

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.Н. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса
муфты кулачкового двигателя генератора сейсмических колебаний

Руководитель _____ к.т.н., доцент Е.М. Желтобрюхов
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ А.И. Еремин
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан, 2023

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка технологического процесса механической обработки корпуса муфты кулачкового двигателя генератора сейсмических колебаний

Консультанты по
разделам:

Технологическая часть
наименование раздела подпись, дата

_____ Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела подпись, дата

_____ Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть Е.М. Желтобрюхов
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата инициалы, фамилия

М.М. Сагалакова

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ А.Н. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2023 г

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Еремину Андрею Игоревичу

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1

номер

Направление 15.03.05

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка технологического процесса механической обработки корпуса муфты кулачкового двигателя генератора сейсмических колебаний

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, к.т.н., доцент кафедры АТиМ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали с заводским номером БМШИ 237.40.071.00.01;

2. годовая программа N = 500шт

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;

Организационно-экономическая часть;

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1; 2. Технологический процесс - 4 листа ф. А1; 3. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 4. Приспособление расточное – 1 лист ф. А1; 5. Технико-экономические показатели -1 лист ф.А1.

Руководитель ВКР _____

подпись

инициалы и фамилия

Е.М. Желтобрюхов

Задание принял к исполнению _____

подпись, инициалы и фамилия студента

А.И. Еремин

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	8
1.1 СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ	8
1.2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛИ	8
1.3 ВЫБОР ВАРИАНТА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ	10
1.4 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ И СОСТАВЛЕНИЕ МАРШРУТА ОБРАБОТКИ	12
1.5 РАСЧЁТ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ	14
1.5.1 Расчёт припуска на растачивание отв. $\varnothing 120^{+0,035}$	14
1.5.2 Расчёт припуска на фрезерование плоскости основания	17
1.6 РАСЧЁТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ	20
1.6.1 Фрезерование торцовой поверхности в размер $220_{-0,7}$	20
1.6.2 Растачивание отверстия $\varnothing 120H7$	23
1.7 НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	26
1.8 Разработка технологического процесса для ЧПУ	30
1.8.1 Описание фрезерного обрабатывающего центра ФС85МФ3	30
1.9 Разработка маршрута механической обработки	32
1.10 Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ	33
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	36
2.1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСТОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	36
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления	36
2.1.3 Расчет силы привода	37
2.1.4 Расчет силового привода	38
2.1.2 Расчет приспособления на точность	39
2.2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	40
2.2.1 Описание конструкции приспособления	40
2.2.2 Расчет на точность	41
3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	42
3.1 Выбор технологического оборудования	42
3.2 Определение занимаемой площади	42
3.3 Организация транспортной системы	43

					БР-15.03.05 000.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Еремин</i>			Оглавление	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>						
						ХТИ – филиал СФУ		

3.4 Организация технического контроля	43
3.5 Организация системы инструментального обеспечения	44
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания	44
3.7 Расчет себестоимости детали	45
3.8 Техничко-экономические показатели	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52

					БР-15.03.05 000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Учение о технологии машиностроения в своем развитии прошло путь от простого накопления опыта по механической обработке и сборке машин до создания научно обоснованных положений, разработанных на базе теоретических исследований научно проведенных экспериментов и обобщения передового опыта машиностроительных заводов.

Эффективность производства, его технический прогресс во многом зависит от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа.

Важное значение для современного машиностроения имеет внедрение станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Эти линии обеспечивают автоматизацию процесса обработки и быструю перестройку станка с одной детали на другую. На этих станках с высокой точностью могут обрабатываться детали весьма сложной конфигурации. Время настройки почти не зависит от сложности обрабатываемой детали. Применение станков с ЧПУ позволяет автоматизировать мелкосерийное производство, получить экономию заработной платы благодаря сокращению времени обработки и внедрению многостаночного обслуживания, уменьшению затрат на инструмент, специальные приспособления, электроэнергию, текущий ремонт.

По данным Минстанкопрома, объем специальной оснастки при использовании станков с ЧПУ снижается вдвое, а брак - на 50 %. На 50 % снижаются затраты на хранение деталей, а также затраты, связанные с доводкой, контролем и сборкой крупногабаритных копиров, шаблонов, штампов.

В выпускной работе выполнена разработка технологического процесса механической обработки детали на универсальных станках и на станках, оснащённых системой ЧПУ. В организационно-экономической части рассмотрены вопросы по организации участка под изготовление детали корпус коромысла, а также проведен экономический анализ сравнения 2-ух различных вариантов обработки детали.

При разработке выпускной работы активно используются современные средства проектирования и расчёта, а также применяется специализированная система автоматизированного проектирования технологических процессов САПР ТП «Вертикаль», что позволило сократить время выполнения работы и достичь наиболее точного и технически грамотного выполнения.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Еремин</i>			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>						
						ХТИ – филиал СФУ		

1 Технологическая часть

1.1 Служебное назначение детали

Корпус муфты кулачковой представляет собой отливку сложной коробчатой формы из стали марки 35Л ГОСТ 977-88. Корпус является основной деталью и служит для установки и ориентации в нём комплектующих деталей. От точности изготовления корпуса зависит долговечная и безотказная работа всех остальных узлов. Так же корпус муфты служит для защиты деталей механизма от неблагоприятного воздействия окружающей среды, от попадания пыли и грязи, для защиты деталей от механических повреждений, для обеспечения качественной смазки и предотвращения разбрызгивания масла.

1.2 Анализ технологичности детали

Корпус муфты представляет собой отливку сложной коробчатой формы из литейной стали 35Л. Данная деталь получена методом литья в песчано-глинистые формы по металлическим моделям с машинной формовкой 2-го класса точности. Она относится к деталям типа «корпус» III группы сложности. Не подвергается ударным нагрузкам, действию растяжения и изгиба.

Данная заготовка получена литьем, поэтому необработанные поверхности использованы в качестве баз только на первых операциях.

В качестве технологических баз принята поверхность основания и два крепёжных отверстия, которые имеют достаточные размеры, чтобы обеспечить необходимую точность базирования и закрепления заготовки в приспособлениях.

База для первой операции выбрана с учетом обеспечения лучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем в качестве технологических баз, как-то: свободный доступ к обрабатываемой поверхности и обеспечение допусков формы и расположения поверхностей, заданных на чертеже.

На большинстве операций механической обработки использованы одни и те же базовые поверхности, что позволяет достигнуть наибольшей точности обработки, т.е. соблюдается принцип единства баз.

Проведенный анализ технических требований показал отсутствие чрезмерно жестких требований к точности выполнения размеров, расположения поверхностей и качеству поверхностей корпуса – таким образом, с этой точки зрения деталь является технологичной. Проведенный анализ показывает, что деталь в целом является технологичной. Вместе с тем необходимо отметить ряд элементов и поверхностей, которые не являются технологичными для механической обработки и снижают технологичность детали.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Еремин</i>			Технологическая часть	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>						
						ХТИ – филиал СФУ		

Нетехнологичным в конструкции этой детали является наличие наклонногорезьбового отверстия М16, которое расположено на боковой поверхности корпуса. Сверление этого отверстия требует применение специальной оснастки и инструмента и в целом увеличивает время изготовления детали. Следующим не технологичным элементом является наличие глухих резьбовых отверстий М8 на, практически, всех поверхностях детали. Сверление глухих отверстий требует дополнительной настройки оборудования.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции детали по следующим показателям:

1. Коэффициент использования материала $K_{ИМ}$.

$$K_{ИМ} = \frac{C_{дет}}{C_{заг}} = \frac{25,6}{28,4} = 0,9 \quad (1)$$

где $C_{дет}$ – масса детали,
 $C_{заг}$ – масса заготовки.

Т.к. $K_{ИМ} > 0,75$ -по этому показателю деталь является технологичной.

2. Коэффициент унификации.

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}} = \frac{40}{44} = 0,91 > 0,5 \quad (2)$$

где $K_{одн}$ - количество однотипных поверхностей,
 $K_{об}$ - общее количество поверхностей.

Деталь технологична по этому показателю.

3. Коэффициент шероховатости $K_{Ш}$.

$$K_{Ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{СР}} = 1 - \frac{1}{4,8} = 0,79 \quad (3)$$

$$Ш_{СР} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i} = \frac{4,8 + 96 + 50,4 + 75}{3 + 30 + 8 + 6} = 4,8 \quad (4)$$

$Ш_i$ – показатель шероховатости поверхности.

Составим таблицу шероховатости поверхностей.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Учитывая массу и материал заготовки, в курсовом проекте предлагается применение литья в песчано-глинистые формы с машинной формовкой по 1-му классу точности, т.к. данный способ позволяет снизить трудоёмкость изготовления детали, уменьшить величину припуска на механическую обработку на 20%.

Проведем расчет по двум вариантам получения заготовки – 1 вариант (литье в песчано-глинистые формы по первому классу точности); 2 вариант (литье в песчано-глинистые формы по второму классу точности). Окончательный выбор варианта проведем на основе экономического сравнения по себестоимости отливки.

Стоимость заготовки определяется по формуле [2.стр.31]:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_{II} \cdot k_M \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (6)$$

где C_i – базовая стоимость тонны отливок, руб./тонну;

k_T – коэффициент, учитывающий класс точности отливки;

k_C – коэффициент, учитывающий сложность отливки;

k_B – коэффициент, учитывающий массу отливки;

k_{II} – коэффициент, учитывающий тип производства;

k_M – коэффициент, учитывающий марку материала.

$S_{отх}$ – стоимость тонны отходов (стружки), руб/тонну;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг.

Данные для расчета и результаты сведены в таблицу.

Таблица 1.4 – Сравнение способов получения заготовки

Способ получения отливки	Значения исходных данных и коэффициентов									Стоимость заготовки, руб.
	C_i , руб.	k_T	k_C	k_B	k_{II}	k_M	$S_{отх}$, руб.	Q , кг	q , кг	
Песчано-глинистые формы по 1 классу точности	50000	1,05	0,89	0,96	0,9	5,10	2000	28,4	25,6	5819
Песчано-глинистые формы по 2 классу точности	50000	1	0,89	0,96	0,9	5,10	2000	28,4	25,6	5540

$$S_{заг1} = \left(\frac{50000}{1000} \cdot 28,4 \cdot 1,05 \cdot 0,89 \cdot 0,96 \cdot 0,9 \cdot 5,10 \right) - (28,4 - 5,6) \cdot \frac{10000}{1000} = 5819 \text{ руб.}$$

$$S_{заг2} = \left(\frac{50000}{1000} \cdot 28,4 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 0,96 \cdot 0,9 \cdot 5,10 \right) - (28,4 - 5,6) \cdot \frac{10000}{1000} = 5540 \text{ руб.}$$

Экономический эффект[2.стр.39]:

$$Э_3 = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N = (5819 - 5540) \cdot 500 = 139500 \text{руб.} \quad (7)$$

Приведенные расчеты показывают, что более экономичным является вариант получения заготовки литьем в песчано-глинистые формы по 2-му классу точности, поэтому принимаем этот вариант к дальнейшей разработке.

1.4 Выбор технологических баз и составление маршрута обработки

Основным требованием при выборе баз является соблюдение принципов единства и постоянства баз. Это требование позволяет повысить точность получаемых размеров за счет исключения погрешности базирования.

Наиболее удобной поверхностью под базу, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляются плоскость основания, так как от нее назначены большинство конструкторских размеров и технических требований. Так же два отверстия диаметром 22 будут являться отличным вариантом под установку заготовки на пальцы.

На первой операции обрабатываем поверхность основания и сверлим, зенкеруем, растачиваем 2 отв. ф22 под базы. Так же на этой операции обрабатываем 4 отв. ф18 и 6 отв. М8. На второй операции устанавливаем деталь на плоскость основания и 2 пальца и подрезаем торец, растачиваем отверстия ф120 мм, ф122 мм, ф130 мм, сверлим 6 отверстий и нарезаем в них резьбу. На операции 030 фрезеруем боковые поверхности, производим расточку отв. ф35, сверлим и нарезаем резьбу М8. На операции 040 сверлим наклонное отверстие и нарезаем в нём резьбу.

На основе проведенного анализа составим маршрут обработки корпуса с выбором оборудования и режущего инструмента.

Для программы выпуска 500 шт будем использовать универсальные станки.

010 Фрезерная

Оборудование: Вертикально-фрезерный станок 6Р12

А. Установить заготовку. База отв. ф130 и два торца

1. Фрезеровать пов. основания предварительно
2. Фрезеровать пов. основания окончательно.

020 Сверлильная

Оборудование: Радиально-сверлильный станок 2М55

База Плоскость основания и боковая плоскость.

1. Сверлить 4 отв. ф18 мм

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2. Сверлить 2 отв. ф20 мм
3. Зенкеровать 2 отв. ф21.6 мм
4. Развернуть 2 отв. ф22

030 Фрезерная

Оборудование: Горизонтально-фрезерный станок 6P82Г

А. Установить деталь. База два отверстия и плоскость основания.

1. Фрезеровать боковую плоскость окончательно.

Б Переустановить заготовку.

2. Фрезеровать боковую плоскость окончательно в размер 220_{-0,7}.

040 Расточная

Оборудование: Вертикально-расточной станок 2У430

А. Установить деталь. База 2 отв. ф22 и плоскость основания

1. Расточить отв. ф130, ф120 предварительно, ф122 окончательно
2. Расточить предварительно отв. ф130 и ф120 предварительно
3. Расточить окончательно отв. ф130 и ф120
4. Снять фаску

050 Расточная

Оборудование: Горизонтально-расточной станок 2В620

База Плоскость основания и 2 отверстия ф22.

1. Подрезать торец отверстия 1.
2. Расточить отв.1 предварительно
3. Расточить отверстие 1 в размер ф35Н8 окончательно

060 Сверлильная

Оборудование: Радиально-сверлильный станок 2М55

База Плоскость основания и боковая плоскость.

1. Сверлить 6 отв. под резьбу М8
2. Нарезать резьбу М8-7Н в 6 отв.

Б. Переустановить

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

1. Сверлить 6 отв. под резьбу М8
2. Нарезать резьбу М8-7Н в 6 отв.

В. Переустановить

1. Сверлить 4 отв. под резьбу М8
2. Нарезать резьбу М8-7Н в 4 отв.

070 Сверлильная

Оборудование: Радиально-сверлильный станок 2М55
База Боковые плоскости детали

1. Сверлить 8 отв. под резьбу М8
2. Нарезать резьбу М8-7Н

Б Переустановить заготовку

3. Сверлить 8 отв. под резьбу М8
4. Нарезать резьбу М8-7Н

080 Сверлильная

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок 2Н125
База Плоскость основания и боковая плоскость.

1. Сверлить отв. ф14 мм под резьбу М16-7Н
2. Цековать торец отверстия
3. Нарезать резьбу М16-7Н

1.5 Расчёт припусков на механическую обработку

Расчёт припусков на механическую обработку корпус редуктора канатнойсамоходной установкипроизводим расчётно-аналитическим методом и по справочным таблицам.

1.5.1 Расчёт припуска на растачивание отв. Ø 120^{+0,035}

1 Черновое растачивание

Припуск на растачивание определяется по формуле [8,с.5]:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2}), \text{ мкм} \quad (8)$$

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

где $R_{Z_{i-1}}$ - высота микронеровностей поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе.

T_{i-1} - глубина дефектного слоя поверхности, полученного на предшествующем переходе.

ρ_{i-1} - суммарное значение пространственных отклонений связанных поверхностей обрабатываемой заготовки, оставшихся после выполнения предшествующего перехода.

ε_{i-1} - погрешность установки заготовки на станке при выполняемом переходе.

$$R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} = 400 \text{ мкм} \quad (9)$$

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного типа определяем по формуле [1, с.83]:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \text{ мкм} \quad (10)$$

Коробление отверстия следует учитывать как в диаметральном, так и в осевом его сечении, поэтому:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta k \cdot d)^2 + (\Delta k \cdot l)^2}, \text{ мкм} \quad (11)$$

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,85 \cdot 120)^2 + (0,85 \cdot 118)^2} = 143 \text{ мкм}$$

При определении в данном случае следует принимать во внимание точность расположения базовых поверхностей, используемых при данной схеме установки. Так как при обработке поверхности, которая является базой на данной операции, в качестве базы использовалась наружная поверхность, то следует учитывать смещение стержня, который формирует отверстие относительно наружной поверхности. Последнее принято определять, как отклонение от номинального размера в отливке, определяемое допуском на размер соответствующего класса точности.

Учитывая, что суммарное смещение отверстия в отливке относительно наружной её поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, получаем:

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_\Gamma}{2}\right)^2}, \text{ мкм} \quad (12)$$

где δ_B и δ_T - допуски на размеры, по классу точности соответствующие данной отливке; $\delta_B = \delta_T = 1200$ мкм [1, т.7]

$$\rho_{cm} = \sqrt{\left(\frac{1200}{2}\right)^2 + \left(\frac{1200}{2}\right)^2} = 849 \text{ мкм} \quad (13)$$

Таким образом, суммарное значение пространственного отклонения заготовки составит:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{143^2 + 849^2} = 861 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки при черновом рассверливании:

$$E_{i-1} = \sqrt{E_B^2 + E_3^2} \quad (14)$$

где $E_B = 0$, так как измерительная и технологические базы на данном переходе совпадают.

$$E_3 = 240 \text{ мкм}$$

$$2Z_{i\min} = 2\left(400 + \sqrt{861^2 + 240^2}\right) = 2591 \text{ мкм} \approx 2,6 \text{ мм.}$$

2 Расчёт минимального припуска на полустовое растачивание $\varnothing 120$

После предварительной обработки лезвийным инструментом остаточные значения

$R_{Z_{i-1}}$ и h_{i-1} составляют [8, т.57]:

$$R_{Z_{i-1}} = 100 \text{ мкм};$$

$$T_{i-1} = 100 \text{ мкм};$$

$$\rho_{i-1} = 35 \text{ мкм};$$

$$E_{i-1} = 0$$

Минимальный припуск:

$$2Z_{i\min} = 2(100 + 100 + 35) = 470 \text{ мкм} = 0,47 \text{ мм.}$$

3 Расчёт минимального припуска на чистовое растачивание $\varnothing 120$

После предварительной обработки лезвийным инструментом остаточные значения

$R_{Z_{i-1}}$ и h_{i-1} составляют:

$$R_{Z_{i-1}} = 35 \text{ мкм};$$

$$T_{i-1} = 35 \text{ мкм};$$

$$\rho_{i-1} = 0 \text{ мкм};$$

$$E_{i-1} = 0$$

Минимальный припуск на чистовое развёртывание:

$$2Z_{i\min} = 2(35 + 35) = 140 \text{ мкм} = 0,14 \text{ мм.}$$

Таблица 1.5.1 - Расчёт припусков на растачивание отверстия $\varnothing 120^{+0,035}$

Технолог. переходы	Элементы припуска, мкм				Расч. прип, Z_{\min} мкм	Расч. разм, D_p , мм	Допуск T , мкм	Пред.знач. размера, мм		Пред.знач. припусков, мкм	
	R_z	h	Δ_Σ	ε				D_{\min}	D_{\max}	z_{\min}	z_{\max}
Заготовка	400	861	240		116,8	1600	117,8	119,4	-	-	
Черновое растачивание	200	35	0	2591	119,39	400	119,44	119,84	1600	400	
Чистовое растачивание	70	35	0	470	119,86	160	119,84	120	160	400	
Тонкое растачивание	1,6	-	-	140	120	35	120	120,035	35	160	

1.5.2 Расчёт припуска на фрезерование плоскости основания

$$Z_{i\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + E_i, \text{ мкм} \quad (15)$$

$$R_{Z_{i-1}} + h = 400 \text{ мкм}; \delta = 1600 \text{ мкм} \quad (16)$$

Цельное коробление отливки корпусных деталей: $\Delta_k = 0,7 \div 1 \text{ мкм}$, принимаем $\Delta_k = 1$

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

$$\rho_{i-1} = \Delta k \cdot L = 1 \cdot 350 = 350 \text{ мкм.}$$

Принимаем $\rho_{i-1} = 350 \text{ мкм}$,
где L - наибольшая длина.

$$\text{Погрешность установки: } E_i = \sqrt{E_B^2 + E_3^2} \quad (17)$$

где E_B - погрешность базирования, равная в данном случае допуску на размер:

$$E_B = 1600 \text{ мкм.}$$

$$E_3 = 280 \text{ мкм}$$

$$E_i = \sqrt{1600^2 + 280^2} = 2019 \text{ мкм,}$$

$$Z_{i\min} = 400 + 350 + 2019 = 2769 \approx 2,8 \text{ мм.}$$

Таблица 1.5.2 - Расчёт припусков на фрезерование

Технолог. переходы	Элементы припуска, мкм				Расч. прип, $2z_{\min}$ мкм	Расч. разм, D_p , мм	Допуск T , мкм	Пред.знач. размера, мм		Пред.знач. припусков, мкм	
	R_z	h	Δ_Σ	ε				D_{\min}	D_{\max}	z_{\min}	z_{\max}
Заготовка	400	1600	2019	-	162,8	2100	160	162,1	-	-	
Черновое фрезерование	100	60	-	2769	160	600	158,4	160	2100	2600	

Расчётный размер (d_p) получаем последовательным вычитанием для плоскости минимального припуска, начиная с окончательного расчётного размера.

Величины допусков на промежуточные размеры детали принимаем по (8, т.12).

- для заготовки – по 14-17 качеству
- для предварительной обработки по IT 12
- для чистовой обработки по IT 10.

Принятые размеры заготовок:

- наименьший – путём округления до знака соответствующего допуска на переход, расчётного минимального размера детали на переходе.

Предельные размеры припусков определяются:

- максимальный – разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов;
- минимальный – разность наименьших предельных размеров.

Все данные о припусках и о размерах заносим в таблицу №1.

Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности крышки назначаем по ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов» и заносим в таблицу 6.

Таблица 1.5.3 – Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Наименование операции/перехода и размер детали	Размер	Припуски, мм	Допуск, мм
010 Фрезерная			
А. Установить заготовку.			
1. Фрезеровать пов. 1	163	2,8	-0,6
Б. Повернуть заготовку			
2. Фрезеровать пов. 2	160	2,6	-0,6
020 Сверлильная			
1. Сверлить 4 отв. ф18 мм	18	9	+0,36
2. Сверлить 2 отв. ф20 мм	20	10	+0,36
3. Зенкеровать 2 отв. ф21.6 мм	21,6	0,8	+0,12
4. Развернуть 2 отв. ф22	22	0,2	+0,018
030 Фрезерная			
1. Фрезеровать плоскость 1	225	2,6	-0,6
Б. Повернуть стол на 180°			
2. Фрезеровать плоскость 2	220	2,6	-0,6
040 Расточная			
1. Расточить отв. 2. 3. 4.	130; 120; 122	2,6	+0,4
050 Расточная			
1. Фрезеровать плоскость 1	130	2,6	-0,6
2. Расточить отв. 2 предварительно	130; 120	0,5	+0,16
3. Расточить отв. 2 окончательно	130; 120	0,15	+0,035
060 Сверлильная			
1. Сверлить 6 отв. под резьбу М8-7Н	6,8	3,4	+0,12
2. Нарезать резьбу М8-7Н	8	0,6	
Переустановить заготовку			
3. Сверлить 6 отв. под резьбу М8-7Н	6,8	3,4	+0,12
4. Нарезать резьбу М8-7Н	8	0,6	
Переустановить заготовку			
5. Сверлить 6 отв. под резьбу М8-7Н	6,8	3,4	+0,12
6. Нарезать резьбу М8-7Н	8	0,6	
070 Сверлильная			

1. Сверлить 6 отв. под резьбу М8-7Н	6,8	3,4	+0,12
2. Нарезать резьбу М8-7Н	8	0,6	
Переустановить заготовку			
3. Сверлить 6 отв. под резьбу М8-7Н	6,8	3,4	+0,12
4. Нарезать резьбу М8-7Н	8	0,6	
080 Сверлильная			
1. Сверлить отв. под резьбу М16	14	7	+0,22
2. Нарезать резьбу М16	16	1	

1.6 Расчёт режимов резания

Режимы резания имеют решающее значение в обработке металлов, так как от них зависит качество поверхности, расход инструмента, время обработки и многое другое. Для снижения себестоимости продукции необходимо стремиться применять оптимальные значения режимов резания, которые рассчитывают по эмпирическим зависимостям или выбирают по нормативам.

1.6.1 Фрезерование торцевой поверхности в размер 220_{0,7}

Максимальная ширина фрезеруемой поверхности: $B = 160$ мм; длина 200 мм; Обрабатываемый материал сталь Сталь 35Л.

Обработка однократная: параметр шероховатости $Ra_{6,3}$

Припуски на однократное фрезерование $Z_{ном} = 2,6$ мм.

По справочнику [4, т.1] выбираем торцевую фрезу со вставными ножами, оснащёнными пластинами из быстрорежущей стали. Диаметр фрезы = $1,4 \cdot B = 1,4 \cdot 160 = 224$ мм; принимаем стандартный размер фрезы $\Phi 220$ мм;

$$Z = m \cdot \sqrt{D} \quad (18)$$

где m - коэффициент, зависящий от типа фрезы.

Торцевые цельные: крупнозубые – 1,2, мелкозубые – 2;

Принимаем $m = 2$;

Окончательное число зубьев

$$Z = 2 \cdot \sqrt{220} = 29,7 \text{ шт}$$

Принимаем чётное количество зубьев $Z = 30$ шт. и выбираем торцевую фрезу по ГОСТ 27066-86.

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ				

Для торцевой фрезы $\Phi 220$ мм с пластинами из быстрорежущей стали
рекомендуемый период стойкости: $T = 60$ мин;

Подача на один зуб: $S_z = 0,08$ мм

Скорость резания: (м/мин), [4, т.2, с.697]:

$$V_p = (C_v \cdot D^q) / (T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p) \cdot K_v \quad (19)$$

Выписываем из таблицы 37 [4, т.2] коэффициенты и показатели степеней формулы для Стали 35Л, торцевой фрезы (с последующим учётом поправочных коэффициентов):

$$C_v = 64,7 ;$$

$$x = 0,1 ;$$

$$u = 0,15 ;$$

$$m = 0,2 ;$$

$$q = 0,25 ;$$

$$y = 0,4 ;$$

$$p = 0.$$

Учитывая поправочный коэффициент на скорость резания: $K_v = 0,56$
рассчитаем скорость резания

$$V_p = (64,7 \cdot 220^{0,25}) / (60^{0,2} \cdot 2,6^{0,1} \cdot 0,08^{0,4} \cdot 160^{0,15} \cdot 30^0) \cdot 0,42 = 53,7 \text{ м/мин.}$$

K_{MV} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемой поверхности.

K_{nV} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки.

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента

$$K_{MV} = K_G \cdot \left(\frac{750}{\sigma_6} \right)^{nV} \quad (20)$$

K_G - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости.

nV - показатель степени.

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{525} \right)^{-0,9} = 0,53$$

$$K_{nV} = 0,8 ;$$

$$K_{UV} = 1$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{UV} = 0,53 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,42 \quad (21)$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = (1000 \cdot V_p) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 53,7) / (3,14 \cdot 220) = 77,7 \text{ об/мин} \quad (22)$$

Корректируем частоту вращения шпинделя:

$$n_\partial = 75 \text{ об/мин}$$

Действительная скорость резания будет равна:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 220 \cdot 75}{1000} = 51,8 \text{ мм/мин} \quad (23)$$

Минутная подача:

$$S_h = S_Z \cdot Z \cdot n_\partial = 0,08 \cdot 30 \cdot 75 = 180 \text{ мм/мин}; \quad (24)$$

Определяем окружную силу резания: [4, т.2, с.791]

Сила резания.

$$P_Z = (10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^n \cdot Z^w) / (D^q \cdot n^w) \cdot K_{MP} \quad (25)$$

$$P_Z = (10 \cdot 82,5 \cdot 2,6^{0,95} \cdot 0,08^{0,8} \cdot 160^{1,1} \cdot 30) / (220^{1,1} \cdot 75^0) \cdot 0,9 = 5156 \text{ Н}$$

Из таблицы 41 [4, т.2] выписываем коэффициенты:

$$C_p = 82,5;$$

$$y = 0,8;$$

$$q = 1,1;$$

$$x = 0,95;$$

$$n = 1,1;$$

$$w = 0.$$

$$K_{MP} = (\sigma_s / 750)^n = (525 / 750)^{0,3} = 0,9$$

Определяем крутящий момент: [4, т.2, с.290]

$$M_{кр} = (P_Z \cdot D) / (2 \cdot 100) = (5156 \cdot 220) / 200 = 5671 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (26)$$

Определяем мощность резания:

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$N_e = (P_z \cdot V_\delta) / (1020 \cdot 60) = (5156 \cdot 51,8) / (1020 \cdot 60) = 4,4 \text{ кВт} \quad (27)$$

1.6.2 Растачивание отверстия $\varnothing 120\text{H7}$

1 Черновое растачивание

Глубина резания: $t = 2,6\text{мм}$;

По справочнику (4, т.1) выбираем материал инструмента: быстрорежущая сталь Р6М5. Нормативным путём по справочнику (4, т.2, с.269): $T = 45$ мин; подача для обработки стали с радиусом при вершине резца $r = 1,0$ мм; $S = 0,25$ мм/об.

Необходимая скорость резания рассчитывается по формуле [4, т.2, с.267]:

$$V = C_V / (T^m \cdot t^x \cdot S^y) \cdot K_V \text{ м/мин} \quad (28)$$

где $C_V = 328$;

$$x = 0,12;$$

$$y = 0,5;$$

$$m = 0,28;$$

$$K_V = 0,42$$

$$V_p = 328 / (45^{0,28} \cdot 2,6^{0,12} \cdot 0,25^{0,5}) \cdot 0,42 = 84,6 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = (1000 \cdot V_p) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 84,6) / (3,14 \cdot 120) = 224 \text{ об/мин} \quad (29)$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по стандарту:

$$n_\delta = 220 \text{ об/мин}$$

Действительная скорость резания:

$$V_\delta = (\pi \cdot D \cdot n_\delta) / 1000 = (3,14 \cdot 120 \cdot 220) / 1000 = 82,9 \text{ м/мин} \quad (30)$$

Сила резания: (4, т.2)

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 2,6^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 82,9^0 \cdot 0,54 = 198,5 \quad (31)$$

$$P_z = 198,5 \text{ Н}$$

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Выписываем из (4, т.2, с.274, т.22) значения коэффициентов:

$$\begin{aligned}C_p &= 40; \\x &= 1,0; \\y &= 0,75; \\n &= 0;\end{aligned}$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 0,53 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,54 \quad (32)$$

$$\begin{aligned}K_{\varphi P} &= 1,0; \\K_{\gamma P} &= 1,1; \\K_{\lambda P} &= 1,0; \\K_{rP} &= 0,93.\end{aligned}$$

Мощность резания: (4, т.2, с.270)

$$N_{\partial} = (P_Z \cdot V_{\partial}) / (1020 \cdot 60) = (198,5 \cdot 82,9) / (1020 \cdot 60) = 0,27 \text{ кВт} \quad (33)$$

2 Полуцистовое растачивание

Глубина резания: $t = 0,5$ мм

Назначаем режимы резания:

По справочнику [4, т.2, с.277] нормативным путём назначаем подачу

$S = 0,6$ мм/об; период стойкости резца $T = 45$ мин;

Рассчитываем скорость резания:

$$V_p = 328 / (45^{0,28} \cdot 0,5^{0,12} \cdot 0,6^{0,5}) \cdot 0,42 = 66,5 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = (1000 \cdot V_p) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 66,5) / (3,14 \cdot 120) = 176 \text{ об/мин} \quad (34)$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку:

$$n_{\partial} = 175 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,6^{0,75} \cdot 66,5^0 \cdot 0,54 = 73,6 \text{ Н} \quad (35)$$

Мощность резания:

$$N_{\partial} = (P_z \cdot V_{\partial}) / (1020 \cdot 60) = (73,6 \cdot 66,5) / (1020 \cdot 60) = 0,1 \text{ кВт} \quad (36)$$

3 Чистовое растачивание

Глубина резания: $t = 0,15$ мм

Назначаем режимы резания:

По справочнику [4, т.2, с.277] нормативным путём назначаем подачу

$S = 1,0$ мм/об; период стойкости резца $T = 45$ мин;

Рассчитываем скорость резания:

$$V_p = 328 / (45^{0,28} \cdot 0,15^{0,12} \cdot 1,0^{0,5}) \cdot 0,42 = 337,7 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = (1000 \cdot V_p) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 337,7) / (3,14 \cdot 120) = 896 \text{ об/мин} \quad (37)$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку:

$$n_{\partial} = 900 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,15^{1,0} \cdot 1,0^{0,75} \cdot 337,7^0 \cdot 0,54 = 32,4 \text{ Н} \quad (38)$$

Мощность резания:

$$N_{\partial} = (P_z \cdot V_{\partial}) / (1020 \cdot 60) = (32,4 \cdot 337,7) / (1020 \cdot 60) = 0,18 \text{ кВт} \quad (39)$$

Режимы резания на остальные виды обработки назначаем нормативным путём по справочнику общемашиностроительных нормативов и режимов резания.

Таблица 1.6.2 - Таблица режимов резания

№ операции	№ перехода	Размер		Число проходов i	Глубина Резания t	Подача S		Число оборотов n	Скорость Резания V
		D,B	L			мм/зуб	мм/об		
010	1	220	350	1	2,8	200		100	69,08
	2	194	220	1	2,6	200		100	60,9
020	1	220	350	1	2,6	200		100	69,1
	2	75	100	1	2,6	350		100	23,5
	3	220	350	1	2,6	200		100	69,1
030	1	18	15	4	9		0,4	400	22,6
	2	20	15	2	10		0,4	400	25,1
	3	21,6	15	2	0,8		0,6	400	27,1
	4	22	15	4	0,2		0,8	800	55,3
	5	6,8	18	6	3,4		0,4	700	8,5
	6	8	15	6	0,6		1,0	250	8,5
	7	6,8	18	6	3,4		0,4	400	8,5
	8	8	15	6	0,6		1,0	250	6,3
040	1	6,8	18	8	3,4		0,4	400	8,5
	2	8	15	8	1		1,0	250	6,1
	3	6,8	18	8	3,4		0,4	400	8,5
	4	8	15	8	1		1,0	250	6,1
	5	6,8	18	8	3,4		0,4	400	8,5
	6	8	15	8	1		1,0	250	6,1
050	1	14	70	1	7		0,4	160	7,0
	2	16	20	1	10		1,25	250	12,6
060	1	34	20	1	2,2		0,25	200	18,8
	2	35	20	1	0,6		0,6	160	17,6
070	1	130	160	1	2,6		0,25	200	81,6
	2	130	160	1	0,5		0,6	175	71,4
	3	130	160	1	0,15		1,0	900	367

1.7 Нормирование технологического процесса

Технические нормы времени устанавливаются расчётно-аналитическим методом.

Норма штучного времени определяется по формуле [1, с.101]:

$$T_{шт} = T_o + T_в + T_{об} + T_{отд} \quad (40)$$

где T_o - основное время, мин

$T_{об}$ - время на обслуживание рабочего места, мин

$T_в$ - вспомогательное время, мин

$T_{отд}$ - время на отдых и личные надобности, мин.

$$T_{\epsilon} = T_{yc} + T_{zo} + T_{yn} + T_{из} \quad (41)$$

где T_{yc} - время на установку и снятие детали, мин.

T_{zo} - время на закрепление и открепление детали, мин.

T_{yn} - время на приёмы управления, мин.

$T_{из}$ - время на измерения, мин.

$$T_{об} = T_{tex} + T_{орг}$$

где T_{tex} - время на техническое обслуживание рабочего места, мин.

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание, мин.

$$T_{он} = T_o + T_{\epsilon}$$

где $T_{он}$ - оперативное время, мин.

Проведём расчёт технической нормы времени для первой операции №010Фрезерной

1 переход.

Фрезеровать поверхность основания[9, с.415].

$$T_o = (l + l_1 + l_2) / S_m \cdot i \quad (42)$$

где l - длина обрабатываемой поверхности

l_1 - запас на врезание и перебеги инструмента

l_2 - длина на взятие пробной стружки

S_m - минутная подача фрезы, мм/мин

i - число проходов.

$l=125$ мм;

$l_1=220$ мм;

$l_2=125$ мм;

$S_m = 200$ мм/мин

$i = 1$

$T_o = (125 + 220 + 125) / 200 * 1 = 2,35$ мин

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

2переход

$$l=125 \text{ мм};$$

$$l_1=220 \text{ мм};$$

$$l_2=125 \text{ мм};$$

$$S_m = 200 \text{ мм/мин}$$

$$i = 1$$

$$T_o = (125 + 220 + 125) / 200 * 1 = 2,35 \text{ мин}$$

Основное время на операции составит $T_o=4,7$ мин.

Далее определим вспомогательное время на операции:

$$T_{yc} = 0,75 \text{ мин};$$

$$T_{зо} = 0,435 \text{ мин};$$

$$T_{yn} = 0,32 \text{ мин};$$

$$T_{из} = 0,25 \text{ мин};$$

$$T_e = 0,75 + 0,435 + 0,32 + 0,25 = 1,8 \text{ мин}$$

$$T_{он} = 4,7 + 1,8 = 6,5 \text{ мин}$$

$$T_{mex} = (T_o \cdot t_{cm}) / T \tag{43}$$

где t_{cm} - время на смену инструмента;

Для станка с автоматической сменой инструмента время на смену инструмента составит:

$$t_{cm} = 0,5 \text{ мин.}$$

T - стойкость инструмента;

$$T = 60 \text{ мин.}$$

$$T_{mex} = (6,5 \cdot 0,5) / 60 = 0,054 \text{ мин}$$

$$T_{орг} = T_{он} \cdot (1,2\% / 100\%) = 6,5 \cdot 0,012 = 0,078 \text{ мин} \tag{44}$$

$$T_{об} = T_{mex} + T_{орг} = 0,054 + 0,078 = 0,132 \text{ мин} \tag{45}$$

$$T_{отд} = (T_{он} \cdot \Pi_{отд}) / 100\% \tag{46}$$

где $P_{отд}$ - затраты времени на отдых

$$P_{отд} = 5\%$$

$$T_{отд} = (6,5 \cdot 5\%) / 100\% = 0,325 \text{ мин}$$

Штучное время на переходе:

$$T_{шт} = 6,5 + 1,8 + 0,132 + 0,325 = 8,757 \text{ мин.}$$

Для остальных операций нормирование техпроцесса, осуществляем по такой же методике. Все полученные расчёты сводим в таблицу 1.8.1 – Нормирование технологического процесса.

Таблица 1.7.1 – Нормирование технологического процесса

Операция	Переход	T _о	T _в				T _в	T _{об}	T _{от}	T _{шт}
			T _{ус}	T _{зо}	T _{уп}	T _{из}				
10	1	2,35	0,75	0,435	0,32	0,25	1,8	0,132	0,325	8,75
	2	2,35								
20	1	3,3	0,75	0,44	0,32	0,25	1,8	0,156	0,385	9,33
	2	0,43								
	3	3,3								
30	1	0,625	0,75	0,44	0,90	0,50	2,2	0,22	0,58	7,2
	2	0,31								
	3	0,18								
	4	0,068								
	5	0,9								
	6	0,432								
	7	0,9								
	8	0,4								
40	1	0,9	0,75	0,44	1,20	0,80	3,19	0,27	0,75	8,4
	2	0,4								
	3	0,9								
	4	0,4								
	5	0,6								
	6	0,27								

50	1	0,5	0,75	0,44	0,32	0,25	1,76	0,151	0,12	2,61
	2	0,08								
60	1	0,6	0,75	0,44	0,32	0,25	1,9	0,159	0,395	3,2
	2	0,3								
70	1	3,5	0,75	0,44	0,48	0,3	1,9	0,159	0,395	8,0
	2	1,7								
	3	0,2								

1.8 Разработка технологического процесса для ЧПУ

При применении станков с ЧПУ необходимо наиболее полно использовать технологические возможности этого оборудования. Для каждого станка имеется определенный комплект инструмента. Следует проверить возможность обработки детали с его применением.

Наибольший эффект достигается при использовании станков с ЧПУ для решения наиболее сложных технологических задач, например, для обработки деталей сложного профиля, в случае высокой концентрации переходов обработки, исключения слесарных работ и сложных приспособлений.

На станках с ЧПУ нецелесообразно обрабатывать детали с числом ступеней меньше трех и детали, время установки и выверки которых велико.

Для наибольшего экономического эффекта от внедрения станков с ЧПУ, они должны быть заняты обработкой деталей одного наименования в год.

Для обработки корпуса муфты кулачковой выбираем вертикальный обрабатывающий центр ФС85МФ3 (рисунок 1) российского производства Тверского станкостроительного завода.

1.8.1 Описание фрезерного обрабатывающего центра ФС85МФ3

С помощью вертикального фрезерного центра осуществляют черновую, получистовую и чистовую обработку плоских и фасонных поверхностей заготовок. Благодаря системе ЧПУ, сервоприводам и автоматической системе смены инструмента возможна обработка деталей сложной криволинейной формы (диск, плита, рычаг, корпусная деталь, пресс-форма, штамп, матрица и др.) из обычных и высокопрочных сталей, чугуна, цветных металлов, легких сплавов и пластмасс.

На станке можно производить:

- фрезерование одновременно по трем координатам;
- сверление, зенкерование, развертывание, растачивание отверстий;
- нарезание резьбы.

Дополнительная установка 4-ой контролируемой оси - поворотного стола значительно расширяет диапазон технологических возможностей центра.



Рисунок 1 – Вертикальный обрабатывающий центр ФС85МФ3

Таблица 1.8.1 – Технические характеристики

Характеристика	Значение
Размер стола (Д x Ш), мм	1000x500
Промежуток (мм) x Ширина (мм) x Количество Т-образных пазов (шт)	100x18x5
Наибольшая нагрузка на стол, кг	650
Расстояние от оси шпинделя до направляющих колонны, мм	550
Расстояние от торца шпинделя до поверхности рабочего стола, мм	150~700
Класс точности станка	Н
X/Y/Z Перемещение, мм	850/500/550
X/Y/Z/A Скорость быстрых перемещений, м/мин	36/36/36
Скорость рабочей подачи, мм/мин	1~15000
Точность позиционирования, мкм	±4
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	25/10
Диапазон частот вращения шпинделя, об/мин	40~12000
Конус шпинделя (7:24)	ISO40
Тип магазина	манипулятор

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ

Лист

31

Емкость магазина инструмента, шт	24
Максимальный диаметр/длина сменного инструмента, мм	φ150(80)/L300
Макс. масса инструмента, кг	8
Время смены инструмента, сек	2,5
Охлаждение шпинделя	холодильник масла
Система ЧПУ	SIEMENS 828D
Потребляемая мощность станка, кВт	47,5
Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм	2450x2230x2620
Масса нетто, кг	6 200

1.9 Разработка маршрута механической обработки

При разработке маршрута для станка с ЧПУ основным является принцип соблюдения единства и постоянства баз.

Наиболее удобной поверхностью под базу, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляются плоскость основания и два отверстия.

Таблица 1.9.1 –Маршрут обработки на станках с ЧПУ

№ операции и перехода	Наименование операций и переходов
05	Фрезерно-сверлильная
	База плоскость и две боковые поверхности
1	Фрезеровать пов. основания
2	Сверлить 2 отв. Ø20
3	Зенкеровать 2 отв. Ø21,6
4	Развернуть 2 отв. Ø22
10	Фрезерно-сверлильно-расточная
	База 2 отв. и плоскость основания
1	Фрезеровать поверхность в р-р 160 _{0,6}
2	Расточить отв. 2, 3 предварительно, отв. 4 окончательно.
3	Расточить отв. 2, 3 предварительно
4	Расточить отв. 2, 3 предварительно
5	Сверлить 6 отв. Ø6,8 под резьбу М8-7Н
6	Нарезать резьбу М8-7Н
15	Фрезерно-сверлильно-расточная

I	База 2 отв. и плоскость основания
1	Фрезеровать плоскость 1 в размер 223 _{-0,7}
2	Сверлить 6 отв. Ø6,8 под резьбу М8-7Н
3	Нарезать резьбу М8-7Н
4	Повернуть заготовку на 180°
5	Фрезеровать плоскость 2 в размер 220 _{-0,7}
6	Сверлить 6 отв. Ø6,8 под резьбу М8-7Н
7	Нарезать резьбу М8-7Н
II	Повернуть заготовку на 90°
8	Фрезеровать плоскость 3 в размер 3,5±0,15
9	Расточить отв. 4 предварительно
10	Расточить отв. 4 окончательно
11	Сверлить 6 отв. Ø6,8 под резьбу М8-7Н
12	Нарезать резьбу М8-7Н
III	Повернуть заготовку 120 °
13	Сверлить отв. Ø14 на проход
14	Нарезать резьбу М16-7Н на глубину 15
20	Сверлильная
	База плоскость и две боковые поверхности
1	Сверлить 6 отв. Ø6,8 под резьбу М8-7Н
2	Нарезать резьбу М8-7Н
3	Сверлить 4 отв. Ø18 на проход

Материал режущего инструмента принимаем такой же, как и для техпроцесса на универсальном оборудовании.

Припуски на механическую обработку и режимы резания принимаем аналогичными техпроцессу на универсальных станках (таблицы 1.5.3 и 1.6.2).

1.10 Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ

Основное время по переходам будет аналогичным техпроцессу на универсальных станках. Вспомогательное время будет отличаться, так как обработка ведется от одной базы без переустановок, станок имеет автоматическую смену инструмента, числовое программное управление и прочие параметры. Составим таблицу 1.10.1 – Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ.

Таблица 1.10.1 – Нормирование технологического процесса на ЧПУ

№ операции.	Наименование операций и переходов	T _о	T _{всп}				T _в	T _{об}	T _{от}	T _{шт}
			T _{ус}	T _з	T _{упр}	T _{изм}				
05	Фрезерно-сверлильная									
	База плоскость и две боковые поверхности									
1	Фрезеровать пов. основания	2,35	0,75	0,435	0,3	0,20	1,8	0,18	0,33	5,22
2	Сверлить 2 отв. Ø20	0,31								
3	Зенкеровать 2 отв. Ø21,6	0,18								
4	Развернуть 2 отв. Ø22	0,07								
10	Фрезерно-сверлильно-расточная									
	База 2 отв. и плоскость основания									
1	Фрезеровать поверхность в р-р 160 _{0,6}	2,35	0,75	0,435	0,3	0,3	1,78	0,36	0,63	10,82
2	Расточить отв. 2, 3 предварительно, отв. 4 окончательно.	3,5								
3	Расточить отв. 2, 3 предварительно	1,7								
4	Расточить отв. 2, 3 предварительно	0,2								
5	Сверлить 6 отв. Ø6,8 под резьбу М8-7Н	0,9								
6	Нарезать резьбу М8-7Н	0,4								
15	Фрезерно-сверлильно-расточная									
I	База 2 отв. и плоскость основания									
1	Фрезеровать плоскость 1 в размер 223 _{0,7}	3,3	0,75	0,435	0,3	0,7	2,18	0,58	1,02	16,19
2	Сверлить 6 отв. Ø6,8 под резьбу М8-7Н	0,9								
3	Нарезать резьбу М8-7Н	0,4								

2 Конструкторская часть

2.1 Проектирование расточного приспособления

2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления

Спроектировать фрезерное приспособление, устанавливаемое на столвертикально-расточного станка 2У430 для выполнения операций №70 расточки центрального отверстия.

2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается плоскостью на опорные пластины приспособления, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной баз служат два установочных пальца. Силовое замыкание производится четырьмя прихватами с пневмоприводами.

Зажимное приспособление должно предотвратить сдвиг заготовки в продольном направлении под действием силы подачи при растачивании отверстия $\varnothing 130$. Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую сдвиг заготовки, наличием пальцев пренебрежем.

Схема приспособления изображена на рисунке 2.1.

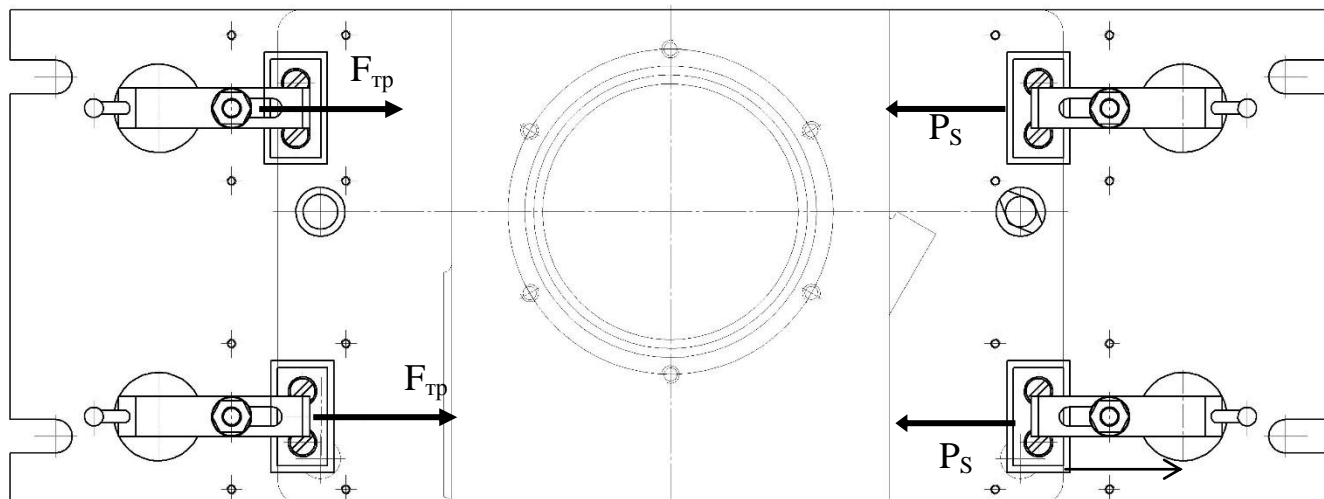


Рисунок 2.1 - Схема приспособления

					БР-15.03.05 000.000 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Еремин			Конструкторская часть		
Руковод.		Желтобрюхов					
Консульт.		Желтобрюхов					
Н. Контр.		Торопов					
Зав. Каф.					Лит.	Лист	Листов
					ХТИ – филиал СФУ		

По схеме приспособления составим уравнение равновесия сил на ось X.

$$\sum F_X = 0 \Rightarrow P_S - 4 \cdot F_{тр} = 0 \quad (2.1)$$

где P_S – сила подачи или осевая составляющая силы резания;

$F_{тр}$ – сила трения прихвата о заготовку $F_{тр} = Q \cdot k_{тр}$,

где Q – сила действия прихвата на заготовку;

$k_{тр} = 0,1$ – коэффициент трения сталь по стали.

Так как на операции чернового растачивания приспособление будет подобное, только вместо пальцев будут упоры, но сила резания значительно выше, расчеты проведем по черновому растачиванию:

$$P_X = 5156 \text{ Н.}$$

$$5156 = 4 \cdot Q \cdot 0,1,$$

$$Q = 12890 \text{ Н.}$$

2.1.3 Расчет силы привода

Силовой расчет сводится к определению силы привода, как функции от силы закрепления $P_{пр} = f(Q)$.

Прихват представляет собой двух плечевой рычаг с осью вращения, на одном конце, которого приложена сила привода, а на другом - развивается необходимая сила закрепления.

На прихват кроме силы привода действуют сила трения о заготовку, сила трения о привод и сила, с которой заготовка действует на прихват, по модулю равная силе закрепления $Q' = |Q|$.

Силу привода определим из условия равновесия этого рычага, то есть сумма моментов относительно оси вращения рычага должна быть равна нулю (рисунок 2.2).

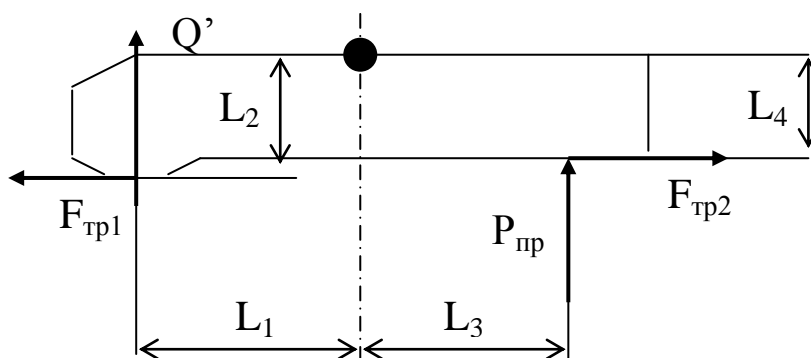


Рисунок 2.2 - Схема работы прихвата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$$Q' \cdot L_1 + F_{\text{тр1}} \cdot L_2 - 3P_{\text{пр}} \cdot L_3 - F_{\text{тр2}} \cdot L_4 = 0 \quad (2.2)$$

где L_1, L_2, L_3, L_4 - плечи соответствующих сил;

$$F_{\text{тр1}} = Q' \cdot k_{\text{тр}} - \text{сила трения прихвата о заготовку};$$

$$F_{\text{тр2}} = P_{\text{пр}} \cdot k_{\text{тр}} - \text{сила трения прихвата о привод}.$$

Произведем следующие преобразования:

$$Q' \cdot (L_1 + k_{\text{тр}} \cdot L_2) = P_{\text{пр}} \cdot (L_3 + k_{\text{тр}} \cdot L_4) \quad (2.3)$$

Отсюда можно выразить и определить силу привода:

$$P_{\text{пр}} = Q' \cdot \frac{L_1 + f \cdot L_2}{L_3 + f \cdot L_4} \quad (2.4)$$

где $L_1 = 30$ мм; $L_2 = 15$ мм; $L_3 = 30$ мм; $L_4 = 10$ мм; $f = 0,1$.

Подставив данные в формулу, получим:

$$P_{\text{пр}} = 12890 \cdot \frac{30 + 0,1 \cdot 15}{30 + 0,1 \cdot 10} = 13534 \text{ Н}.$$

2.1.4 Расчет силового привода

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем пневмопривод, соединенный с плунжером, который должен действовать на прихват с силой $P_{\text{пр}}$ не менее 13534 Н. Воздействие осуществляется через клиновую передачу с роликовыми опорами.

Рассчитаем необходимую силу $P_{\text{шт}}$ на штоке и через нее определим диаметр пневмоцилиндра.

$$P_{\text{пр}} = \frac{1 - \text{tg} \left(\alpha_1 + \frac{d}{D} \cdot f \right) \cdot \text{tg} \varphi_3}{\text{tg} \left(\alpha_1 + \frac{d}{D} \cdot f \right) + \frac{d}{D} \cdot f} \cdot P_{\text{шт}} \quad (2.5)$$

где $\alpha_1 = 10^\circ$ - угол клина;

$\varphi_3 = 30^\circ$ - угол трения в направляющей плунжера;

$f = 0,1$ - коэффициент трения в шарнире;

$d = 3$ мм - диаметр оси ролика;

$D = 10$ мм - диаметр ролика.

									Лист
									38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ				

Преобразуя формулу и подставив данные, получим $P_{шт} = 11768$ Н.

Сила действия штока преобразуется из силы давления подаваемого воздуха через следующее соотношение:

$$P_{шт} = P_{сж} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta \quad (2.6)$$

где $P_{сж} = 6$ атм - давление сжатого воздуха, подаваемого в штоковую камеру;

D - диаметр штока пневмоцилиндра;

$\eta = 0,95$ - коэффициент полезного действия пневмопривода.

Отсюда выразим диаметр пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{шт}}{\pi \cdot P_{сж} \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11768}{3,14 \cdot 6 \cdot 0,95}} = 51 \text{ мм} \quad (2.7)$$

Полученное значение округлим до ближайшего большего стандартного и примем цилиндр с диаметром поршня $D = 55$ мм.

2.1.2 Расчёт приспособления на точность

Необходимо выдержать допуск непараллельности фрезеруемой плоскости и плоскости основания детали.

Определяем погрешность базирования

$$\varepsilon'_{баз} = \arctg \frac{S_{\max}}{L} \quad (2.8)$$

S_{\max} - максимальный зазор между установочным пальцем и отверстием детали;

$$S_{\max} = \delta_{отв} + \delta_{уст} + S_{уст} \quad (2.9)$$

L - расстояние между пальцами;

$$S_{\max} = 0,005 + 0,005 + 0,01 = 0,02 \text{ мм}$$

$$L = 312 \text{ мм}$$

$$\varepsilon'_{\delta_{аз}} = \arctg \frac{0,02}{312} = 0,0037 \text{ мм}$$

Погрешность закрепления

$$\varepsilon_3 = 0,001 \text{ мкм};$$

Погрешность установку $\varepsilon_y = 0 \text{ мкм};$

Погрешность от изнашиваемых установочных пластин $\varepsilon_u = 0,002 \text{ мм};$

Экономическая точность обработки $\omega = 0,035 \text{ мм};$

$$K_T = 1,2;$$

$$K_{T2} = 0,1;$$

$$K_{T1} = 1;$$

$$\varepsilon_{np} = 0,0037 - 1,2 \sqrt{1 \cdot 0,02^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,002^2 + (0,2 * 0,035)^2}$$

$$\varepsilon_{np} = 0,0054 \text{ мм}$$

Таким образом, погрешность фрезерного приспособления составляет

$$\varepsilon_{np} = 0,0054 \text{ мм}, \text{ что меньше допуска непараллельности } \delta_0 = 0,1 \text{ мм}.$$

Отсюда видно, что допуск на выдерживаемый при обработке размер перекрывает все возникающие погрешности и рассчитанную точность можно получить в условиях массового производства, поэтому спроектированная схема приспособления остается без изменений.

2.2 Проектирование контрольного приспособления

Требуется спроектировать контрольное приспособление для контроля перпендикулярности оси отверстия $\phi 120$ мм относительно торца В.

2.2.1 Описание конструкции приспособления

Для контроля перпендикулярности реализуем ось отверстия. Для этого в отверстие детали $\phi 120$ устанавливаем разжимную оправку цангового типа. На ось оправки устанавливается рычаг с закрепленным на нём индикатором. Создаётся предварительный натяг индикатора и выставление нулевого значения. Далее производится поворот вокруг оси оправки и считывание показаний индикатора. Разность максимального и минимального из показаний даст погрешность перпендикулярности.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

2.2.2 Расчет на точность

При измерении возникает ряд погрешностей, которые необходимо учесть для правильной настройки. Для определения пригодности приспособления необходимо рассчитать общую погрешность приспособления по формуле

$$\varepsilon_{np} = \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_{изм}^2 + (k_{T2} \omega)^2} \quad (51)$$

где $\delta = 50$ мкм – допуск выдерживаемого параметра;

$k_T = 1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$k_{T1} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$\varepsilon_\delta = 0$ – погрешность базирования детали в направлении выдерживаемого размера, вызванная несовпадением конструкторских и технологических баз, (так как оправка самоцентрирующаяся);

$\varepsilon_3 = 0$ мкм – погрешность закрепления, вызванная проседанием опор под действием сил зажима;

$\varepsilon_{II} = 0$ – погрешность установки приспособления на станке, (так как деталь находится на столе и контакта приспособления с поверхностью стола нет);

$\varepsilon_{II} = 10$ мкм – погрешность положения детали, вызванная износом частей приспособления;

$\varepsilon_{изм} = 5$ мкм – погрешность измерения;

$k_{T2} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызванной факторами, не зависящими от приспособления;

$\omega = 80$ мкм – экономическая точность обработки, т.е. такая точность, затраты на которую при выбранном способе обработки будут меньше, чем при других способах.

$$\varepsilon_{np} = 50 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + 5^2 + (0,8 \cdot 80)^2} = 27,9 \text{ мкм}$$

Таким образом, погрешность приспособления составляет 0,028 мм.

									Лист
									41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

3 Экономическая часть

3.1 Выбор технологического оборудования

Для обработки корпуса нами было разработано два технологических процесса. В базовом варианте универсальном оборудовании (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единица ремонтной сложности R _м	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы оборудования, руб	Суммарная стоимость, руб
Вертикально-фрезерный 6P12	1	7,5	23	3,97	1 590 000	1 590 000
Радиально-сверлильный 2M55	3	5,5	26	2,5	1 470 000	4 410 000
Горизонтально фрезерный 6P82Г	1	7,5	23	4,49	1 850 000	1 850 000
Вертикально-расточной 2У430	1	11	21	2,01	2 400 000	2 400 000
Горизонтально расточной 2В622	1	11	21	24,1	2 850 000	2 850 000
Вертикально-сверлильный 2Н125	1	3,5	11	0,48	300 000	300 000
ИТОГО	8	57		42,5		13 400 000

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единица ремонтной сложности R _м	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы оборудования, руб	Суммарная стоимость, руб
Фрезерный обрабатывающий центр модели ФС85МФ3	3	47,5	44	13,66	4270000	12810000
ИТОГО	3	47,5		40,98		12 810 000

3.2 Определение занимаемой площади

Площадь, занимаемую оборудованием, определим по формуле

$$S = f \cdot k_f \quad (3.1)$$

где f_{Σ} - суммарная площадь станков в плане;

$k_f = 2,5$ - коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь проходов, проездов, мест складирования заготовок ит.д.

Для обработки корпуса потребуется 8 универсальных станков общей площадью 42,5 м².

$$S_{\text{ун}} = 42,5 \cdot 2,5 = 106,2 \text{ м}^2;$$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 40,98 \cdot 2,5 = 102,45 \text{ м}^2.$$

3.3 Организация транспортной системы

Организация работы транспортной системы предприятия в целом включает в себя расчет грузооборота, грузопотоков и выбор транспортных средств. В нашем случае транспортная система не входит в состав участка и, поэтому произведем только выбор межоперационного транспорта и транспорта по доставке заготовок на участок и отправки с него.

Наша деталь относится к тяжелым металлическим твердым деталям плоской базой транспортируемых поштучно. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять поворотные краны. Они устанавливаются около стен и не требуют широких проездов, просты в управлении. Кран-укосина имеет вылет стрелы до 5 м и грузоподъемность до 500 кг. Для транспортирования корпуса через проезд применим монорельс [5]. Транспортированием заготовок от станка к станку будут заниматься сами рабочие. При применении станков с ЧПУ используем аналогичный межоперационного транспорта не предусмотрено.

Для доставки заготовок из заготовительного цеха, для их транспортировки на склад используется автономный электротранспорт электрокары. Они относятся к экологически чистому транспорту, поскольку их питание осуществляется от аккумуляторных батарей.

3.4 Организация технического контроля

Система контроля качества изделий предназначена для своевременного определения с требуемой точностью параметров качества изделий механосборочного производства.

Требования, предъявляемые при контроле, должны соответствовать техническим условиям на приемку деталей. Правильность размеров деталей после обработки проверяется измерительными инструментами общегонимания, калибрами, пробками, специальными приспособлениями. Контрольные пункты в любом цехе размещают с обслуживанием по ходу технологического процесса.

3.5 Организация системы инструментообеспечения

Система инструментообеспечения предназначена для обслуживания всего технологического оборудования завода заранее подготовленными инструментами, а также для контроля за их правильной эксплуатацией.

Используя установленные нормы расхода инструмента, определяют потребность участка в инструменте и составляют годовую программу-заявку на все потребные виды инструмента. Годовая потребность распределяется по кварталам, а затем, в процессе текущей работы составляются заявки на инструмент ежемесячно. После установления потребности цеху выдается лимитная карта или лимитная книжка, в которой записаны наименования требуемого инструмента, получаемого с центрального инструментального склада завода. Инструмент выдается во временное пользование.

3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания

Система ремонтного и технического обслуживания производства предусматривается для обеспечения работоспособности технологического и подъемно-транспортного оборудования и других технических средств производства, удаления и переработки стружки, обеспечения рабочих мест охлаждающими жидкостями, электроэнергией, сжатым воздухом и создания необходимого микроклимата и чистоты воздуха в цехе.

Для этой цели в составе цеха создают ремонтную базу, отделение по ремонту электрооборудования и электронных систем, подсистемы удаления и переработки стружки, приготовления и раздачи охлаждающих жидкостей, электроснабжения и др.

Системой планово-предупредительного ремонта (ШТР) оборудования предусматриваются различные по назначению, содержанию и объему виды работ.

Структура ремонтного цикла имеет вид [5]

К-О-О-Т-О-О-Т-О-О-С-О-О-Т-О-О-Т-О-О-К

где К - капитальный ремонт,

Т - текущий ремонт;

С - средний ремонт;

О - осмотр.

Система ремонтов называется планово-предупредительной, потому что все предупредительные мероприятия и ремонт осуществляются в плановом порядке, поэтому внеплановый (аварийный) ремонт при правильной организации системы ПШР не должен иметь место.

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

3.7 Расчет себестоимости детали

Себестоимость детали включает в себя затраты на материал и последующую механическую обработку. Для обоих вариантов технологического процесса она неизменна 5540 руб. Под стоимостью механической обработки понимают затраты по операциям, которые необходимо выполнять притом или ином варианте обработки до получения необходимого размера. Стоимость механической обработки по всем рассматриваемым операциям определяется по формуле [8]

$$C_{\text{обр}} = \sum C_{\text{обр}}^{di} \quad (3.2)$$

где i - порядковый номер операции; m - число рассматриваемых операций, $C_{\text{обр}}^{di}$ - стоимость механической обработки детали при d -ом варианте обработки на i -ой операции, руб./ед.

Стоимость механической обработки детали при d -ом варианте обработки на 1-ой операции состоит из затрат на заработную плату, амортизацию ОПФ, затрат на силовую электроэнергию и ремонт оборудования.

Заработная плата основных производственных - рабочих определяется по формуле

$$З = C^{\text{н}i} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_d \cdot k_{\text{соц}} \cdot T_{\text{шт}}^{di} \quad (3.3)$$

где $C^{\text{н}i}$ - часовая тарифная ставка первого разряда, 150 руб./ч.

k_p - коэффициент разряда;

k_c , $k_{\text{пр}}$, $k_{\text{п}}$, k_d , $k_{\text{соц}}$ - коэффициенты, учитывающие соответственно, районную и северную надбавку к заработной плате (1,3), приработок рабочего (1), доплату по премиальной системе (1,4), дополнительную заработную плату (1,095), отчисления на социальные нужды (1,3);

$T_{\text{шт}}^{di}$ - штучное время на операции, ч/ед.

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. При использовании станка с ЧПУ принимаем 4 разряд с коэффициентом 1,36.

Общее время обработки на универсальном оборудовании 57 мин или 0,95 ч. на станке с ЧПУ – 34,3 мин или 0,57 ч.

$$З_{\text{ун}} = 150 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,95 = 446,7 \text{руб/дет};$$

При использовании станков с ЧПУ на участке работает один рабочий. Доплата за многостаночное обслуживание 1,25. Необходимо так же учесть зарплату наладчика через коэффициент 1,15.

$$З_{\text{чпу}} = 150 \cdot 1,36 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,57 = 433 \text{руб/дет};$$

Основные производственные фонды (таблицы 3.3, 3.4) - это та часть капитала предприятия, которая переносит свою стоимость на стоимость готовой продукции в виде амортизационных отчислений за несколько процессов производства.

В нашем случае в них входит: стоимость производственного здания, стоимость оборудования, стоимость транспорта; инструмент и инвентарь, используемые на данном участке.

Стоимость транспорта рассчитывается как 3 % от стоимости технологического оборудования для универсальных станков и как 1 % - для станков с ЧПУ. Стоимость инструмента рассчитывается как 1 % от стоимости технологического оборудования. Стоимость инвентаря рассчитывается как 0,5 % от суммарной стоимости технологического оборудования и здания.

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим по формуле

$$A_{\text{дет}} = \frac{A_{\text{г}} \cdot T_N}{N} \quad (3.4)$$

T_N - время обработки программы деталей, год,

N - годовая программа выпуска, 500 шт.

Время обработки программы деталей определим по формуле:

$$T_N = \frac{T_{\text{шт. max}} \cdot N}{F_{\text{д}} \cdot 60} = \frac{57 \cdot 500}{4029 \cdot 60} = 0,12 \text{ года}$$

где $T_{\text{шт. max}}$ – наибольшая продолжительность операции, мин;

$F_{\text{д}}$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 4029 ч.

При обработке на станках с ЧПУ:

$$T_N = \frac{T_{\text{шт. max}} \cdot N}{F_{\text{д}} \cdot 60} = \frac{34,3 \cdot 500}{4029 \cdot 60} = 0,07 \text{ года.}$$

Таблица 3.3 - Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб	Суммарная стоимость, руб	Норма амортизации, %	Годовые амортизац. отчисления, руб	Амортизац. отчисления на деталь, руб
1. Здание	106	75 000	7 965 000	3	112 500	112,5
2. Оборудование	8		13 400 000	12	1 608 000	1608,0
3. Транспорт			402 000	8	32 160	32,2
4. Инструмент			134 000	15	20 100	20,1
5. Инвентарь			67 000	15	10 050	10,1
ИТОГО			14 139 448		1 782 810	1782,8

Таблица 3.4- Основные производственные фонды при использовании оборудования с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб	Суммарная стоимость, руб	Норма амортизации, %	Годовые амортизац. отчисления, руб	Амортизац. отчисления на деталь, руб
1. Здание	102,4	75 000	7 680 000	3	112 500	112,5
2. Оборудование	3		12 810 000	12	1 537 200	1537,2
3. Транспорт			384 300	8	30 744	30,7
4. Инструмент			128 100	15	19 215	19,2
5. Инвентарь			64 050	15	9 608	9,6
ИТОГО			21 066 450		1 709 267	1709,3

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_B \cdot k_{од} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{шт.макс} \cdot \mathcal{C}_э \quad (3.5)$$

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N, k_B – средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности и по времени;

$k_{од}$ – средний коэффициент одновременности работы всех двигателей (0,7);

k_w – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода (1,06);

η – КПД электродвигателей оборудования (0,7);

$\mathcal{C}_э$ – тариф на электроэнергию (3,4 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{ун} = (57 \cdot 0,75 \cdot 0,12 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,95 \cdot 3,4 = 17,6 \text{ руб/дет};$$

$$\mathcal{E}_{ЧПУ} = (47,5 \cdot 0,75 \cdot 0,07 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,57 \cdot 3,4 = 5,12 \text{ руб/дет}.$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

$$P = \frac{W_M \cdot R_M \cdot T_{шт}}{T_{р.ц.}} \quad (3.6)$$

где W_M – затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящиеся на единицу ремонтной сложности данного оборудования - 12500 руб;

R_M - единицы ремонтной сложности;

$T_{р.ц.}$ длительность ремонтного цикла 6 лет или 24174 часа;

$T_{шт}$ - штучное время на определенном типе оборудования нафрезерных станках - 0,3 ч, на сверлильных - 0,38 ч, на расточных - 0,27 ч.

$$P_{ун} = \frac{12500(23 \cdot 0,3 + 26 \cdot 0,38 + 21 \cdot 0,27)}{24174} = 6,7 \text{ руб/дет}$$

$T_{шт}$ – для расточного станка с ЧПУ - 0,57 ч

$$P_{\text{ЧПУ}} = \frac{12500 \cdot 41 \cdot 0,57}{24174} = 12,08 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{\text{ун}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ун}} = 5540 + 1782,8 + 446,7 + 17,6 + 6,7 = 7793,8 \text{ руб/дет};$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ЧПУ}} = 5540 + 1709,3 + 433 + 5,12 + 12,08 = 7699,5 \text{ руб/дет}.$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней механической обработки на универсальном оборудовании на 2 %.

При этом, приведенная годовая экономия (экономический эффект на программу) составит

$$\Delta_{\text{г}} = (C_{\text{ун}} - C_{\text{ЧПУ}}) \cdot N = (7793,8 - 7699,5) \cdot 500 = 47150 \text{ руб}.$$

3.8 Техничко-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки — 500 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки составляет 5540 руб.

3 Основные производственные фонды берем по таблицам 3.3, 3.4.

4 Площади берем по таблицам 3.1, 3.2.

5 Количество рабочих мест есть количество принятого оборудования таблицам 3.1, 3.2.

6 Численность основных рабочих в смене при работе на универсальном оборудовании равна количеству обслуживаемого оборудования. Режим работы принимаем односменный.

При работе на станке с ЧПУ принимаем односменный режим работы с 3 операторами.

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{446,7 \cdot 500}{8 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,12} = 19388 \text{ руб} \quad (3.6)$$

где $Z_{\text{ун}}$ - заработная плата основных рабочих, приходящаяся на одну деталь, при работе на универсальном оборудовании, руб/дет.

N - годовая программа выпуска, шт, n - число рабочих в смене, чел;

m - число смен;

12 - месяцев в году;

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

T_N - время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.чпу}} = \frac{Z_{\text{чпу}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{433 \cdot 500}{3 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,07} = 85912 \text{ руб} \quad (3.7)$$

где $Z_{\text{чпу}}$ - заработная плата основных рабочих, приходящаяся на одну деталь,

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ансеров, М.А. Приспособление для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2013 – 1846с.
3. Болотин, Х. Л. Станочное приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2003 – 315 с.
4. Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К.М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 2003 – 256 с.
5. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Минск.: Высшая школа, 2007 – 255 с.
6. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. – Минск.: Высшая школа, 2003 – 312 с.
7. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2011 – 303 с.
8. Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005 – 156 с.
9. Долматовский, Г. А. Справочник технолога по обработке металлов резанием / Г.А. Долматовский. – М.: Машиностроение, 2014 354 с.
10. Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2013 – 1026 с.
11. Егоров, М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М. Е. Егоров. – М.: Высшая школа, 2011 – 478 с.
12. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 2003 – 273 с.
13. Мельников, Г.Н. Проектирование механосборочных цехов / Г.Н. Мельников, В. П. Вороненко. – М.: Машиностроение, 1990 – 350 с.
14. Методические указания по расчету заземления электроустановок / Абакан, 2000 – 16 с.
15. Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романов и др. – М.: Стройиздат, 2008 – 165 с.
16. Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А.Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010 – 511 с.
17. Общемашинностроительные нормативы вспомогательного времени и на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках / М.: Экономика, 2008 – 65 с.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Еремин</i>			СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>					
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
					ХТИ – филиал СФУ		

18. Общемашиностроительные нормативы режимов резания :
справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.:Машиностроение, 2011 – 98 с.

19. Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в
машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М.,
Машиностроение, 2000 – 186 с.

20. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г.
Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005
– 988 с.

21. Технология машиностроения / А. А. Гусев и др. – М.:
Машиностроения, 2006 – 287 с.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе разработаны два варианта изготовления корпуса муфты кулачковой. Первый вариант — это изготовления с применением универсального оборудования, второй – оборудование с ЧПУ.

В технологической части были проведены расчеты припусков на обработку, режимов резания и норм времени на все операции технологического процесса, выбрано оптимальное технологическое оборудование.

При обработке на станках ЧПУ использован современный вертикальный обрабатывающий центр ФС85МФ3 российского производства позволяющий вести обработку по трем координатам. Расширить возможности данного станка позволяет специальный координатно-поворотный стол. Благодаря которому обработка детали муфта кулачковая может вестись от одной базы без каких-либо переустановок.

В конструкторской части работы спроектировано зажимное приспособление для установки детали на расточной операции, контрольное приспособление для контроля перпендикулярности оси отверстия относительно торца детали.

В организационно-экономической части выпускной работы рассмотрены вопросы организации производственного процесса; рассчитана необходимая площадь для универсального оборудования и оборудования с ЧПУ, сделан расчет заработной платы для обоих вариантов. На основании проведенного экономического анализа разработанных технологических процессов, можно сделать вывод о целесообразности применения станков с ЧПУ. Важно отметить, что при производстве детали на универсальных станках затраты составляют 7793,8 руб/дет., а на оборудовании с ЧПУ 7699 руб/дет., что является несомненным плюсом. Годовой экономический эффект от внедрения станков с ЧПУ составил 47 150 рублей.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Еремин</i>			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>						
						ХТИ – филиал СФУ		

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.Н. А.Н. Торопов
подпись инициалы, фамилия

« 20 » 06 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса
муфты кулачкового двигателя генератора сейсмических колебаний

Руководитель

Е.М. 20.06.23
подпись, дата

к.т.н., доцент Е.М. Желтобрюхов

должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

А.И. 19.06.23
подпись, дата

А.И. Еремин


инициалы, фамилия

Абакан, 2023

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка технологического процесса механической обработки корпуса муфты кулачкового двигателя генератора сейсмических колебаний


Консультанты по
разделам:

Технологическая часть
наименование раздела

 20.01.23
подпись, дата


Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела

 20.01.23
подпись, дата

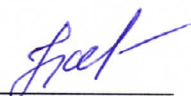
Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть
наименование раздела

 20.01.23
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Заключение на иностранном языке
наименование раздела

 20.01.23
подпись, дата

Н.В. Чезыбаева
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 20.01.23
подпись, дата

М.М. Сагалакова
инициалы, фамилия


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.Н. Горопов
подпись инициалы, фамилия

« 14 » 04 2023 г

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Еремину Андрею Игоревичу

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1 Направление 15.03.05

номер

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка технологического процесса механической обработки корпуса муфты кулачкового двигателя генератора сейсмических колебаний

Утверждена приказом по университету № 229 от 14.04.2023

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, к.т.н., доцент кафедры АТиМ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

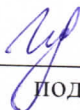
Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали с заводским номером БМШИ 237.40.071.00.01;

2. годовая программа N = 500шт

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть; Организационно-экономическая часть;

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1; 2. Технологический процесс - 4 листа ф. А1; 3. Приспособление контрольное - 1 лист ф. А1; 4. Приспособление расточное - 1 лист ф. А1; 5. Технико-экономические показатели - 1 лист ф.А1.

Руководитель ВКР



подпись

Е.М. Желтобрюхов
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



подпись

А.И. Еремин
инициалы и фамилия студента