum t_o = 1,75 + 9,6 = 11,35 \text{ мин}$$

Основное время для сверлильной операции:

$$t_o = \frac{l}{S \cdot n} = \frac{18,8}{0,2 * 900} * 12 = 1,25 \text{ мин}$$

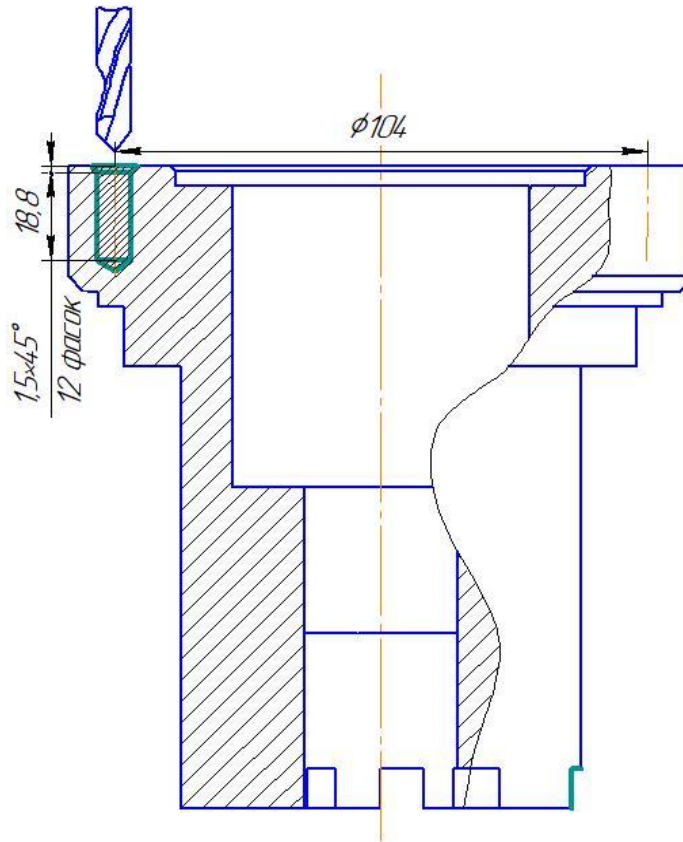


Рисунок 37

Сумма времен на установку и снятие детали, управление станком, а также обмер детали, непосредственно это и будет вспомогательное время.

Вспомогательное и подготовительно-заключительное время непосредственно для всех операций, непосредственно для мелкосерийного производства определяем по общемашиностроительным нормативам.

Сумма времен технического обслуживания, перерывов и организационного обслуживания (α , β , γ) в процентах от оперативного - 8%.

Определенное по нормативам вспомогательное, подготовительно-заключительное время, а также рассчитанное штучное и штучно-калькуляционное время свел в таблицу 12.

Для всех переходов каждой операции, я просуммировал вспомогательное и основное время в таблице 12.

Определим штучное время по формуле:

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп})(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}) \quad (37)$$

Определим штучно-калькуляционное время по формуле:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + T_{п.з.}/n \quad (38)$$

где, $T_{шт}$ – штучное время, мин

t_o – основное время обработки, мин

$t_{всп}$ – вспомогательное время, мин

α, β, γ , - время технического обслуживания, перерывов и организационного обслуживания, в процентах от оперативного времени

$T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляционное время, мин

$T_{п.з.}$ - подготовительно-заключительное время, мин

Таблица 12 – Нормы времени

№ операции	Операция	Нормы времени, мин				
		Σt_o	$\Sigma t_{всп}$	$T_{п.з.}$	$T_{шт}$	$T_{шт.к.}$
015	Токарная с ЧПУ	8,39	2,0	1,5	10,93	10,94
020	Токарно-фрезерная с ЧПУ	6,03	4,5	2,2	10,89	10,9
025	Круглошлифовальная	11,35	1,8	2	14,05	14,1
030	Сверлильная	1,25	2,2	2,4	3,55	3,6

итого трудоемкость $T_{шт} = 39,42$ мин

$T_{шт.к.} = 39,54$ мин

1.11 Технико-экономическое обоснование и показатели технологического процесса

Приведем расчеты затрат на токарную с ЧПУ операцию 010

$$З = С + E_H(K_C + K_{ЗД}) \quad (39)$$

Где C – технологическая себестоимость, руб;

$$C = (C_3 + C_{\text{эксп}}) t_{\text{шт}} / 60, \quad (40)$$

E_H – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ($E_H = 0,5$)

K_C , $K_{ЗД}$ – удельные капитальные вложения в станок и здание соответственно.

Расчет основной и дополнительной зарплаты выполним по формуле

$$C_3 = C_ч \times K_Д \times Z_H \times K_{ОМ} = 150 \times 1,7 \times 1 \times 1 = 255 \text{ Руб/час}$$

Где $C_ч$ – часовая тарифная ставка рабочего, Руб/час; (150 Руб/час)

$K_Д$ – коэффициент, учитывает дополнительную зарплату и начисления ($K_Д = 1,7$);

Z_H – коэффициент, учитывает оплату наладчика ($Z_H = 1,0$);

$K_{ОМ}$ – коэффициент, учитывает оплату рабочего при многочисленном обслуживании ($K_{ОМ} = 1,0$);

Расчет часовых затрат по эксплуатации рабочего места выполняем по формуле

$$C_{\text{эксп}} = C_{чз} \times K_M = 150 \text{ Руб/ч}, \quad (41)$$

Где $C_{чз}$ – часовые затраты на базовом рабочем месте, Руб/ч;

K_M – коэффициент, показывает, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные работы базового станка

Удельные капитальные вложения в станок рассчитываем по формуле

$$K_C = \frac{Ц_C \cdot K_M \cdot C_{\Pi}}{N} = \frac{480000 \cdot 1,1 \cdot 1}{1500} = 352,$$

где $Ц_C$ – отпускная цена станка, руб; (принимаем 480000 руб)

K_M –коэффициент, учитывающий затраты на транспорт и монтаж ($K_M=1,1$);

C_{Π} –принятое число станков на операцию ($C_{\Pi}=1,0$);

N – годовой объем выпуска деталей.

Удельные капитальные вложения в здание рассчитываем по формуле

$$K_{ЗД} = \frac{C_{ПЛ} \cdot P_C \cdot C_{\Pi}}{N} = \frac{55000 \cdot 10 \cdot 1}{1500} = 366,7 \text{ руб}$$

где $C_{ПЛ}$ –стоимость 1 м² производственной площади

($C_{ПЛ}=55000$ руб), руб/м²;

P_C – площадь, занимаемая станком с учетом проходов, ($P_C=10$ м²);

C_{Π} – принятое число станков на операцию ($C_{\Pi}=1,0$)

Занимаемую станком площадь определяем по формуле

$$P_C = f \times K_C = 10 \text{ м}^2$$

Где $f=8,9$ - площадь станка в плане, м²;

K_C – коэффициент, учитывает дополнительную производственную площадь ($K_C=3,2$)

$$C = (C_3 + C_{ЭКСП}) t_{шт} / 60 = (255 + 150) \times 6,57 / 60 = 44,3475 \text{ руб},$$

$$З = C + E_H (K_C + K_{ЗД}) = 44,3475 + 0,5(352 + 366,7) = 403,6975 \text{ руб}.$$

С целью правильного и рационального выбора оборудования определяют наряду с другими технико-экономическими показателями критерии, показывающие степень использования каждого станка в отдельности и всех вместе по разработанному технологическому процессу.[1, стр. 114]

Для каждого станка рассчитаем коэффициент загрузки, и коэффициент использования станка по основному времени.

Коэффициент загрузки станка η_3 можем определить как отношение расчетного количества станков m_p , занятых на данной операции, к принятому (фактическому) процессу $m_{пр}$: $\eta_3 = m_p / m_{пр}$

$$\text{Токарная с ЧПУ : } m_{пр} = 1, m_p = T_{шт} / T_B = 10,93 / 120,87 = 0,09$$

$$\eta_3 = m_p / m_{пр} = (0,09 / 1) 100 = 9\%$$

Токарно-фрезерная с ЧПУ: $m_{пр}=1$, $m_p=T_{шт}/T_v=10,89/120,87=0,091$

$$\eta_3=m_p/m_{пр}=(0,091/1)100=9,1 \%$$

Круглошлифовальная: $m_{пр}=1$, $m_p=T_{шт}/T_v=14,05/120,87=0,12$

$$\eta_3=m_p/m_{пр}=(0,12/1)100=12 \%$$

Сверлильная: $m_{пр}=1$, $m_p=T_{шт}/T_v=3,55/120,87=0,03$

$$\eta_3=m_p/m_{пр}=(0,03/1)100=3 \%$$

$T_v=120,87$ мин - такт выпуска, определен во 2-м пункте пояснительной записки.

m_p – расчетное количество станков; определено как отношение штучного времени на данной операции к такту выпуска $m_p=T_{шт}/T_v$.

Коэффициент использования оборудования по основному (технологическому) времени η_o свидетельствует о доле машинного времени в общем времени работы станка. Он определяется как отношение основного времени к штучному времени: $\eta_o=T_o/T_{шт}$

$$\text{Токарная с ЧПУ: } \eta_o=(T_o/T_{шт})100=(8,93/10,93)100=81,7\%$$

$$\text{Токарно-фрезерная с ЧПУ: } \eta_o=(T_o/T_{шт})100=(6,03/10,89)100=55,4 \%$$

$$\text{Круглошлифовальная: } \eta_o=(T_o/T_{шт})100=(11,35/14,05)100=80,8 \%$$

$$\text{Сверлильная: } \eta_o=(T_o/T_{шт})100=(1,25/3,55)100=35,2 \%$$

Использование станков по мощности привода характеризуется коэффициентом использования оборудования η_m , который представляет собой отношение необходимой мощности на приводе станка $N_{пр}$ к мощности установленного электродвигателя $N_{ст}$:

$$\eta_m=N_{пр}/N_{ст}$$

$$\text{Токарная с ЧПУ: } \eta_m=(N_{пр}/N_{ст})100=(4,9/7,5)\times 100=65,3 \%$$

$$\text{Токарно-фрезерная с ЧПУ: } \eta_m=(N_{пр}/N_{ст})100=(4,9/7,5)\times 100=65,3 \%$$

$$\text{Круглошлифовальная: } \eta_m=(N_{пр}/N_{ст})100=(0,9/2,52)\times 100=35,7\%$$

$$\text{Сверлильная: } \eta_m=(N_{пр}/N_{ст})100=(0,42/1,5)\times 100=28 \%$$

По результатам расчетов степеней использования станков по трем критериям построим графики см. рисунок 38

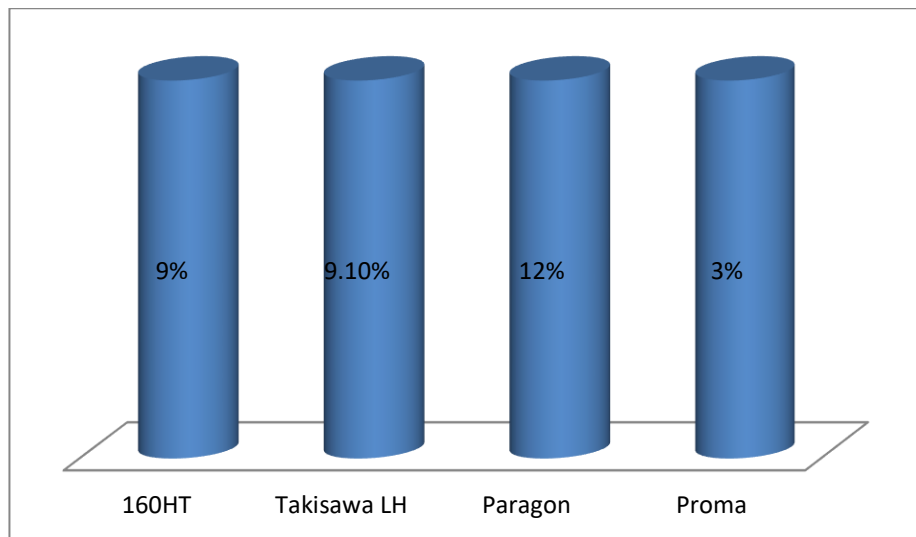


График загрузки оборудования

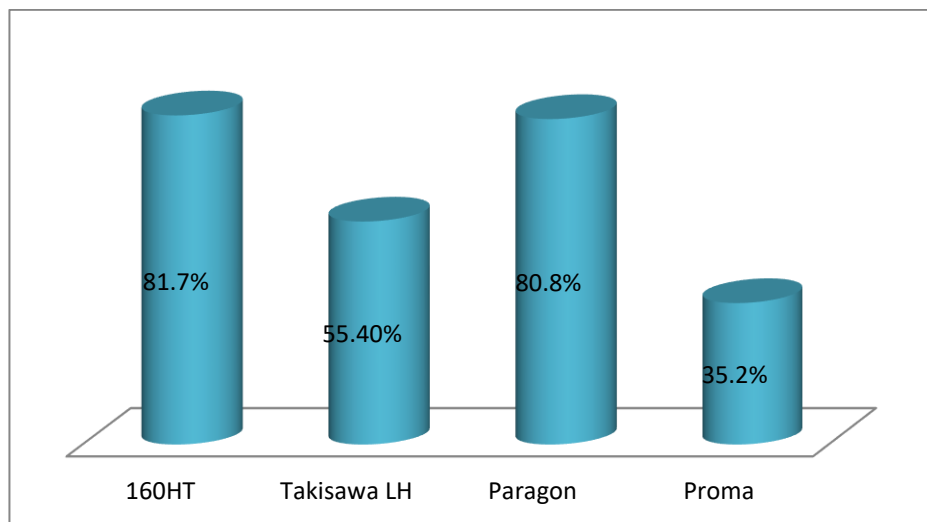


График использования оборудования по основному времени

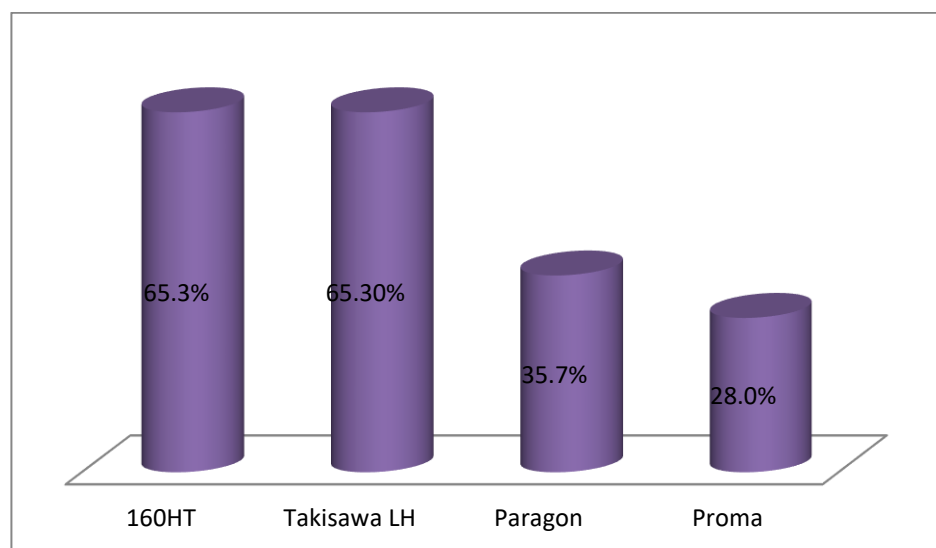


График использования оборудования по мощности

Рисунок 38

По результатам трех графиков видно, что сверлильный станок большую часть времени простаивает. Для большей загруженности станков можно выполнять чистовые размеры на станках с ЧПУ, а также выполнять сверлильную операцию при обработке с первой стороны. Можно сократить вспомогательное время, что повысит коэффициент загрузки оборудования по основному времени. Так же применение современного оборудования и современной оснастки позволит увеличить выпуск и точность продукции, снизить время замены режущего инструмента. Так же в целях повышения производительности предлагаю, чтобы один человек обслуживал несколько станков одновременно.

2 Конструкторская часть

2.1 Описание работы приспособления

Тип приспособления во многом нужно определить по наименованию и содержанию конкретной определенной операции. Поэтому для операции №20 я выбрал проектирование токарного приспособления, трёхкулачкового клинового токарного патрона.

Для токарной обработки детали типа «Муфта» на станке марки 1М425, а именно для получения цилиндрической поверхности, подрезки торца, точения фаски и канавки выбрал приспособление типа самоцентрирующийся трёх кулачковый клиновой токарный патрон. В качестве привода к патрону применил пневмоцилиндр с воздухоподводящей муфтой (ГОСТ15608-81)

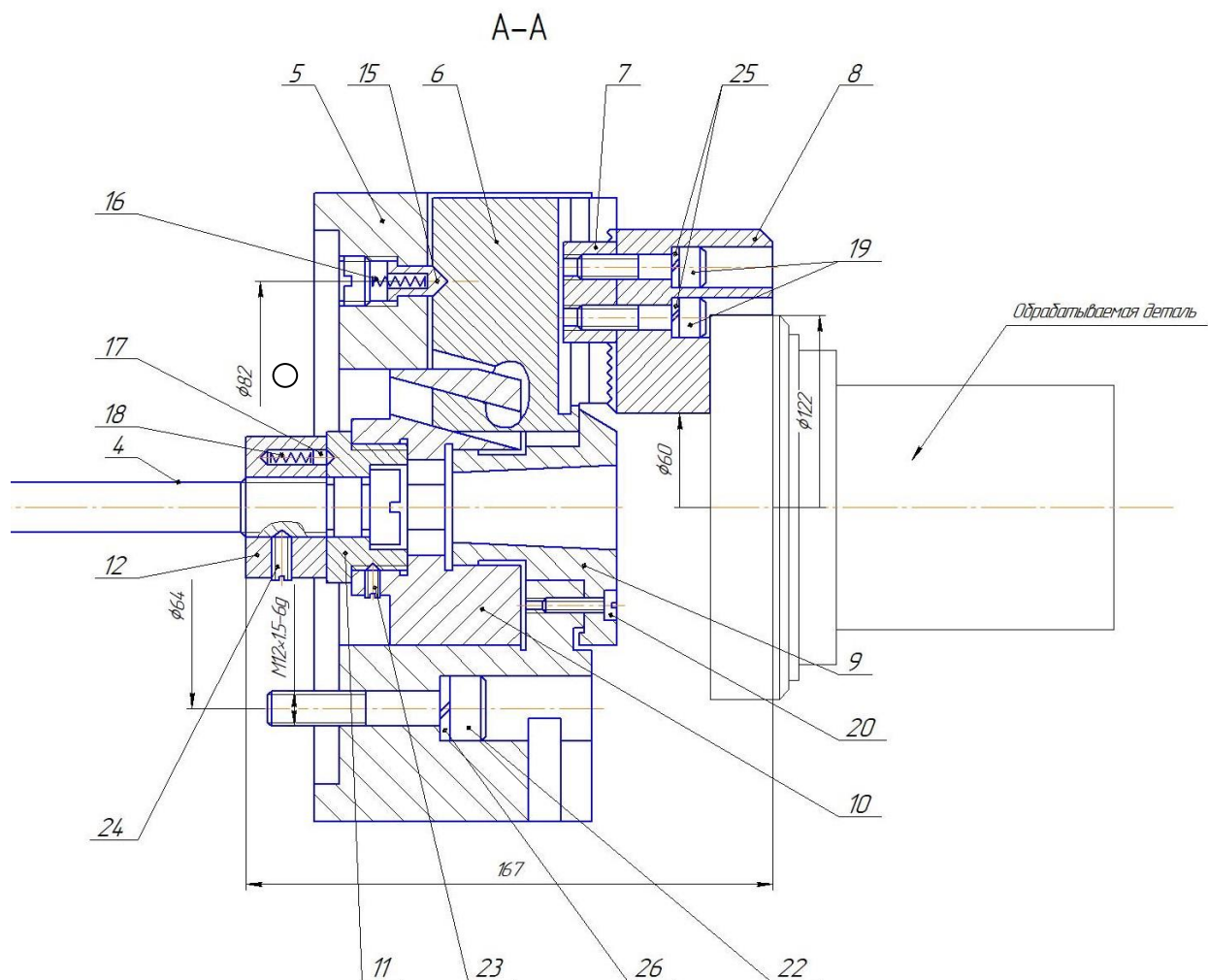


Рисунок 39 Токарный трёх кулачковый клиновой патрон;

На рисунке 36 показан токарный трехкулачковый самоцентрирующийся механизированный клиновой патрон. В пазах корпуса 5 установлены три ползуна 6, к ним кулачки 8 прикреплены при помощи винтов 19 и сухарей 7. Головка на позиции 10 при помощи упора 11 и гайкой упора 12 соединены с тягой 4, она размещена в полости шпинделя станка, соединенная с штоком пневматического привода. В этой тяге имеются три паза с углом наклона под 25° , в эти пазы входят наклонные выступы ползунов 6, образующие клиновые сопряженные пары.

При перемещении штока привода влево обрабатываемая деталь зажимается в патроне. При этом через тягу 4, упор 11 и гайку упора 12, движение передается на головку 10, смещающую выступы ползунов 6 по наклонным пазам к оси патрона. Также сменные кулачки 8 перемещаются к центру патрона и зажимают обрабатываемую деталь. При движении штока привода вправо происходит открепление детали. Этот шток через тягу перемещает вправо и головку 10. Выступы ползунов 6 смещаются по наклонным пазам головки 10 в направлении от оси патрона, сменные кулачки расходятся и деталь открепляется.

При поворачивании против часовой стрелки на угол 15° можно заменить кулачки головки торцовым ключом, который вставляется в шестигранное отверстие. После этого ползуны 6 выводят из пазов корпуса 5 и вынимают. Втулка 9 предназначена для предохранения патрона от засорения и когда кулачки заменяются втулку необходимо снять.

Пневмоцилиндр, изображенный на рисунке 40, закреплен на заднем конце шпинделя и вращается вместе с ним. Крышка 9 закреплена на корпусе 8 пневмоцилиндра винтами. В корпусе установлены поршень 18 со штоком 20 и закреплен вал 1, укрепленный гайкой 13, на котором смонтирована муфта М на шарикоподшипнике 9 с манжетой 9. Манжеты фиксируются упорными шайбами 4 и кольцами 2 с отверстиями для прохода сжатого воздуха.

В отверстие вала 1 запрессован пустотелый стержень 11, по которому в

пневмоцилиндр проходит воздух. Корпус 7 воздухопроводящей муфты прикреплен к крышке 13 на шарикоподшипнике 15. В резьбовые конические отверстия $MK16 \times 1,5$ закручиваются штуцеры для присоединения резиноканевых шлангов, проводящих сжатый воздух. Воздух, подводимый к левому отверстию муфты, проходит по каналам а, б, в, г и поступает в правую полость пневмоцилиндра, перемещая поршень 18 со штоком 20 влево. При этом заготовка патроне будет зажиматься. Воздух, подаваемый к правому отверстию муфты, проходит по каналам д, е, ж, и поступает в левую полость пневмоцилиндра, перемещая поршень со штоком вправо (заготовка в патроне разжимается).

2.2 Силовой расчет приспособления

Заготовку с радиусом r зажимают в трехкулачковом клиновом токарном патроне, и находится под действием момента резания M_p , осевой силы P_x и вертикальной силой резания P_z . Силы резания действуют на заготовку, стремящиеся повернуть ее относительно патрона силой P_z и сдвинуть относительно патрона силой P_x .

Из условия равновесия сила зажима определяется по формуле [8, с.126]:

При $P < 3W'f_1$

$$M_{mp} = M_p k = P_z \cdot d_1 / 2 \cdot k = 3 \cdot W' \cdot f_1 \cdot d_2 / 2 \quad (42)$$

где P_z - вертикальная составляющая сила, $P_z = 686,8$ Н

f_1 – коэффициент силы трения, $f_1 = 0,15$.

d_1 – диаметр обрабатываемой детали, $d_1 = 78$ мм

d_2 – диаметр зажима детали, $d_2 = 122$ мм

M_p – момент резания, $M_p = 62$ Нм

k - коэффициент запаса, $k = 2$

M_{mp} - момент трения.

$$W' = P_z \frac{d_1 \cdot k}{3 \cdot f_1 \cdot d_2}, \quad (43)$$

$$W' = \frac{686,8 \cdot 0,078 \cdot 2}{3 \cdot 0,15 \cdot 0,122} = 1951 \text{ Н}.$$

Проскальзыванию заготовки относительно кулачков препятствует момент трения между заготовкой и кулачками, являющаяся результатом действия усилий закрепления, момент трения определяется по формуле [8, с.125]

$$W = \frac{P_x \cdot k}{3 \cdot f_1}, (3)$$

где P_x - горизонтальная составляющая сила, $P_x = 379,8$ Н

f_1 – коэффициент силы трения, $f_1 = 0,15$.

k -коэффициент запаса, $k = 2$

$$W = \frac{379,8 \cdot 2}{3 \cdot 0,15} = 1688 \text{ Н}.$$

В качестве потребного усилия закрепления приняли наибольшее из рассчитанных, таким образом $W = 1951$ Н .

При увеличении частоты вращения шпинделя станка на кулачки увеличивается действие центробежных сил, которые при данной схеме установки детали увеличивают силу зажима. Поэтому для определения статической силы зажима необходимо из потребной силы зажима алгебраически вычитать центробежную силу.

$$Q_{cm} = W - F_u \quad (44)$$

где W – потребная сила зажима,

F_u - центробежная сила,

Центробежную силу определили по следующей формуле:

$$F_u = MRw^2 = \frac{GRw^2}{g} = 0,102GR\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 = \frac{MRn^2}{100} \quad (45)$$

где M – масса кулачков, $M = 3 \cdot 0,7 = 2,1$ кг

R – расстояние от оси патрона до центра тяжести кулачка, $R = 40$ мм

n – частота вращения шпинделя, $n = 800$ об/мин.

$$F_u = \frac{2,1 \cdot 0,04 \cdot 800^2}{100} = 537,6 \text{ Н}$$

$$Q_{cm} = 1951 - 537,6 = 1413,4 \text{ Н}.$$

Таким образом при дальнейших расчётах будем использовать потребную силу зажима равную $Q_{cm} = 1413,4$ Н .

2.3 Расчет силового привода

В качестве силового привода для обеспечения необходимой силы зажима используем вращающийся пневматический цилиндр. Цилиндр необходимо установить на шпиндель токарного станка через флянец. Воздух подается при такой компоновке непосредственно специальной муфтой двухстороннего действия. Рабочее давление в пневмосистеме $p_r = 0,4 \text{ МПа}$,

2.3.1 Схема работы пневматического привода

Схема пневмопривода к выбранному приспособлению токарного станка с соответствующими блокировками для обеспечения безопасной работы изображена на рисунке 41. Очень важным условием применения пневматического привода, является обеспечение цехов сжатым воздухом, который поступает в пневмопривод приспособления. Обязательное условие, это очищенный и просушенный воздух без каких либо примесей.

В процессе работы на пневмопривод действует статический напор; воздух расходуется только при переключениях. Величина расхода за каждое переключение зависит от объема воздухоприемного устройства и разностью давления между внешней средой и рабочей полостью привода.

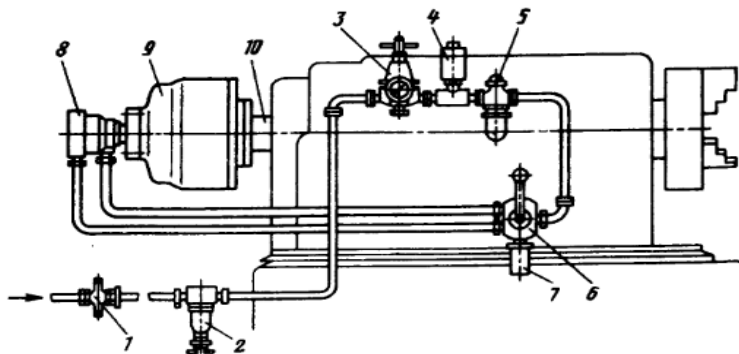


Рисунок 41 Схема пневмопривода к приспособлению токарного станка.

На данном станке имеется вращающийся пневмоцилиндр 9, он установлен на заднем конце шпинделя 10 станка. Шток цилиндра через тягу связан с кулачками патрона. Конкретно за пробковым краном 1 располагается фильтр-влагоотделитель 2, он очищает воздух от влаги и

механических примесей; его помещают конкретно перед входом в пневмосеть станка. Затем следует пневмоклапан 3 давления, он служит для регулирования давления в полости цилиндра. Давление контролируется манометром, встроенным в пневмоклапан.

Реле 4 давления предназначено для предотвращения аварии: если случится такое, что давление упадет в воздушной магистрали, то реле автоматически выключит электродвигатель станка. Так же эту роль выполняет обратный пневмоклапан 7, который пропускает воздух лишь в цилиндр и задерживает его выход.

Для того чтобы насытить сжатый воздух распылённым маслом, который смазывает трущиеся детали пневмопривода, устанавливают маслораспылитель 5.

Работу пневмопривода управляется при помощи распределительного крана 6. Муфта 8 соединяет цилиндр с трубками воздухопроводящими.

2.3.2 Расчет диаметра поршня пневмопривода

Сила зажима детали передается от пневмоцилиндра на шток. Величина усилия на штоке рассчитывается из формулы:

$$W = \frac{P}{k \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot a \cdot f}{b}\right) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}, \quad (46)$$

где W – потребная сила зажима детали, $W = 1413,4\text{Н}$

P – сила на штоке пневмоцилиндра,

k – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне, $k = 1,05$,

a – вылет кулачка, $a = 15\text{ мм}$,

b – длина ползуна, $b = 40\text{ мм}$,

α – угол скоса, $\alpha = 25^\circ$

φ – угол трения скольжения, $\varphi = 5^\circ$,

f- коэффициент трения, $f = 0,15$.

$$P = W \cdot k \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot a \cdot f}{b}\right) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (47)$$

$$P = 1413,4 \cdot 1,05 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 15 \cdot 0,15}{40}\right) \cdot \operatorname{tg}(30) = 1001,4 \text{ Н}$$

Диаметр пневматического цилиндра двустороннего действия рассчитывается по формуле [8, с.143]:

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta \quad (48)$$

где D – диаметр поршня пневмоцилиндра,

d -диаметр штока пневмоцилиндра,

P – сила на штоке, $P = 1001,4 \text{ Н}$

p – давление сжатого воздуха, $p = 0,4 \text{ МПа}$,

η – КПД, $\eta = 0,8$.

При расчете D по тянущему усилию диаметр штока d принимают в зависимости $d = (0,325 \dots 0,545)D$.

Тогда диаметр цилиндра будет определяться по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{0,81 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (49)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1001,4}{1,189 \cdot \pi \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 57 \text{ мм.}$$

Согласно указаниям таблицы для вращающихся пневмоцилиндров [7, т.1 с.426] по ГОСТ 15608-81 примем стандартное

значение диаметра поршня пневмоцилиндра из расчета обеспечения силы на штоке $D = 100$ мм.

После выбора стандартного значения диаметра поршня пневмоцилиндра рассчитаем величину усилия на штоке δ и силу зажима обрабатываемой детали: $P = \frac{\pi}{4} \cdot (0.1^2 - 0.032^2) \cdot 0.4 \cdot 10^6 \cdot 0.8 = 2872,32H$.

$$W = \frac{2872,32}{1,05 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 15 \cdot 0,15}{40}\right) \cdot \operatorname{tg}(30)} = 4054H.$$

В дальнейших расчетах величину усилия на штоке будем принимать $P = 2872,32H$, а силу зажима детали $W = 4054H$.

2.4. Проверочные расчеты

2.4.1 Расчет элемента приспособления на прочность

Самым нагруженным элементом приспособления является резьбовое соединение со шток токарного патрона, из за того что, для обеспечения нужной силы зажима на резьбу действует сила в осевом направлении равная силе на штоке пневмоцилиндра.

Резьбу нужно проверить на срез и на смятие при растяжении.

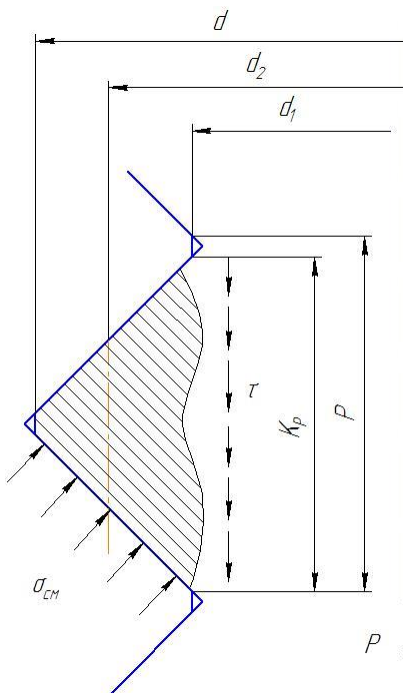


Рисунок 42 Схема расчета винта на срез и смятие.

Расчет на срез осуществляется по формуле [6, с.33]:

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d_1 \cdot H \cdot K \cdot K_m} \leq [\tau], \quad (50)$$

где τ – фактическое напряжение смятия, МПа

$[\tau]$ – допускаемое напряжение растяжения, МПа

P -осевая сила, $P = 2872,32 \text{ Н}$,

d_1 – внутренний диаметр винта, $d_1 = 10,106 \text{ мм}$,

H – глубина закручивания винта $H = 30 \text{ мм}$,

K_m – коэффициент неравномерности нагрузки по винтам резьбы $K_m = 0,65$

Расчет на смятие осуществляется по формуле [5, с.34]:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \leq [\sigma_{см}], \quad (51)$$

где $\sigma_{см}$ – фактическое напряжение смятия, МПа

$[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия, МПа

P -осевая сила, $P = 2872,32 \text{ Н}$,

d_2 – средний диаметр винта, $d_2 = 10,863 \text{ мм}$,

h – рабочая высота профиля $h = 0,947 \text{ мм}$,

z – число рабочих витков $z = \frac{H}{p} = \frac{30}{1,75} = 17,14$

Винт изготовлен из хромистой стали Сталь 35 X напряжение среза и смятия для стали согласно [4. с. 352] $[\sigma_{см}] = 640 \text{ МПа}$, $[\tau] = 100 \text{ МПа}$.

Тогда

$$\tau = \frac{2872,32}{\pi \cdot 10,106 \cdot 10^{-3} \cdot 0,03 \cdot 0,87 \cdot 0,65} = 5,3 \text{ МПа},$$

$$\tau < [\tau]$$

$$\sigma_{см} = \frac{2872,32}{\pi \cdot 10,863 \cdot 10^{-3} \cdot 0,947 \cdot 10^{-3} \cdot 17,14} = 5,18 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{см} < [\sigma_{см}]$$

По условию прочности винт подходит для передачи сил.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л52	Алейченко Егору Сергеевичу

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материально-технические ресурсы: компьютер (50000р); лицензия КОМПАС-3Dv16.1 HOME (1год – 1300р); лицензия MicrosoftOffice(4364р); энергетические ресурсы: ЭЭ (3,42 p/KBm)</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>5% расходы на совершение сделки купли-продажи; 10% - прочие расходы; 1,3 – районный коэффициент</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>НДС – 20%; Затраты на единый социальный налог (ЕЧН) – 30%</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>План составления проекта. График Ганта.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Эффективность исследования</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>График Ганта (Линейный график работ)</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	

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 Зоя Васильевна	к.т.н.		16.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Алейченко Егор Сергеевич		16.03.2020

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на разработку технологического процесса, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы. Раздел должен быть завершен комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных.

3.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составим полный перечень проводимых работ, определим их исполнителей и рациональную продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу 1.

Таблица 13 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение плана работ	НР, И	НР – 100% И – 5%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Составление и согласование технологического маршрута	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор средств технологического обеспечения	НР, И	НР – 10% И – 100%
Выбор и расчет режимов резания	И	И – 100%
Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Выбор средства технологического обеспечения	НР, И	НР – 10% И – 100%
Расчет средства технологического обеспечения	И	И – 100%
Оформление комплекта технологической документации	И	И – 100%
Расчет социальной ответственности	И	И – 100%
Расчет финансового менеджмента	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.2 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами,

то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и малыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (1)$$

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t_{prob} + t_{\max}}{6} \quad (2)$$

где: t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 3.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (3)$$

где: $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (4)$$

где: $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (5)$$

где: $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22073$$

В таблице 2 приведен пример определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле (1.1-а), при использовании формулы (1.1-б) необходимо вставить в таблицу дополнительный столбец

для t_{prob} . Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учетом коэффициента $K_d = 1,2$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{ож} * K_d$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на T_k (здесь оно равно 1,22073). Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{кд}$ (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта – см. пример в таблице 15.

Таблица 14 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел. - дн.			
					ТРД		ТКД	
		tmin	tmax	тож	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	4	2,8	3,36	-	4,0488	-
Составление и утверждение плана работ	НР, И	4	6	4,8	5,76	0,288	6,9408	0,34704
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	15	12	2,88	14,4	3,4704	17,352
Составление и согласование технологического маршрута	НР, И	4	8	5,6	2,688	6,72	3,23904	8,0976
Выбор средств технологического обеспечения	НР, И	4	6	4,8	0,864	5,76	1,04112	6,9408
Выбор и расчет режимов резания	И	2	4	2,8	-	3,36	-	4,0488
Оформление графического материала	И	6	8	6,8	-	8,16	-	9,8328
Выбор средства технологического обеспечения	НР, И	4	8	5,6	-	6,72	-	8,0976
Расчет средства технологического обеспечения	И	4	6	4,8	1,152	5,76	1,38816	6,9408
Оформление комплекта технологической документации	И	2	6	3,6	-	4,32	-	5,2056
Расчет финансового менеджмента	И	3	6	4,2	-	5,04	-	6,0732
Расчет социальной ответственности	И	2	6	3,6	-	4,32	-	5,2056
Подведение итогов	НР, И	2	6	3,6	2,592	4,32	3,12336	5,2056
Итого:				68,8	19,296	73,488	23,25168	88,55304

Таблица 15 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Январь		Февраль			Март			Апрель		
			10-20	31	10	20	29	10	20	31	10	20	30
1	4,0488	–	■										
2	6,9408	0,34704		■									
3	3,4704	17,352		■	■								
4	3,23904	8,0976			■	■							
5	1,04112	6,9408				■	■						
6	–	4,0488					■	■					
7	–	8,0976						■	■				
8	1,38816	6,9408							■	■			
9	–	5,2056								■	■		
10	–	5,2056									■	■	
11	–	5,2056										■	■
12	3,12336	5,2056										■	■
13	–	6,0732											■

■ - НР ■ И

3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.4 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 200 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это $5 \div 20 \%$. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах.

Таблица 16 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб	Кол - во	Сумма, руб.
Услуги печати:			
A4	2	120	240
A3 (.cdw, .dwg)	35	3	105
A1	50	1	50
Брошюровка	130	1	130
Канцелярия:			
тетрадь	25	2	50
ручка	90	3	270
пишущий стержень	10	1	10
Лицензия КОМПАС – 3Dv16.1 HOME (1 год)	1 3004364	11	13004364
Microsoft Office 2017Home&Student FPP			
Итого:			6519

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$C_{\text{мат}} = 6519 + 5\% = 6844,95 \text{ руб.}$$

3.5 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ можно получить из приложения 1. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику. При отсутствии такового берется оклад инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} / 25,083 \quad (6)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчет затрат на полную заработную плату приведем в виде таблицы 5.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ПР} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,118$; $K_p = 1,3$ [6]. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,118 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{доп.ЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{и} = 1,62$. Расчет заработной платы представим в виде таблицы:

Таблица 17 – затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	43600	1500,152	19	1,699	48426,407
И	32420	1100,519	74	1,62	132 696,458
Итого					181122,865

3.6 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на социальные нужды, включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$ [6]. Итак, в нашем случае

$$C_{соц.} = 181122,865 * 0,3 = 51268,4295 \text{ руб.}$$

3.6 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле[6]:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} \quad (7)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Так как работа на 99% выполнялась на домашнем ПК тариф одноставочный на электроэнергию для населения (на первое полугодие 2020года) $\text{Ц}_{\text{э}} = 3,42$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (8)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C \quad (9)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей представим в виде таблицы:

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\Delta_{об}$, руб.
Персональный компьютер	592·0,8	0,539	873,025

3.7 Расчет амортизационных отчислений

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (10)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . Например, для ПК в 2015 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 298 \cdot 8 = 2384$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта [6];

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для определения N_A следует обратиться к приложению 1, содержащему фрагменты из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы». Оно позволяет получить рамочные значения сроков амортизации (полезного использования) оборудования $\equiv C_A$. Например, для ПК это $2 \div 3$ года. Необходимо задать конкретное значение C_A из указанного интервала, например, 2,5 года. Далее определяется N_A как величина обратная C_A , в данном случае это $1 : 2,5 = 0,4$.

Стоимость ПК 50000 руб., время использования 592 часа, тогда для него начисленная амортизация составит:

$$C_{AM} = \frac{0,4 \cdot 50000 \cdot 592 \cdot 1}{2408} = 4916,944 \text{ руб.}$$

3.8 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1$$

Для нашего примера это:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч.}} &= (6767,25 + 181122,865 + 53268,429 + 873,025 + 4916,944) \cdot 0,1 = \\ &= 23672,041 \text{ руб.} \end{aligned}$$

3.9 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта (представим в виде таблицы 18)

Таблица 19 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	6 767,25
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	181 122,865
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	53 268,429
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	873,025
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4916,944
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	23 672,041
Итого:		260 392,454

Таким образом, затраты на разработку составили $C=260\,392,454$ руб.

3.10 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель не располагает данными для применения сложных методов, то прибыль следует принять в размере 5-20% от себестоимости проекта. В нашем проекте прибыль будет составлять 52 078,491 (20%) от расходов на разработку проекта.

3.10.1 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае НДС составит:

$$(260392,454 + 52078,491) \cdot 0,2 = 62494,189 \text{ руб.}$$

3.10.2 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 260392,454 + 52078,491 + 62494,189 = 374965,134 \text{ руб.}$$

3.11 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. (т.н. объекты инвестиций) с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР и ОКР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет, в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Инвестиции предполагают расширение функциональных возможностей их объектов, влияя на многие стороны их деятельности. Посредством правильной инвестиционной политики организации достигают своих стратегических и тактических целей, таких как проникновение на рынок, увеличение доли рынка, рост доходности и т.д.

Необходимость экономической оценки инвестиций связана со следующими факторами:

- ограниченность источников финансирования;
- наличие многих направлений инвестирования средств;
- различие в отдаче инвестиций, направляемых на различные цели.

Это вызывает необходимость качественного и количественного анализа исходного множества инвестиционных проектов с целью отбора ограниченного

множества наиболее эффективных. Исходным является качественный анализ, в ходе которого проекты проверяются по ряду критериев, среди которых типовыми являются:

- соответствие целям и стратегии развития объекта инвестирования;
- соответствие финансовым возможностям инвестора;
- правовая обеспеченность проекта;
- обеспеченность кадрами специалистов, сырьевой базой, каналами сбыта и т.д.

Качественный анализ позволяет радикально ограничить круг перспективных проектов, но зачастую его недостаточно для формирования окончательного множества, подлежащего реализации. В этом случае он дополняется количественным анализом, предполагающим использование ряда расчетных показателей, позволяющих в итоге про ранжировать оставшиеся проекты с точки зрения их экономической эффективности.

Каждый из таких показателей, представляет собой количественную модель соотношения величины инвестиций в проект с адекватным им экономическим результатом (эффектом), при этом и те и другие могут носить распределенный в календарном времени характер.

Прежде чем приступить к расчету данных показателей, необходимо основательно разобраться с содержанием и масштабами ожидаемого эффекта. Что касается инвестиций, будем считать, что их характеристики определены в ходе предварительной проработки проекта.

В зависимости от того, в какой сфере и форме проявляется эффект различают следующие его виды: бюджетный, народнохозяйственный, коммерческий. Адекватно различаются виды эффективности инвестирования.

Первый связан с последствиями осуществления проекта для федерального, регионального и местного бюджетов. Это могут быть изменения налоговых

поступлений, поступлений за пользование природными ресурсами, поступлений таможенных пошлин и акцизов по продукции, производимой в соответствии с проектом, снижение затрат бюджета на субсидирование отдельных производств и т.п.

Второй отражает результаты реализации проекта с точки зрения интересов всего народного хозяйства, а также участвующих в нем регионов, отраслей и организаций. Он обычно проявляется в увеличении выручки от реализации продукции, снижении затрат на ее производство и эксплуатацию, на управление производством и т.д.

Третий отражает финансовые последствия проекта для его участников – изменение финансовых результатов их деятельности, уровня капитализации участников проекта.

Определение круга учитываемых при расчете показателей эффектов является одним из исходных пунктов оценки эффективности инвестиций и делается исполнителем по согласованию с руководителем экономической части проекта.

3.12 Определение срока окупаемости инвестиций (PP – payback period)

Данный показатель определяет продолжительность того периода, через который инвестиции будут возвращены полученной благодаря им прибылью. Чем меньше **PP**, тем эффективнее проект. Использование показателя предполагает установление для него приемлемого значения как меры эффективности инвестиций.

Используется формула:

$$PP = \frac{I_0}{PP_{\text{ч}}}, \quad (11)$$

Где: I_0 – величина инвестиций;

$PP_{\text{ч}}$ – годовая чистая прибыль.

(11) применяется в тех случаях, когда величины $ПР_{ч}$ примерно равны по годам эксплуатационной стадии проекта. Если это не так, то применяется следующая модификация (12)

$$PP = n_{ц_j} + \frac{\Delta ПР_{ч_j}}{ПР_{ч_{j+1}}}, \quad (12)$$

Где: $n_{ц_j}$ – целое число лет, при котором накопленная сумма прибыли наиболее близка к величине инвестиций I_0 , но не превосходит ее;

$\Delta ПР_{ч_j}$ – непокрытая часть инвестиций по истечении $n_{ц_j}$ лет реализации проекта;

$ПР_{ч_{j+1}}$ – прибыль за период, следующий за $n_{ц_j}$ -м.

Величину инвестиций назначим исходя из технико–экономических показателей технологического процесса (см. табл. 18,19).

Произведем расчет и представим его в виде таблицы 19

Таблица 20 – Накопленные денежные поступления по проекту

Год	Инвестиции	Прибыль	Накопленный денежный поток
0	-12	0	-12
1	-	5	-7
2	-	4	-3
3	-	3	0
4	-	2	2
5	-	2	4

Здесь 3-й год эксплуатационного периода дает минимум непокрытого остатка (0) от инвестированной суммы в 12 млн. руб., следовательно, $n_{ц_j}=3$.

Тогда $\frac{\Delta ПР_{ч_j}}{ПР_{ч_{j+1}}} = 0/2 = 0$; следовательно, $PP \approx 3$ года.

Очевидным недостатком рассмотренного показателя является его относительный характер – он не отражает масштаб проекта и соответственно

объем полученного результата. Поэтому наряду с РР целесообразно рассчитать величину накопленного чистого эффекта по формуле

$$NPV = \sum_{j=1}^n PR_{чj} - I_0 \quad (13)$$

где n – продолжительность в годах периода оценки эффекта, например, жизненного цикла проекта или прогнозируемого периода. Очевидно, что в итоге реализации проекта эта величина должна быть положительной, иначе проект убыточен.

Если период реализации проекта больше одного года и величины $PR_{чj}$ существенно различаются по годам реализационного периода, то необходимо учесть изменение ценности денег во времени. В этом случае при расчете по формулам вместо величин $\Delta PR_{чj}$ и $PR_{чj+1}$ следует использовать их дисконтированные аналоги, получаемые путем деления $\Delta PR_{чj}$ и $PR_{чj+1}$ на $(1 + i)^j$, где i – ставка дисконтирования (целевой уровень годовой доходности инвестируемых средств). Она принимается исполнителем по согласованию с руководителем экономической части проекта. При определении $n_{цj}$ также используются дисконтированные значения ежегодной прибыли. Такая (динамическая) оценка инвестиций является более надежной, особенно при сравнении конкурирующих проектов. В таблице 21 показано, как определяется значение РР для тех же исходных данных, что и в таблице 20, но с учетом убывания реальной стоимости результатов в будущие периоды (годы) относительно периода инвестирования – чем дальше в будущее, тем она меньше на единицу номинального эффекта, принято, что $i = 0,1$.

Таблица 21 – Расчет дисконтированного срока окупаемости

Год	Инвестиции	Номинальная прибыль	Коэффициент дисконтирования $1/(1+0,1)$	Дисконтированная прибыль	Накопленный денежный поток
0	-12	0	1	0	-12
1	-	5	0,9091	4,5455	-7,4545
2	-	4	0,8264	3,3056	-4,1489
3	-	3	0,7513	2,2539	-1,895
4	-	2	0,683	1,366	-0,529
5	-	2	0,6209	1,2418	0,7128

Здесь 4-й год эксплуатационного периода дает минимум непокрытого остатка (0,529) от инвестированной суммы в 2 млн. руб., следовательно, $n_{цj}=4$.

Тогда $\frac{\Delta PP_{чj}}{PP_{чj+1}} = 0,529/0,7128 = 0,742$; следовательно, $PP \approx 4,742$ года.

3.13 Определение эффективности исследования

В данной части работы были произведена организация и планирование работ, расчет сметы затрат на выполнение проекта, и оценка экономической эффективности проекта. В ходе данного раздела была определена цена научно исследовательской работы, она составила 374965,134руб; определен срок окупаемости инвестиций с учетом изменения ценности денег во времени, он составил 4,724 года.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л52	Алейченко Егору Сергеевичу

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

Тема ВКР:

Проектирование технологического процесса изготовления муфты

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	В качестве объекта исследования выступает технологический процесс изготовления муфты. Деталь будет применяться для соединения и передачи момента вращения от двигателя к редуктору.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	- Условия труда должны отвечать всем требованиям международных стандартов в области охраны труда. - Рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам. СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ, СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96, «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)
2. Профессиональная производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Наличие в воздухе аэрозолей; Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека; Повышенный уровень шума на рабочем месте; Повышенный уровень вибрации; Недостаточная освещенность рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света; Отклонение показателей микроклимата;
3. Экологическая безопасность:	Отходы алюминиевого производства
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией при работе электроприводов является пожар вследствие КЗ; Возможные ЧС, землетрясение, наводнение

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	к.т.н		16.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Алейченко Егор Сергеевич		16.03.2020

4.Социальная ответственность

Введение

В данной бакалаврской работе проводится разработка технологического процесса изготовления детали «Муфта». При выполнении задания основная часть работы проводилась в технологическом бюро «Киселевского завода горного оборудования», Кемеровская область, г.Киселевск, пер.Сибирский, дом. 13 за компьютерной техникой. Деталь будет использоваться для соединения двигателя с редуктором и передачи момента.

В этом разделе рассматриваются вредные и опасные факторы на стадии разработки, изготовления и эксплуатации, а также проводится анализ и оценка выше перечисленных пунктов, которые могут оказывать негативное и пагубное влияние на инженера-технолога. Даются рекомендации по обеспечению оптимальных рабочих условий труда и охране окружающей среды.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организация рабочего места для разработки технологического процесса изготовления детали «Муфта» заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный трудовой процесс, и эффективное использование орудий и предметов труда, что повышает производительность и способствует снижению утомляемости рабочих.

Нормальная продолжительность рабочего времени для работников комбината не может превышать 40 часов в неделю согласно статье 91 ТК РФ.

Основной рабочей неделей для работников «Киселевского завода горного оборудования» является – пятидневная неделя.

Режим рабочего времени работников комбината, работающих в одну смену, устанавливается:

При 5-ти дневной рабочей неделе:

- начало работы — 9.00;
- перерыв — 12.45 — 13.45 , 60 минут.
- окончание работы —18.00.

Конструкция электроустановок должна соответствовать условиям их эксплуатации и обеспечивать защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, а оборудования от попадания внутрь посторонних тел и воды.

Работы, проводимые на электрооборудовании должны оформляться на бланках установленной формы с дальнейшей записью в оперативном журнале. Приступать к работам может только электротехнический персонал с 3 группой по электробезопасности до 1000 В.

4.2 Производственная безопасность

Для определения опасных факторов на металлообрабатывающем производстве по производству детали «Муфта» воспользуемся классификацией опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003- 2015. Проанализировав опасные и вредные факторы при разработке технологического процесса изготовления детали «Муфта» представим в виде таблицы 22.

4.3 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении технологического процесса на производство

Таблица 22 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Параметры микроклимата – СанПиН 2.2.4.548-96 [1]
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	Уровень шума – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [2]
3.Повышенный уровень шума		+	+	Уровень освещенности – СП 52.13330.2016 [3]
4.Нервно-психические и физические нагрузки	+	+		Условия работы за ПК – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [4]
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+		Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда[5]

4.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов

1. Отклонение от показателей микроклимата в помещении

Состояние здоровья человека, его работоспособность в большей степени зависят от микроклимата на рабочем месте. При пребывании человека в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функционирование организма без напряжения механизмов терморегуляции. При этом ощущается тепловой комфорт, что приводит к высокому уровню работоспособности [6]. Отклонения от норм микроклимата могут привести к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

В помещениях, предназначенных для работы с компьютерной техникой, где проводилась разработка технологического процесса изготовления детали «Муфта», должны соблюдаться определенные оптимальные параметры микроклимата в соответствии с СанПиНом 2.2.4.548-96. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения (табл. 23).

Таблица 23 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

Период года	Температура воздуха в помещении, С°	Относительная влажность воздуха в помещении, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный, переходный	21-23	60-40	0,1
Теплый	22-24	60-40	0,1

Для создания этих условий необходимо проводить такие мероприятия как естественная вентиляция помещения, кондиционирование воздуха в теплый период, а в холодный отопление воздуха.

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Следует очень четко соблюдать требования по санитарным нормативам освещенности в административных, учебных и иных учреждениях. Наше зрение напрямую зависит от количества света в помещении и на рабочем месте. От освещенности также зависит здоровье всего организма, сопротивляемость стрессам, усталости, физическим и умственным нагрузкам.

Требования к освещению на рабочем месте, где проводилась разработка технологического процесса изготовления детали «Муфта», которые представлены в СП 52.13330.2016 организованны в таблицу 24 для большего удобства.

Таблица 24 – требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости - между рабочими поверхностями - между поверхностями стен и оборудования	3:1-5:1 10:1
Коэффициент пульсации	не более 5%

Для борьбы с недостаточным уровнем освещенности применяются как естественные источники света:

- Солнце (открытые жалюзи)

Так же применяются искусственные:

- Газоразрядных источников света со спектральным составом
- Архитектура помещения

3. Повышенный уровень шума

Нормирование шумов в зависимости от типа помещений дается в санитарных нормах. Наиболее актуальным для специалиста службы охраны труда являются СН 2.2.4/2.1.8.562-96, утвержденные постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996г. Они должны быть исполнены всеми без исключения фирмами, госорганизациями, предприятиями. Нарушение санитарных норм карается административными и дисциплинарными взысканиями, вплоть до приостановки деятельности организации.

Помимо классификации, перечня необходимых для измерения и предотвращения вредного фактора определений, СН дают список параметров и ПДУ для разных работ. Нормы классифицированы по видам производственной деятельности, то есть по профессиональному критерию. Не так важно, чем, собственно, занимается специалист на своем рабочем месте, важно, насколько тяжела и напряжена его работа.

Допустимые нормы шума для занятий творческой, научной деятельностью не должны превышать 50 дБА.

В технологическом бюро, где проводилась разработка технологического процесса изготовления детали «Муфта», уровень шума не превышает предельно допустимого значения, установленного в ГОСТ 12.1.003-2014.

Для того чтобы снизить уровень шума прикладывается не мало сил, так как эта задача не самая легкая. Чтобы снизить шум в закрытом помещении извне достаточно установить звукопоглощающие панели, а от шума излучаемого изнутри помещения проводятся архитектурно-строительные мероприятия. Максимально изолируют источник шума, размещают в так называемых боксах из звукопоглощающих материалов. Изначально при проектировании рабочего места необходимо его разместить так чтобы оно было достаточно изолированно

от сильных источников шума [18]. Существуют еще несколько методов борьбы с шумом. Если рабочее место неизбежно находится в месте с повышенным уровнем шума, то следует изменить архитектуру помещения, на отражение или поглощение шума.

По разным причинам может быть не возможно бороться с повышенным уровнем шума стандартными методами которые приведены выше, в таких случаях используются индивидуальные средства защиты такие как:

- Вкладыши – предназначены для закрытия слухового прохода
- Наушники
- беруши

4. Нервно-психические и физические нагрузки

При выполнении работ на компьютере, работник, который разрабатывает технологический процесс «Муфта», связан с такими физическими и нервно-психическими перегрузками, как зрительное напряжение, монотонность трудового процесса, нервно-эмоциональные перегрузки. Продолжительная работа на дисплее компьютера, может привести к нервно-эмоциональному перенапряжению, нарушению сна, ухудшению состояния, снижению концентрации внимания и работоспособности, хронической головной боли, повышенной возбудимости нервной системы, депрессии. Повышенные статические и динамические нагрузки у пользователей ПК приводят к жалобам на боли в спине, шейном отделе позвоночника и руках.

5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Источниками электрического тока могут быть электрические установки и оборудование. Опасность поражения электрическим током существует всегда, если имеется контакт с устройством, питаемым напряжением 36 В и выше, тем более от электрической сети 220 В. Для предотвращения поражений электрическим током при работе с компьютером при разработке технологического процесса изготовления детали «Муфта» следует установить дополнительные оградительные устройства, обеспечивающие недоступность

токоведущих частей для прикосновения. Обязательным во всех случаях является наличие защитного заземления или зануления (защитного отключения) электрооборудования. Для качественной работы компьютеров создается отдельный заземляющий контур. Соблюдение правил и требований электробезопасности позволяет максимально обеспечить защиту пользователя от поражения электрическим током. Технологическое бюро корпуса №16А, НИ ТПУ удовлетворяет приведенным выше требованиям, что позволяет отнести ее к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током. Это сухое помещение без повышенного содержания пыли, температура воздуха – нормальная.

4.5 Экологическая безопасность

Любое производство сопровождается образованием отходов. Отходы в большей или малой степени загрязняют окружающую среду.

При выполнении задания по разработке технологического процесса изготовления детали «Муфта» в технологическом бюро требуется искусственное освещение. Для искусственного освещения применяются люминесцентные лампы. Как известно, ртутные люминесцентные лампы содержат в своем составе тяжелый металл – ртуть. Это вещество первого класса опасности, представляющее угрозу для окружающей среды, требуют специальной переработки. В соответствии с этим отработанные лампы организовано сдаются в специальные пункты приема, для дальнейшей утилизации, что обеспечивает экологическую безопасность. Кроме того, существует проблема загрязнения окружающей среды отходами электронных приборов. Компьютерная техника, использовавшаяся при разработке муфты, содержит печатные платы, в состав которых входят вредные и токсичные вещества. Они являются сложным видом отходов, которые при взаимодействии с окружающей средой образуют токсины, попадающие в почву и грунтовые воды. На сегодняшний день существуют различные способы переработки печатных плат, позволяющие повторно использовать драгоценные металлы,

содержащиеся в них и утилизировать вредные вещества, таким образом, защитив окружающую среду.

Также следует рассмотреть экологическую безопасность при производстве муфты.

Металлургия сама по себе считается одним из самых грязных видов промышленности. В первую очередь это связано непосредственно с металлами и их обработкой резанием на токарных, фрезерных операциях, но и побочные продукты не стоит скидывать со счетов.

Интенсивность выделения загрязняющих частиц зависит от нескольких факторов:

1. Вид материала, подвергающегося обработке
2. Режим работы оборудования
3. Мощность и производительность станка
4. Геометрические параметры изделия и инструмента
5. Использование/неиспользование СОЖ

При обработке без СОЖ выделяется в атмосферу много металлической пыли. СОЖ помогает связать металлические частицы вместе, но при этом вместо пыли на материале образуется тонкодисперсный аэрозоль. В зависимости от основной фазы и физико-химических свойств СОЖ выделяются: масляные, водные и специальные аэрозоли.

В зависимости от характера загрязнения устанавливаются специальные очистные системы.

4.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

1. Для благоприятного микроклимата на рабочем месте где производится разработка технологического процесса изготовления детали «Муфта» необходимо оснастить климатическим оборудованием.

2. Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям СП 52.13330.2016 [5]. Величина коэффициента естественного

освещения (КЕО) для различных помещений лежит в пределах от 0,1 до 12%. Так как освещенность, создаваемая естественным светом, изменяется в зависимости от времени дня, года, метеорологических факторов, то для поддержания постоянного уровня освещенности необходимо применять комбинированное освещение – естественное и искусственное. Искусственное общее освещение – лампы накаливания необходимо располагать в верхней зоне помещения и непосредственной близости рабочей зоны.

3. Для борьбы с шумом в месте где ведется разработка технологического процесса изготовления детали «Муфта» необходимо использовать коллективные и индивидуальные средства защиты. К коллективным средствам защиты относятся акустические экраны, звукоизолирующие кожухи, так же применяют звукопоглощающие облицовки для технологического оборудования. К индивидуальным средствам относятся: беруши и противозумные наушники, а так же специальные кабинки изготовленные специально для рабочего из шум поглощающих пластин

4. Для существенного снижения таких нагрузок необходимы частые перерывы в работе и эргономические усовершенствования, в том числе оборудование рабочего места так, чтобы исключать неудобные позы и длительные напряжения. Физические перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда устанавливаются Р 2.2.2006-05. Работа по допустимому классу условий труда с напряженностью труда средней степени предусматривает продолжительность дня 8-9 часов, продолжительность перерывов от 3 до 7 % рабочего времени.

5. Для предотвращения поражения электрическим током все оборудование, применяемое при разработке технологии изготовления детали «Муфта», должно быть надежно заземлено, токоведущие провода и кабели необходимо изолировать. Недоступность токоведущих частей электроустановок необходимо обеспечить размещением их на необходимой высоте, оснастить ограждением от случайных соприкосновений.

К основным электроизолирующим средствам для электроустановок до 1000 В относятся:

- электроизолирующие штанги всех видов;
- электроизолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- электроизмерительные клещи;
- электроизолирующие перчатки;
- ручной электроизолированный инструмент

4.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации (ЧС) могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера. Техногенные чрезвычайные ситуации связаны с производственной деятельностью человека и могут протекать с загрязнением и без загрязнения окружающей среды. В ходе проектирования технологического процесса детали «Муфта» могут возникнуть такие чрезвычайные ситуации техногенного характера, как пожары, взрывы, обрушение зданий, аварии на водопроводах. Не исключен случай возникновения природных чрезвычайных ситуаций.

В технологическом бюро «Киселевского завода горного оборудования» наиболее возможной ЧС может быть возникновение пожара.

Для обеспечения пожарной безопасности применяют негорючие и трудно горючие вещества и материалы вместо пожароопасных, предотвращают распространение пожара за пределы очага, используют средства пожаротушения и т. д. К числу организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности относятся обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, разработка и внедрение норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, организация пожарной охраны объекта [9].

В случае возникновения пожара на территории предприятия где будет осуществляться проектирование технологического процесса детали «Муфта»

действия всех работников должны быть направлены на немедленное сообщение о нем в пожарную охрану, обеспечение безопасности людей и их эвакуации, а также тушение возникшего пожара. Для оповещения людей о пожаре должны использоваться тревожные или звуковые сигналы [9].

Для обеспечения нормальной работоспособности объекта при ЧС приняты следующие меры безопасности:

- Установлен генератор для обеспечения резервного электрического питания;

- Наличие запасов питьевой воды.

Выводы по разделу

В данном разделе проведен анализ вредных факторов, действующих в процессе разработки технологического процесса изготовления детали «Муфта», к которым относятся повышенный уровень шума, отклонение показателей микроклимата в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны, физические и нервнопсихические перегрузки, загрязнения от производства деталей. В том числе, выявлены опасные факторы производства, входящие в чрезвычайные ситуации. Были указаны правовые и организационные вопросы безопасности. Даны рекомендации по оптимальному обустройству рабочего места. Приведены меры для нормальной работоспособности персонала «Киселевского завода горного оборудования» при возникновении ЧС. В результате анализа даются рекомендации по обеспечению оптимальных условий труда и охране окружающей среды.

Заключение

В процессе выполнения ВКР был проведен анализ исходных данных, определен тип производства, составлен технологический маршрут обработки детали «Муфта». Были выбраны режущий и измерительный инструмент и приспособления.

Также были проведены технологические и технико-экономические расчеты, в результате которых установлено, что применение станка с ЧПУ и внедрение станочного приспособления позволит значительно сократить трудоемкость изготовления детали. Как перспективу нужно рассматривать замену типа заготовки на отливку или поковку, при условии увеличения серийности изготовления.

В конструкторской части работы было спроектировано приспособление для обработки детали на токарном станке с ЧПУ и проведены все необходимые расчеты.

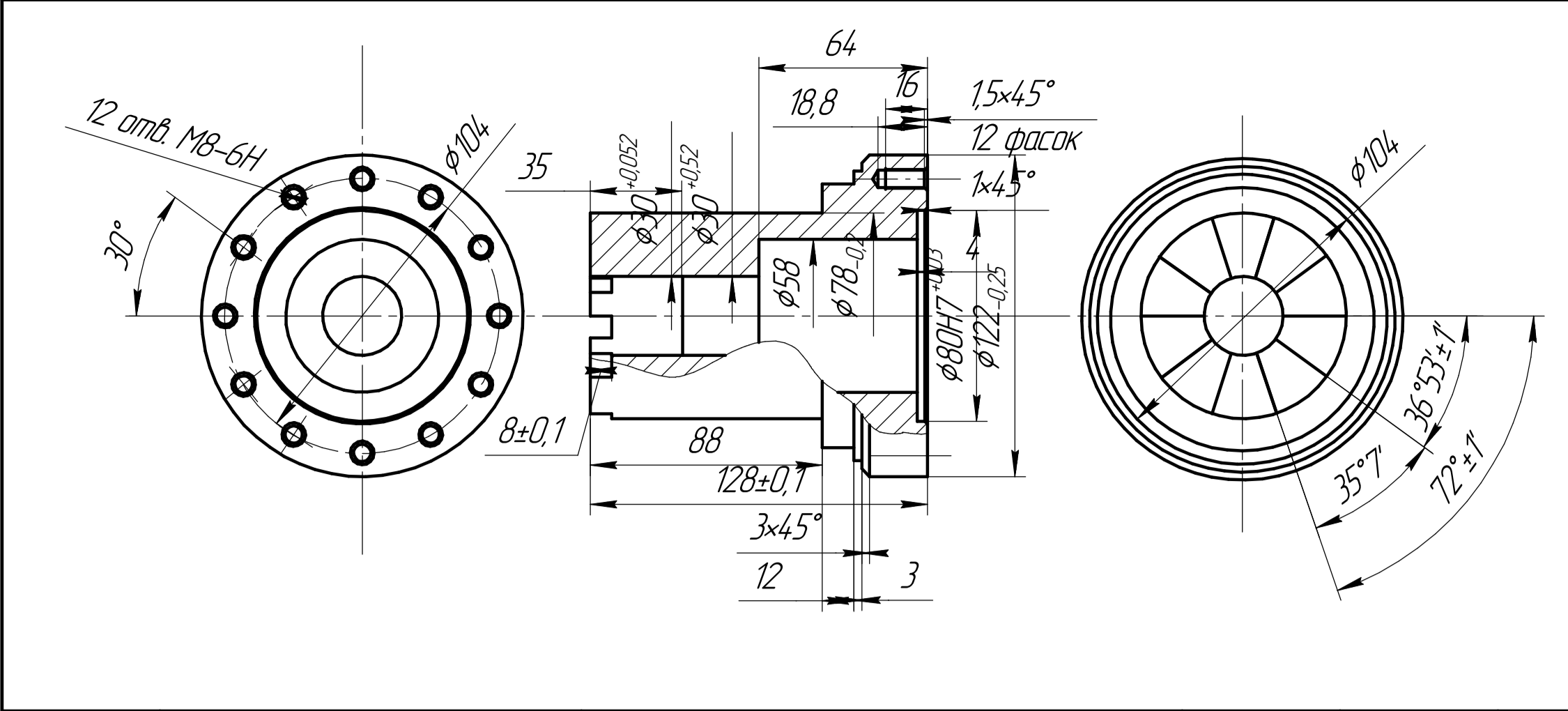
Таким образом, в ходе ВКР разработан технологический процесс изготовления детали который обеспечивает выполнение требований чертежа отвечает требованиям экономичности.

Так же были рассмотрены вопросы безопасности, выполнен анализ вредных и опасных производственных факторов.

Список использованных источников

1. Горбачевич 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. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. 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.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник /Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
6. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
7. ГОСТ24351-80 «Токарные клиновые патроны»
8. ГОСТ15608-81 «Пневматические цилиндры»
9. Токарные станки с ЧПУ 160НТ <https://stankoinkom.ru/stanok-gorizontalnyy-tokarnyy-s-chpu-160ht-flancevyy-variant.html>
10. Токарные обрабатывающие центры с ЧПУ TAKISAWA серии LA <https://www.takisawa-stanki.ru/catalog/tokarnye-obrabatyvayushchie-tsentry-takisawa-serii-la/>
11. GU-2020CNC - Станок круглошлифовальный с ЧПУ <https://weber.ru/device/krugloshlifovalnie-stanki/259/>
12. VR - 6DF сверлильный станок <https://www.stankiproma.ru/sverlilnyj-standok-vr-6df/>
13. Каталог режущего инструмента Seco <https://www.secotools.com>
14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

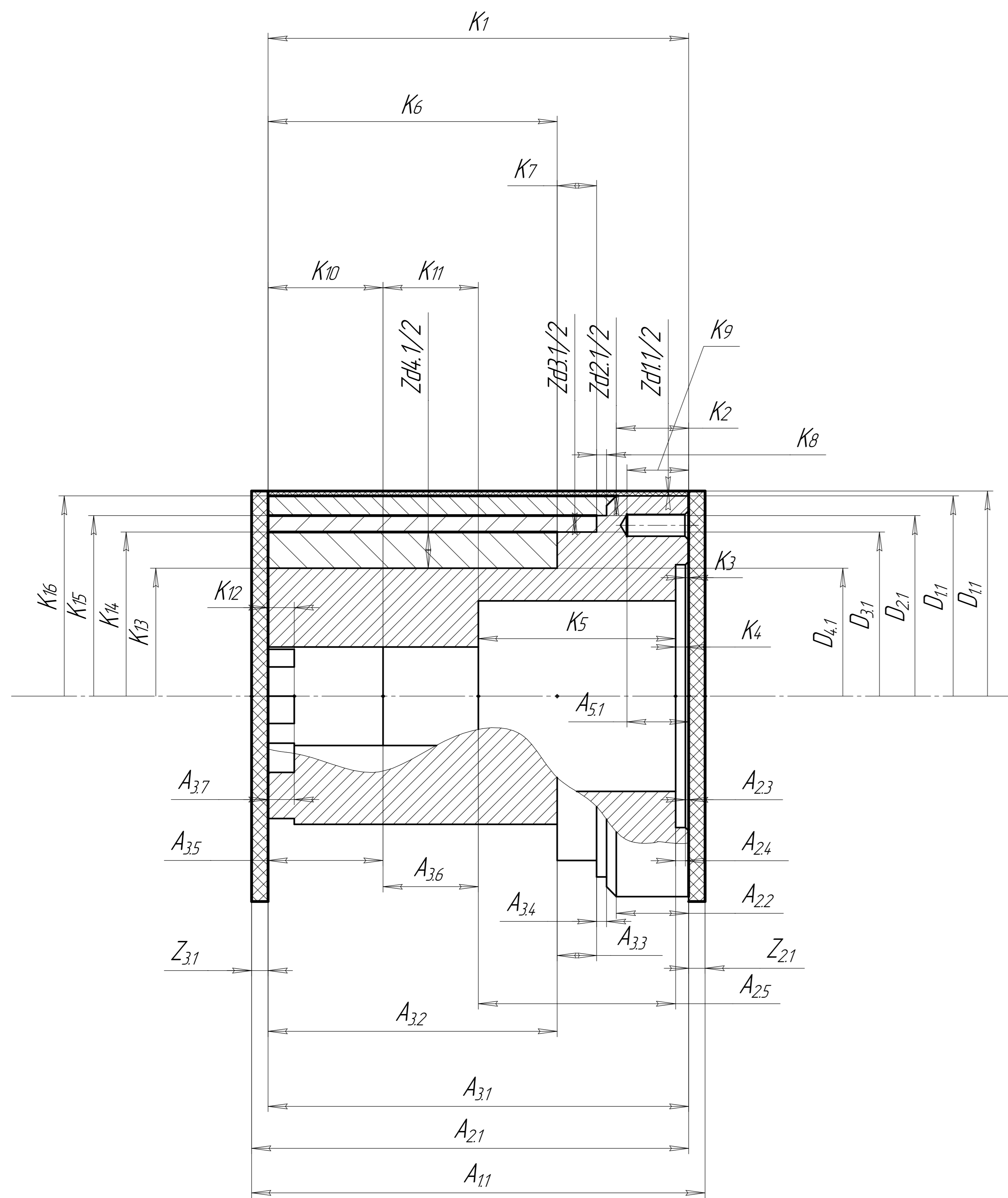
						ИШНПТ-38/15219.001				
						Муфта	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм./Лист		№ докум.	Подп.	Дата				4,58	1:1	
Разраб.		Алеиченко Е.С.								
Проб.		Цыганков Р.С.								
Т.контр.										
							Лист	Листов	1	
Н.контр.						Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	ТПУ			
Утв.							Группа 3-8/152			
						Копировал	Формат А2			



Томский политехнический университет				Отделение материаловедения				ИШНПТ-38/15219.002
Карта технологического процесса				Литера				
Материал	Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка					
Наименование, марка			Код и вид	Профиль Размеры	Кол.	Масса, кг		
СТАЛЬ 40Х ГОСТ 4543-71			Прокат	Муфта	2000			

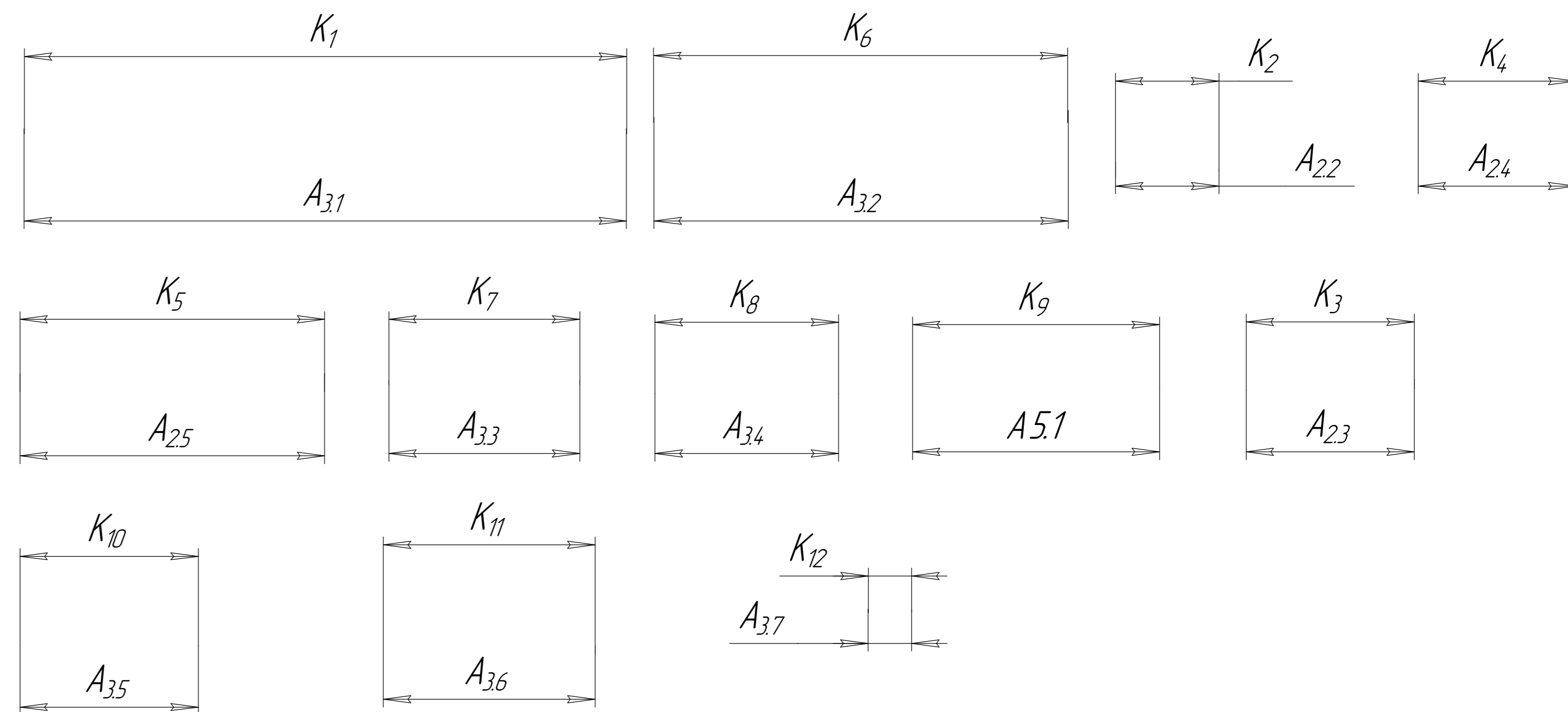
Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие адаптир- ованной детали	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направ- лении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки		Нормы времени					Разряд работы																						
операции	перехода					режущий	измери- тельный						Подача		Частота об./мин	Скорость ре- зания, м./мин	T ₀	T _{вс}	T _{пз}		T _{шт}	T _{шт.к}																				
													мм/об	мм/мин																												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23																				
005	1	Заготовительная		Механическая ножовка тип О72	Тисы	Ножовочное полотно 450×32×1,6×4 Р6М5	Штангенциркуль ГОСТ 162-90	1					1,5 мм/ход		120 ход/мин																											
	2	Выдвинуть прокат до упора Зажать гидравлический зажим тисков Отрезать заготовку в размер 133,9 _{-0,18}																																								
010	A	Токарная с ЧПУ		Токарный станок 160НТ	Трёхкулачковый клиновой патрон	Расточной резец SECO QC12-SCLCL-06JET	Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80	1	1	122	128	1,5	0,3		600	2515	0,41																									
	1	Установить заготовку Подрезать торец 1 выдерживая размер указанный на эскизе																																								
	2	Точить поверхность 2 выдерживая размеры согласно эскизу, неуказанные предельные отклонения – h14																																								
	3	Сверлить отверстие 3 в размер φ29 _{-0,2}																																								
	4	Расточить поверхность 4 и поверхность 5 согласно эскизу, неуказанные предельные отклонения – H14				Сверло фирмы SECO PERFORMAX SD525-29-140-32R7		1	1	30	128	20	0,1		500	100	5,8																									
015	1	Токарно фрезерная с ЧПУ 1.Установить заготовку в упор, приточки кулачков, закрепить, выверить. 2.Точить поверхность 6 окончательно		Токарно-обрабатывающий центр с ЧПУ TakisawaLA.		Расточной резец SECO QC12-SCLCL-06JET	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89 Микрометр МК100-1 ГОСТ 6507-90	1	1	122	128	1,5	0,3		600	251,5	0,32																									
	2	Точить поверхности 7, 8 и 9 согласно эскизу, неуказанные предельные отклонения – h14																																								

Размерная схема технологического процесса изготовления муфты

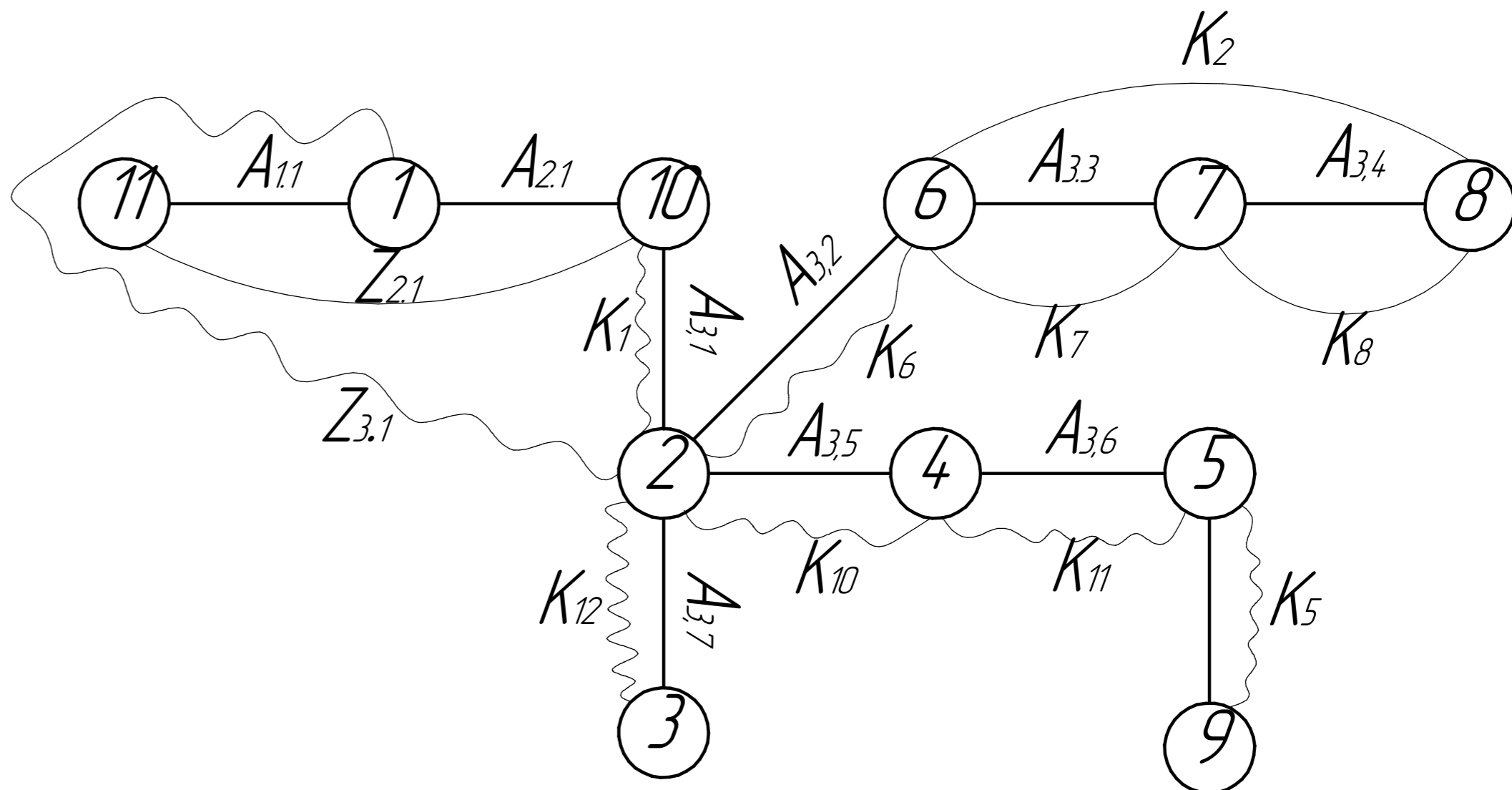


Технологические размерные цепи, формирующиеся при изготовлении муфты.

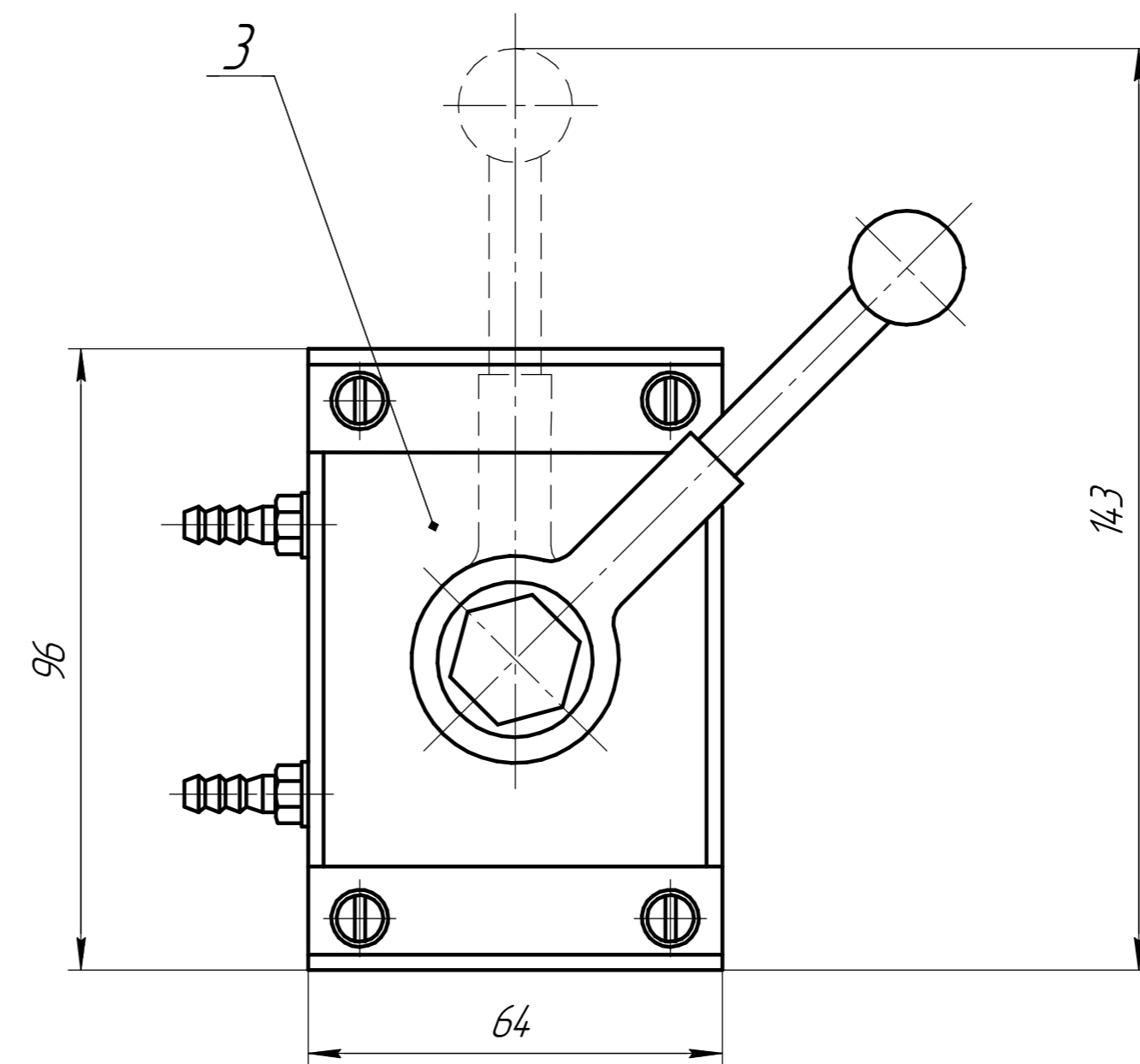
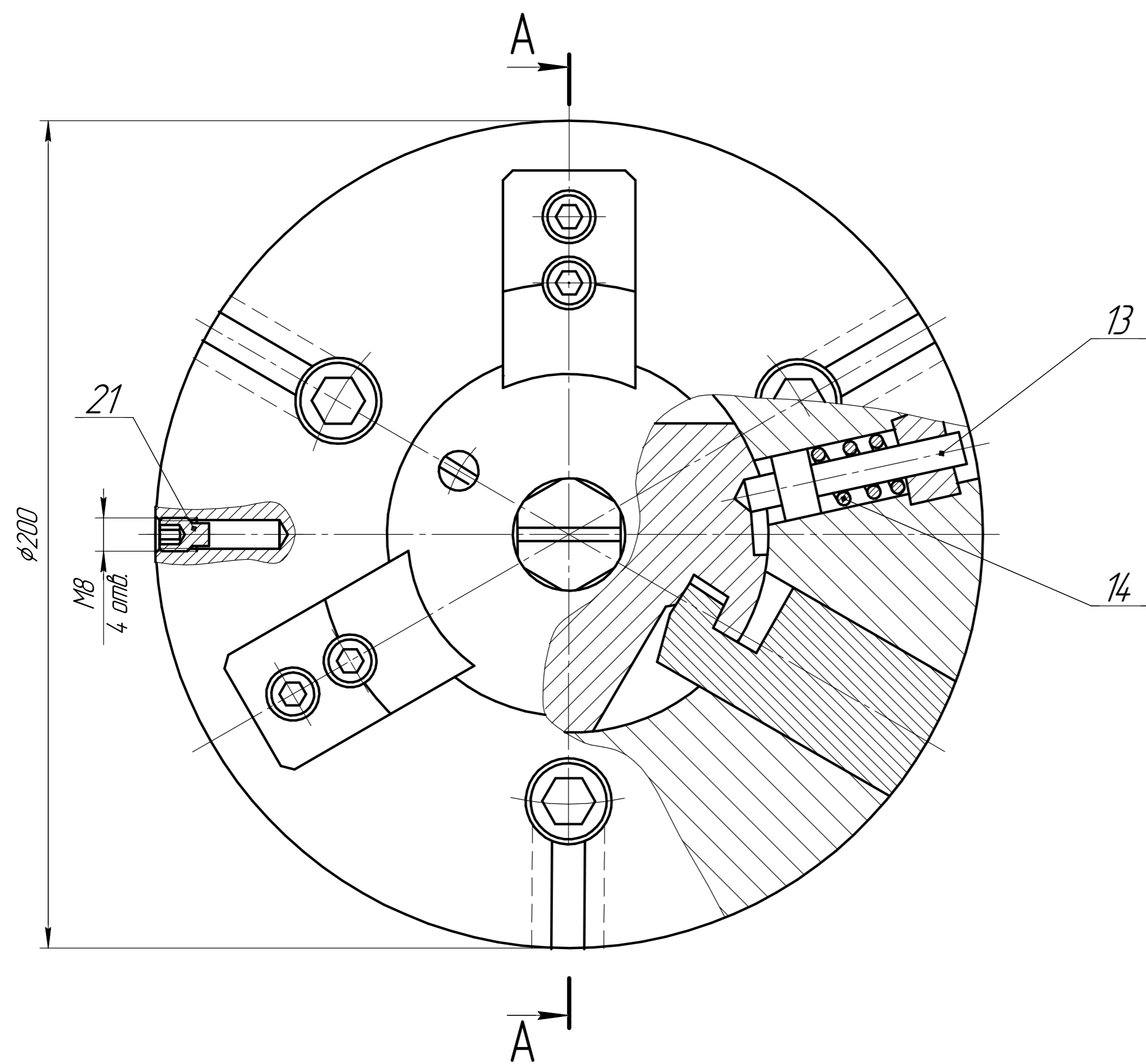
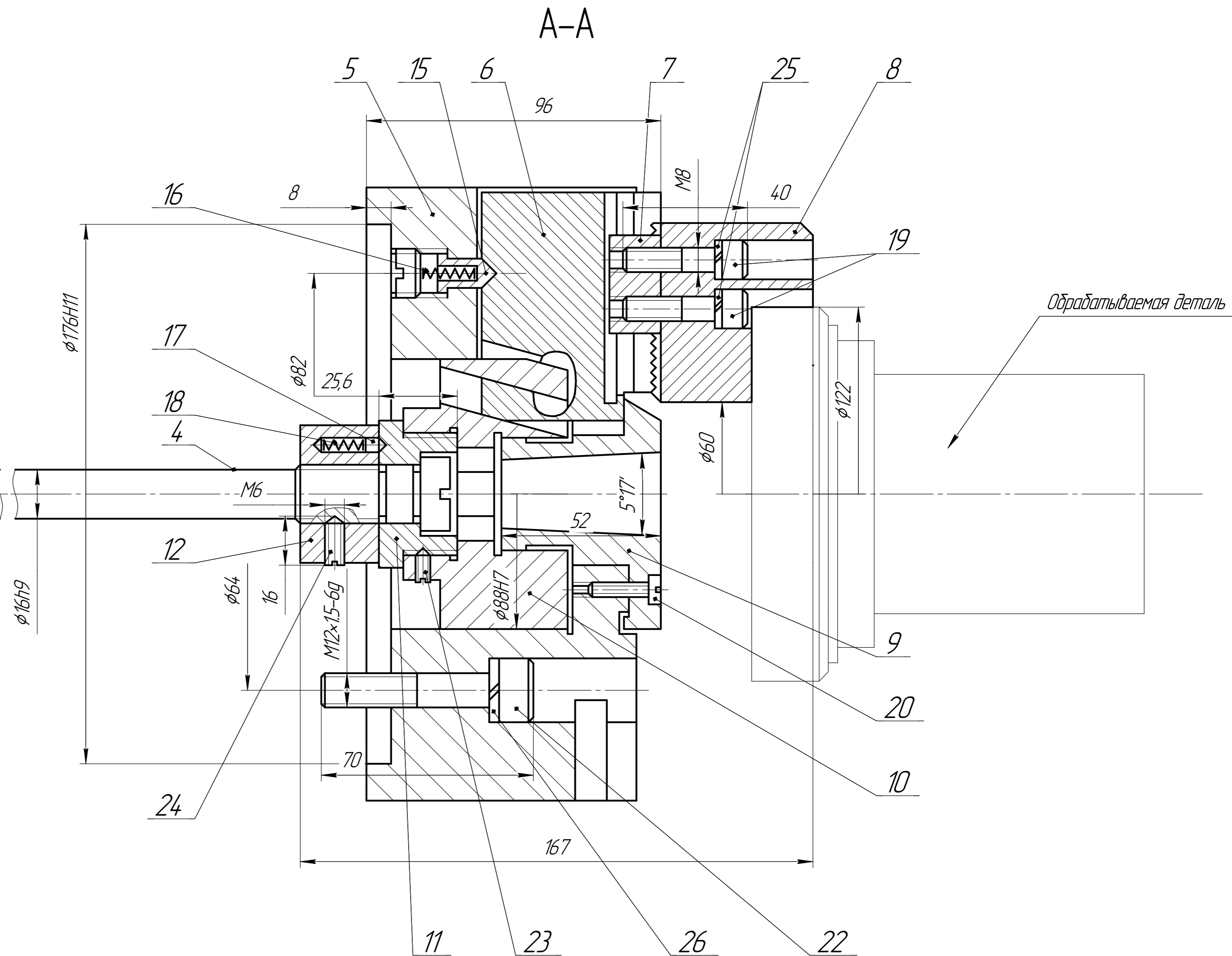
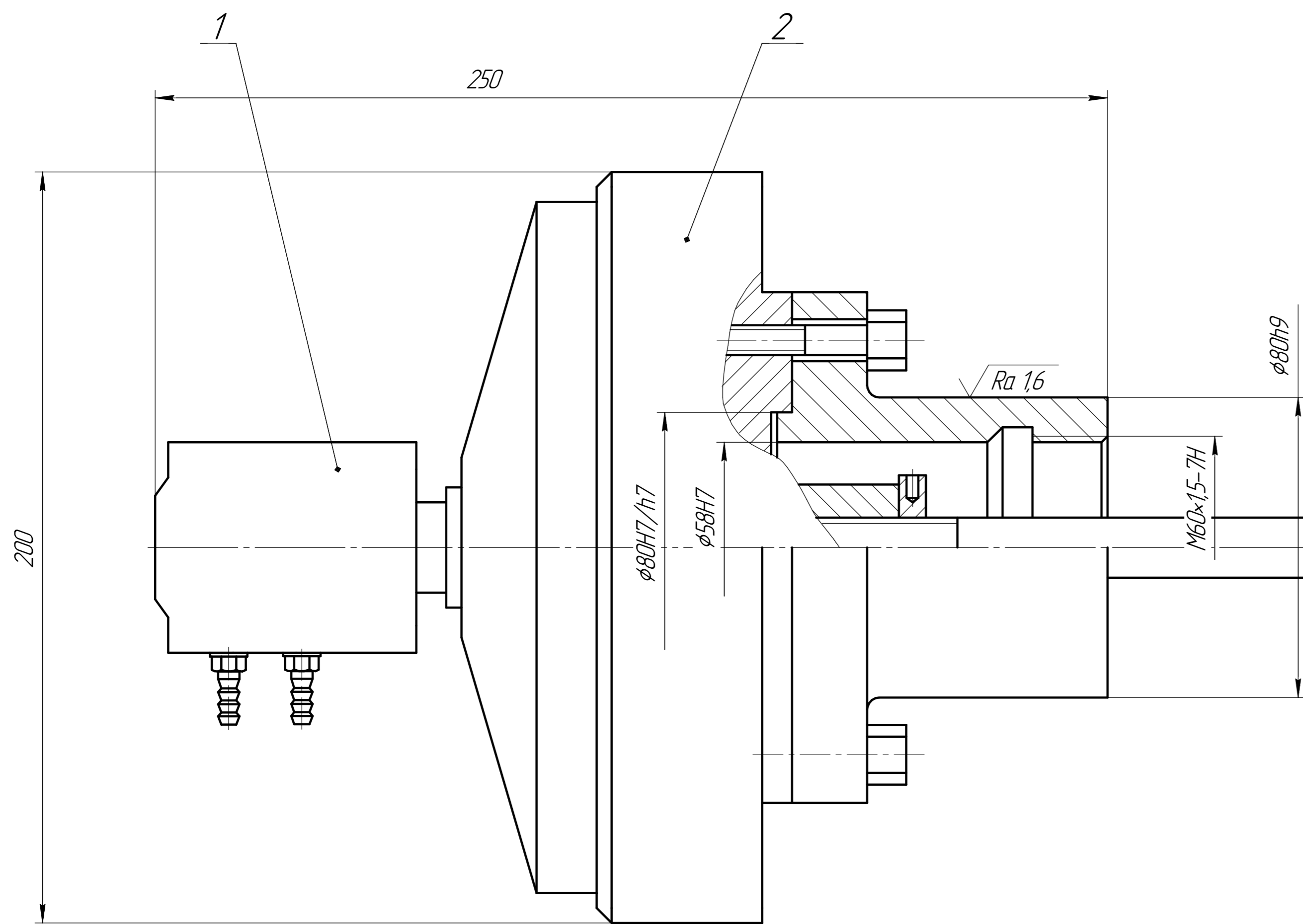
Конструкторские размеры, которые выдерживаются непосредственно.



Граф технологических размерных цепей, формирующихся при изготовлении муфты



ИШНПТ-38/5219.003				Лист	Масса	Масштаб
РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ						
				Лист	Листов	
				ТТНУ		
				Группа 3-8/52		
				Формат А1		



1. Усилие зажима $Q=8713$ Н;
2. Давление воздуха в пневмосистеме $p=0,4$ МПа;
3. Трущие поверхности смазать ЛИТОЛ-24 ГОСТ 21150-75;
4. После установки патрон калибровать на радиальное биение надором грузиков. Допускается радиальное биение не более $0,1$ мм.

				ИИИПТ-38/152/19.004_СБ			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Токарный трех кулачковый клиновой патрон		
	Разраб.	Алениченко Е.С.					
	Проб.	Цыганков Р.С.					
	Т.контр.						
					Лит		
					Масса		
					Масштаб		
					у		
					1:1		
					Лист		
					Листов		
					1		
					ТТ79		
					группа 3-8/152		
					Формат А1		

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чение
						Документация		
A1					ИШНТП.8/15219.01.00.00 СБ	Сборочный чертеж	1	
						Детали		
				1	ИШНТП.8/15219.01.00.01	Тяга	1	
				2	ИШНТП..8/15219.01.00.02	Корпус	1	
				3	ИШНТП..8/15219.01.00.03	Ползун	3	
				4	ИШНТП..8/15219.01.00.04	Сухарь	3	
				5	ИШНТП..8/15219.01.00.05	Кулачек	3	
				6	ИШНТП..8/15219.01.00.06	Втулка	1	
				7	ИШНТП..8/15219.01.00.07	Головка	1	
				8	ИШНТП..8/15219.01.00.08	Упор	1	
				9	ИШНТП..8/15219.01.00.09	Гайка круглая	1	
				10	ИШНТП..8/15219.01.00.10	Фиксатор	1	
				11	ИШНТП..8/15219.01.00.11	Пружина сжатия	1	
				12	ИШНТП..8/15219.01.00.12	Фиксатор ползуна	1	
				13	ИШНТП..8/15219.01.00.13	Пружина сжатия	1	
				14	ИШНТП..8/15219.01.00.14	Фиксатор упора	1	
				15	ИШНТП..8/15219.01.00.15	Пружина сжатия	1	
						Стандартные изделия		
				16		Винт М8-6dх32 ГОСТ 10342-80	6	
				17		Винт М5-6dх20 ГОСТ 10336-80	1	
						ИШНПТ.8/15219.004		
		Изм.	Лист		№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.				Алейченко Е.С.				Лит.
Пров.				Цыганков Р.С.				Лист
								Листов
Н.контр.						Токарный трех кулачковый		
Утв.						клиновой патрон		
						ТПУ группа 3-8/152		

