

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления детали «Переходная муфта»

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Кириллов Артём Сергеевич		28.05.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков Владимир Сергеевич	к.т.н.		28.05.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Шибинский Константин Григорьевич			28.05.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н		22.05.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоенко Елена Владимировна	к.т.н		22.05.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н		

Результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения
Общие по направлению подготовки (специальности)	
P1	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.
P4	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.
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	Кириллов Артём Сергеевич

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали «Переходная муфта»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-58/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	28.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертёж детали "Переходная муфта"</p> <p>Технологический процесс изготовления детали</p> <p>Мелкосерийное производство</p> <p>Сталь 40Х</p> <p>Особых требований нет</p>
---	--

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

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологическая часть	Шибинский Константин Григорьевич
Конструкторская часть	Шибинский Константин Григорьевич.
Финансовый менеджмент	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Белоенко Елена Владимировна

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

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шибинский Константин Григорьевич			16.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Кириллов Артём Сергеевич		16.12.2019

Реферат

Выпускная аттестационная работа 126 страниц, 47 рисунков, 22 таблицы, 19 источников, 4 приложения.

Переходная муфта, технологический процесс, эксплуатационные свойства, режимы резания, технологичность конструкции, допуск, припуск, размерная цепь.

Объектом исследования будет являться технологический процесс изготовления детали типа «Переходная муфта».

Цель работы – разработать технологический процесс подготовки детали «Переходная муфта», разработка приспособления.

В процессе исследования проводились расчеты припусков на механическую обработку, анализ технологичности, проектирование технологического маршрута, выбор и расчет режимов резания, проектирование средства технологического оснащения.

В результате исследования определили, что деталь технологична, эксплуатационные свойства обеспечиваются. Из размерного анализа выяснили, что конструкционные размеры выдерживаются. На основе оценки перспективности, выяснили, что деталь перспективна и коммерчески потенциальна.

Эта тема выпускной квалификационной работы актуальна, так как машиностроение развивается, появляется новое оборудование, программы. Данная работа направлена на проектирование технологического процесса с внедрением современных технологий.

Оглавление

Введение.....	10
1 Технологическая часть.....	12
1.1 Анализ технологичности конструкции детали.....	12
1.2 Определение типа производства.....	13
1.3 Выбор исходной заготовки.....	15
1.4 Анализ существующего технологического процесса.....	16
1.5 Маршрутный технологический процесс изготовления детали «Переходная муфта».....	17
1.6 Расчет припусков и диаметральных технологических размеров.....	20
1.6.1 Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 80h9$	21
1.6.2 Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 40_{-0,02}$	26
1.6.3 Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 59h14, \varnothing 55H14$	29
1.7 Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении.....	32
1.8 Выбор средств технологического оснащения.....	42
1.8.1 Выбор станков.....	42
1.8.2 Выбор оборудования.....	47
1.9 Расчет режимов резания.....	49
1.9.1 Токарная операция с ЧПУ: подрезка торца $\varnothing 90$ мм.....	49
1.9.2 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности $\varnothing 40$ мм (черновая).....	51
1.9.3 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности $\varnothing 80$ мм (черновая).....	54

1.9.4	Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø 59 мм (черновая).....	56
1.9.5	Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø 59 мм (чистовая).....	58
1.9.6	Фрезерная операция: фрезерование зубьев.....	61
1.9.7	Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø40 мм	63
1.9.8	Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø80 мм	65
1.10	Расчет основного времени.....	66
1.11	Технико-экономическое обоснование и показатели технологического процесса.....	74
	Выводы по разделу.....	78
2	Конструкторская часть.....	80
2.1	Выбор приспособления.....	80
2.1.1	Трехкулачковый патрон с механизированным приводом.....	80
2.1.2	Разработка принципиальной схемы приспособления.....	81
2.1.3	Расчет коэффициента надежности закрепления детали.....	82
2.1.4	Расчет необходимых сил зажима.....	83
2.2	Выбор конструкции приспособления для электрохимического снятия заусенцев.....	84
2.2.1	Экономическая целесообразность применения приспособления для электрохимического снятия заусенцев.....	85
	Выводы по разделу.....	87
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	89
3.1	Продолжительность этапов работ.....	89
3.2	Расчет накопления готовности проекта.....	94
3.3	Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	95
3.3.1	Расчет затрат на материалы.....	96
3.3.2	Расчет заработной платы.....	97

3.3.3	Расчет затрат на социальный налог.....	98
3.3.4	Расчет затрат на электроэнергию.....	98
3.3.5	Расчет амортизационных расходов.....	99
3.3.6	Расчет прочих расходов.....	100
3.3.7	Расчет общей себестоимости разработки.....	100
3.3.8	Расчет прибыли.....	101
3.3.9	Расчет НДС.....	101
3.3.10	Цена разработки НИР.....	101
3.4	Эффективность проекта.....	102
	Заключение по разделу.....	102
4	Социальная ответственность.....	105
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	105
4.1.1	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	107
4.2	Производственная безопасность.....	107
4.3	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	109
4.4	Экологическая безопасность.....	114
4.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	115
	Вывод по разделу.....	117
	Заключение.....	118
	Список использованных источников.....	119
	Приложение А Чертеж детали «Переходная муфта.....	121
	Приложение Б Карта технологического процесса.....	122
	Приложение В Сборный чертеж приспособления «Патрон трехулачковый самоцентрирующий.....	124
	Приложение Г Спецификация.....	125

Введение

Машиностроение традиционно является ведущей отраслью экономики страны. Развитие машиностроения определяется развитием принципиально новых конструкций машин и передовых технологий производства. Часто именно технологичность конструкции определяет, будет ли она широко использоваться. Экономическая эффективность производства напрямую зависит от качества разрабатываемых на нем технологических процессов.

В современной технологии машиностроения развитие происходит по следующим направлениям:

- повышение возможностей, качества и экономичности средств технологического оснащения (высокопроизводительные станки, инструмент с повышенной стойкостью и т. д.);
- создание максимально эффективных маршрутов технологических процессов;
- использование эффективной системы управления и планирования производства;
- комплексная автоматизация производства на базе АСУП, включающая в себя разработку конструкций изделий, технологическое проектирование, календарное планирование и др.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов получения заготовок с минимальными припусками под механическую обработку. В некоторых случаях целесообразно снижать технологичность изделия для повышения качества продукции, что может значительно повысить конкурентоспособность продукции и компенсировать дополнительные затраты. Стремление к технологичности в любом случае не должно приводить к ухудшению свойств изделия ниже конструктивно заданных.

Критерии построения эффективных маршрутов технологического процесса зависят от типа производства и возможностей предприятия. Одним из наиболее известных критериев является принцип постоянства баз. Маршрут должен учитывать также с расчётом максимально полного использования возможностей оборудования.

Автоматизация производства на всех его этапах позволяет существенно сократить время подготовки производства, внедрения новых изделий, уменьшить и упорядочить документооборот, оперативно вносить изменения в действующие технологические процессы. Сейчас уже высокотехнологичные производства (авиа- и автомобилестроение) не могут оставаться на конкурентоспособном уровне без комплексных систем автоматизации.

Автоматизация производства на всех его этапах позволяет значительно сократить время подготовки производства, внедрения новой продукции и изделий, сократить и оптимизировать рабочий процесс, оперативно вносить изменения в существующие технологические процессы. Сегодня высокотехнологичные отрасли промышленности (авиационная и автомобильная) не могут оставаться конкурентоспособными без интегрированных и комплексных систем автоматизации.

В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. Технологический процесс разрабатывается для условий серийного производства.

1 Технологическая часть

1.1. Анализ технологичности конструкции детали

Деталь имеет довольно простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем поверхностям, которые подлежат обработке, деталь является достаточно жесткой. Деталь имеет совокупность поверхностей, используемые в качестве технологических баз.

Форма детали позволяет использовать пруток в качестве заготовки и не требует применения литья или штамповки. Предварительную обработку наружных поверхностей предполагается делать на токарном станке, окончательную – на шлифовальном.

Трудностями при изготовлении детали являются высокие требования к точности и качеству некоторых поверхностей, уступов и зубьев. С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

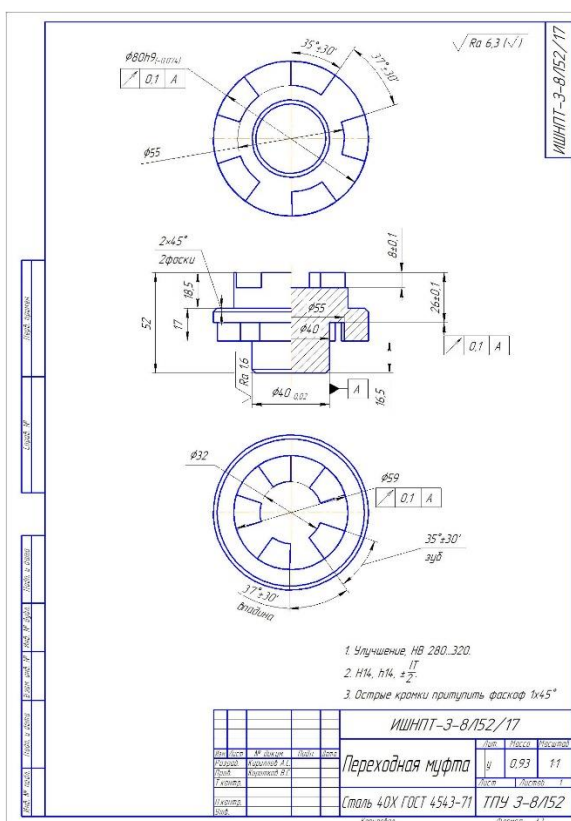


Рисунок 1 – Чертеж детали

1.2. Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

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

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

$T_{ср}$ – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

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

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

$N_{г}$ – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл. 2.1 [1,стр.22] при двухсменном режиме работы: $F_{г} = 4029$ ч.

Тогда

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}} = \frac{4029 \cdot 60}{2500} = 96,7 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n}, \quad (2)$$

где $T_{ш.к.i}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин. n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3-и операции ($n=3$): две токарные и одна круглошлифовальная операция (см. операционную карту).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1,стр.147]:

$$T_{ш.к.i} = \varphi_{к.i} \cdot T_{0.i}, \quad (3)$$

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

$T_{0.i}$ – основное технологическое время i - ой операции, мин.

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

для круглошлифовальной операции: $\varphi_{к.3} = 2,10$.

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [1,стр.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой токарной с ЧПУ операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов (подрезка торца начерно и начисто, точение поверхности начерно и начисто, (см. операционную карту):

$$T_{0.1} = (2 \cdot 0,17d \cdot l + 2 \cdot 0,17d \cdot l + 0,19d^2) \cdot 10^{-3},$$

где D – наибольший диаметр обрабатываемого торца, мм;

d – наименьший диаметр обрабатываемого торца, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рисунку 1.

Тогда:

$$T_{0.1} = (2 \cdot 0,17 \cdot 40 \cdot 26 + 2 \cdot 0,17 \cdot 80 \cdot 55 + 0,19 \cdot 80^2) \cdot 10^{-3} = 3,07 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по форм.(3):

$$T_{ш.к.1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{0.1} = 2,14 \cdot 3,07 = 6,57 \text{ мин.}$$

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

$$T_{0.2} = (2 \cdot 0,17d \cdot l + 0,52dl + 7l) \cdot 10^{-3},$$

Тогда:

$$T_{0.2} = (2 \cdot 0,17 \cdot 59 \cdot 18,5 + 0,52 \cdot 32 \cdot 8 + 2 \cdot 7 \cdot 8) \cdot 10^{-3} = 0,62 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм. (3):

$$T_{\text{ш.к.2}} = \varphi_{\text{к.2}} \cdot T_{0.2} = 2,14 \cdot 0,62 = 1,33 \text{ мин.}$$

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

$$T_{0.3} = 0,15 \cdot (d \cdot l + d \cdot l) \cdot 10^{-3} = 0,15(40 \cdot 16,5 + 80 \cdot 17) \cdot 10^{-3} = 0,3 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм.(3):

$$T_{\text{ш.к.3}} = \varphi_{\text{к.3}} \cdot T_{0.3} = 2,10 \cdot 0,3 = 0,63 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по форм. (2):

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к.}i}}{n} = \frac{T_{\text{ш.к.1}} + T_{\text{ш.к.2}} + T_{\text{ш.к.3}}}{3} = \frac{6,57 + 1,33 + 0,63}{3} = 2,85 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле (1):

$$K_{3.0} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{96,7}{2,85} = 33,9$$

Так как, $K_{3.0} = 20 < 33,9 < 40$, то тип производства мелкосерийное.

1.3. Выбор исходной заготовки

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 (мелкосерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный, рисунок 2.

Так же предлагается отрезать прокат на несколько заготовок.

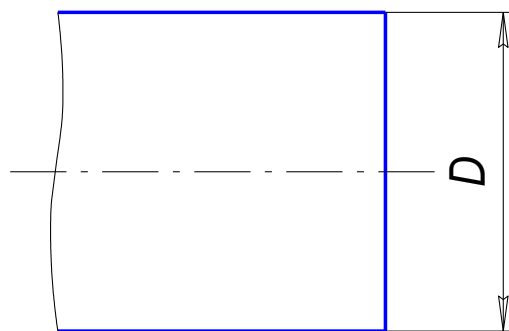


Рисунок 2 - Заготовка

1.4. Анализ существующего технологического процесса

В базовом технологическом процессе, изготовления детали "Переходная муфта" существенным недостатком является большая доля ручного труда и применение низко-производительного оборудования с ручным управлением.

В таблице 1 приведен базовый технологический процесс.

Таблица 1 – Базовый технологический процесс

№ операции	Название операции	Краткое содержание операции
005	Отрезная	Отрезать заготовку на 10шт из круглого проката
010	Термическая	Произвести улучшение проката до HB280...320.
015	Токарная с ЧПУ	Подрезать правый торец и обработать по контуру со стороны правого торца, отрезать деталь
020	Токарно-фрезерная с ЧПУ	Подрезать левый торец и обработать по контуру со стороны левого торца, фрезеровать зубья
025	Фрезерная	Фрезеровать зубья
030	Шлифовальная	Шлифовать диаметр 40 и 80
035	Слесарная	Отпилить заусенцы, острые кромки притупить
040	Контрольная	Контроль размеров

Базовый технологический процесс не подходит по операциям 025, 030, 035 тогда разрабатываемый маршрут изготовления детали «Переходной муфты» примет вид согласно таблице 2

1.5. Маршрутный технологический процесс изготовления детали «переходная муфта»

Маршрут технологии изготовления детали «Переходная муфта» представлен в виде табл.2, где также обозначены технологические базы и оборудование.

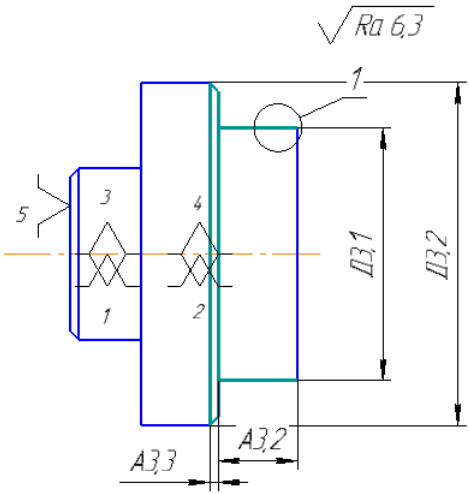
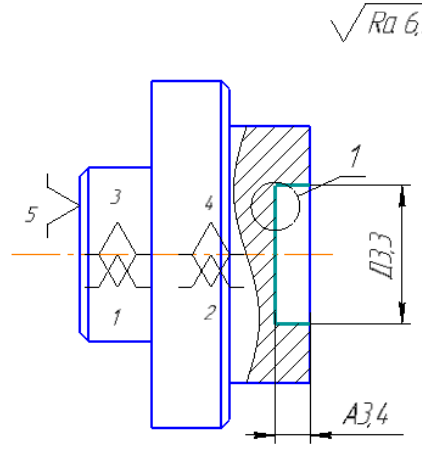
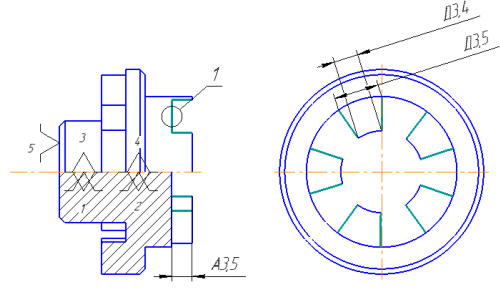
Таблица 2 – Маршрут изготовления детали «Переходная муфта»

Операция	Наименование операции и содержание переходов	Операционный эскиз	Оборудование оснастка
005	<p><u>Заготовительная</u></p> <p>1. Выдвинуть прокат по программе.</p> <p>2. Закрепить прокат гидравлическими зажимами</p> <p>3. Отрезать заготовку выдерживая размер (600мм на 10шт и для зажима в кулачках) $A_{1,1}$</p>		<p>Станок ленточнопильный с ЧПУ</p> <p>Economic DG 510.320</p>
010	<p><u>Термическая</u></p> <p>1. Произвести улучшение прутков до HB280...320</p>		<p>Печь и масляная ванна</p>
015	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>1. Установить заготовку и закрепить</p> <p>2. Подрезать торец 1 на чисто в размер $A_{2,1}$</p>		<p>Токарный станок ЧПУ GOODWAY серии TS-100</p> <p>Гидравлический патрон, барфидер</p>

Продолжение таблицы 2

	<p>3. Точить поверхность 1 и в р-ры А_{2.2} и А_{2.3} Д_{2.1}; А_{2.4} и Д_{2.2} на черنو</p>		<p>Токарный станок ЧПУ GOODWAY серии TS-100 Гидравлический патрон, барфидер</p>
015	<p>4. Нарезать торцевую канавку 1 резцом в р-ры А_{2.5} и Д_{2.3}, Д_{2.4}</p>		<p>Резец PRAMET GFIR 2525 M 04L 050032-A pramet-tools.ru</p>
015	<p>5. Отрезать 1 деталь в р-ры А_{2.6}</p>		<p>Резец PRAMET XLCFN 3202 M 03 pramet-tools.ru</p>
020	<p><u>Токарно-фрезерная с ЧПУ</u> 1. Установить заготовку и закрепить 2. Подрезать торец 1 на чисто в р-ры А_{3.1}</p>		<p>Токарный станок ЧПУ Nakamura-Tome NTRX-300, трехкулачковый патрон с механизированным приводом</p>

Продолжение таблицы 2

	<p>3. Точить поверхность 1 начерно и начисто в р-ры А_{3,2} Д_{3,1}, снять фаску в р-ры А_{3,3} Д_{3,2}</p>		<p>Токарный станок ЧПУ Nakamura-Tome NTRX-300, трехкулачковый патрон с механизированным приводом</p>
020	<p>4. Сверлить отверстие в р-ры А_{3,4} Д_{3,3},</p>		<p>Сверло со сменными пластинами PRAMET 802D2-32 pramet-tools.ru</p>
	<p>5. Фрезеровать 5 зубов в р-ры А_{3,5} Д_{3,4} Д_{3,5}</p>		<p>Твердосплавная фреза PRAMET 08E2S64-20A08 SUDA pramet-tools.ru</p>

Продолжение таблицы 2

025	<p><u>Фрезерная</u></p> <p>1. Установить заготовку и закрепить</p> <p>2. Фрезеровать 5 зубов на чисто в р-ры А_{3,6} и Д_{3,6} Д_{3,7}</p>		<p>Вертикально-фрезерный с чпу бр13ф3, трех-кулачковый патрон, Фреза Р6М5</p>
030	<p><u>Круглошлифовальная</u></p> <p>1. Установить заготовку и закрепить</p> <p>2. Шлифовать поверхность в р-ры А_{3,7} Д_{3,8}; А_{3,8} Д_{3,9} на чисто</p>		<p>Круглошлифовальный станок 312П</p>
035	<p><u>Слесарная</u></p> <p><u>1. Зачистить заусенцы.</u></p> <p><u>пригупить кромки</u></p>		<p>Тиски слесарные</p>
040	<p><u>Контрольная ОТК</u></p> <p><u>1. Провести полный</u></p> <p><u>технический контроль</u></p>		

1.6. Расчет припусков и диаметральных технологических размеров

Расчет припусков и технологических размеров проводится с целью обеспечения требуемой точности конструкторских размеров и требуемого качества поверхности. Припуски на обработку и технологические размеры назначаются из значений минимально допустимых припусков на обработку, а так же точности конструкторских размеров.

1.6.1 Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø80h9

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения определяется по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (4)$$

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

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

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученное на предшествующем переходе или операции, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

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;

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 $l \approx 60$ мм. Таким образом:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ мкм.}$$

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 (4):

$$\begin{aligned} 2 \cdot z_{1 \min} &= 2 \cdot \left(Rz_0 + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2} \right) = 2 \left(150 + 250 + \sqrt{60^2 + 420^2} \right) \\ &= 974,26 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Расчет диаметральных технологических размеров выполняем из условия обеспечения минимальных припусков на обработку. При этом расчете будем использовать размерную схему, представленную на рисунке 3.

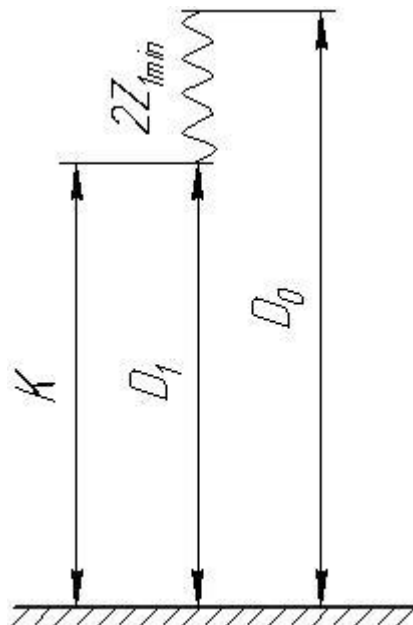


Рисунок 3 – Размерная схема обработки поверхности $\text{Ø}80\text{h}9$ мм.

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

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

$$D_1^c = D_1 + \frac{BOD_1 + HOD_1}{2} = 80 + \frac{0 - 0,074}{2} = 79,963 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,97 + \frac{0,074 + 1,6}{2} = 1,81 \text{ мм};$$

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 79,963 + 1,81 = 81,773 \text{ мм}.$$

Вычислим номинальное значение D_0 :

$$D_0 = D_0^c + \frac{BOD_0 + HOD_0}{2} = 81,773 + \frac{0,5 - 1,1}{2} = 82,073 \text{ мм}.$$

Расчетное значение этого звена составит: $D_0 = 82,073 \begin{matrix} +0,5 \\ -1,1 \end{matrix}$ мм.

Примем в соответствии со стандартом: $D_0 = 90 \begin{matrix} +0,5 \\ -1,1 \end{matrix}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 90 \begin{matrix} +0,5 \\ -1,1 \end{matrix} - 80 \begin{matrix} -0,074 \end{matrix} = 10,0 \begin{matrix} +0,574 \\ -1,1 \end{matrix} \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 8,9 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 10,574 \text{ мм}$$

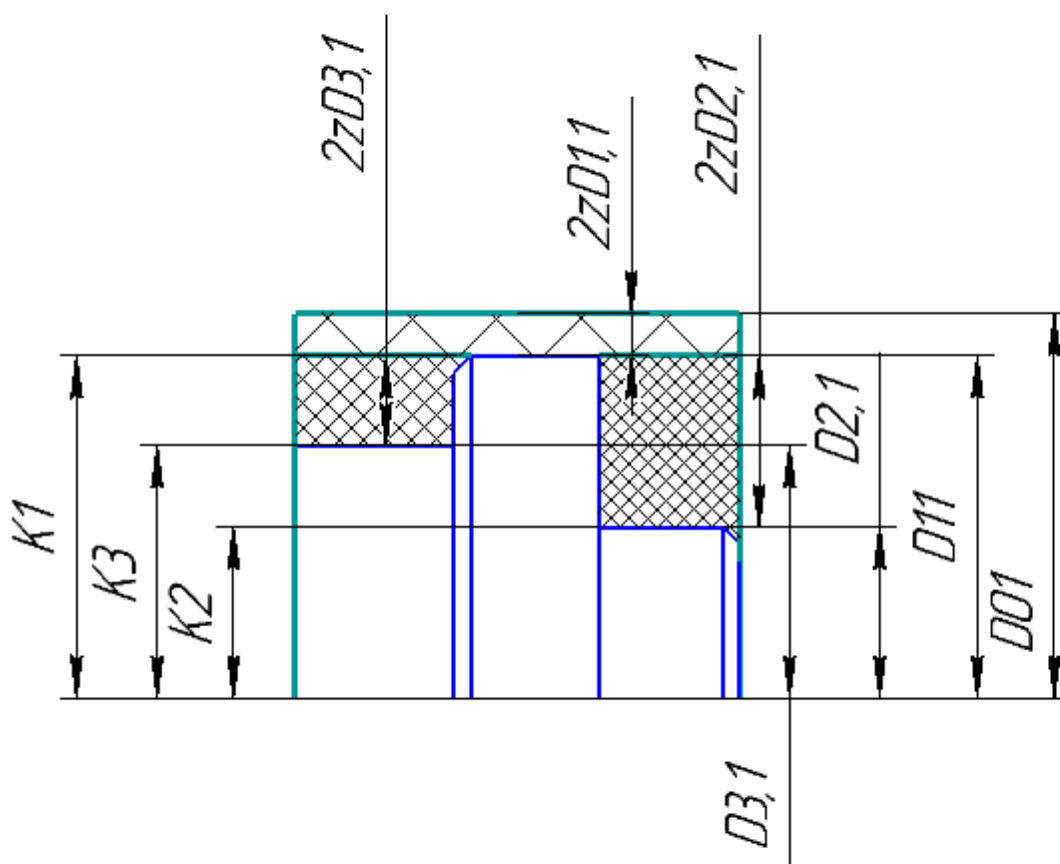


Рисунок 4 - Размерная схема технологического процесса в диаметральном направлении

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (4) и сводим их в таблицу 3.

Таблица 3 – Размеры припусков Ø80h9

Переход обработ. поверх. Ø80h9	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					

Продолжение таблицы 3

Точение: Черновое h14	50	50	1,8	70		620	80,624	80,934 _{-0,6}	10 ^{+0,574} _{-1,1}
Чистовое h10	30	30	1,2	0	203,6	100	80,06	80,11 _{-0,1}	0,824 ^{+0,1} _{-0,62}
Шлифов. h9	5	15	0,006	0	122,4	20	80	80 _{-0,074}	0,11 ^{+0,074} _{-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;

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:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_k \cdot l = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ мкм.}$$

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

черновое точение: $\rho = 0,06 \cdot 30 = 1,8$ мкм,

чистовое точение: $\rho = 0,04 \cdot 30 = 1,2$ мкм,

шлифование: $\rho = 0,002 \cdot 30 = 0,06$ мкм,

Погрешность закрепления определяем:

черновое точение: $\varepsilon = 70$ мкм.

чистовое точение: $\varepsilon = 0$ мкм.

шлифование: $\varepsilon = 0$

Минимальный припуск под чистовое точение, формула (4):

$$2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2(50 + 50 + 1,8) = 203,6 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под шлифование:

$$2 \cdot z_{1 \min} = 2 \cdot \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_2^2} \right) = 2(30 + 30 + 1,2) = 122,4 \text{ мкм.}$$

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 5.

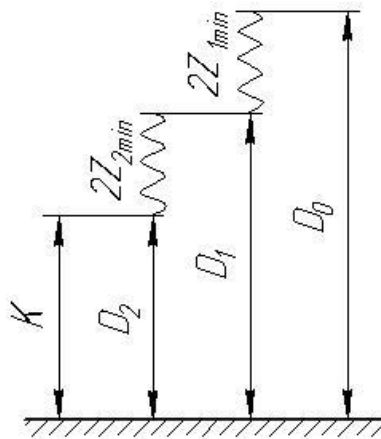


Рисунок 5 – Размерная схема обработки поверхности $\text{Ø}80\text{h}9$ мм.

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение – D_1 .

Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2\min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 80 + \frac{0 - 0,074}{2} = 79,963 \text{ мм;}$$

$$2 \cdot Z_2^c = 2 \cdot Z_{2\min} + \frac{TD_2 + TD_1}{2} = 0,06 + \frac{0 + 0,074}{2} = 0,097 \text{ мм,}$$

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 79,963 + 0,097 = 80,06 \text{ мм.}$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 80,06 \pm 0,05$ мм.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 80,11_{-0,1}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 80,11_{-0,1} - 80_{-0,074} = 0,11_{-0,1}^{+0,074} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,01 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,184 \text{ мм}$$

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

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,204 + \frac{0,1 + 0,62}{2} = 0,564 \text{ мм,}$$

и вычисляем

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 80,06 + 0,564 = 80,624 \text{ мм.}$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 80,624 \pm 0,31$ мм.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_0 = 80,934_{-0,62}$ мм.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 80,934_{-0,62} - 80,11_{-0,1} = 0,824_{-0,62}^{+0,1} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,204 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,924 \text{ мм}$$

1.6.2 Расчет припусков и технологических размеров поверхности

Ø40-0,02

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

Таблица 4 – Размеры припусков $\varnothing 40_{-0,02}$

Переход. обраб. поверх. $\varnothing 40_{-0,02}$	Элементы минимального припуска, мкм.				Миним . припус к $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Сред. размер , мм.	Технол. размер, мм.	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	ε					
Точение: Черновое h14	50	50	1,8	70		740	40,816	$41,186_{-0,74}$	$0,944_{-0,74}^{+0,12}$
Чистовое h10 $\varnothing 40_{-0,02}$	30	30	1,2	0	203,6	120	40,182	$40,242_{-0,12}$	$0,242_{-0,12}^{+0,020}$
Шлифов. $\varnothing 40_{-0,02}$	5	15	0,242	0	122,4	30	40	$40_{-0,020}$	$0,242_{-0,12}^{+0,020}$

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

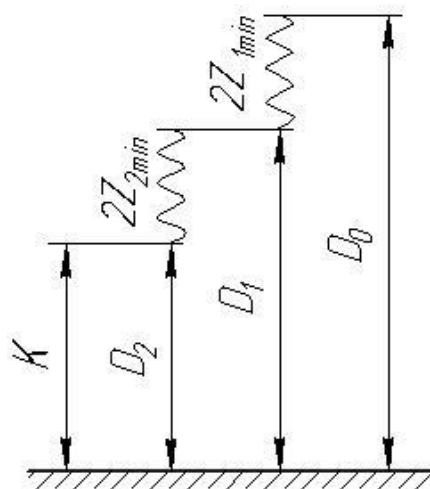


Рисунок 6 – Размерная схема обработки поверхности $\varnothing 40_{-0,02}$ мм.

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

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 40 + \frac{0 - 0,020}{2} = 39,99 \text{ мм};$$

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

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 39,99 + 0,192 = 40,182 \text{ мм}.$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 40,182 \pm 0,06 \text{ мм}$.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 40,242_{-0,12} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 40,242_{-0,12} - 40_{-0,020} = 0,242_{-0,12}^{+0,020} \text{ мм}.$$

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

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

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

$$2 \cdot Z_1^c = 2 \cdot Z_{1min} + \frac{TD_1 + TD_0}{2} = 0,204 + \frac{0,12 + 0,74}{2} = 0,634 \text{ мм},$$

и вычисляем

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 40,182 + 0,634 = 40,816 \text{ мм}.$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 40,816 \pm 0,37 \text{ мм}$.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_0 = 41,186_{-0,74} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 41,186_{-0,74} - 40,242_{-0,12} = 0,944_{-0,74}^{+0,12} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{1min} = 0,35 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 1,17 \text{ мм}$$

1.6.3 Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\text{Ø}59\text{h}14$, $\text{Ø}55\text{H}14$

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

Таблица 5 - Размеры припусков $\text{Ø}59\text{h}14$, $\text{Ø}55\text{H}14$

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм.				Миним. припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Допуск на переход TD, мкм	Сред. размер ρ , мм	Технол. размер, мм.	Припуск на обработ.
	Rz	h	ρ	ε					
Точение:									
Черновое $\text{Ø}59\text{h}14$	50		41	70	260	200	59,56	$59,66_{-0,2}$	$0,36_{-0,2}^{+0,1}$
чистовое	20		2	0	100	100	59,15	$59,2_{-0,1}$	$0,2_{-0,1}^{+0,74}$
Точение:									
Черновое $\text{Ø}55\text{H}14$	50		41	70	260	200	54,44	$54,54^{+0,2}$	$0,46_{-0,2}^{+0,1}$
чистовое	20		2	0	100	100	54,85	$54,95^{+0,1}$	$0,1_{-0,1}^{+0,74}$

Для расчета диаметральных технологических размеров воспользуемся размерной схемой, представленной на рисунке 5.

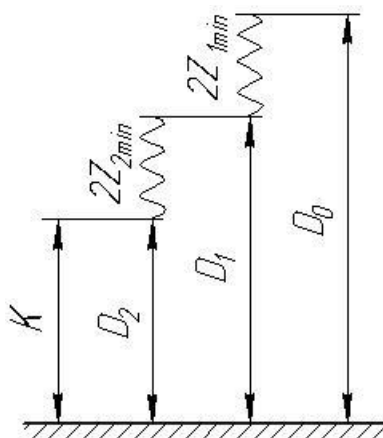


Рисунок 7 – Размерная схема обработки поверхности.

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

Расчет для размера $\varnothing 59h14$:

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

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 59 + \frac{0 - 0,74}{2} = 58,63 \text{ мм};$$

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

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c + 2 \cdot Z_2^c = 58,63 + 0,52 = 59,15 \text{ мм}.$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 59,15 \pm 0,05 \text{ мм}$.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_1 = 59,2_{-0,1} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_1 - D_2 = 59,2_{-0,1} - 59_{-0,74} = 0,2_{-0,1}^{+0,74} \text{ мм}.$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0,1 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,94 \text{ мм}$$

Далее определяем 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

$$D_0^c = D_1^c + 2 \cdot Z_1^c = 59,15 + 0,41 = 59,56 \text{ мм}.$$

Звено D_0^c записываем в виде: $D_0 = 59,56 \pm 0,1 \text{ мм}$.

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то запишем $D_0 = 59,66_{-0,2} \text{ мм}$.

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_1 = D_0 - D_1 = 59,66_{-0,2} - 59,2_{-0,1} = 0,36_{-0,2}^{+0,1} \text{ мм.}$$

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

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

Расчет для размера Ø55H14:

Сперва определяем технологический размер под чистовое точение – D_1 .

Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры: $D_2 = K$, D_1 , $2 \cdot Z_{2min}$.

$$D_2^c = D_2 + \frac{BOD_2 + HOD_2}{2} = 55 + \frac{0 + 0,74}{2} = 55,37 \text{ мм;}$$

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

и вычисляем

$$D_1^c = D_2^c - 2 \cdot Z_2^c = 55,37 - 0,52 = 54,85 \text{ мм.}$$

Звено D_1^c записываем в виде: $D_1 = 54,85 \pm 0,05 \text{ мм.}$

Так как для отверстия принято использовать наименьший предельный размер, то запишем $D_1 = 54,9^{+0,1} \text{ мм.}$

Фактическое значение припуска:

$$2 \cdot Z_2 = D_2 - D_1 = 55^{+0,74} - 54,9^{+0,1} = 0,1_{-0,1}^{+0,74} \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{2min} = 0 \text{ мм}$$

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

Далее определяем 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 :

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

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

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

1.7 Расчет припусков и технологических размеров в осевом направлении

Формула для расчета минимальных припусков на обработку плоскостей:

$$Z_{i min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (5)$$

По смысловому содержанию переменные данной формулы совпадают с переменными формулы (4).

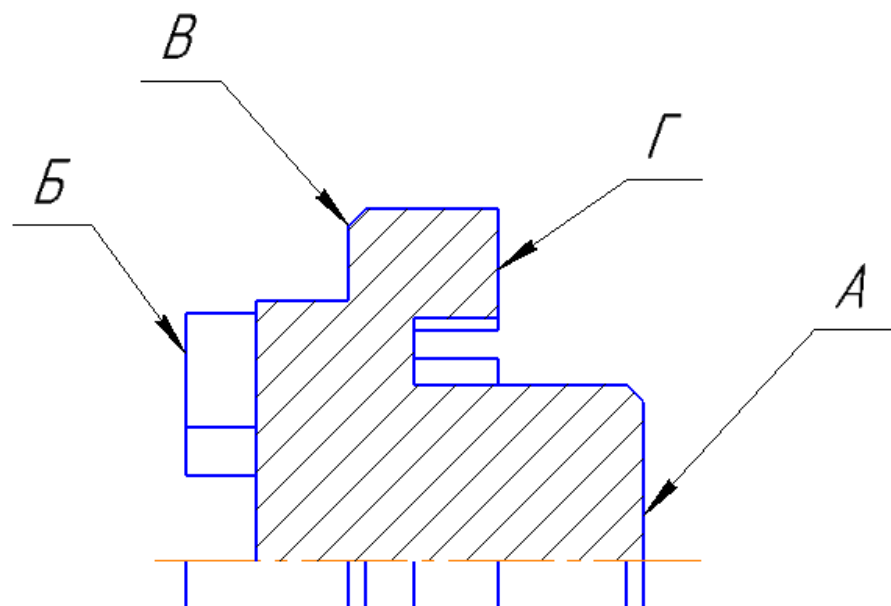


Рисунок 8 – Деталь

Расчет припуска на обработку торца А сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – 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	30	
Подрезка: Черновая:	50	50		430

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

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

$$\rho = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ мкм.}$$

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

Минимальный припуск под подрезание, формула (5):

Черновое:

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_0 = 150 + 250 + 30 = 430 \text{ мкм.}$$

Для торца Б (см. рисунок 6) принимаем минимальный припуск на обработку такой же как для торца А: $Z_{\min} = 431$ мкм.

Расчет припусков на обработку торца В сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчет припусков на обработку торца В

Переходы обработки торца В	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{min} , мкм
	Rz	h	ρ	
Заготовка	150	250	30	

Продолжение таблицы 7

Подрезка:				
Черновая:	50	50	2	102
Чистовая:	30	30	1,4	

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяем 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 8.

Таблица 8 – Расчет припука на обработку торца Г

Переходы обработки торца Г	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск Z_{\min} , мкм
	Rz	h	ρ	

Продолжение таблицы 8

Заготовка	150	250	30	
Подрезка:				
Черновая:	50	50	1	101
Чистовая:	30	30	0,6	

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяем 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:

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

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

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

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

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

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 7. Так как заготовку пилим на 10шт +20мм чтобы

держалась в кулачках +3 мм толщина отрезного резца, +2мм на торцовку

получаем: $A=10*52+9*3+20+20=587\text{мм}$

Допуски на технологические размеры:

$$TA_{1.1} = 0,3 \quad TA_{3.2} = 0,25$$

$$TA_{2.1} = 0,25 \quad TA_{3.3} = 0,2$$

$$TA_{2.2} = 0,2 \quad TA_{3.4} = 0,2$$

$$TA_{2.3} = 0,25 \quad TA_{3.5} = 0,2$$

$$TA_{2.4} = 0,25 \quad TA_{3.6} = 0,2$$

$$TA_{2.5} = 0,2 \quad TA_{3.7} = 0,25$$

$$TA_{2.6} = 0,25 \quad TA_{3.8} = 0,25$$

$$TA_{3.1} = 0,25$$

Допуски на линейные конструкторские размеры:

$$TK_1 = 1,75 \quad TK_7 = 0,43 \quad TK_{13} = 0,2$$

$$TK_2 = 0,74 \quad TK_8 = 0,74 \quad TK_{14} = 0,43$$

$$TK_3 = 0,25 \quad TK_9 = 0,52 \quad TK_{15} = 0,43$$

$$TK_4 = 0,43 \quad TK_{10} = 0,25$$

$$TK_5 = 0,62 \quad TK_{11} = 0,2$$

$$TK_6 = 0,2 \quad TK_{12} = 0,2$$

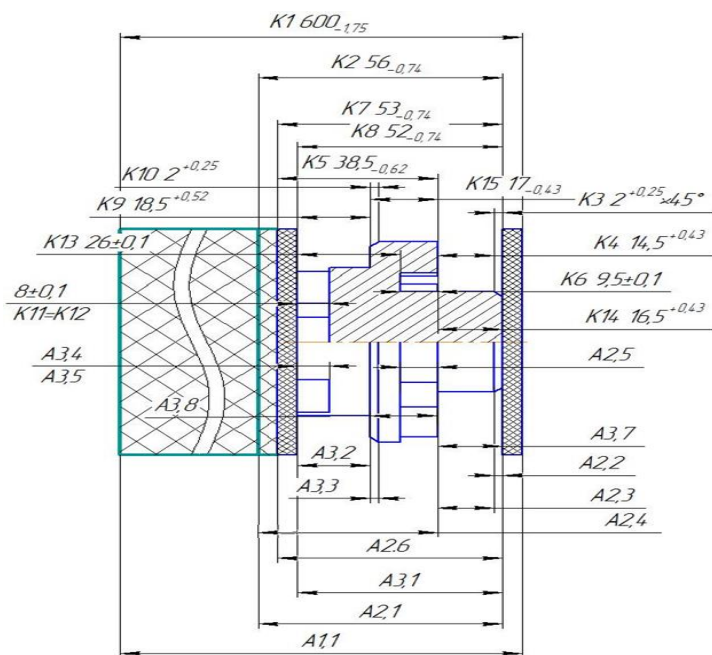


Рисунок 9 – Размерная схема.

Для расчета строится размерная схема технологического процесса изготовления вала в продольном направлении (рисунок 9) и граф технологических размерных цепей (рисунок 10), облегчающих их выявление.

Граф технологических размерных цепей

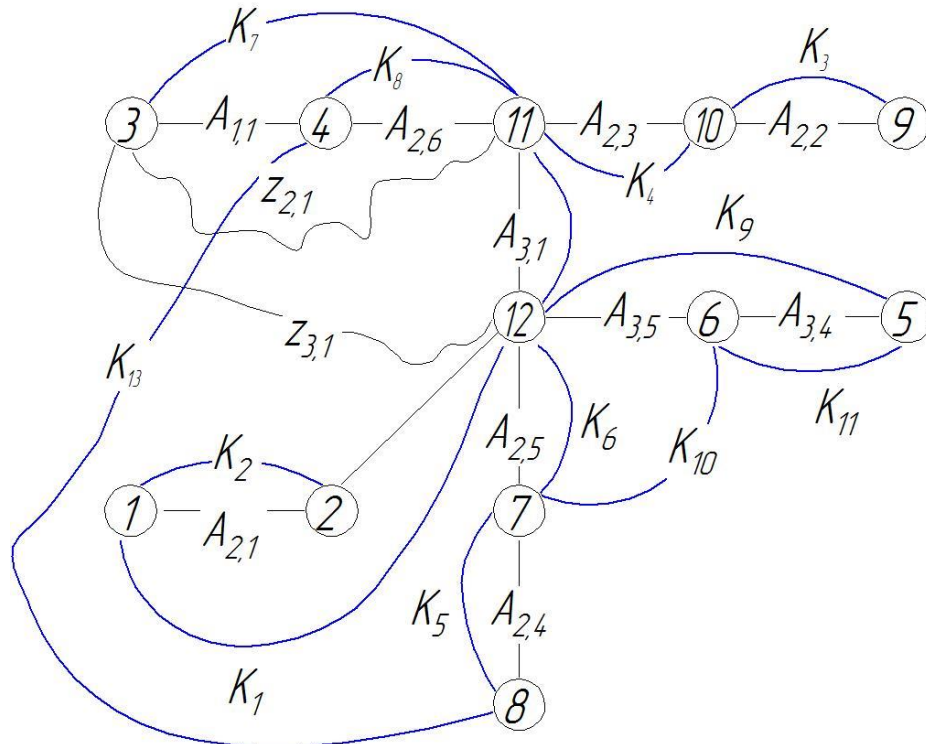


Рисунок 10 - Граф технологических размерных цепей, формирующихся при изготовлении переходной муфты (продольное направление).

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i, \quad (6)$$

Для размера K_1 (см. рисунок 11): $TK_1 = 1,75 \geq TA_{1,1} = 1,75 \geq 0,3$ мм, т. е. размер K_1 может быть обеспечен с заданной точностью.

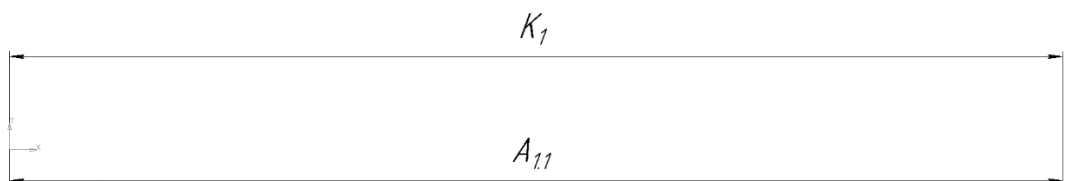


Рисунок 11 – Размерная схема для K_1

Для размера K_2 (см. рисунок 12): $TK_2 = 0,74 \geq TA_{2,1} = 0,25$ мм, размер K_2 может быть обеспечен с заданной точностью.

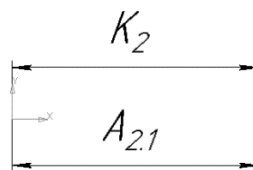


Рисунок 12 – Размерная схема для K_2

Для размера K_{14} (см. рисунок 13): $TK_{14} = 0,43 \geq TA_{3,7} = 0,25$ мм, размер K_{14} может быть обеспечен с заданной точностью.

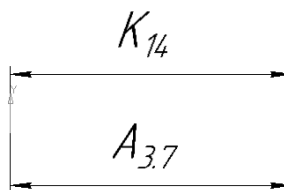


Рисунок 13 – Размерная схема для K_{14}

Для размера K_4 (см. рисунок 14): $TK_4 = 0,43 \geq TA_{2,3} = 0,25$ мм, размер K_4 может быть обеспечен с заданной точностью.

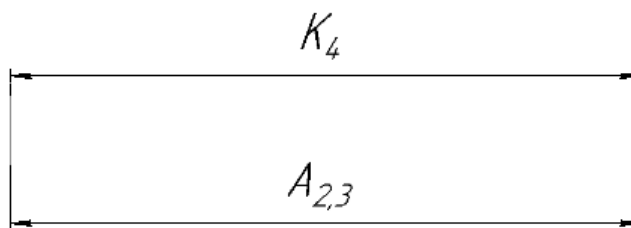


Рисунок 14 – Размерная схема для K_4

Для размера K_5 (см. рисунок 15): $TK_5 = 0,62 \geq TA_{2,4} = 0,25$ мм, размер K_5 может быть обеспечен с заданной точностью.

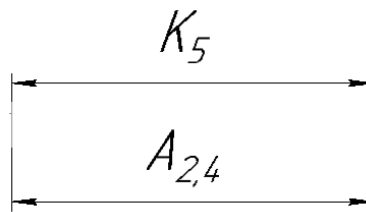


Рисунок 15 – Размерная схема для K_5

Для размера K_6 (см. рисунок 16): $TK_6 = 0,2 \geq TA_{2,5} = 0,2$ мм, размер K_6 может быть обеспечен с заданной точностью.

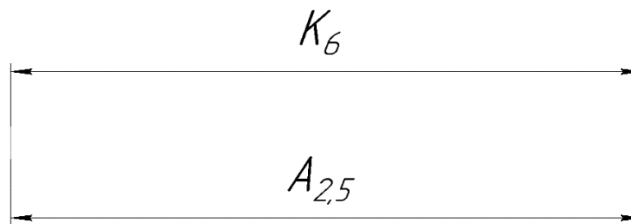


Рисунок 16 – Размерная схема для K_6

Для размера K_7 (см. рисунок 17): $TK_7 = 0,74 \geq TA_{2,6} = 0,25$ мм, размер K_7 может быть обеспечен с заданной точностью.

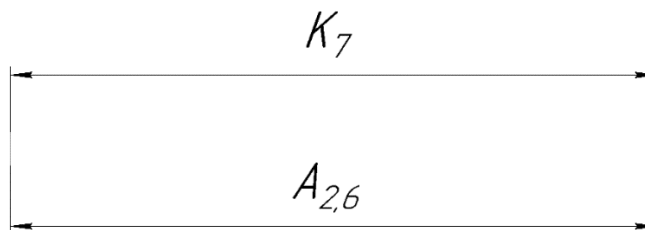


Рисунок 17 – Размерная схема для K_7

Для размера K_8 (см. рисунок 18): $TK_8 = 0,74 \geq TA_{3,1} = 0,25$ мм, размер K_8 может быть обеспечен с заданной точностью.

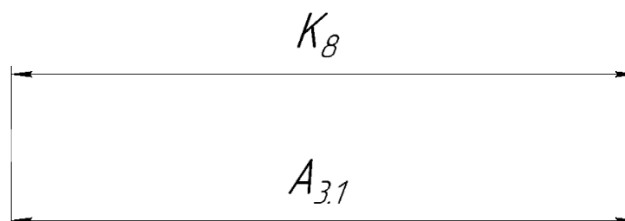


Рисунок 18 – Размерная схема для K_8

Для размера K_9 (см. рисунок 19): $TK_9 = 0,52 \geq TA_{3,2} = 0,2$ мм, размер K_9 может быть обеспечен с заданной точностью.

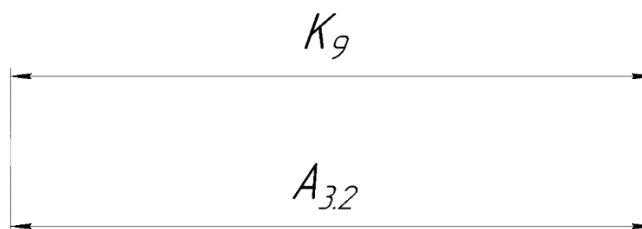


Рисунок 19 – Размерная схема для K_9

Для размера K_{15} (см. рисунок 20): $TK_{15} = 0,4, \geq TA_{3,8} = 0,25$ мм, размер K_{15} может быть обеспечен с заданной точностью.

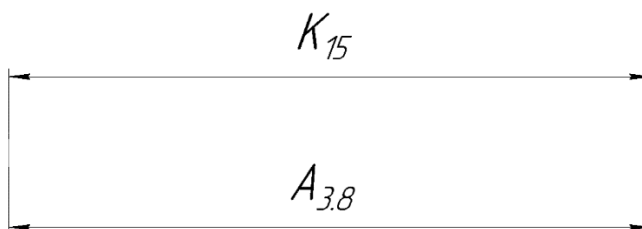


Рисунок 20 – Размерная схема для K_{10}

Для размера K_{11} (см. рисунок 21): $TK_{11} = 0,2 \geq TA_{3,4} = 0,2$ мм, размер K_{11} может быть обеспечен с заданной точностью.

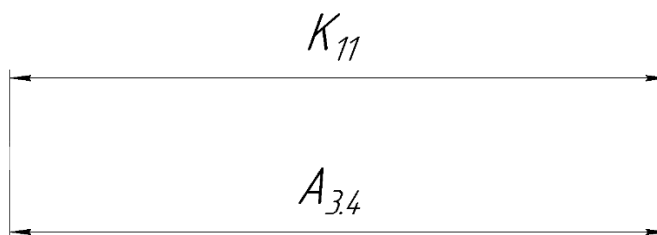


Рисунок 21 – Размерная схема для K_{10}

Для размера K_{12} (см. рисунок 22): $TK_{12} = 0,2 \geq TA_{3,5} = 0,2$ мм, размер K_{12} может быть обеспечен с заданной точностью.

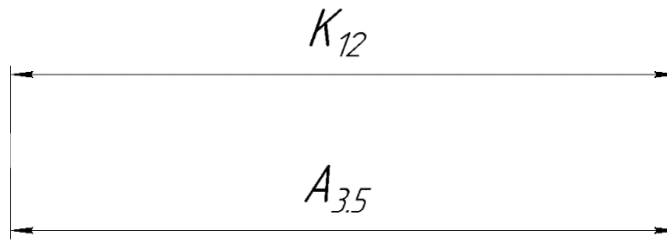


Рисунок 22 – Размерная схема для K_{12}

Для размера K_{13} (см. рисунок 23): $TK_{13} = 0,2 \geq TA_{3.6} = 0,2$ мм, размер K_{13} может быть обеспечен с заданной точностью.

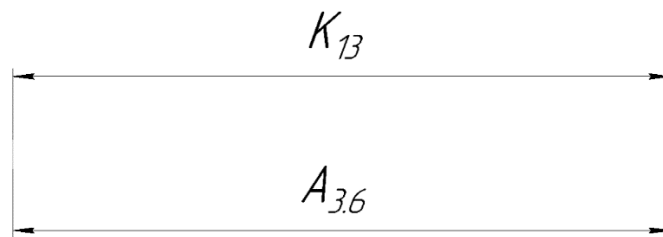


Рисунок 23 – Размерная схема для K_{13}

При шлифовании наружной поверхности $\varnothing 40,80$ происходит изменение размера фаски. Указанное изменение при угле фаски 45° может быть принято равным половине удаляемого при шлифовании припуска на диаметр $Z_{D6.5}/2$. Учитывая, что $Z_{D6.5}/2 = 0,23^{+0,025}_{-0,1}$ мм, имеем $A^{***} = \frac{Z_{D6.5}}{2} = 0,115^{+0,0125}_{-0,05} \approx 0,12^{+0,01}_{-0,04}$ мм. Для размера K_3 и K_{10} (см. рисунок 24): $TK_3 = 0,2 \geq TA_{2.4} + TA^{**} = 0,05 + 0,2 = 0,25$ мм, размер K_3 и K_{10} может быть обеспечен с заданной точностью.

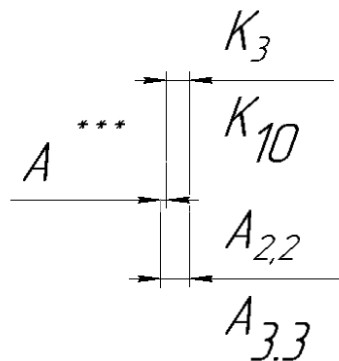


Рисунок 24 – Размерная схема для K_3 и K_{10}

В ходе размерного анализа проверено, что выполняется условие обеспечения требуемой точности всех непосредственно не выдерживаемых конструкторских размеров. Построена размерная схема осевых размеров и граф технологических размерных цепей, из которых видно, что технологический процесс построен верно. Кроме того, в ходе размерного анализа технологического процесса были определены: размеры заготовки, допуски на технологические размеры, минимальные припуски на обработку, диаметральные и осевые технологические размеры.

1.8 Выбор средств технологического оснащения

1.8.1 Выбор станков

Токарный станок с ЧПУ

Токарные станки с ЧПУ Goodway серии TS для обработки небольших деталей (см. рисунок 25). Технические характеристики представлены в таблице 9.



Рисунок 21 - Goodway TS-100

Таблица 9 – Технические характеристики Goodway TS - 100

Производственные возможности	TS-100	TS-150
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия	330 мм	
Наибольший диаметр обточки	200 мм	
Стандартный диаметр обточки	165 мм	
Максимальная длина обточки	290 мм	
Максимальный вес заготовки	50 кг	
Шпиндель		
Размер патрона	6"	
Передний конец шпинделя	A2-5	
Отверстие в шпинделе	41 мм	56 мм
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка	32 мм	45 мм
Выходная мощность двигателя (пост./15 минут)	5,5 / 7,5 кВт	
Диапазон скоростей вращения шпинделя	60 - 6000 об/мин	
Ось X и Z		
Скорость быстрого перемещения по осям X/Z	24 м/мин	
Макс. перемещение по оси X	305 мм	
Макс. перемещение по оси Y	320 мм	
Общие характеристики		
Масса станка	1750 кг	
Габариты станка (ДхШхВ)	1758 x 1353 x 1740 мм	

Токарный с ЧПУ

Накамура-Томе NTRX-300 Высокопроизводительный многофункциональный токарный центр рисунок 26.



Рисунок 26 - Высокопроизводительный многофункциональный токарный центр Nakamura-Tome NTRX-300

Высокопроизводительный многофункциональный токарный центр с 2-мя шпинделями и полноценным фрезерным шпинделем. На станке можно выполнять различные операции по токарной и фрезерной обработке, обеспечивая высокую производительность при обработке сложных деталей. Технические характеристики представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики Nakamura-Tome NTRX-300

Макс. диаметр x длина обработки, мм	245 x 1090
Перемещения по осям X1/X2/Z1/Z2/B2, мм	700 / 1100 / 1100 / 250
Шпиндель и противощпиндель	
Диаметр обрабатываемого прутка, мм	65 (71*, 80*, 90*)
Макс. мощность, кВт	15 ¹ , 15 ²
Макс. частота вращения, мин ⁻¹	6000 (4500*)
Устанавливаемый патрон, "	210 (9)
Инструментальный шпиндель	
Макс. мощность, кВт	18,5
Макс. частота вращения, мин ⁻¹	8000 (12000*)
Количество инструментов, шт.	40 (80*, 120*)
Тип хвостовика инструмента	KM63, CAPTO C6, (HSK-A63*)
Габариты станка (Д x Ш x В), мм	4529 x 2670 x 2610
Масса станка, кг	14000
Модель системы ЧПУ	Fanuc 31i-A 2-PATH

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6P13Ф3

На станке допускается выполнять обработку сложных по профилю деталей из чугуна, стальных горяче- и холоднокатаных листов, цветных труднообрабатываемых деталей посредством различных видов сверл, а также концевых и торцовых фрез. Рекомендован агрегат для использования в мелко- и среднесерийном производстве.

Масса установки равняется 4450 кг при ее габаритных размерах 3450x2965x3970 мм. Станок оборудован числовым программным управлением (базовые модели – WL4M и H33-2M), которое позволяет одновременно фрезеровать изделия по трем координатам:

передвижением ползуна с рабочей фрезой – вертикально;
передвижением салазок с обрабатываемой заготовкой и рабочего стола – поперечно и продольно.

Агрегат располагает двигателями (высокомоментными) постоянного тока и приводами подач следяще-регулируемого типа, использование коих дает возможность выполнять быстрые передвижения стола (скорость таковых может достигать 4,8 метров в минуту). Кроме того, конструкция таких подач выступает гарантом отсутствия брака при контурном фрезеровании заготовок, если по одной из координат привод откажет.

В агрегате, который был спроектирован специалистами производственного станкостроительного объединения города Горький (ныне – Нижний Новгород), используется специальное устройство зажима рабочего инструмента, работающее по электромеханическому принципу. Данный механизм поддерживает усилие зажима на стабильном уровне в 2 тысячи килограммов.

Станок снабжен шестью двигателями разной мощности (суммарно – 16,87 кВт):

перемещения консоли – 2,2 кВт;
подачи по трем осям – по 2,2 кВт;
смазки – 0,27 кВт;
привода основного движения – 7,5 кВт;
насоса охлаждения – 0,12 кВт;
зажима инструмента – 0,18 кВт.

Для подключения выносных агрегатов на станке есть электрическая проводка, оснащенная разъемами для штепселей.

К основным характеристикам описываемой вертикально-фрезерной установки относят следующие показатели:

максимальное сечение фрезы: 125 мм – торцевой, 40 мм – концевой;

количество пазов (выполнены Т-образно) – 3 штуки;

максимальное сечение сверления – 30 мм;

ширина и длина стола – соответственно, 400 и 1600 мм;

позиционирование (показатель точности): 0,04 мм – поперечное и продольное перемещение, 0,065 мм – вертикальное;

допустимая нагрузка на центр рабочей поверхности – 300 кг;

подача за импульс (однократный) – 0,01 мм;

максимальное перемещение стола: 400 мм – в поперечном направлении, 1000 мм – в продольном, 420 мм – в вертикальном (его обычно называют установочным);

интервал между направляющими (вертикальными) станины и осью шпинделя – 500 мм;

быстрое передвижение ползуна и стола (скорость) – 4800 мм/мин;

пределы подач – от 3 до 4800 мм/мин.

Круглошлифовальный станок Модель 312П

Основные данные представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики 312П

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:	
диаметр	200
Наибольший диаметр шлифования:	
наружного	8-180
внутреннего	25 – 50
Наибольшее перемещение стола от руки:	550

Продолжение таблицы 11

Пределы подач стола, мм/мин:	0,1-6
Наибольший диаметр шлифовального круга:	300
Число оборотов шлифовального круга при внутреннем шлифовании мин:	17200
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки:	170
Угол поворота шлифовальной бабки, °:	90
Пределы периодической подачи шлифовальной бабки на один ход стола	0,002-0,038
Число оборотов шлифовального круга, мин:	2500
Мощность главного электродвигателя, кВт:	2,8
Габариты станка:	
длина	2000
ширина	1500
высота	1400
Масса, кг:	3000

1.8.2 Выбор оборудования

Приспособление Барфидер рисунок 27. Был произведен поиск подающего устройства прутка в станок, для увеличения производительности, уменьшение времени установки заготовки, возможность многостаночного обслуживания. В результате поиска рассматривались такие аспекты как

1. снижение себестоимости детали
2. быстрая окупаемость приспособления
3. возможность обслуживания нескольких станков
4. увеличение эффективности работы
5. увеличение выхода ликвидной продукции
6. уменьшение отходов материалов

Барфидеры - Подающие устройства для прутковых заготовок для токарных станков.

Устройство для подачи прутковой заготовки в токарные станки и автоматы продольного точения служит для увеличения производительности труда оператора токарного оборудования и автоматизации производственного процесса при токарной обработке.



Рисунок 27 – Барфидер

Само устройство для подачи заготовки, также как и различные прутковые материалы для токарной обработки, могут сильно отличаться. Как известно, в промышленности (при токарной обработке) применяют большое количество различных стальных сплавов: сплавы алюминия, меди, бронзу и латунь различных марок, иногда титан. Должны сразу отметить, что обработка титана и некоторых жаропрочных и специальных сплавов требует отдельного подхода и останется за рамками данной статьи. Также нужно отметить, что длина, форма и диаметр прутковой заготовки сильно разнятся. Примем условно тот факт, что мы говорим о заготовках длиной от 500 мм до 4000 мм и условным проходным диаметром от 3 мм до 70 мм. Это самые распространенные показатели.

При этом геометрия заготовки (ее форма), может быть, как круглой, так и шестигранной или же квадратной (также как и иной сложной формы, например: заготовки для личинок замков и т.д). Форма заготовки будет

напрямую зависеть от тех зажимных приспособлений (цанг), которые применяются в токарном станке и типе применяемого подающего устройства.

Вывод: обобщая сказанное, мы можем сделать вывод, что современное устройство для подачи прутковых заготовок (барфидер) представляет собой гидродинамическое подающее устройство, где для подачи заготовок имеется специальный магазин (накопитель), из которого заготовки подаются поштучно в специальные пластиковые каналы, подобранные по размеру. По ним с помощью толкателя прутки подаются в полый (сквозной) шпиндель токарного станка и зажимаются в приёмной цанге токарного станка. В каналы подающего устройства подаётся специальное гидравлическое масло для демпфирования вибраций (гидродинамический эффект), возникающей из-за кривизны прутка при вращении прутковой заготовки. Для согласования диаметров прутка на выходе подающего устройства и приемном отверстии шпинделя применяются специальные пластиковые втулки, адаптированные под диаметр заготовки.

1.9 Расчет режимов резания

1.9.1 Токарная операция с ЧПУ: подрезка торца Ø90 мм

Материал режущего инструмента выбираем 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:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

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 :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (9)$$

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]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (10)$$

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 (8):

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

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 251,5}{3,14 \cdot 90} = 889,95 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 890 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 890}{1000} = 251,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

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

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: $t = Z_{\max} = 2$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

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

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

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

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 251,5^{-0,15} \cdot 0,7 = 743 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{743 \cdot 251,5}{1020 \cdot 60} = 3,1 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

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

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$3,6 < 7,5$$

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

1.9.2 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø40 мм (черновая)

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

1. Глубина резания: $t = Z^C = 2,035$ 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:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

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 :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (9)$$

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]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (10)$$

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 (8):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 2,035^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 1,125 = 164,1 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 164}{3,14 \cdot 40} = 1305 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1200 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1200}{1000} = 150,72 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

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: $t = Z_{\text{max}} = 1,31$ мм (в два прохода).

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\text{фP}} \cdot K_{\text{γP}} \cdot K_{\text{λP}} \cdot K_{\text{гP}} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

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

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

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

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,31^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 150,72^{-0,15} \cdot 0,7 = 992 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{992 \cdot 150,72}{1020 \cdot 60} = 2,4 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,4}{0,85} = 2,8 \text{ кВт.}$$

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$2,8 < 7,5$$

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

1.9.3 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø80 мм (черновая)

Материал режущего инструмента выбираем 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:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

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 :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (9)$$

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]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (10)$$

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]:

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

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

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

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

Скорость резания, формула (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:

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

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 :

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

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

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

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

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

Главная составляющая силы резания, формула (11):

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

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:

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

Так как значение коэффициента полезного действия привода нам не известно, то принимаем $\eta = 0,85$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$3,1 < 7,5$$

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

Остальные токарные режимы выбираем в соответствии с каталогами PRAMET <http://pramet-tools.ru>

1. Нарезка канавки $n=350 \dots 600$ об/мин, $V = 90 \dots 150$ м/мин, $s = 0,03 \dots 0,12$ мм/об

2. Отрезка детали $n=150 \dots 500$ об/мин, $V = 50 \dots 120$ м/мин, $s = 0,01 \dots 0,2$ мм/об

1.9.4 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø59 мм (черновая)

Материал режущего инструмента выбираем 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:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

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 :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (9)$$

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]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (10)$$

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 (8):

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

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 173,5}{3,14 \cdot 59} = 937 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 900 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 59 \cdot 900}{1000} = 166,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

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

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

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

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

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

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,375^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 166,7^{-0,15} \cdot 0,7 = 1025$ Н.

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1025 \cdot 166,7}{1020 \cdot 60} = 2,8 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,8}{0,85} = 3,3 \text{ кВт.}$$

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$3,3 < 7,5$$

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

1.9.5 Токарная операция с ЧПУ: обтачивание поверхности Ø59 мм (чистовая)

Материал режущего инструмента выбираем 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:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (8)$$

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 :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (9)$$

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]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (10)$$

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]:

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

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

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

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

Скорость резания, формула (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:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 236}{3,14 \cdot 59} = 1274 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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 :

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

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

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

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

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

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:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,5}{0,85} = 0,6 \text{ кВт.}$$

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

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$0,6 < 7,5$$

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

Остальные режимы обработки выбираем в соответствии с каталогами PRAMET <http://pramet-tools.ru>

1. Сверловка отверстия (сверло диаметром 32) $n=350\dots600$ об/мин, $V = 100$ м/мин, $s = 0,03\dots0,12$ мм/об

2. Фрезеровка зубов (твердосплавная фреза диаметром 8) $n=450\dots1600$ об/мин, $V = 100 \dots 500$ м/мин, $s = 0,1\dots0,5$ мм/об

1.9.6 Фрезерная операция: фрезерование зубьев

Характеристика режущего инструмента:

Инструмент: шпоночная фреза (материал Р6М5) Ø8 ГОСТ 9140-78. [4, с.177]:

1. Определяем глубину и ширину фрезерования:

$$t = 0,3 \text{ мм.}$$

$$B = 8 \text{ мм}$$

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 38 [4, с.286]:

$$S_z = 0,12 \text{ мм/зуб.}$$

3. Скорость резания определим по формуле, м/мин:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V, \quad (14)$$

Период стойкости инструмента принимаем по таблице 40 [4, с.290]:

$$T = 80 \text{ мин.}$$

Значения коэффициентов: $C_V = 12$; $q = 0,3$; $x = 0,3$; $m = 0,26$; $y = 0,25$; $u = 0$;

$p = 0$ – определены по таблице 39 [4, с.287].

Коэффициент K_V определяется по формуле (9):

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

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

Скорость резания, формула (14):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V = \frac{12 \cdot 8^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 0,3^{0,3} \cdot 0,12^{0,25} \cdot 8^0 \cdot 2^0} = 17,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 17,5}{3,14 \cdot 8} = 696,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 650 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 650}{1000} = 16,4 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_M = S_Z \cdot z \cdot n_{\text{ст}} = 0,12 \cdot 2 \cdot 650 = 156 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

$$S_{\text{Мст}} = 160 \text{ мм/мин.}$$

$$S_{Z \text{ факт}} = \frac{S_{\text{Мст}}}{z \cdot n_{\text{ст}}} = \frac{160}{2 \cdot 650} = 0,13 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}.$$

7. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^V} \cdot K_{MP}, \quad (15)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$ – определены по таблице 41 [4, с.291].

По табл. 9 [4, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,3} = 0,94.$$

Окружная сила, формула (15):

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^V} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,3^{0,86} \cdot 0,12^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 650^0} = 140,8 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{140,8 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 5,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{140,8 \cdot 16,4}{1020 \cdot 60} = 0,04 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя станка 3 кВт, она достаточна для выполнения операции.

1.9.7 Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø40 мм

Выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда белого:

ПВ 250×10×32 24А 40 СМ2 К1 ГОСТ 2424-83.

Стойкость инструмента T=10 мин.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60}, \quad (16)$$

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

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 32,71 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 55 [4, с. 301]: $V_{заг} = 30 \text{ м/мин}$.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 40} = 238,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем $n_3 = 200 \text{ об/мин}$, тогда:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 200}{1000} = 25,12 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

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]: $s = 2,5 \text{ мм}$.

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

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

K_M – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

K_R – коэффициент, учитывающий радиус галтели детали;

K_D – коэффициент, учитывающий диаметр шлифовального круга;

K_T – коэффициент, учитывающий стойкость круга;

K_{VK} – коэффициент, учитывающий скорость круга;

K_h – коэффициент, учитывающий припуск на обработку;

K_{IT} – коэффициент, учитывающий точность 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]: $S_{2ХТ} = 0,031$ мм.

$$S_{2X} = S_{2ХТ} \cdot K_{S2X},$$

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

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

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

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

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (17)$$

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:

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

Проверка по мощности:

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

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

$$\eta = 0,9 \text{ – КПД привода.}$$

$$0,59 < 2,52.$$

1.9.8 Шлифовальная операция: шлифование поверхности Ø80 мм

Выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда белого:

ПВ 250×10×32 45А 25 СМ1 К5 ГОСТ 2424-83. Стойкость инструмента Т=10 мин.

1. По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60}, \quad (16)$$

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

Тогда:

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} = 32,71 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2. Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 55 [4, с. 301]: $V_{\text{заг}} = 30$ м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 80} = 119,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n_3 = 200$ об/мин, тогда:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 200}{1000} = 50,24 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

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

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

Расчет подачи аналогичен расчету 7.12.

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

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot b^z, \quad (17)$$

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:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y = 2,2 \cdot 28,8^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 0,26^{0,55} = 0,57 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

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

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

$\eta = 0,9$ – КПД привода.

$$0,57 < 2,52.$$

1.10 Расчет основного времени

Токарная операция с ЧПУ - 1

переход 1 – подрезка торца:

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

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

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

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

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

i – число рабочих ходов;

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

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(45 + 1,071 \cdot ctg45^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{0,3 \cdot 890} 0,18 \text{ мин.}$$

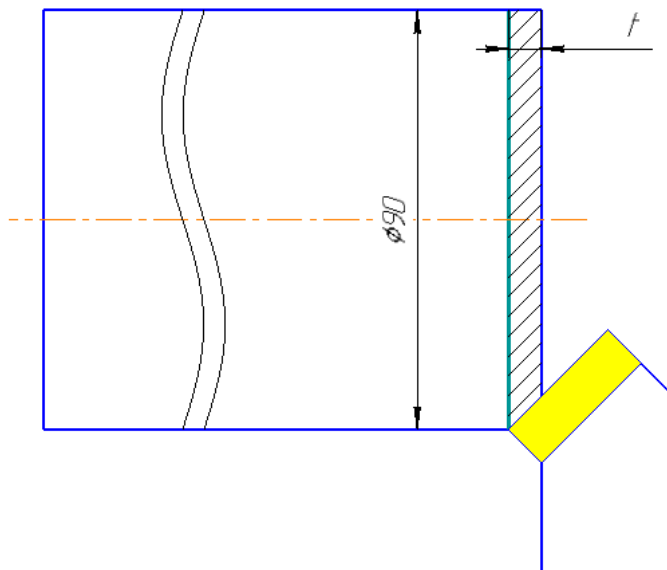


Рисунок 28 – Подрезка торца

переход 2 – точить шейку $\text{Ø}40$ мм (на черنو).

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(16,5 + 1,31/tg90^0 + 0 + 1) \cdot 12}{0,7 \cdot 1200} = 0,21 \text{ мин.}$$

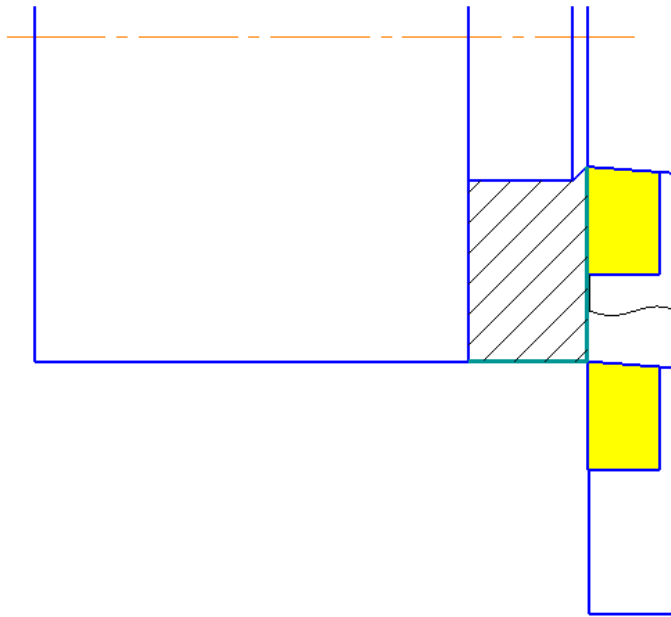


Рисунок 29 – Точение шейки Ø40 мм (на черنو).

переход 3 – точить шейку Ø80 мм (на черنو).

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(39 + 1,375/tg90^0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,7 \cdot 600} = 0,18 \text{ мин.}$$

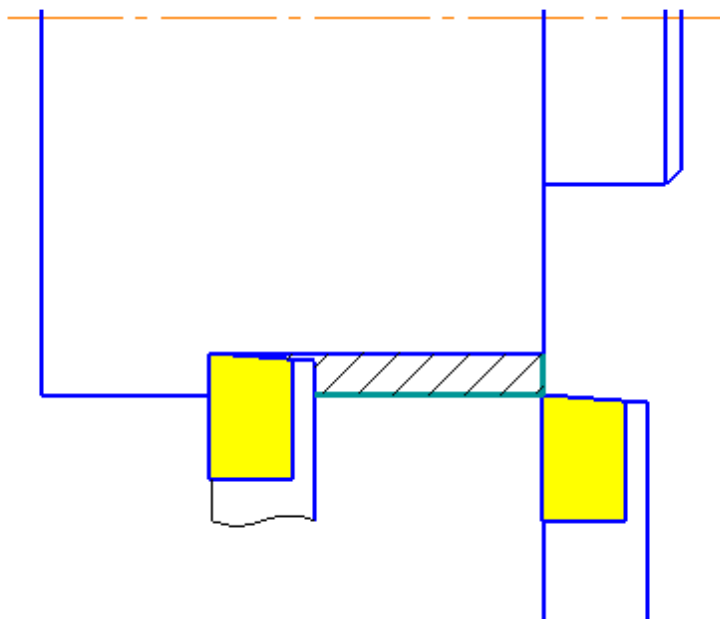


Рисунок 30 - Точение шейки Ø80 мм (на черنو).

переход 4 – точить приточку Ø55 мм (на чисто).

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(9,5 + 1,5/\text{tg}90^\circ + 0 + 1) \cdot 2}{0,05 \cdot 450} = 3,49 \text{ мин.}$$

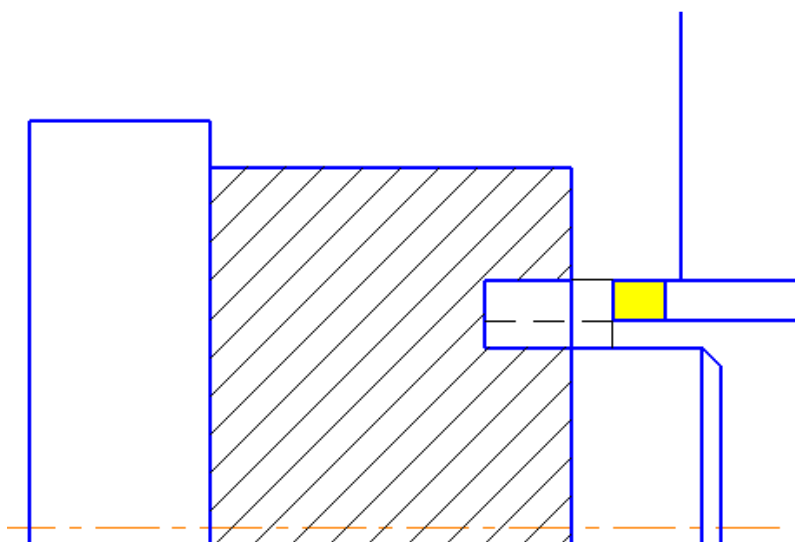


Рисунок 31 - Точение шейки Ø55 мм (начисто).

переход 5 – отрезка детали.

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(40 + 3 + 0 + 1) \cdot 1}{0,05 \cdot 450} = 1,96 \text{ мин.}$$

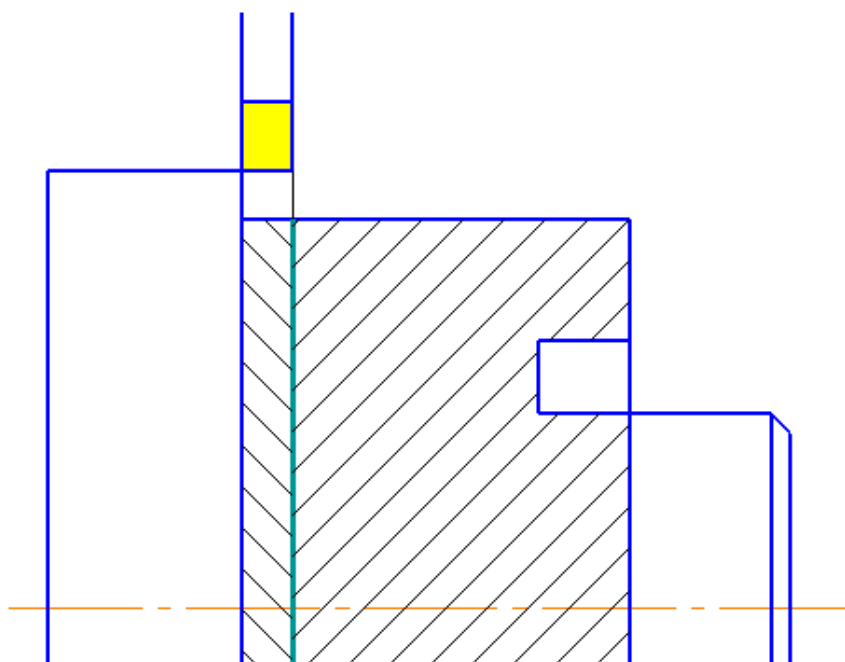


Рисунок 32 – Отрезка детали

$$\sum t_o = 0,18 + 0,21 + 0,18 + 3,49 + 1,96 = 6,02 \text{ мин}$$

Токарно-фрезерная операция с ЧПУ - 2

переход 1 – подрезка торца:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(40 + 1,021 \cdot ctg45^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{0,3 \cdot 890} = 0,18 \text{ мин}$$

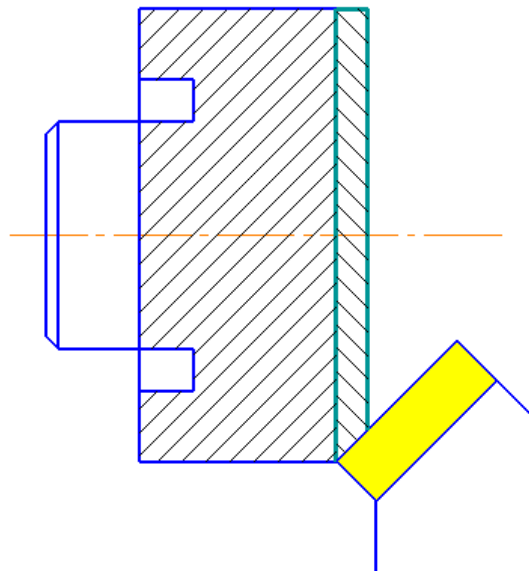


Рисунок 33 – Подрезка торца

переход 2 – точить шейку Ø59 мм (начерно).

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(18,5 + 1,375/tg90^\circ + 2 + 1) \cdot 5}{0,7 \cdot 900} = 0,15 \text{ мин}$$

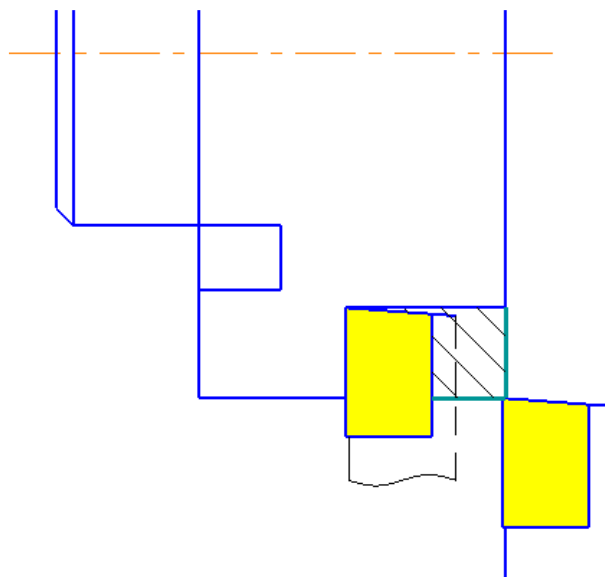


Рисунок 34 - Точение шейки Ø59 мм (начерно).

переход 3 – точить шейку Ø59 мм (начисто).

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(18,5 + 0,15/tg90^0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,15 \cdot 1300} = 0,17 \text{ мин}$$

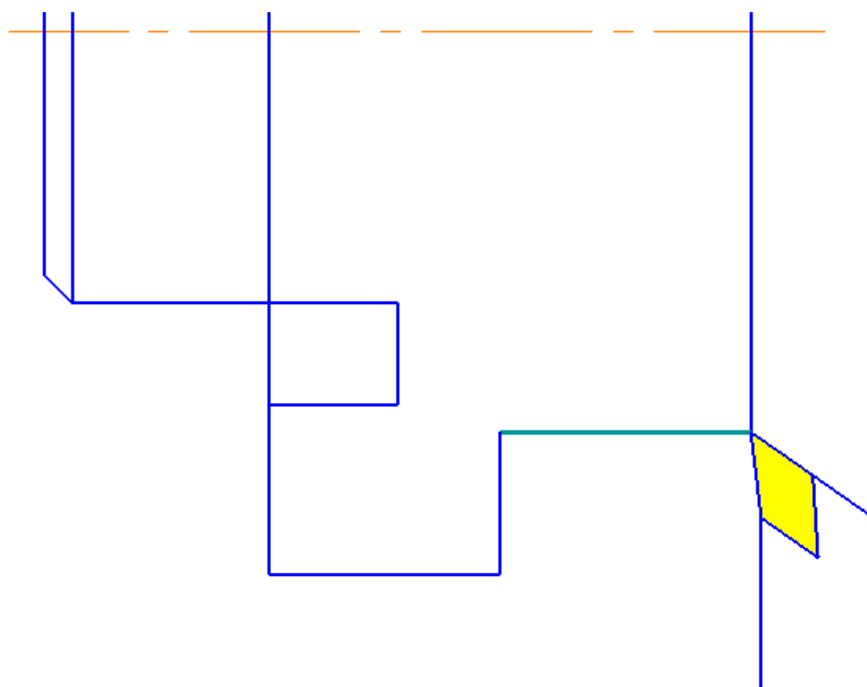


Рисунок 35 - Точение шейки Ø59 мм (начисто).

переход 4 – Сверлить отверстие Ø32 мм (начисто).

$$t_o = \frac{l}{S \cdot n} = \frac{8}{0,05 * 450} = 0,36 \text{ мин}$$

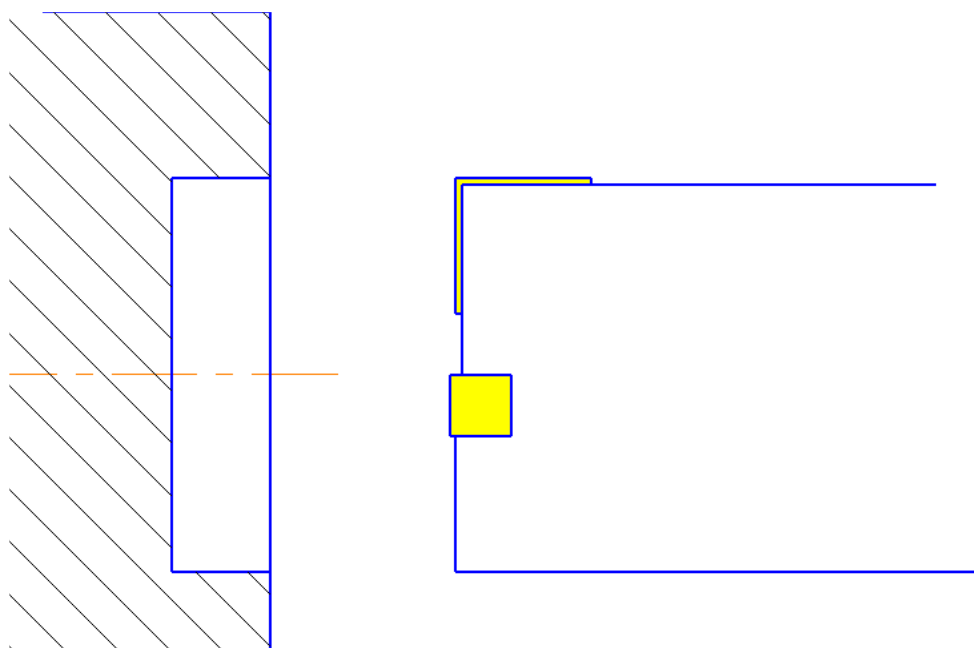


Рисунок 36 – Сверление отверстия Ø32 мм (начисто).

переход 5 – 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.

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

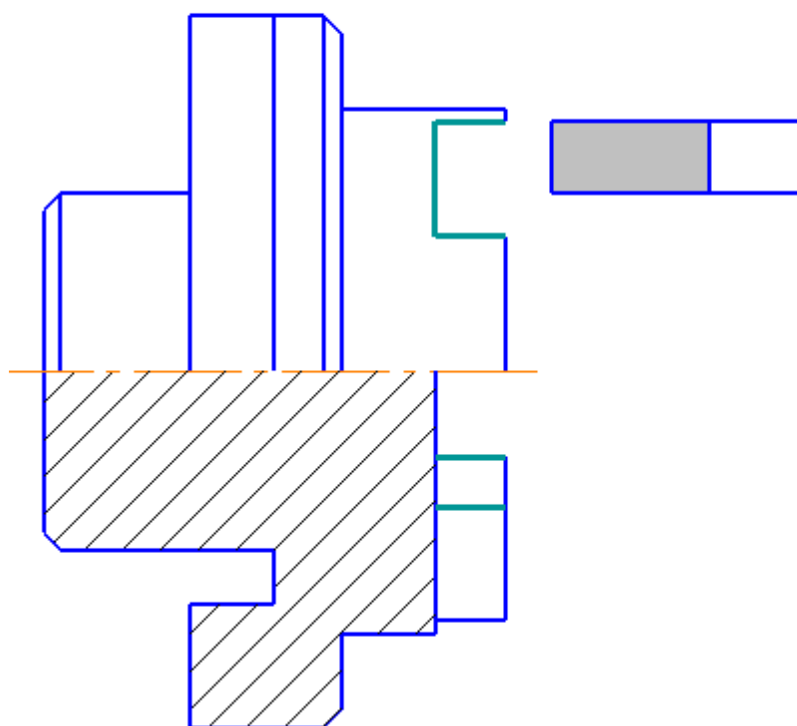


Рисунок 37 - Фрезерование зубьев (начисто)

$$\sum t_o = 0,18 + 0,15 + 0,17 + 0,36 + 1,1 = 1,96 \text{ мин}$$

Основное время для фрезерной операции:

Фреза твердосплавная

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

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.

$$t_o = \frac{L}{S_M} \cdot i = \frac{9,5 + 1,52 + 1 + 1}{160} \cdot 10 = 0,8 \text{ мин}$$

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 учитывающий время выхаживания;

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

n_d - частота вращения детали, об/мин;

переход 1: – шлифовать шейку вала $\varnothing 40$ мм.

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

$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K = \frac{16,5 \cdot 81 \cdot 1,5}{0,26 \cdot 32 \cdot 200} = 0,87 \text{ мин}$$

переход 2: – шлифовать шейку вала Ø80 мм.

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

$$t_o = \frac{L}{S_B \cdot B_K \cdot n_d} i \cdot K = \frac{17 \cdot 91 \cdot 1,5}{0,26 \cdot 32 \cdot 200} = 0,29 \text{ мин}$$

$$\sum t_o = 0,87 + 0,29 = 1,16 \text{ мин}$$

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

Норма штучного времени рассчитывается

$$T_{шт} = t_o + t_{всп} + T_{п.з}$$

где t_o -основное время

$T_{всп}$ - вспомогательное время (из таблицы)

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

Сумма времени 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 сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Нормы времени

№ операции	Операция	Нормы времени, мин				
		Σt_o	$\Sigma t_{всп}$	$T_{п.з.}$	$T_{шт}$	$T_{шт.к}$
015	Токарная ЧПУ	6,02	1,5	1,7	9,22	9,9
020	Токарно-фрезерная ЧПУ	1,96	1,5	1,7	5,16	5,6

Продолжение таблицы 12

025	Фрезерная	0,8	1,1	0,9	2,8	3,1
030	Шлифовальная	1,16	0,5	0,8	2,46	2,7

Итого трудоемкость Тшт=19,64мин

Тшт.к.=21,3мин

1.11 Технико-экономическое обоснование и показатели технологического процесса

Приведем расчеты затрат на токарную с ЧПУ операцию 010

$$З = С + E_H(K_C + K_{ЗД}),$$

Где С – технологическая себестоимость, руб;

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

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 выполняем 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, учитывающий дополнительную зарплату и начисления ($K_д = 1,7$);

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

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

Расчет часовых затрат по эксплуатации рабочего места выполняем по формуле

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

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

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

Удельные капитальные вложения в станок рассчитываем по формуле

$$K_C = \frac{C_C \cdot K_M \cdot C_{\Pi}}{N} = \frac{480000 \cdot 1.1 \cdot 1}{1500} = 352,$$

где C_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, учитывающий 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 рассчитываем коэффициент загрузки, и коэффициент использования станка по основному времени.

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

Токарная с ЧПУ : $m_{пр}=1$, $m_p=T_{шт}/T_v=6,02/96,7=0,06$

$\eta_3 = m_p/m_{пр}=(0,06/1)100=6\%$

Токарно-фрезерная с ЧПУ : $m_{пр}=1$, $m_p=T_{шт}/T_v=1,96/96,7=0,02$

$\eta_3 = m_p/m_{пр}=(0,02/1)100=2\%$

Фрезерная: $m_{пр}=1$, $m_p=T_{шт}/T_v=0,8/96,7=0,008$

$\eta_3 = m_p/m_{пр}=(0,008/1)100=0,8\%$

Шлифовальная: $m_{пр}=1$, $m_p=T_{шт}/T_v=1,16/96,7=0,012$

$\eta_3 = m_p/m_{пр}=(0,012/1)100=1,2\%$

$T_v=96,7$ 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: $\eta_o=T_o/T_{шт}$

Токарная с ЧПУ: $\eta_o=(T_o/T_{шт})100=(6,02/9,22)100=65,3\%$

Токарно-фрезерная с ЧПУ : $\eta_o=(T_o/T_{шт})100=(1,96/5,16)100=37,98\%$

Фрезерная: $\eta_o=(T_o/T_{шт})100=(0,8/2,8)100=25,6\%$

Шлифовальная 035: $\eta_o=(T_o/T_{шт})100=(1,16/2,46)100=47,2\%$

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 $N_{ст}$:

$\eta_m = N_{пр}/N_{ст}$

Токарная с ЧПУ: $\eta_m = (N_{пр}/N_{ст})100=(3,6/7,5)\times 100=48\%$

Токарно-фрезерная с ЧПУ: $\eta_m = (N_{пр}/N_{ст})100=(3,6/7,5)\times 100=48\%$

Фрезерная: $\eta_m = (N_{пр} / N_{ст})100 = (0,04/3) \times 100 = 1,3 \%$

Шлифовальная: $\eta_m = (N_{пр} / N_{ст})100 = (0,59/2,52) \times 100 = 23,4 \%$

По результатам расчетов степеней использования станков по трем критериям построим графики см. график 1, 2, 3.

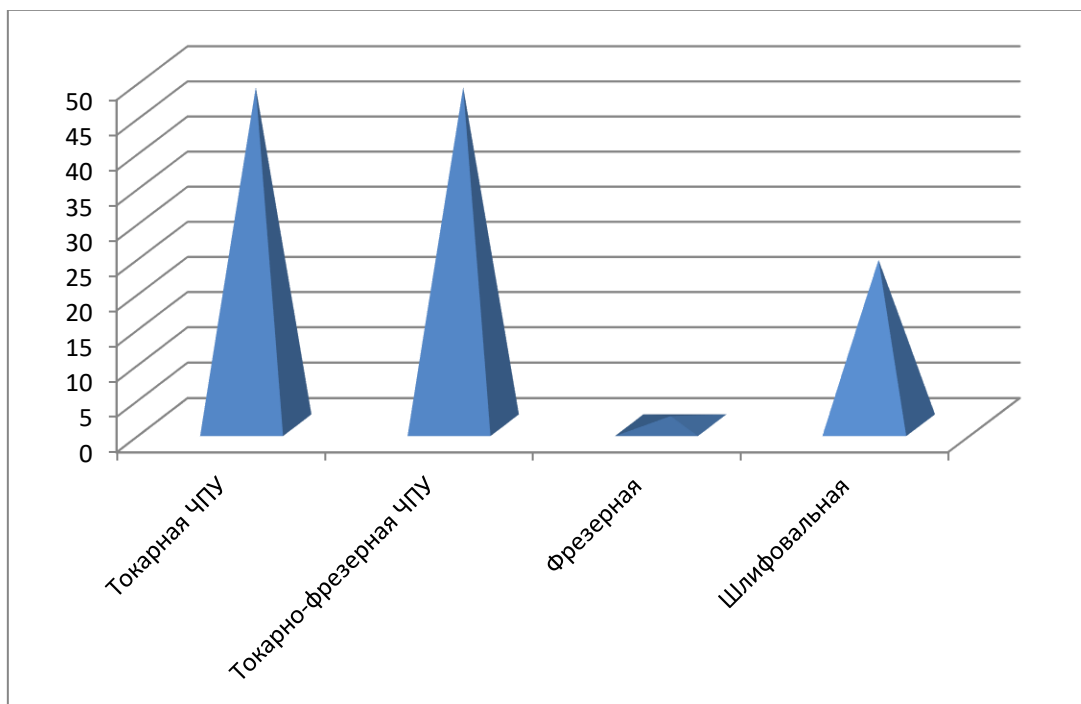


График 1 - График загрузки оборудования

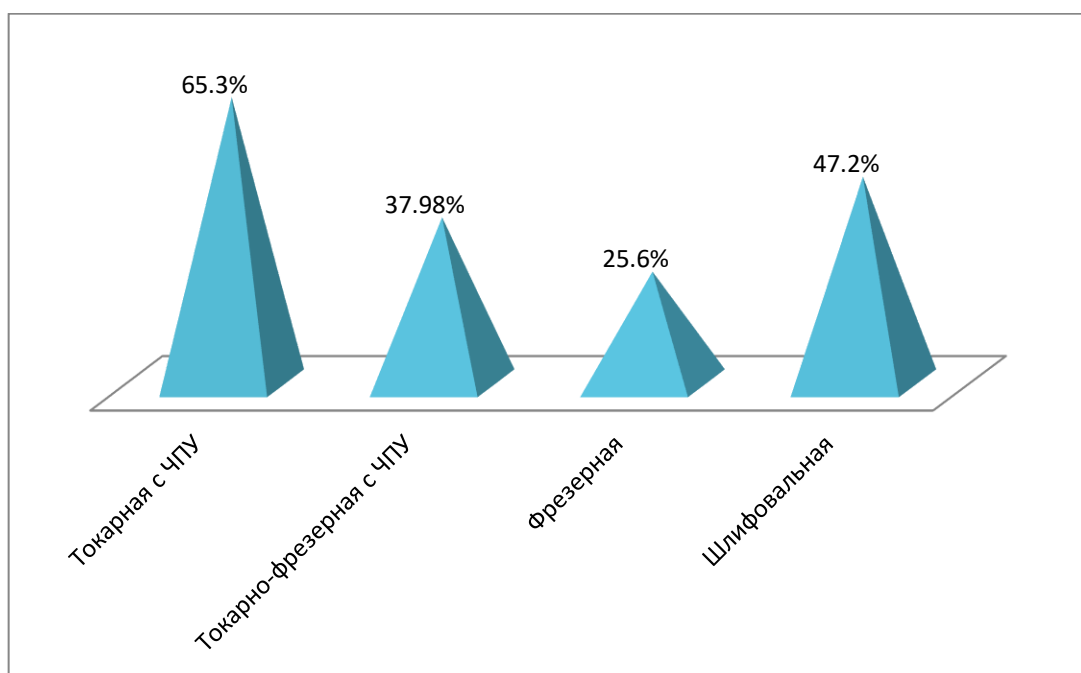


График 2 - использования оборудования по основному времени

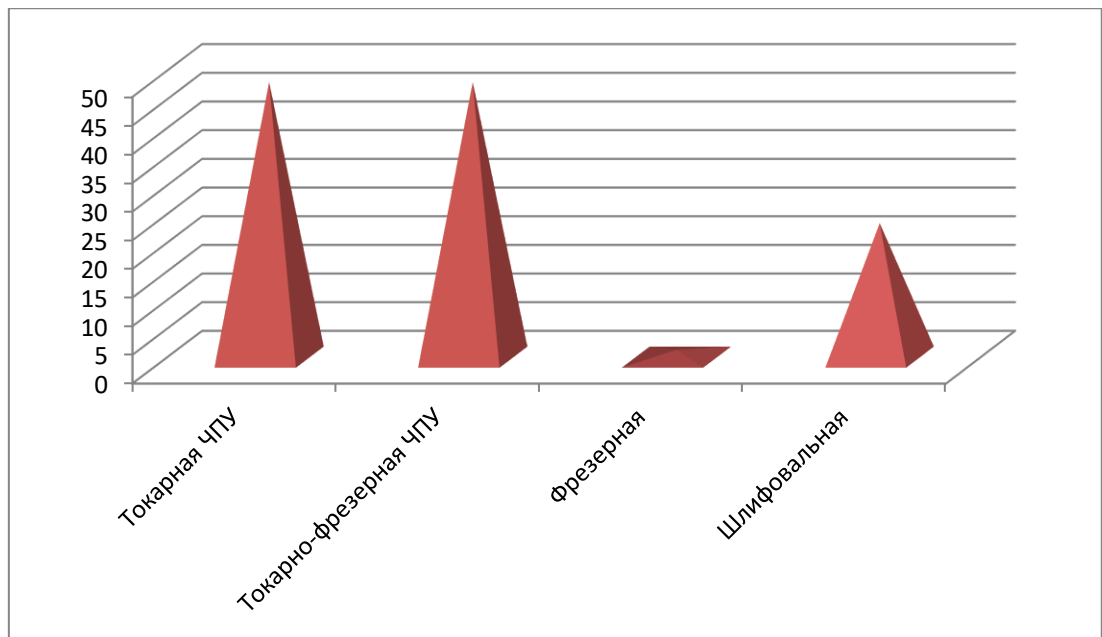


График 3 - использования оборудования по мощности

По результатам трех графиков видно, что фрезерный и шлифовальный станок большую часть времени простаивают. Для большей загруженности станков можно выполнять чистовые размеры на станках с ЧПУ, а также выполнять фрезерную операцию при обработке с первой стороны. Можно сократить вспомогательное время, что повысит коэффициент загрузки оборудования по основному времени. Так же, соответственно, применение современного оборудования и современной оснастки позволит увеличить выпуск и точность продукции, что позволит перейти из мелкосерийного производства в крупносерийное производство. Использование барфидера позволит сократить численность операторов, так как один оператор сможет обслуживать несколько станков. Использование современного режущего инструмента позволит сократить время на заточку, повторного выставления и привязки инструмента.

Выводы по разделу

В ходе выполнения технологической части были проанализирована деталь, существующих технологический процесс, посчитаны припуски на

обработку, произведены расчеты режимов резания, и нормы времени изготовления детали «Переходная муфта». Так же произведен подбор оборудования и режущего инструмента, которые применяют на современном производстве.

2 Конструкторская часть

2.1 Выбор приспособления

2.1.1 Трехкулачковый патрон с механизированным приводом

Самоцентрирующие трехкулачковые клиновые быстропереналаживаемые патроны, конструкции которых показаны на рисунке 38, предназначены для базирования и закрепления заготовок типа вала и диска при обработке на токарных станках, в том числе с ЧПУ.

Патрон (рисунок 38) состоит из корпуса 7, основных 1 и накладных 3 кулачков, сменной вставки 6 с плавающим центром 5 и эксцентриков 2, в кольцевые пазы которых входят штифты 13. Быстрый зажим и разжим накладных кулачков при их переналадке осуществляется тягами 4 через эксцентрики 2. Для обработки заготовок типа вала в патрон устанавливают сменную вставку 6 с плавающим центром 5 и выточкой по наружному диаметру. Заготовку располагают в центрах (центре 5 и заднем центре станка) и зажимают плавающими кулачками с помощью втулки 8 с клиновыми замками, которая соединена с приводом, закрепленным на заднем конце шпинделя станка. Разжим осуществляется с помощью фланца 11. Для выполнения работ в патроне с самоцентрирующими кулачками сменную вставку 6 заменяют вставкой, которая не имеет выточки по наружному диаметру, благодаря чему обеспечивается самоцентрирование патрона. Патрон крепят на шпиндель станка с помощью фланца 12. К приводу патрон присоединяют втулкой 9 и винтом 10.

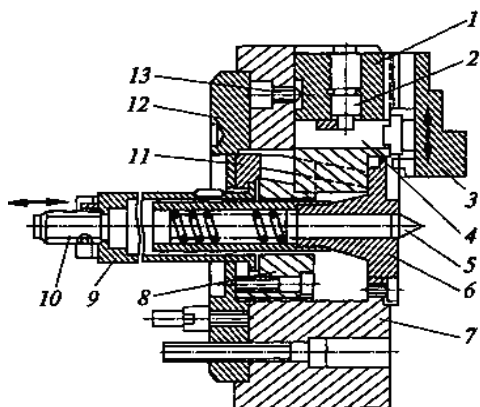


Рисунок 38 - Самоцентрирующие трехкулачковые клиновые патроны для обработки заготовок типа вала.

2.1.2 Разработка принципиальной схемы приспособления.

Универсальный трехкулачковый патрон с механизированным приводом

(1 - корпус; 2 - кулачок; 3 - сухарь; 4 - винт; 5 - сменный кулачок; 6, 7 - втулки; 8 - тяга; а - паз во втулке 6; б - выступ кулачка 2).

Условные обозначения: Q - осевая сила на штоке механизированного привода; W - сила зажима кулачка патрона.

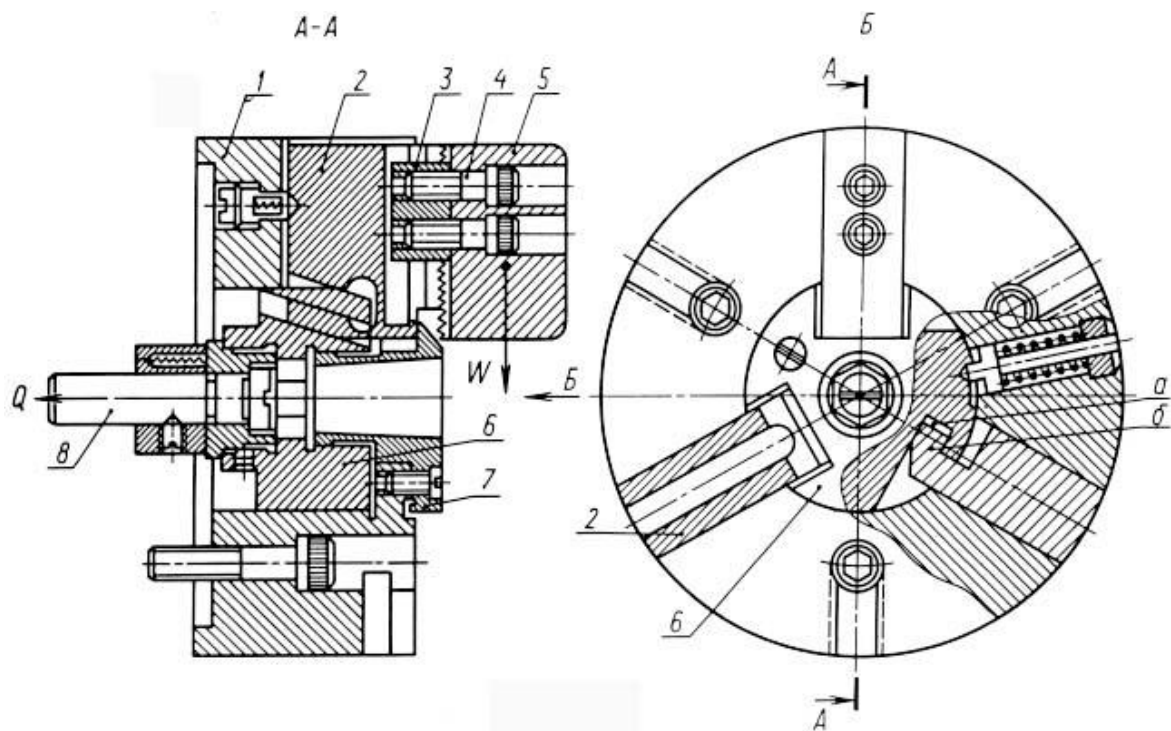


Рисунок 39 - Трехкулачковый патрон

2.1.3 Расчет коэффициента надежности закрепления детали

Так как в производственных условиях могут иметь место отступления от тех условий, применительно к которым рассчитывались по нормативам силы и моменты резания, возможное увеличение их следует учесть путем введения коэффициента надежности (запаса) закрепления K и умножения на него сил и моментов, входящих в составленные уравнения статики.

Значение коэффициента надежности K следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки. Его величину можно представить как произведение частных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (18)$$

K_0 – гарантированный коэффициент запаса надежности закрепления, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за случайных неровностей на заготовках;

$K_1 = 1,0$ – для чистовой обработки;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления инструмента $K_2 = 1,25$

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании, $K_3 = 1,2$;

K_4 – учитывает непостоянство зажимного усилия; $K_4 = 1,0$ – для пневматических и гидравлических зажимов;

K_5 – учитывает степень удобства расположения рукояток в ручных зажимах;

$K_5 = 1,0$ – при удобном расположении и малой длине рукоятки;

K_6 – учитывает неопределенность из-за неровностей места контакта заготовки с опорными элементами, имеющими большую опорную поверхность (учитывается только при наличии крутящего момента, стремящегося повернуть заготовку);

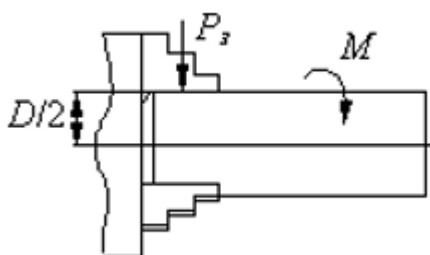
$K_6 = 1,0$ – для опорного элемента, имеющего ограниченную поверхность контакта с заготовкой;

Величина K может колебаться в пределах $1,5 \dots 8,0$. Если $K < 2,5$, то при расчете надежности закрепления ее следует принять равной $K = 2,5$ (согласно ГОСТ 12.2.029-77). $K = 1,25 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 = 1,5$

Принимаем $K = 2,5$

2.1.4 Расчет необходимых сил зажима

Величину необходимого зажимного усилия определяют на основе решения задачи статики, рассматривая равновесие заготовки под действием приложенных к ней сил. Для этого необходимо составить расчетную схему, то есть изобразить на схеме базирования заготовки все действующие на нее силы: силы и моменты резания, зажимные усилия, реакции опор и силы трения в местах контакта заготовки с опорными и зажимными элементами.



Расчетное усилие зажима заготовки в трехкулачковом патроне определяется по формуле:

$$P_з = \frac{2K \cdot M}{3f_1 \cdot D}, \text{ где} \quad (19)$$

K – коэффициент надежности закрепления заготовки;

M – момент, возникающий под действием силы резания, кГс·м;

f – коэффициент трения ;

D – диаметр заготовки, М;

$$P_3 = 2 \times 2,5 \times 1280 / 3 \times 0,85 \times 45 = 55,8 \text{ кГс} = 547,2 \text{ Нм}$$

2.2 Выбор конструкции приспособления для электрохимического снятия заусенцев

При выполнении слесарной операции 40 предлагаю применять электрохимическую операцию, которой производится снятие заусенцев. Эта операция широко применяется при обработке деталей, имеющих труднодоступные места: внутренние полости, глубокие отверстия и др. При этом электрод-инструмент определенным образом ориентируется относительно обрабатываемого участка детали. Состав электролита, режимы ЭХО и конструкция приспособления для установки деталей зависят от их материала и формы, величины заусенцев и других факторов. Такая конструкция приспособления позволяет обрабатывать не одну, а сразу несколько деталей.

В полость между этими деталями поступает электролит, который далее подается через отверстие в оправках и радиально расположенных в них втулках являющихся электродами- инструментами в межэлектродный промежуток. Последний образуется между поверхностью центрального отверстия обрабатываемой детали и торцом втулок запрессованных в оправку. На наружные поверхности оправки, контактирующие с электролитом, нанесена диэлектрическая обмазка, что предотвращает воздействие электрического тока на поверхность детали в не зоны удаляемых заусенцев. Таким образом, анодное растворение металла происходит только на границе отверстие-полость, то есть на участке детали, где находится заусенец.

Базирование детали осуществляют в расточках подкладок, закрепленных на основании. Детали устанавливаются на основание с электродом-инструментом. Подкладки выполнены из диэлектрического материала, с тем чтобы предотвратить растворение металла на необрабатываемых поверхностях.

Реализация намеченной схемы базирования требует разработки специального установочного приспособления, одна из возможных конструкций которого представлена на рисунке 40.

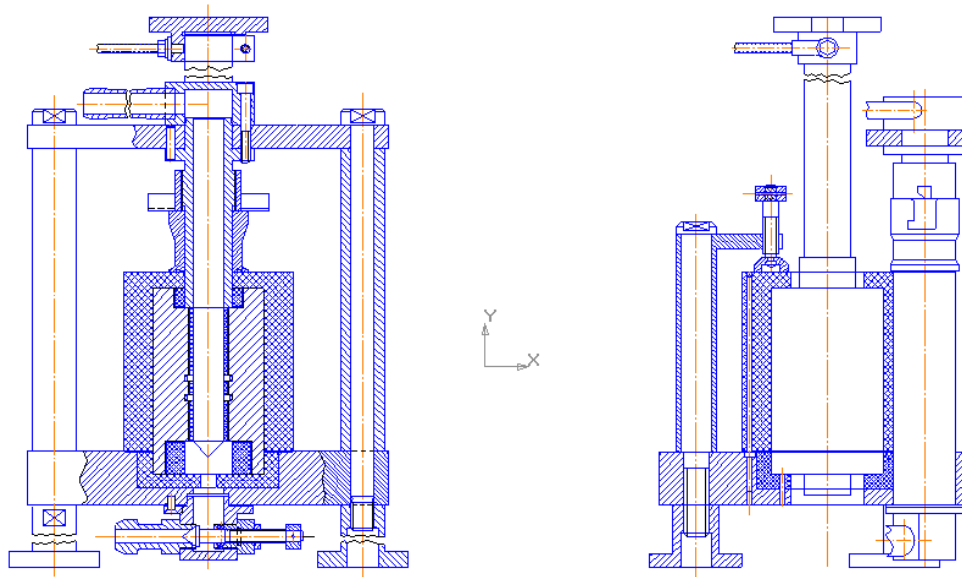


Рисунок 40 - Приспособление для электрохимического снятия заусенцев

2.2.1 Экономическая целесообразность применения приспособления для электрохимического снятия заусенцев

Применение приспособлений при станочной обработке экономически целесообразно при соблюдении условия

$$\frac{\mathcal{E}}{S_{\text{ОБЩ}}} \geq 1,$$

где \mathcal{E} — величина ожидаемой экономии цеховой себестоимости обработки детали в результате применения приспособления;

$S_{\text{ОБЩ}}$ — стоимость изготовления и эксплуатации приспособления.

$$\mathcal{E} = [(T - T')C] \cdot n,$$

где T и T' — нормированная трудоемкость операции до и после оснащения приспособлением в ч;

C — тарифная часовая ставка рабочего в рублях.;

a и a' — цеховые накладные расходы до и после оснащения;

n — количество обрабатываемых деталей с применением приспособления.

Стоимость изготовления и эксплуатации приспособления может быть определена по формуле

$$S_{\text{ОБЩ}} = S_{\text{ИЗГ}} + S_{\text{РЕМ}}K,$$

где $S_{\text{ОБЩ}}$ — цеховая себестоимость изготовления приспособления в рублях.;

$S_{\text{РЕМ}}$ — стоимость одного ремонта за период работы приспособления для заданной партии деталей;

K — количество ремонтов за расчетный период.

$$T = 6 \text{ ч}$$

$$T' = 5,75 \text{ ч}$$

$$C = 80 \text{ руб}$$

$$n = 200 \text{ шт}$$

$S_{\text{ОБЩ}}$ принимаем приблизительно 6000руб

$S_{\text{ОБЩ}}$ ' затраты слесаря составляет приблизительно 3000 руб. Значит разность составит 3000 тг.

$$\text{тогда } \mathcal{E} = [(6 - 5,75) \cdot 80] \cdot 200 = 4000 \text{ руб.}$$

$$\frac{\mathcal{E}}{S_{\text{ОБЩ}}} = \frac{4000}{3000} \geq 1$$

Значит применение данного приспособления при снятии заусенцев с муфты целесообразно при использовании нескольких приспособлений экономия возрастает в несколько раз. Так же приспособление подразумевает снятие заусенцев с нескольких штук деталей сразу, а слесарь снимает заусенцы только с одной детали.

Выводы по разделу

При выполнении конструкторской части был произведен подбор приспособлений. Трехкулачковый патрон был подробно рассмотрен, произведены расчеты коэффициента надежности закрепления детали и необходимых сил зажима трехкулачкового патрона.

Изучен принцип работы приспособления для электрохимического снятия заусенцев и подтверждена экономическая целесообразность использования приспособления.

**ЗАДАНИЕ РАЗДЕЛА
ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л52	Кириллову Артёму Сергеевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	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>Рассчитать стоимость материалов, оборудования, оплаты труда, отчислений, накладные расходы</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Премии 30%. Надбавки 20%. Дополнительная заработная плата 12%. Накладные расходы 16%</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Страховые взносы 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>Эффективности исследования</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.20
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	К.т.н., доцент		16.03.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Кириллов Артём Сергеевич		16.03.20

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Продолжительность этапов работ

Цель раздела комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование (проект), а так же дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

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 ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 70%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 80%

Продолжение таблицы 13

Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Оформление расчетнопояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графических материалов	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

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:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, примем $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем $K_{Д} = 1,2$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}}$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (для шестидневной рабочей недели):

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}}$$

где:

$T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 365$); $T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 14$).

$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Таблица 14 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		<i>t_{min}</i>	<i>t_{max}</i>	<i>t_{ож}</i>	<i>T_{рд}</i>		<i>T_{кд}</i>	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	3	2,6	3,12	–	3,85	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	3	5	4,2	5,04	0,5	6,07	0,35
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	15	13,2	4,75	15,84	5,72	19,16
Разработка календарного плана	НР, И	3	5	3,9	4,68	0,46	5,63	0,39
Обсуждение литературы	НР, И	2	5	4,2	1,51	5,04	1,81	6,07
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	8	15	10,8	12,96	3,88	15,61	4,67
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	6	12	9,2	11,04	3,31	13,3	3,98

Продолжение таблицы 14

Расчет принципиальной схемы устройства	И	9	15	12,4	–	12,88	–	15,5
Оформление расчетнопояснительной записки	И	9	15	12,2	–	14,64	–	17,64
Оформление графич. мат-ла.	И	5	6	5,4	–	6,48	–	7,8
Подведение итогов	НР, И	3	6	4,2	3,02	3,63	5,4	6,07
Итого:				82,33	46,12	68,07	57,39	81,63

3.2 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (*i*-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- $TP_{\text{общ.}}$ – общая трудоемкость проекта;
- TP_i (TP_k) – трудоемкость *i*-го (*k*-го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость *i*-го этапа проекта по его завершении;
- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых *j*-м участником на *i*-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, $m = 2$. [6, с. 14] Степень готовности определяется формулой :

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}$$

Применительно к таблице (5.2) величины TP_{ij} (TP_{kj}) находятся в столбцах (6, $j = 1$) и (7, $j = 2$). $TP_{\text{общ.}}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов.

Таблица 15 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
Постановка задачи	2.99	2.99
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	2.82	5.81
Подбор и изучение материалов по тематике	18.32	24.13

Продолжение таблицы 15

Разработка календарного плана	3.28	27.41
Обсуждение литературы	5.83	33.24
Разработка маршрута изготовления детали	17.78	51.02
Расчет технологической части	11.10	75.96
Оформление расчетно-пояснительной записки	7.69	83.65
Оформление графического материала	5.77	89.41
Подведение итогов	10.59	100.00

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: [7, с. 112]

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- оплата услуг связи;

арендная плата за пользование имуществом; прочие услуги (сторонних организаций); прочие (накладные расходы) расходы.

3.3.1 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 40 000 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 от 5 до 20 %.

Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах. [7, с. 165]

Таблица 16 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Фотобумага для принтера 170 гр 127.8 50,8	250	1 ролик	250
Бумага для принтера формата А4	200	1 уп.	200
Картридж для принтера	1500	1 шт.	1500
Итого:			1950

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $S_{\text{мат}} = 1950 \cdot 1,05 = 2047,5$ руб.

3.3.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата (ЗПдн-т) рассчитывается по формуле: [7, с. 170]

$$\text{ЗПдн-т} = \text{МО}/24,83$$

учитывающей, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 3.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 3.2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:

КПР = 1,1; Кдоп.ЗП = 1,188; Кр = 1,3. 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 $K_i = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$.

Вышеуказанное значение Кдоп.ЗП применяется при шестидневной рабочей неделе. [7, с. 171]

Таблица 17 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Кэф- фициент	Фонд з/платы, руб.
НР	35120	1170,66	28	1,699	55690,63
И	26300	876,66	82,3	1,62	116881,571
Итого:					172572,201

3.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп.}} \cdot 0,3$.
Итак, в нашем случае [7, с. 173]

$$C_{\text{соц.}} = 172572,201 \cdot 0,3 = 51771,66 \text{ руб.}$$

3.3.4 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:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием,

кВт; $\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт/час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час. Стоимость 1 кВт*ч = 5,25 руб. (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

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t,$$

где $K_t = 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_c$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C = 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер	493,8	0,3	778,7
Струйный принтер	30	0,1	15,77
Итого:			794,47

3.3.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A \cdot C_{\text{об}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_{\text{д}}},$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. Для ПК (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) принимаем $F_{\text{д}} = 298 \cdot 8 = 2384$ часа;

t_{pf} – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Примем для ПК срок амортизации – 2,5 года, тогда $N_A = 1 / 2,5 = 0,4$.
Стоимость ПК 27000 руб., время использования 493,8 часа, тогда:

$$C_{AM}(ПК) = (0,4 * 27000 * 794,47 * 1) / 2384 = 3599,1 \text{ руб.}$$

Для принтера срок амортизации – 2 года, тогда $N_A = 1:2=0,5$. Стоимость принтера 6000 руб., $F_D = 500$ час, тогда

$$C_{AM}(Пр) = (0,5 * 6000 * 30 * 1) / 500 = 180 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации:

$$C_{AM} = C_{AM}(ПК) + C_{AM}(Пр) = 3599,1 + 180 = 3779,1 \text{ руб.}$$

3.3.6 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.

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нп}) \cdot 0,1$$

$$C_{проч.} = (1950 + 172572,201 + 51771,66 + 794,47 + 3779,1) \cdot 0,1 = 16917,4 \text{ руб.}$$

3.3.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка технологического процесса изготовления детали типа вал». [8, с. 180]

Таблица 19 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1950
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	88418,52
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	51771,66
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	794,47
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3779,1
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	16917,4
Итого:		164583,3

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 164583,3$ руб.

3.3.8 Расчет прибыли

Размер прибыли принимаем в размере 20% от полной себестоимости проекта.

Прибыль составляет 32916,66 руб

3.3.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли.

$(172572,201 + 32916,66) * 0,2 = 41097,77$ руб.

3.3.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае $C_{\text{НИР(КР)}} 172572,201 + 32916,66 + 41097,77 = 237748,281$ руб.

3.4 Эффективность 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.

В нашем случае разработка технологического процесса изготовления детали «Переходная муфта» является долговременным вложением инвестиционных средств, но учитывая, что цена разработки не столь велика, а именно 237748,281 рубля и учитывая, что данная деталь имеет высокий спрос, то проект будет эффективным. Вложенные средства инвесторов будут окуплены через 4-5 лет и будут приносить прибыль.

Заключение раздела

В данной части работы были произведена организация и планирование работ, расчет сметы затрат на выполнение проекта, и оценка экономической эффективности проекта. В ходе проделанной работы была определена цена научно исследовательской работы, она составила 211478,44 руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л52	Кириллову Артёму Сергеевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологического процесса изготовления детали «Переходная муфта»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>В качестве объекта исследования выступает «Переходная муфта». В технологическом бюро производится разработка технологического процесса изготовления «Переходная муфта». Деталь будет использоваться для соединения деталей разного диаметра в сечении валов.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.4.548–96 – СН 2.2.4/2.1.8.562–96 – СП 52.13330.2016 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – ТОИ Р-45-084-01 – Р 2.2.200605 – ГОСТ 12.2.032-78 – ГОСТ 12.0.003-2015 – "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение от микроклимата – недостаточная освещенность – повышенный уровень шума – нервно-психические и физические нагрузки
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – использование ламп освещения в которых присутствует тяжелые металлы, печатные платы в состав которых входят вредные и токсичные вещества, загрязнение литосферы и гидросферы
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – пожар – наиболее типичной ЧС является пожар, может быть вызван довольно частым происшествием, таким как короткое замыкание.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.20
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоенко Елена Владимировна	к.т.н		16.03.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Кириллов Артем Сергеевич		16.03.20

4 Социальная ответственность

В данной работе на соискании степени бакалавра проводится разработка технологического процесса изготовления детали «Переходная муфта». При выполнении задания основная часть работы проводилась в технологическом бюро за компьютерной техникой. Город Томск, улица Тимакова, дом 13, 16А Корпус ТПУ. Деталь будет использоваться для соединения деталей разного диаметра в сечении валов.

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

Данный подраздел показывает специальные правовые нормы трудового законодательства. В моем случае будут рассматриваться такие законодательные акты как:

- «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)
- «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере» (ТОИ Р-45-084-01)

Режим рабочего времени, проводимого за персональным компьютером не должен превышать 6 часов за смену. Рекомендуется делать перерывы в работе за ПК продолжительностью 30 мин после непрерывной работы за компьютером при проектировании технологического процесса изготовления детали «Переходная муфта» более 3-х часов. Продолжительность непрерывной работы за ПК не должна превышать 3 часов. Во время регламентированных перерывов целесообразно делать комплексы упражнений. При нерегламентированной работе повышается возможность головных болей,

нервных срывов и др. За вредность нерегламентированной работы за ПК доплачивают 4% к окладу.

Рекомендации к организации рабочего места:

- Хорошо освещенный рабочий стол работника
- Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы мониторы были боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал слева
- Расстояние между рабочими столами должно быть не менее 2 м
- Конструкция стула должна обеспечивать рациональное поддержание рабочей позы
- Экран должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600...700 мм, но не ближе 500 мм.

Режим труда и отдыха работников установлен трудовым кодексом. Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

1. 8-ми часовой рабочий день.
2. Во время рабочего дня отводится время для перерывов на отдых и питание.
3. Продолжительность перерывов на отдых и питание от 30 до 60 мин.
4. Рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда
5. Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом
6. Гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.
7. Отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности

8. Обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя.

4.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» устанавливает общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя при проектировании нового и модернизации действующего оборудования и производственных процессов, в нашем случае разработка технологического процесса изготовления детали «Переходная муфта». С 1978 года гост не изменился и нет более новых изданий данного ГОСТ.

Рабочее место должно быть по высоте таким, чтобы при выполнении технологических операций не было необходимости сгибать корпус или приседать т.е. примерно на уровне начала грудной. Недопустимо выполнение работ в согнутом положении, стоя на коленях, лежа. Рациональный режим чередования труда и отдыха снижает утомляемость и травматизм, повышает производительность труда. В работе, требующей тонкой координации движений и не столько физического, сколько нервного напряжения, желательны короткие (3...5 мин) частые перерывы. Для борьбы с монотонностью работы, которая ускоряет наступление усталости и приводит к быстрому нервному истощению, надо менять ритм работы, позу, вводить кратковременные перерывы и использовать их для упражнений производственной физкультуры.

4.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологического процесса изготовления

детали «Переходная муфта», его изготовления и эксплуатации. Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 20 – 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[?] Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда[?] Уровень освещенности СП 52.13330-2016 [?] Уровень шума – СН
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
3. Повышенный уровень шума		+	+	
4. Нервно-психические и физические нагрузки	+	+		
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи,	+	+		

Продолжение таблицы 20

<p>замыкание которой может произойти через тело человека</p>			<p>2.2.4/2.1.8.562-96[?] Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии Условия работы за ПК – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[?]</p>
--	--	--	---

4.3 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 [?].

В помещениях, предназначенных для работы с компьютерной техникой, где проводилась разработка технологического процесса изготовления детали «Переходная 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 таблица 21.

Таблица 21 – 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, увлажнение воздуха с фильтрацией 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 «Переходная муфта», которые представлены в СП 52.13330.2016 организованны в таблицу 22 для большего удобства

Таблица 22 – 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 блесккость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	не более 20

Продолжение таблицы 22

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:

- Газоразрядные источники света со спектральным составом
- Архитектура помещения

3. Повышенный уровень шума

Нормирование шумов в зависимости от типа помещений дается в санитарных нормах. Повышенный шум в кабинете уровня 70-90 дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы. 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 50-55 дБА, это нормальный уровень шума, который на пример создает чайник или микроволновая печь в домашних условиях, не раздражая и не напрягая.

В технологическом бюро, где проводилась разработка технологического процесса изготовления детали «Переходная 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 из вне 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 изолировано от сильных источников шума [?].

Если по каким-то причинам невозможно соблюсти все нормы защиты от вредных шумов, то следует использовать наушники или беруши.

4. Нервно-психические и физические нагрузки

При выполнении работ на компьютере, работник который разрабатывает технологический процесс изготовления детали «Переходная 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.

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.

Чтобы избавиться от монотонности работы есть отличная практика компании «GOOGLE», в офисе где работает большинство сотрудников компании есть игровая комната в которой разработчик может отдохнуть, поиграть в различные игры, так же спортивные, по моему мнению это лучшее что можно придумать чтоб избавиться от монотонности работы

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 «Переходная 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 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.

4.4 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 «Переходная 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 переходной 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. Всё это и без подробных разъяснений доступно любому здравомыслящему образованному человеку. Крупные предприятия на то и крупные, чтобы предусматривать, рассчитывать и сокращать вредные последствия своей деятельности для окружающей среды.

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.

4.5 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 «Переходная муфта» могут возникнуть такие чрезвычайные ситуации техногенного характера, как пожары,

взрывы, обрушение зданий, аварии на водопроводах. Не исключен случай возникновения природных чрезвычайных ситуаций.

В помещении наиболее возможной ЧС может быть возникновение пожара.

Причинами пожаров на рабочем месте являются несколько пунктов:

- несоблюдение норм и правил пожарной безопасности
- внезапные аварии на рабочем месте

Помещение, в котором размещены компьютерная техника, по категории пожарной безопасности на втором месте, категория «В». В этом помещении находится огромное количество возможных очагов возгорания, так как вся техника подключена к сети в 220В. Много документации, которая напечатанная на бумаге.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной безопасности и нормами БЖД. В них входят такие меры как использование средств пожаротушения и соответствующей пожарной техники, установок автоматической пожарной сигнализации, изолирование проводки, обеспечение ограничения распространения пожара путем использования огнетушителей, систем противопожарной защиты, строительные материалы, которые соответствуют регламентированным нормам.

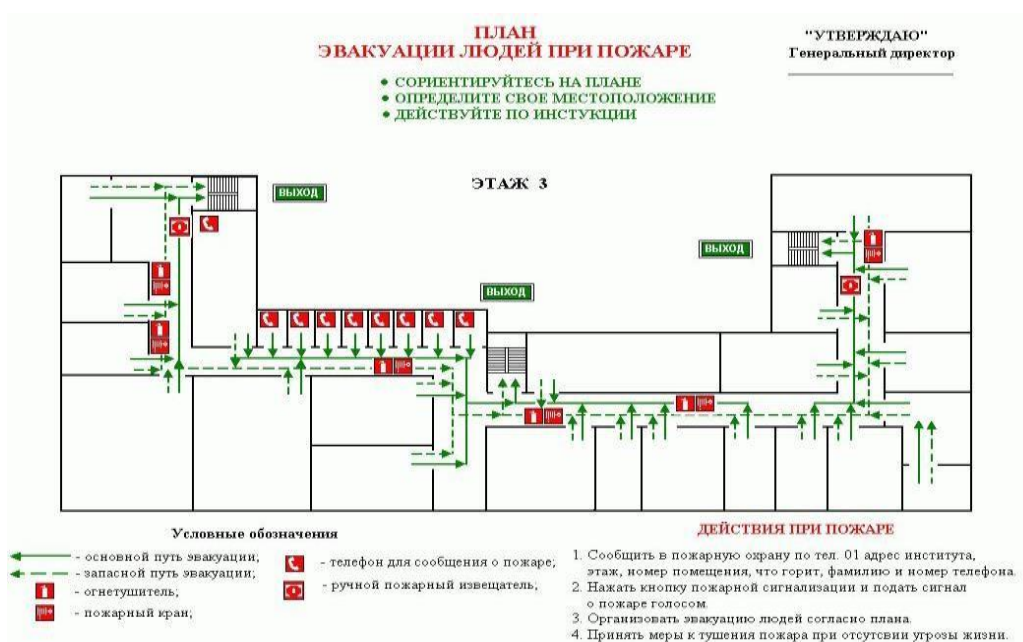


Рисунок 41 – План эвакуации

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 [13].

В случае возникновения пожара на территории предприятия где будет осуществляться проектирование технологического процесса детали «Переходная 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 [14].

Вывод по разделу

В данном разделе проведен анализ вредных и опасных факторов, действующих в процессе разработки технологического процесса изготовления детали «Переходная 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 – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека и пожароопасность. Приведен план эвакуации 1 этажа, где проводятся все работы. Были указаны правовые и организационные вопросы безопасности. Даны рекомендации по оптимальному обустройству рабочего места. В результате анализа даются рекомендации по обеспечению оптимальных условий труда и охране окружающей среды. Приведены примеры средств личной защиты от шума. Указана лучшая модель избавления от монотонности работы.

Заключение

В выпускной квалификационной работе был спроектирован технологический процесс изготовления детали «Переходная муфта».

Проделано следующее: в технологической части полностью спроектирован технологический процесс, произведен анализ исходной информации, определен тип производства, проанализирован существующий технологический процесс, представлен маршрутный технологический процесс изготовления детали, рассчитаны припуски и технологические размеры на обработку, произведён размерный анализ технологического процесса, рассчитаны режимы резания, определено штучно-калькуляционное время для всех операций и переходов технологического процесса, а также приведено экономическое обоснование выбранного технологического процесса. В конструкторской части: Выбраны приспособления «Трехкулачковый патрон с механизированным приводом» и «Приспособление для электрохимического снятия заусенцев». Рассчитан коэффициент надежности закрепления детали и требуемые силы зажима для Трехкулачкового патрона с механизированным приводом.

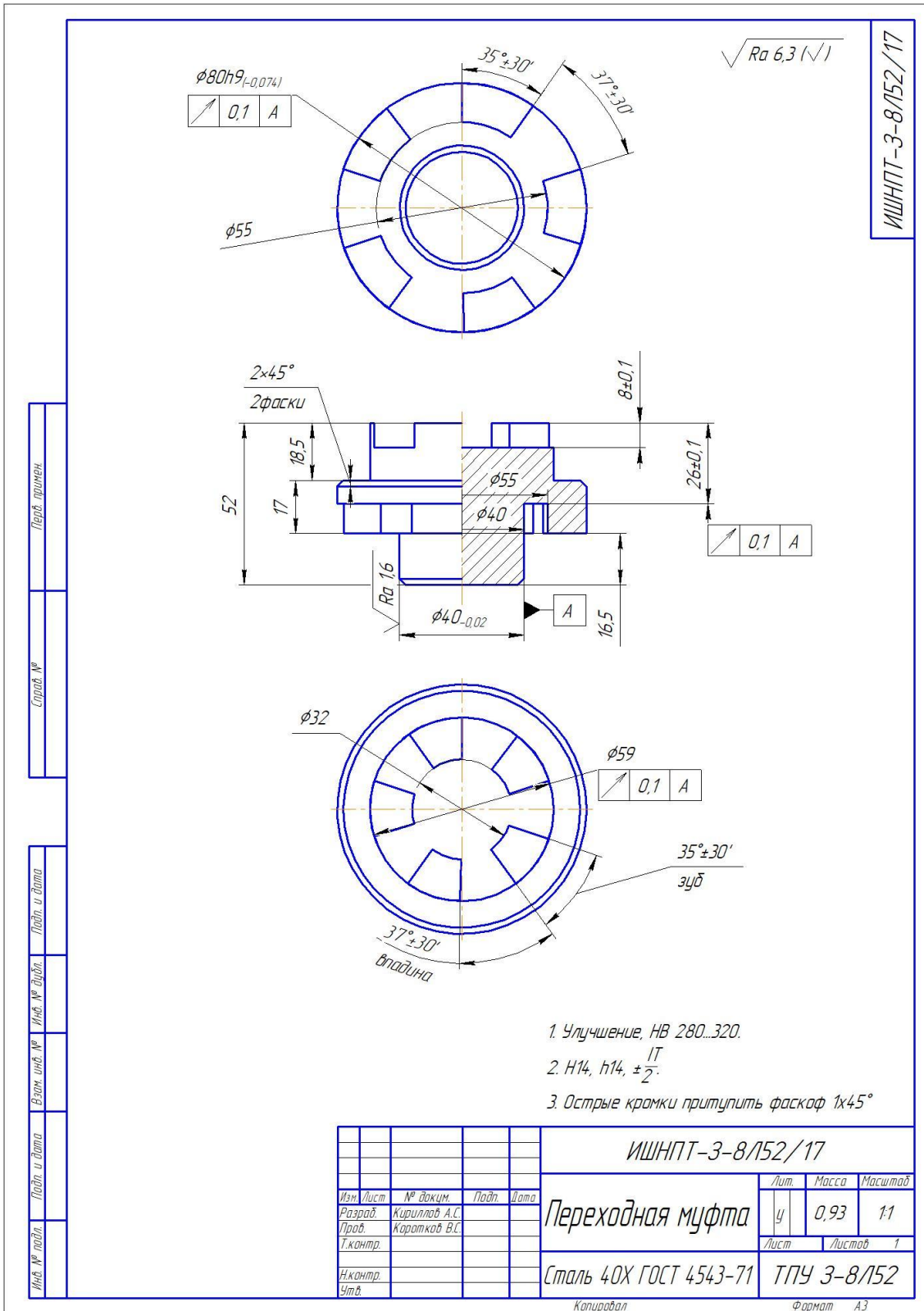
Список использованных источников

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. Должиков В.П. Технология автоматизированного производства: Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Технология автоматизированного производства» для студентов по направлению 150700 «Машиностроение», профилю «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов». –Томск: Изд. ТПУ, 2016. – 18 с.
7. Токарные станки с ЧПУ GOODWAY серии TS для обработки небольших деталей (GOODWAY) <http://www.batex.ua/spip.php?article82>
8. Nakamura-Tome NTRX-300
<https://www.solver.ru/products/isprod/nakamura/NTRX-300.asp#desc>
9. Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6P13Ф3
<https://tutmet.ru/vertikalno-frezernyj-stanok-6r13f3-chpu.html>
10. Гольдштейн Г.Я.. Стратегический инновационный менеджмент: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. - 267 с.. 2004.

11. Фролов К.В. Технологическая подготовка производства. Проектирование и обеспечение деятельности предприятия. Т. III-1. М.: Машиностроение, 2005. 576 с. ил. Энциклопедия/Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. — / А. В. Мухин и др.; Под общ. ред. А. В. Мухина.
12. Гольдштейн Г.Я.. Стратегический инновационный менеджмент: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. - 267 с.. 2004. 119
13. Параметры микроклимата – СанПиН 2.2.4.548-96
14. Уровень шума – СН 2.2.4/2.1.8.562-96
15. Уровень освещенности – СП 52.13330.2016
16. Условия работы за ПК – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
17. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
18. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация
19. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ)

Приложение А

Чертеж детали «Переходная муфта»



ИШНПТ-3-8/152/17

Перв. примен. / Стр. № / Подп. и дата / Изм. № / Взам. инв. № / Подп. и дата / Инв. №

				ИШНПТ-3-8/152/17			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
		Кириллов А.С.			У	0,93	1:1
		Коротков В.С.			Лист Листов 1		
Исполн.					Сталь 40X ГОСТ 4543-71		
Утв.					ТПУ 3-8/152		
					Копировал Формат А3		

Приложение Б

Карта технологического процесса

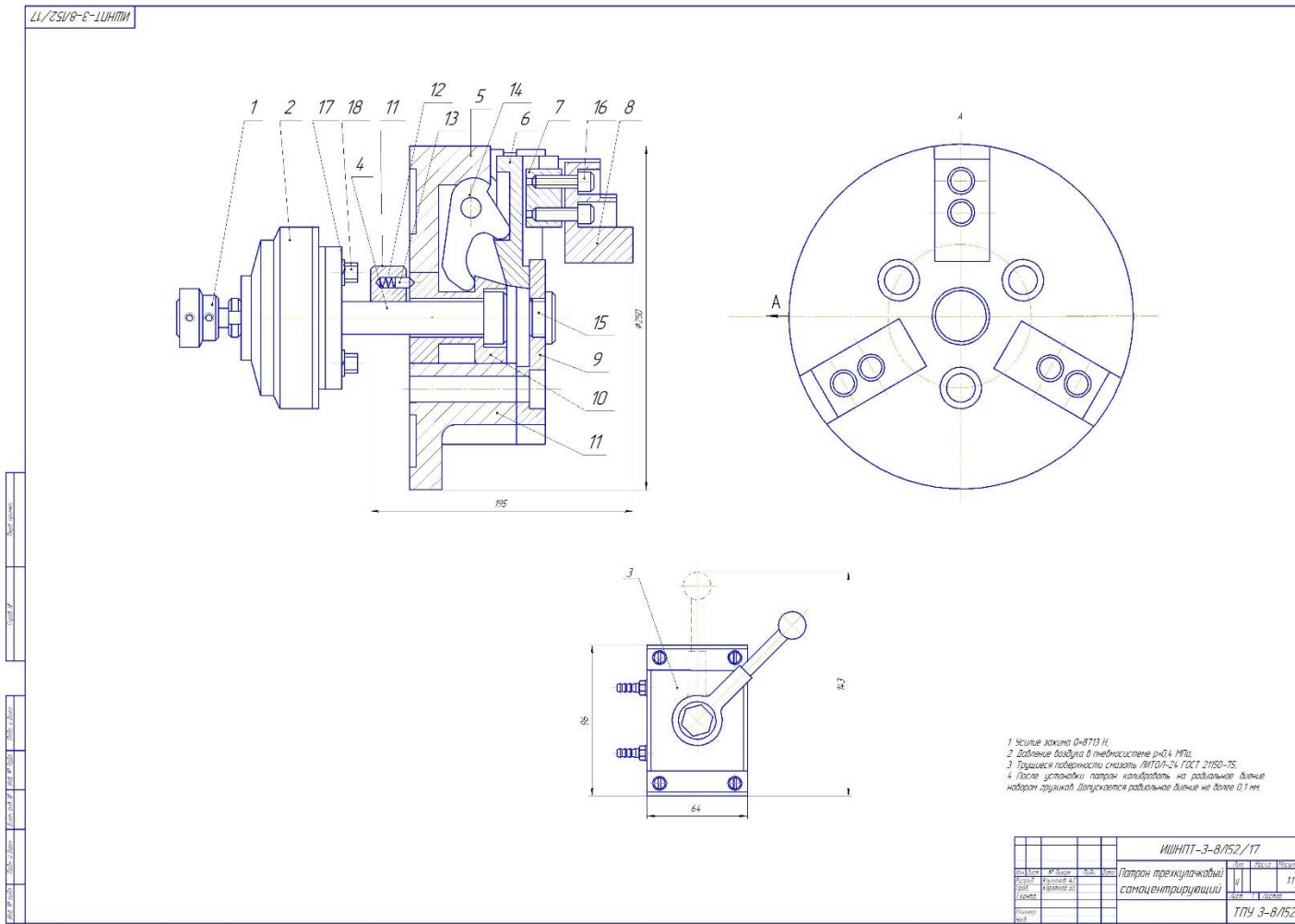
Исх. Чертеж			√ Ra 6,3 (✓/✓)		Томский политехнический университет	Школа ИШНПТ					
					Карта технологического процесса			ИШНПТ-3-8/152/17			
Материал			Код и вид		Масса детали, кг		Заготовка				
Наименование марки			Код и вид		Профиль		Размеры				
СТАЛЬ 40Х			Прокат		Отливисте		2500				
Намер		Наименование и содержание операций и переходов		Операционный эскиз		Оборудование		Инструмент		Нормы времени	
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 2				Механическая обработка тип. 072		Тисы		1 1	
010		1				Термическая печь		Масляная ванна		1	
015		1				Токарный станок GOODWAY TS-100		Трёхлучевой цифровой патрон, барфидер		1 13 15 7.5 5 0.05 80 40 3 0.05 450 120 6.02 1.5 1.7 9.22 5.6	
015		1				Токарный станок GOODWAY TS-100		Штангенциркуль ШЦ-III-250-0.05 ГОСТ 166-80		1 1 80 40 1.5 0.3 890 2515 196 1.5 1.7 5.16 5.6	
005		1				Механическая обработка тип. 072		Тисы		1 1	
005		2				Механическая обработка тип. 072		Тисы		1 1	
010		1				Термическая печь		Масляная ванна		1	
015		1				Токарный станок GOODWAY TS-100		Трёхлучевой цифровой патрон, барфидер		1 13 15 7.5 5 0.05 80 40 3 0.05 450 120 6.02 1.5 1.7 9.22 5.6	
015		1				Токарный станок GOODWAY TS-100		Штангенциркуль ШЦ-III-250-0.05 ГОСТ 166-80		1 1 80 40 1.5 0.3 890 2515 196 1.5 1.7 5.16 5.6	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
	2	Точить окончательно в размеры эскиза			Токарный станок Накатига-Томе Трёхшпиндельный механический патрон	Резец подвёрный Т5К6 ГОСТ 8880-73	Штангенциркуль ШИ-И-250-0,05 ГОСТ 166-80	1	5	59	10,5	2,4±0,05	0,7			900	166,7						
	3	Стерлить сверлом φ32 в размеры эскиза и выдерживать глубину φ±0,1				Сверло Рылтмет 602022-32		Штангенциркуль ШИ-И-250-0,05 ГОСТ 166-80	1	1	32	16	16	0,05			450	100					
	5	Фрезеровать 5 зубьев в размеры эскиза				Фреза Рылтмет 60K2504-20H08		Шаблон, калибр	1	5	59	13,5	0,3			160	650	16,4					
025	4	Фрезерная Установить, вывернуть, снять деталь Фрезеровать 5 зубьев окончательно в размеры эскиза выдерживая Н±9,5±0,1		Вертикально фрезерный станок (фреза)		Трёхшпиндельный патрон Фреза ИФ5		Шаблон, калибр	1	5	59	13,5	0,3			160	650	16,4	0,8	1,1	0,9	2,8	3,1
030	4	Круглошлифовальная Установить, вывернуть, снять деталь Шлифовать поверхность 1,2 в размеры окончательно соблюдать точность подработки		Круглошлифовальный станок 31271		Центра		Круг ТР250-ЮД32-45А Т50П1 К5 ГОСТ 24-43 Глубина выточки ИФ5 Т5 (ГОСТ 6807-88) Глубина выточки ИФ5-50 (ГОСТ 6807-88) (Валы шлифовальные) ИС.1.198-91	1	80	80,40	0,52		2,5	150	30	16,4	1,16	0,5	0,8	2,46	2,7	
035		Слесарная Зачистить заусенцы, подшлифовать кромки, зачистить детали		Маркиратор SIC Marking φ1 р6.3с	Прозвонивание для маркировки инструментальная слесарная		1																
040		Контрольная ОТК Произвести полный технический контроль		Стол, центрир, индикатор сферический калибры			1																

ИШНПТ-3-8/152/17

Приложение В

Сборный чертеж приспособления «Патрон трехзубчатый самоцентрирующий»



Приложение Г

Спецификация

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №		<i>Документация</i>							
		A1			ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.000	Токарный трех кулачковый клиновой патрон	1		
Подп. и дата		<i>Сборочные единицы</i>							
			1		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.001	Воздухоподводящая муфта	1		
			2		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.002	Вращающийся пневмоцилиндр	1		
		<i>Детали</i>							
			3		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.003	Тяга	1		
			4		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.004	Карпус	1		
			5		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.005	Ползун	3		
			6		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.006	Сухарь	3		
			7		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.007	Кулачек	3		
			8		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.008	Втулка	1		
			9		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.009	Головка	1		
			10		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.010	Упор	2		
			11		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.011	Толкатель	1		
			11		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.012	Пружина сжатия	1		
			12		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.013	Фиксатор	1		
	13		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.014	Рычаг	1				
	14		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.015	Заглушка	1				
<i>Стандартные изделия</i>									
	15		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.016	Винт М8-6dх32 ГОСТ 10342-80	6				
Взам. инв. №		ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.003							
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.						Лит.	Лист
Инв. № подл.		Проб.					У	1	2
		Н.контр.							
Инв. № подл.		Утв.							

Копировал

Формат А4

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
			17	ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.017	ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.000	6			
			16	ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.018	Винт М12-6gx58 ГОСТ 10342-80	6			
Инв. № подл.	Подл. и дата.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата	ИШНПТ-3-8/152/17.00.00.003				Лист
					Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата

Копировал Формат А4