



Продолжение титульного листа БР по теме: разработка технологического процесса механической обработки корпуса механизма переключения.

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

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.

инициалы, фамилия

Заключение на иностранном языке

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Н.В. Чезыбаева

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

подпись, дата

М.М. Сагалакова

инициалы, фамилия



Студенту Никифоровой Полине Сергеевне

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1 Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка технологического  
процесса механической обработки корпуса механизма переключения передач

Утверждена приказом по институту № 7 от 22.03.2023 г.

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, канд. техн. наук, доцент кафедры  
ЭМиАТ, ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска N = 100 шт.

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;  
Организационно – экономическая часть.

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1;

2. Базовый технологический процесс – 2 листа ф. А1; 3. Технологический  
процесс на станке с ЧПУ – 2 листа ф. А1; 4. Приспособление зажимное –  
1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Техничко-  
экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_   
подпись

Е.М. Желтобрюхов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

подпись

П.С. Никифорова

инициалы и фамилия студента

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

## РЕФЕРАТ

Данная работа содержит проектирование технологического процесса механической обработки корпуса червячного редуктора.

В технологической части проанализировано служебное назначение картера, сделан анализ технологичности и технических требований, выбран способ получения заготовки, произведен расчет и выбор припусков на механическую обработку, расчет и выбор режимов резания, нормирование технологического процесса обработки корпуса, определено необходимое количество технологического оборудования.

В конструкторской части спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на универсальном горизонтально-фрезерном станке 6P12 на операции фрезерования торцов. Так же спроектировано специальное контрольное приспособление для контроля параллельности оси отверстия под подшипник червяка к плоскости разъема корпуса редуктора.

В экономической части сделан расчёт целесообразности внедрения станков с ЧПУ в производство. Проведен расчет стоимости ОПФ, расчет заработной платы рабочих и расчет себестоимости изготовления картера по спроектированному и базовому вариантам.

В графической части работы выполнены чертеж корпуса, совмещенный с заготовкой, карты технологического процесса обработки картера на универсальном оборудовании и на станках с ЧПУ, чертежи зажимного и контрольного приспособлений. Вынесены основные технико-экономические показатели.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Никифорова				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		Желтобрюхов					<i>Листов</i>
							5 67
<i>Н. Контр.</i>		Сагалакова			РЕФЕРАТ ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
<i>Утв.</i>		Торопов					

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1. Технологическая часть .....	8
1.1. Служебное назначение детали .....	8
1.2. Анализ технологичности .....	9
1.3. Анализ технологических требований .....	11
1.4. Выбор метода получения заготовки .....	12
1.5. Метод обработки детали .....	13
1.6. Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки корпуса .....	13
1.7. Разработка технологического процесса и управляющих программ для станков ЧПУ .....	17
1.8. Расчет и назначение припусков на механическую обработку .....	21
1.9. Расчет режимов резания .....	27
1.10. Расчет норм времени .....	34
2. Конструкторская часть .....	42
2.1. Проектирование зажимного приспособления .....	42
2.1.1. Техническое задание на проектирование зажимного приспособления .....	42
2.1.2. Описание работы приспособления .....	42
2.1.3. Расчет силы привода .....	42
2.1.4. Расчет силового привода .....	44
2.1.5. Расчет зажимного приспособления на точность .....	45
2.2. Проектирование контрольного приспособления .....	47
2.2.1. Техническое задание на проектирование контрольного приспособления .....	48
2.2.2. Описание конструкции приспособления .....	48
2.2.3. Расчет приспособления на точность .....	48
3. Экономическая часть .....	50
3.1. Выбор необходимого оборудования участка .....	50
3.2. Перечень технологического оборудования .....	51
3.3. Определение занимаемой площади цеха и ее стоимости под оборудование .....	52
3.4. Организация транспортной системы .....	52
3.5. Организация технического контроля .....	53
3.6. Организация системы инструментообеспечения .....	53
3.7. Организация системы ремонтного и технического обслуживания .....	54
3.8. Расчет себестоимости детали .....	55
3.9. Техничко-экономические показатели .....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	63
CONCLUSION .....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	65
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	67

БР-15.03.05-2023 ПЗ				
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>		Никифорова		
<i>Провер.</i>		Желтобрюхов		
<i>Н. Контр.</i>		Сагалакова		
<i>Утв.</i>		Торопов		
СОДЕРЖАНИЕ				
		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
		6	6	67
ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1				

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение – ведущий комплекс отраслей в промышленности. Его уровень определяет дальнейшее развитие всего народного хозяйства. По сравнению с другими отраслями машиностроение развивается опережающими темпами. Важное место отводится машиностроению и в перспективных планах развития народного хозяйства на ближайшее будущее.

В настоящее время изготовление деталей машин в значительной мере связано с механообработкой. В зависимости от типа производства удельный вес механообработки составляет 30-70%. Проектирование технологических процессов механообработки связано с определенными трудностями: в каждом случае необходимо решать многокритериальные задачи со многими параметрами.

В данной выпускной работе приведены результаты проектирования технологического процесса механической обработки корпуса червячного редуктора с применением станка ЧПУ в условиях серийного производства.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Никифорова				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		Желтобрюхов					<i>Листов</i>
							7 67
<i>Н. Контр.</i>		Сагалакова			ВВЕДЕНИЕ ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
<i>Утв.</i>		Торопов					

## 1. Технологическая часть

### 1.1. Служебное назначение детали

Корпус является базовой деталью для установки и взаимной ориентации в пространстве валов червячного редуктора.

Корпус имеет коробчатую форму с отверстиями служащих для установки валов. Для обеспечения работоспособности детали внутренние поверхности должны быть выполнены с достаточной точностью по размерам, шероховатости и по их взаимному расположению. Так же корпус предохраняет механизм от попадания посторонних предметов, которые могут привести к поломке или уменьшению срока эксплуатации деталей механизма (рис. 1.1).

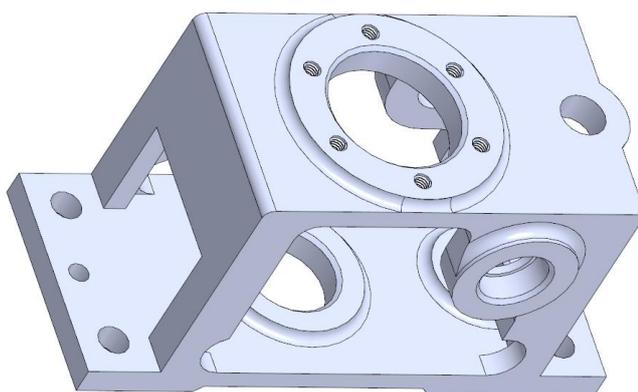


Рисунок 1.1 – 3D модель корпуса червячного редуктора

Корпус изготавливают литым, из углеродистой линейной стали 35Л ГОСТ 977-95.

Данный материал обладает высокими временным сопротивлением, относительным удлинением, ударной вязкостью достаточной износостойкостью при ударных нагрузках.

Механические свойства стали 35Л [13].

1. Предел прочности при растяжении – наибольшая нагрузка,

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.	Никифорова				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Желтобрюхов					8	67
Н. Контр.	Сагалакова				ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
Утв.	Торопов						
Технологическая часть							

предшествующую разрушению образца –  $\sigma_B = 500$  МПа;

2. Предел текучести – минимальное напряжение при котором начинается текучесть (пластическая деформация материала без дальнейшего увеличения нагрузки) –  $\sigma_T = 280$  МПа;

3. Относительное удлинение до разрушения образца –  $\delta = 15\%$ ;

4. Твердость по Бринеллю  $HV = 190$  Н/мм<sup>2</sup>.

Химический состав материала сводим в таблицу 1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 35Л, %

C	Mn	Si	Cu	S	Ni
0,32-0,45	0,5-0,8	0,17-0,37	≤0,25	≤0,04	≤ 0,25

Применение серого чугуна СЧ20 вполне приемлемо.

## 1.2. Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция данной детали является достаточно простой.

Нетехнологичными являются торцы посадочных отверстий из-за большого вылета инструмента.

Глухие крепежные отверстия нетехнологичны, так как затруднён отвод стружки и тепла из зоны резания.

Посадочные отверстия допускают обработку на проход, что не требует точной настройки станка на длину резания.

В остальном деталь технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов резания. Деталь имеет развитую базовую поверхность для надежного базирования при выполнении точных операций.

Проведем количественную технологичности конструкции детали по следующим показателям.

1. Коэффициент использования материала:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		9

$$K_M = \frac{m_{дет}}{m_{заг}}, \quad (1.1)$$

где  $m_{дет}$  – масса детали;

$m_{заг}$  – масса заготовки.

$$K_M = \frac{7,8}{8,5} = 0,92 > 0,75,$$

Деталь технологична.

2. Коэффициент унификации:

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}}, \quad (1.2)$$

где  $K_{одн}$  – количество однотипных поверхностей;

$K_{об}$  – общее количество поверхностей.

$$K_y = \frac{34}{53} = 0,64 > 0,5,$$

Деталь технологична.

3. Коэффициент использования стандартного инструмента:

$$K_u = \frac{K_{си}}{K_{об}}, \quad (1.3)$$

где  $K_{си}$  – количество стандартного инструмента;

$K_{об}$  – общее количество инструмента.

$$K_u = \frac{9}{15} = 0,6 > 0,5,$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		10

Деталь технологична.

4. Коэффициент обрабатываемости:

$$K_{об} = \frac{N_{обр}}{N_{об}}, \quad (1.4)$$

где  $N_{обр}$  – количество обрабатываемых поверхностей;

$N_{об}$  – общее количество поверхностей.

$$K_{об} = \frac{32}{54} = 0,6 > 0,5,$$

Деталь технологична.

На основании проверенного анализа, можно сделать вывод, что данная деталь является технологична.

### 1.3. Анализ технологических требований

Деталь является отливкой из стали 35Л ГОСТ 977-95.

Главным условием качественной работы редуктора является точность ориентации валов в пространстве для точности передачи моментов и исключения заклинивания. Для этого к корпусу предъявляются основные технические требования – параллельность верхнего торца и горизонтальной оси посадочных отверстий к установочной плоскости. Это требование выполняется обработкой указанных поверхностей с базированием по установочной плоскости.

Соосность ступеней посадочных отверстий общей оси выдерживаются их одновременной обработкой с одной установки на настроенном оборудовании.

Допуски на размеры и шероховатость, выдерживаются подбором соответствующего точности метода обработки и режимов резания:

- для достижения шероховатости плоскостей  $Rz = 40$  мкм достаточно однократной обработки;

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		11

- для достижения 7-го качества размерной точности посадочных отверстий с шероховатостью  $Ra = 2,5$  мкм, требуется черновая, чистовая и тонкая обработка;
- для получения отверстий по 14-му качеству достаточно сверления.

#### 1.4. Выбор метода получения заготовки

Материал корпуса – сталь 35Л. Метод выполнения заготовки в значительной мере зависит от материала.

Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения.

Стальные отливки преимущественно изготавливают литьем в облицованный кокиль и в песчаные формы. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов (таблица 1.2).

Стоимость заготовок, получаемых литьем, можно с достаточной точностью определить по формуле [8]:

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (1.5)$$

где  $C_i$  – базовая стоимость 1 тонны заготовок;

$k_m, k_c, k_b, k_M, k_n$  – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;

$Q$  – масса заготовки;

$q$  – масса готовой детали;

$S_{\text{отх}}$  – цена одной тонны отходов.

Наша заготовка 2-го класса точности, IV группы сложности, массой 8,5 кг из литейной стали, 2-ой группы серийности.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		12

Таблица 1.2 – Выбор заготовки

Вид литья	$C_i$	$k_m$	$k_c$	$k_b$	$k_M$	$k_n$	Q	q	$S_{отх}$
Кокиль	73000	1,05	1,2	0,93	1,22	1	8,45	7,8	2850
Песч. формы	73000	1	1,2	0,93	1,22	1	8,5	7,8	2850

$$S_{заг1} = 879,99 \text{ руб.}, S_{заг2} = 842,83 \text{ руб.}$$

Как видим из расчетов, для нашего случая более приемлемо литье в обычные земляные формы по 2 классу точности.

Годовой экономический эффект при этом составит:

$$\mathcal{E}_Г = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N, \quad (1.6)$$

$$\mathcal{E}_Г = (879,99 - 842,83) \cdot 300 = 11148 \text{ руб.}$$

### 1.5. Метод обработки детали

Корпус представляет собой корпусную деталь коробчатого типа.

Плоскости детали обрабатываем на фрезерном станке торцевыми фрезами.

Главным движением при торцевом фрезеровании является вращательное движение инструмента вокруг своей оси. Движение подачи – поступательное движение стола с заготовкой.

Посадочные отверстия в сплошном металле можно получить сверлением. Сверление осуществляют сочетанием вращательного движения инструмента вокруг своей оси (главное движение) и поступательного его движения вдоль оси (движения подачи). Процесс сверления протекает в более сложных условиях, чем точение, как затруднен отвод стружки и повод СОЖ к режущим кромкам инструмента.

### 1.6. Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки корпуса

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		13

Составление технологического процесса механической обработки включает в себя:

- Выбор черновых, чистовых и промежуточных баз на операциях;
- Установка последовательности операций для достижения заданной точности детали;
- Подбор оборудования с соответствующий параметрами;
- Выбор соответствующего режущего инструмента.

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

Корпус представляет собой деталь коробчатого типа с посадочными отверстиями в двух перпендикулярных плоскостях. Наиболее подходящей поверхностью под основную технологическую базу представляет установочную плоскость корпуса 1, так как от нее назначены технические требования и большинство конструкторских размеров.

Деталь небольшая, поэтому для фрезерных операций вполне подойдет вертикально-фрезерный станок 6Р12.

Для расточных операций примем горизонтально-расточной станок 2М614. Так как есть посадочное отверстие с осью перпендикулярной базе на горизонтально расточном станке деталь придется базировать к вертикальной плоскости.

Для сверления крепежных отверстий, расположенных по окружности, возьмем радиально-сверлильный станок 2М55.

На основе эскиза детали (рисунок 1.2) составим маршрут обработки на универсальном оборудовании.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		14



8. Зенкеровать торец 3 окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – зажимное специальное и кондукторная плита, инструмент – сверла спиральные по ГОСТ 4010-97 Р6М5, развертка по ГОСТ 1672-90 Р6М5, комбинированное сверло, зенкер, развертка, цековка насадная двухсторонняя, измерительный инструмент калибр-пробка ПР-НЕ.

030 Расточная

А Установить заготовку по поверхности 1 и двум отверстиям 11.

1. Подрезать торец 10 окончательно.
2. Расточить отверстие 6 на проход предварительно.
3. Расточить отверстие 6 на проход предварительно.
4. Расточить отверстие 6 на проход окончательно.
5. Расточить фаски.

Станок горизонтально-расточной 2М614, приспособление – зажимное специальное, режущий инструмент – резец подрезной по ГОСТ 18880-93 Т15К6, резец расточной по ГОСТ 18883-93 Т15К6, оправки расточные, измерительный инструмент – штангельциркуль ШЦ-I-125-0,05 по ГОСТ 166-80, нутромер НМ-125 по ГОСТ 3148-93.

040 Расточная

А Установить заготовку по поверхности 1 и двум отверстиям 11.

1. Расточить отверстие 7 предварительно с одновременной подрезкой торца окончательно с одной стороны.

2. Расточить отверстие 7 предварительно на проход с одной стороны.
3. Расточить отверстие 7 окончательно на проход с одной стороны.
4. Расточить фаску.

Б Повернуть заготовку на 180°.

5. Расточить отверстие 7 предварительно с одновременной подрезкой торца окончательно с другой стороны.

6. Расточить отверстие 7 предварительно с другой стороны.
7. Расточить отверстие 7 на проход окончательно с другой стороны.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		16

8. Расточить фаску.

Станок горизонтально-расточной 2М614, приспособление зажимное специальное, режущий инструмент – резец расточной по ГОСТ 18883-93 Т15К6, оправки расточные, головка подрезная, измерительный инструмент – штангельциркуль ШЦ-I-125-0,05 по ГОСТ 166-80, нутромер НМ-125 по ГОСТ 3148-93.

050 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 1 и двум отверстиям 11.

1. Сверлить 6 отверстий 8 под резьбу.
2. Снять фаску.
3. Нарезать 6 отверстий 8 под резьбу М10-8Н окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – зажимное специальное и кондукторная плита, инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-97 Р6М5, метчик по ГОСТ 3266-91 Р6М5, измерительный инструмент – калибр-пробка резьбовое.

060 Сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 7 и его торцу с упором в поверхность 1.

1. Сверлить 4 отверстия 9 под резьбу с одной стороны.
2. Снять фаску.
3. Нарезать в 4 отверстиях 9 резьбу М6-7Н окончательно.
4. Сверлить 4 отверстия 9 под резьбу с другой стороны.
5. Снять фаску.
6. Нарезать в 4 отверстиях 9 резьбу М6-7Н окончательно.

**1.7. Разработка технологического процесса и управляющих программ для станков ЧПУ**

Современное машиностроительное производство невозможно представить без широкого использования станков с ЧПУ. Программные управляемые

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		17

станки позволяют обеспечивать высокую точность и производительность обработки за счет высокой концентрации различных типов технологических операций на одном станке и возможности изготовления детали за одну установку. Наиболее полно объединяют в себе эти качества многофункциональные токарно-фрезерные и фрезерно-токарные обрабатывающие центры, выполняющие одновременную многоосевую обработку деталей в главном и вспомогательном шпинделе несколькими инструментами [17].

В данной ВКР будет использоваться горизонтальный обрабатывающий центр ИС-500 (рис 1.3).



Рисунок 1.3 – станок ИС-500

Таблица 1.3 – Характеристики станка ИС-500

Количество столов	2
Размер стола, мм	500x500
Наибольший крутящий момент шпинделя, Нм	900
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	4500
Мощность шпинделя, кВт	22
Количество инструментов	64
Время смены инструмента, сек	8
Максимальный диаметр свободно стоящего инструмента, мм	315
Максимальная длина инструмента от торца шпинделя, мм	400

Составим маршрут обработки корпуса с применением станков с ЧПУ.

010 Фрезерная

А Установить заготовку на первый стол

1. Фрезеровать поверхность 1 окончательно.
2. Сверлить 4 отверстия 11 окончательно.
3. Развернуть 2 отверстия 11 технологически под палец.
4. Сверлить 2 отверстия Ø10 окончательно.
5. Сверлить отверстие 4 окончательно с одной стороны.
6. Расточить отверстие 6 предварительно с одной стороны.

Б Повернуть стол на 180°

7. Фрезеровать поверхность 5 окончательно.
8. Расточить отверстие 6 на проход предварительно.
9. Расточить отверстие 6 на проход окончательно.
10. Сверлить отверстие 4 предварительно с одной стороны.
11. Расточить отверстие 4 окончательно с одной стороны.
12. Расточить фаску в 6.
13. Сверлить 6 отверстий 8 под резьбу.
14. Нарезать в 6 отверстиях резьбу М10-8Н.

В Переустановить заготовку на второй стол

15. Фрезеровать торец отверстия 7 по контуру окончательно.
16. Расточить отверстие 7 предварительно с одной стороны.
17. Расточить отверстие 7 предварительно с одной стороны.
18. Расточить отверстие 7 окончательно с одной стороны.
19. Расточить фаску.
20. Сверлить 4 отверстия 9 под резьбу с одной стороны.
21. Нарезать в 4 отверстиях 9 резьбу М6-7Н окончательно.
22. Фрезеровать торец 10 по контуру окончательно.

Г Повернуть стол на 180°

23. Фрезеровать торец отверстия 7 по контуру окончательно.
24. Расточить отверстие 7 предварительно с другой стороны.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		19

25. Расточить отверстие предварительно с другой стороны.
26. Расточить отверстие 7 окончательно с другой стороны.
27. Расточить фаску.
28. Сверлить 4 отверстия 9 под резьбу с другой стороны.
29. Нарезать в 4 отверстия 9 резьбу М6-7Н окончательно.

Оборудование и оснастка: горизонтальный обрабатывающей центр с инструментальным магазином цепного типа ИС-500; приспособление универсальное сборное механизированное, отправки расточные; инструмент – цилиндрическая фреза (L200, D30), развертка по ГОСТ 1672-90 Р6М5, сверло (L165, D10, A120), зенкер, развертка, резец расточной по ГОСТ 18883-93 Т15К6.

Увеличение технологических возможностей станков приводит к усложнению управляющих программ (УП), а значит, возрастают требования и к программному обеспечению для их разработки. Современные средства разработки программ для станков с ЧПУ должны решать такие сложные задачи как программирование сложной синхронизированной многоинструментальной обработки – например, для одновременной обработки тремя инструментами двух деталей в главном и во вспомогательном шпинделе, работу протившпинделя, уловителя готовых детали, задней бабки, люнета и других механизмов. Кроме того, для программирования обработки на многофункциональных станках необходима автоматизированная проверка программ с симуляцией их работы на конкретном станке. Технолог-программист, передавая программу в цех, должен быть полностью уверен, что программные ошибки исключены, а значит, исключен риск поломки дорогостоящего станка и инструмента.

Процесс разработки управляющей программы начинается с построения 3D-модели детали в CAD/CAM-системе (приведена на листе графической части работы). На основании 3D-модели проектируется управляющая программа и разрабатывается технологический документ – карта наладки станка с ЧПУ.

Управляющая программа для данного станка была разработана в программе SprutCAM. Данная система предназначена для составления управляющих программ для широкой гаммы станков: токарных, фрезерных, токарно-фрезерных,

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		20

электроэрозионных станков и обрабатывающих центров различного типа. Эта система позволяет создавать 3D-схемы станков и всех его узлов и производить предварительную виртуальную обработку с контролем кинематики и 100% достоверностью, что позволяет нам наглядно программировать сложное многокоординатное оборудование.

Фрагменты управляющей программы приведены в приложении.

### 1.8. Расчет и назначение припусков на механическую обработку

Для достижения максимальной производительности оборудования и уменьшения брака необходимо максимально точно рассчитывать припуски на механическую обработку.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен нормативным методом по соответствующим справочным таблицам и ГОСТам или определен на основе расчетно-аналитического метода.

Расчетно-аналитический метод базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности.

Для наиболее важных поверхностей данной детали припуски рассчитываем по формулам.

Для расчетов выберем поверхности – посадочное отверстие  $\varnothing 64$  и установочная плоскость.

#### 1. Обработка посадочного отверстия $\varnothing 64^{+0,03}$ .

Данное отверстие рассчитывается до шероховатости  $Ra = 2,5$  мкм с выдерживанием точности размера по седьмому качеству. Для достижения такой точности выполним черновую, чистовую и тонкую обработку.

При обработке внутренних цилиндрических поверхностей формула для расчета минимального припуска имеет вид [8]:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		21

$$2Z_{min} = 2 \left( Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.7)$$

где  $Rz$  – шероховатость, мкм;

$T$  – глубина дефективного слоя, мкм;

$\rho$  – суммарное пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности, мкм;

$\varepsilon$  – погрешность установки заготовки при обработке, мкм.

Суммарное значение  $Rz$  и  $T$ , характеризующее качество поверхности литой заготовки второго класса точности с размерами не более 1250 мм, составляет 700 мкм. После первого технологического перехода  $Rz = 50$  мкм,  $T = 50$  мкм, после второго – по 30 мкм.

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в этом случае равна величине смещения обрабатываемой поверхности [6]:

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}. \quad (1.8)$$

Коробление следует учитывать в диаметральном и в осевом сечении [8]:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}. \quad (1.9)$$

Удельная кривизна для литых заготовок  $\Delta_k = 1$  мкм.

Диаметр отверстия  $d = 64$  мм, длина  $l = 16$  мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(1 \cdot 40)^2 + (1 \cdot 52)^2} = 66 \text{ мкм.}$$

Величина смещения отверстия в отливке относительно установочной поверхности представляет геометрическую сумму допусков на размеры в двух взаимно перпендикулярных плоскостях [8]:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		22

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2}. \quad (1.10)$$

Допуски на размеры по второму классу точности отливки для соответствующих размеров составляют 1600 мкм.

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{1600}{2}\right)^2 + \left(\frac{1600}{2}\right)^2} = 1131 \text{ мкм.}$$

$$\rho_d = \sqrt{66^2 + 1131^2} = 1133 \text{ мкм.}$$

На последующих переходах  $\rho$  определяется через коэффициент уточнения, который равен: после чернового растачивания 0,06, после чистового растачивания 0,04.

Погрешность установки [8]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (1.11)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  – погрешность зацепления.

При обработке рассматриваемого отверстия заготовка устанавливается на плоскость основания, которая лишает ее трех степеней свободы.

Направляющую и упорную базы представляют два установочных пальца, лишают заготовку оставшихся трех степеней свободы.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет перекоса заготовки в вертикальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Перекос происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев.

Наибольший зазор можно определить по формуле:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		23

$$S_{max} = \delta_A + \delta_B + S_{min}, \quad (1.12)$$

где  $\delta_A$  – допуск на отверстие, 43 мкм;

$\delta_B$  – допуск на диаметр пальца, 43 мкм;

$S_{min}$  – минимальный зазор, 18 мкм.

$$S_{max} = 43 + 43 + 18 = 104 \text{ мкм.}$$

Тогда наибольший угол поворота заготовки на пальцах может быть найден из отношения наибольшего зазора при повороте в одну сторону от среднего положения, к расстоянию между базовыми отверстиями:

$$tg\alpha = \frac{S_{max}}{l}, \quad (1.13)$$

$$tg\alpha = \frac{0,104}{260} = 0,0004.$$

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 150 мм.

$$\varepsilon_6 = 150 \cdot 0,0004 = 60 \text{ мкм.}$$

Для рассматриваемого случая  $\varepsilon_1 = 0$ , так как силы закрепления действуют параллельно оси обрабатываемого отверстия и на точность получаемого размера влияния не оказывают. Следовательно,  $\varepsilon_1 = 60$  мкм.

Чистовой и тонкий проходы выполняются без переустановки, поэтому погрешность базирования будет равна нулю.

Расчетные размеры получаем вычитанием из размера по чертежу значения припуска на тонкое растачивание и так далее.

Значения допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		24

с качеством вида обработки.

Наибольшее значение размера получаем округлением расчетного размера до точности допуска соответствующего перехода, а наименьший – вычитанием из наибольших допусков соответствующих переходов.

Минимальные предельные значения припусков равны разности наибольших предельный выполняемого и предыдущего переходов, а максимальные – соответственно разности наименьших предельных размеров.

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.3.

1. Обработка установочной плоскости корпуса:

Конструкторский размер  $138 \pm 0,5$ . Обработка ведется в один переход – черновое фрезерование до шероховатости  $Rz = 40$  мкм.

Таблица 1.3 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку посадочного отверстия  $\varnothing 64^{+0,03}$

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельный припуск, мкм	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{min}$	$d_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$
Заготовка	700		1133	-	-	59,81	1600	58,2	60,5		
Растачивание											
черновое	50	50	68	60	2·1835	63,48	300	63,1	63,6	4160	5780
чистовое	30	30	45	0	2·168	63,82	74	63,7	63,8	240	354
Тонкое точение	-	-	-	0	2·105	64,03	30	64	64,1	152	196
Итого										4552	6330

Припуск на обработку плоскости можно рассчитывать по формуле [8]:

$$Z_{min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i. \quad (1.14)$$

Суммарное значение Rz и T составляет 700 мкм.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		25

Суммарное значение пространственных отклонений [8]:

$$\rho = \rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L, \quad (1.15)$$

где удельная кривизна для литых заготовок  $\Delta_{\text{к}} = 1$  мкм; длина плоскости  $L = 102$  мм.

$$\rho = 1 \cdot 102 = 102 \text{ мкм.}$$

Погрешность базирования при установке на противоположную плоскость равна нулю.

Погрешность закрепления пневматическим зажимом литой заготовки при установке на пластинки приспособления по чистой базе  $\varepsilon_3 = 140$  мкм.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку установочной плоскости

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $Z_{\text{min}}$ , мкм	Расчетный размер $l_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельный припуск, мкм	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{\text{min}}$	$d_{\text{max}}$	$Z_{\text{min}}$	$Z_{\text{max}}$
Заготовка	700		102	-	-	139,442	2200	139,5	140,5		
Обработка											
Черновая	-	-	-	140	942	137,5	1000	137,9	138,1	1598	2440
Итого										1598	2440

На остальные поверхности припуски назначим (источник) и сведем в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический переход	Припуск на сторону, мм		Межпереходный р-р с полем допуска
Номер поверхности	Размер по чертежу, мм		Расчетный	Принятый	
1,2(10) – плоскости	19±0,26	1 черновое фрезерование 2 черновое фрезерование	0,95	1,5 1,5	22 <sup>+0,35</sup> <sub>-0,75</sub> 21,5 <sup>+0,28</sup> <sub>-0,56</sub>
1,5 – плоскости	138±0,5	1 черновое фрезерование 2 черновое фрезерование	0,95	1,5 1,5	141 <sup>+0,8</sup> <sub>-1,4</sub> 139,5 <sup>+0,6</sup> <sub>-1,0</sub>
4 – отверстие	Ø28 <sup>+0,21</sup>	1 рассверливание 2 зенкерование 3 развертывание		2,2·2 0,18·2 0,12·2	Ø23 <sup>+0,75</sup> <sub>-0,35</sub> Ø27,4 <sup>+0,14</sup> <sub>-0,07</sub> Ø27,76 <sup>+0,034</sup> <sub>-0,018</sub>
6 – отверстие	Ø64 <sup>+0,03</sup>	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание	1,8·2 0,17·2 0,11·2	2,2·2 0,18·2 0,12·2	Ø59 <sup>+1,0</sup> <sub>-0,6</sub> Ø63,4 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,1</sub> Ø63,76 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,024</sub>
7 – отверстие	Ø32 <sup>+0,025</sup>	1 чистовое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание		2,2·2 0,18·2 0,12·2	Ø27 <sup>+0,75</sup> <sub>-0,35</sub> Ø31,4 <sup>+0,17</sup> <sub>-0,08</sub> Ø31,76 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,02</sub>

### 1.9. Расчет режимов резания

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

Произведем расчет режимов резания для тех же поверхностей.

Посадочное отверстие Ø64<sup>+0,03</sup> мм.

1. Черновое растачивание:

Глубина резания по таблице 1.4  $t = 2,2$  мм.

Подача черновом растачивании принимается максимально допустимой мощности оборудования, прочности режущей пластины и так далее.

Обработка ведется расточным резцом с пластиной из твердого сплава.

По таблице 12 [16]:  $S = 0,6$  мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по формуле [14]:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		27

$$V = \frac{C_V}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_V \cdot 0,9, \quad (1.16)$$

где значения коэффициента  $C_V$  и показателей степени берутся из таблицы 17 [16]:  $C_V = 350$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,2$ ;

$K_V$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания.

$K_V$  вычислим по формуле [16]:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (1.17)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [16] для стали  $\sigma_B = 500$  МПа;

$K_{ПВ}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, по таблице 5 [16] при обработке стальной отливки по корке –  $K_{ПВ} = 0,8$ , без корки –  $K_{ПВ} = 1$ ;  $K_{ИВ}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [16] для пластин из твердого сплава Т15К6 –  $K_{ИВ} = 1,03$ ;  $T$  – среднее значение стойкости инструмента, при одноинструментальной обработке  $T = 60$  мин;  $0,9$  – поправочный коэффициент на растачивание.

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{П_V}, \quad (1.18)$$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left( \frac{750}{500} \right)^{1,1} = 1,56.$$

$$K_{ИВ} = 1,56 \cdot 0,8 \cdot 1,03 = 1,28.$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} 1,28 \cdot 0,9 = 90 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения [16]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.19)$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		28

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 64} = 448 \text{ об/мин.}$$

Примем согласно паспорту станка 2М614 – 400 об/мин.

Уточним скорость резания [16]:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (1.20)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 4000}{1000} = 80 \text{ м/мин.}$$

Сила резания [16]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.21)$$

где постоянная  $C_p$  и показатели степени возьмем из таблицы 22 [16].

$C_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ ;  $K_p$  – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания [16].

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}, \quad (1.22)$$

где  $K_{mp}$  – учитывает влияние качества обрабатываемого материала, для стали по таблице 9 [16];

$K_{\varphi p}$  – учитывает влияние главного угла в плане, при  $\varphi = 60^\circ$ ,  $K_{\varphi p} = 0,94$ ;

$K_{\gamma p}$  – учитывает влияние переднего угла, при  $\gamma = 10^\circ$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ;

$K_{\lambda p}$  – учитывает влияние угла наклона главного лезвия, при  $\lambda = 0$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ;

$K_{\tau p}$  – учитывает влияние радиуса при вершине,  $\tau = 0,5$  мм,  $K_{\tau p} = 0,87$ .

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.23)$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		29

$$K_{\text{mp}} = \left(\frac{500}{750}\right)^{0,75} = 0,74.$$

$$K_p = 0,74 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,61.$$

Сила резания:

$$P = 10 \cdot 300 \cdot 2,2^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 80^{-0,15} \cdot 0,61 = 1411 \text{ Н.}$$

Мощность резания [16]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.24)$$

$$N_e = \frac{1411 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Мощность принятого универсального станка 4,5 кВт, а станка с ЧПУ – 22 кВт.

2. Чистовое растачивание:

Глубина резания по таблице 1.4  $t = 0,18 \text{ мм.}$

Поддачи при чистовом растачивании применяется в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По таблице 14 [16] при  $Ra = 3,2 \text{ мкм}$  и  $r = 0,5 \text{ мм}$ ,  $S = 0,25 \text{ мм/об.}$

Расчеты вычисляем по тем же формулам.

Скорость резания:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,18^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} 1,6 \cdot 0,9 = 137 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		30

$$n = \frac{1000 \cdot 137}{3,14 \cdot 64} = 682 \text{ об/мин.}$$

Примем  $n = 630$  об/мин.

Уточним скорость резания:

$$V = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 630}{1000} = 125 \text{ м/мин.}$$

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 18^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 125^{-0,15} \cdot 0,61 = 57 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{57 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 0,12 \text{ кВт.}$$

1. Тонкое растачивание:

Глубина резания по таблице 1.4  $t = 0,12$  мм.

Подача при тонком растачивании по таблице 19 [16] при  $Ra = 2,5$  мкм равна  $S = 0,1$  мм/об.

Скорость резания находим по таблице 19 [16]  $V = 200$  м/мин.

Частота вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 64} = 995 \text{ об/мин.}$$

Принимаем  $n = 800$  об/мин.

Уточняем скорость резания:

$$V = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 800}{1000} = 160 \text{ м/мин.}$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		31

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 12^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 160^{-0,15} \cdot 0,61 = 18 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{18 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт.}$$

Фрезерование установочной плоскости А.

Обработка идет в один переход – черновой.

Режущий инструмент – торцевая фреза Ø160 с числом зубьев  $z = 16$ .

1. Черновое фрезерование:

Глубина резания по таблице 1.4  $t = 1,5$  мм. Подача на один зуб фрезы по таблице 33 [16] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава  $S_z = 0,1$  мм.

Скорость резания – окружная скорость фрезы находим по формуле [16]:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_V, \quad (1.25)$$

где значение коэффициента  $C_V$  и показателей степени возьмем из таблицы 39 [16],  $C_V = 332$ ;  $q = 0,2$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,4$ ;  $u = 0,2$ ;  $p = 0$ ;  $m = 0,2$ ;

$K_V$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,  $K_V = 1,28$ ;

$T$  – период стойкости,  $T = 180$  мин;

$B$  – ширина фрезерования,  $B = 109$  мм.

$$V = \frac{332 \cdot 160^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 109^{0,2} \cdot 16^0} \cdot 1,28 = 274 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		32

$$n = \frac{1000 \cdot 274}{3,14 \cdot 160} = 545 \text{ об/мин.}$$

Принимаем по паспорту станка 6P12  $n = 500$  об/мин.

Уточняем скорость резания:

$$V = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 500}{1000} = 250 \text{ м/мин.}$$

Сила резания при фрезеровании вычисляем по формуле [16]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP}, \quad (1.26)$$

где значение  $C_p$  и показателей степени примем по таблице 41 [16],  $C_p = 825$ ;  
 $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1$ ;  $w = 0,2$ ;  $K_{MP} = 0,74$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 109^{1,1} \cdot 16}{160^{1,3} \cdot 500^{0,2}} \cdot 0,74 = 1787 \text{ Н.}$$

Крутящий момент на шпинделе:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (1.27)$$

$$M_{кр} = \frac{1787 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 1,43 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{1787 \cdot 250}{1020 \cdot 60} = 7,3 \text{ кВт.}$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		33

Мощность принятого станка 6P12  $N_e = 7,5$  кВт, станка ЧПУ  $N_e = 22$  кВт.

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику [14] и сведем в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – режимы резания

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, мм/мин	n, об/мин	P <sub>z</sub> , Н	N <sub>e</sub> , кВт
Фрезерование торцевое	1,5	1,6	250	500	1787	7,3
Фрезерование концевое	1,5	0,4	200	2500	925	3,8
Растачивание черновое	2,2	0,6	80	400	1411	1,9
Растачивание чистовое	0,18	0,25	125	630	57	0,12
Растачивание тонкое	0,12	0,1	160	800	18	0,05
Сверление Ø21,4	10,7	0,38	20	315	3537	1,2
Зенкерование Ø22	0,18	0,6	25	400	323	0,13
Развертывание Ø22	0,12	0,8	31,5	500	217	0,11
Сверление Ø15	7,5	0,32	16	400	2784	1,1
Развертывание Ø15	0,25	0,6	20	500	356	0,12
Сверление Ø10	5	0,25	16	500	2496	0,7
Сверление Ø5,25	2,625	0,14	10	630	1960	0,32
Нарезание М6	0,375	0,75	3,15	200	420	0,02
Сверление Ø9	4,5	0,23	16	500	2340	0,6
Нарезание М10	0,5	1	5	160	460	0,04

### 1.10. Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [15]:

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд}, \quad (1.28)$$

где  $t_o$  – основное (технологическое) время, затрачиваемое на достижение цели данной технологической операции;  $t_b$  – вспомогательное время, на осуществление действий, создающих возможность выполнения основной работы;  $t_{\text{тех}}$ ,  $t_{\text{орг}}$  – время, соответственно, технического и организационного обслуживания рабочего места;  $t_{\text{отд}}$  – время на отдых и личные потребности.

Суммарное значение основного и вспомогательного времени составляет оперативное время [15]:

$$T_{\text{оп}} = t_o + t_b, \quad (1.29)$$

где  $t_{\text{тех}}$ ,  $t_{\text{орг}}$  и  $t_{\text{отд}}$  берут укрупнено, в процентах от операции времени.

Основное время рассчитывают, как отношение длины обработки к скорости обработки.

Вспомогательное время включает в себя время на установку-снятие детали со станка, время управления станком, время холостых ходов и время на смену инструмента при много инструментальной обработке.

Пронормируем операцию обработки посадочного отверстия с вертикальной осью. Данная операция содержит пять технологических переходов.

Основное время при точении рассчитывается по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n}, \quad (1.30)$$

где  $L$  – длина обработки;

$S$  – подача;

$n$  – частота вращения шпинделя.

Длину обработки найдем по формуле:

$$L = L_0 + L_1 + L_2, \quad (1.31)$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		35

где  $L_0$  – фактическая длина обработки;  $L_1$  – длина врезания;  $L_2$  – длина перебега.

1. Подрезка внутреннего торца:

Длина обработки равна ширине торца с учетом врезания и пробега.

$$L = (\varnothing 70 - \varnothing 40)/2 + 5 + 5 = 25 \text{ мм.}$$

$$S = 0,6 \text{ мм/об; } n = 400 \text{ об/мин.}$$

Отсюда, основное время:

$$t_{o1} = \frac{25}{0,6 \cdot 400} = 0,11 \text{ мин.}$$

2. Растачивание черновое:

Обработка ведется на проход оправкой с двумя расточными резцами.

Длина обработки есть длина отверстия с учетом врезания и перебега:

$$L = 16 + 5 + 5 = 26 \text{ мм.}$$

Основное время:

$$t_{o2} = \frac{26}{0,6 \cdot 400} = 0,11 \text{ мин.}$$

1. Растачивание чистовое:

Обработка так же ведется на проход оправкой с двумя расточными резцами.

Длина обработки:

$$L = 16 + 5 + 5 = 26 \text{ мм.}$$

Основное время:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		36

$$t_{03} = \frac{26}{0,25 \cdot 630} = 0,17 \text{ мин.}$$

3. Растачивание тонкое:

Обработка ведется на проход оправкой с двумя расточными резцами.

Длина обработки:

$$L = 16 + 5 + 5 = 26 \text{ мм.}$$

Основное время:

$$t_{04} = \frac{26}{0,1 \cdot 800} = 0,33 \text{ мин.}$$

4. Растачивание фасок:

Длина обработки:

$$L = 2 + 5 = 7 \text{ мм.}$$

Основное время:

$$t_{05} = \frac{7}{0,6 \cdot 400} = 0,03 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции:

$$t_0 = 0,11 + 0,11 + 0,17 + 0,33 + 0,03 = 0,75 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время берется по справочным таблицам с учетом условий производства, оборудования, массы и габаритов заготовки и др.

По справочнику [8]:

1. Время на установку и снятие детали со станка 0,57 мин;

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		37

2. Время закрепление и открепление детали 0,19 мин;
3. Время на подход-отвод инструмента 0,68 мин;
4. Время на управление станком 1,21 мин.

Вспомогательное время:

$$t_{\text{в}} = 0,57 + 0,19 + 0,68 + 1,21 = 2,65 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{\text{оп}} = 0,75 + 2,65 = 3,4 \text{ мин.}$$

Укрупненно для расточных станков [8]:

$$t_{\text{тех}} = 2\% \cdot T_{\text{оп}};$$

$$t_{\text{орг}} = 1,2\% \cdot T_{\text{оп}};$$

$$t_{\text{отд}} = 4\% \cdot T_{\text{оп}}.$$

$$t_{\text{тех}} = 2\% \cdot 3,4 = 0,07 \text{ мин};$$

$$t_{\text{орг}} = 1,2\% \cdot 3,4 = 0,04 \text{ мин};$$

$$t_{\text{отд}} = 4\% \cdot 3,4 = 0,14 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = 3,4 + 0,07 + 0,04 + 0,14 = 3,65 \text{ мин.}$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		38

Для условий серийного производства необходимо рассчитывать штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}}, \quad (1.32)$$

где подготовительно-заключительное время при работе на расточных станках  $T_{\text{п.з.}} = 23$  мин;  $n$  – количество деталей в настроечной партии  $n = 100$  шт.

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{23}{100} + 3,65 = 3,88 \text{ мин.}$$

На остальные операции нормы времени рассчитываем аналогично и результаты вычислений сводим в таблицу 1.6 и 1.7.

Таблица 1.6 – Нормы времени на универсальном оборудовании.

Операция	$t_o$	$t_b$	$T_{\text{оп}}$	$t_{\text{тех}}$	$t_{\text{орг}}$	$t_{\text{отд}}$	$T_{\text{шт}}$	$T_{\text{шт-к}}$
10 Фрезерная 1 фрезерование торца	0,34	1,74	2,08	0,06	0,04	0,12	2,3	2,53
20 Фрезерная 1 фрезерование установочной плоскости	0,54	1,82	2,36	0,07	0,05	0,14	2,62	2,85
30 Сверлильная 1 сверление 4 отв. Ø15 2 развертывание 1 отв. 3 сверление 2 отв. Ø10 4 сверление Ø22 5 зенкерование Ø22 6 развертывание Ø22 7 зенкерование торца 8 зенкерование торца	0,19·4 0,08 0,19·2 0,25 0,13 0,08 0,03 0,03	4,84	6,58	0,17	0,09	0,32	7,16	7,37
40 Расточная 1 подрезка торца 2 растачивание черновое 3 растачивание чистовое	0,11 0,11 0,17	2,65	3,4	0,07	0,04	0,14	3,65	3,88

Продолжение таблицы 1.6								
4 растачивание тонкое	0,33							
5 растачивание фасок	0,03							
50 Расточная								
1 растачивание черновое	0,12							
2 растачивание чистовое	0,19							
3 растачивание тонкое	0,38							
4 растачивание фаски	0,03	3,41	4,78	0,1	0,06	0,19	5,13	5,36
5 растачивание черновое	0,11							
6 растачивание чистовое	0,17							
7 растачивание тонкое	0,34							
8 растачивание фаски	0,03							
60 Сверлильная								
1 сверление 6 отв. Ø9	0,22·6	1,57	3,85	0,1	0,05	0,21	4,21	4,24
2 нарезание М10	0,16·6							
70 Сверлильная								
1 сверление 4 отв. Ø5,25	0,15·4							
2 нарезание М6	0,07·4	3,18	4,94	0,12	0,06	0,23	5,35	5,56
3 сверление 4 отв. Ø5,25	0,15·4							
4 нарезание М6	0,07·4							

Таблица 1.7 – Нормы времени на оборудовании с ЧПУ

Операция	t <sub>о</sub>	t <sub>в</sub>	T <sub>оп</sub>	t <sub>тех</sub>	t <sub>орг</sub>	t <sub>отд</sub>	T <sub>шт</sub>	T <sub>шт-к</sub>
010 Фрезерная Стол 1.								
1 фрезерование установочной поверхности	0,11							
2 сверление 4 отв. Ø 15	0,19·4							
3 развертывание 2 отв.	0,08							
4 сверление 2 отв. Ø10	0,19·2							
5 сверление Ø22	0,25							
6 растачивание черновое Поворот заготовки на 180°	0,11	3,67	6,25	0,25	0,12	0,49	7,11	7,49
7 фрезерование торца	0,08							
8 растачивание чистое	0,17							
9 растачивание тонкое	0,33							
10 сверление Ø22	0,25							
11 растачивание чистое	0,11							
12 растачивание фаски	0,03							
13 сверление 6 отв. Ø9	0,22·6							
14 нарезание М10	0,16·6							

Стола 2							
	0,14						
15 фрезерование торца	0,12						
16 растачивание черновое	0,19						
17 растачивание чистое	0,38						
18 растачивание тонкое	0,03						
19 растачивание фаску	0,15·4						
20 сверление 4 отв. Ø5,25	0,07·4						
21 нарезание М6	0,08						
22 фрезерование торца							
Поворот заготовки на 180°	0,14						
23 фрезерование торца	0,12						
24 растачивание черновое	0,19						
25 растачивание чистое	0,38						
26 растачивание тонкое	0,03						
27 растачивание фаски	0,15·4						
28 сверление 4 отв. Ø5,25	0,07·4						
29 нарезание М6							

## 2. Конструкторская часть

### 2.1. Проектирование зажимного приспособления

#### 2.1.1. Техническое задание на проектирование зажимного приспособления

Назначение зажимных механизмов станочных приспособлений состоит в надежном закреплении, предупреждающем вибрации и смещения заготовки относительно опор приспособления при обработке.

Необходимо спроектировать зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции фрезерования торцов. Базирование производится по установочной плоскости. Базовая поверхность предварительно обработанная и имеет отверстия под пальцы.

#### 2.1.2. Описание работы приспособления

Заготовка устанавливается в приспособление плоскостью на опорные пластинки 8 (см. БР-15.03.05-2023 СБ), лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной баз служат два установочных пальца 9 и 10. Силовое замыкание производится двумя прихватами 3 с пневмоприводами 1, посредством клина 8 и ролика 7 происходит движение штока 5, который передает усилие на прихват 3 и происходит силовой зажим заготовки. После стравливания воздуха, под действием пружины пневмоцилиндра происходит разжим заготовки. Прихваты вручную сдвигаются в сторону, и заготовка снимается с установочных пальцев.

#### 2.1.3. Расчет силы привода

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

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.		Никифорова			Конструкторская часть ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
Провер.		Желтобрюхов					
Н. Контр.		Сагалакова					
Утв.		Торопов					
					Лит.	Лист	Листов
						42	67

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 2.1).

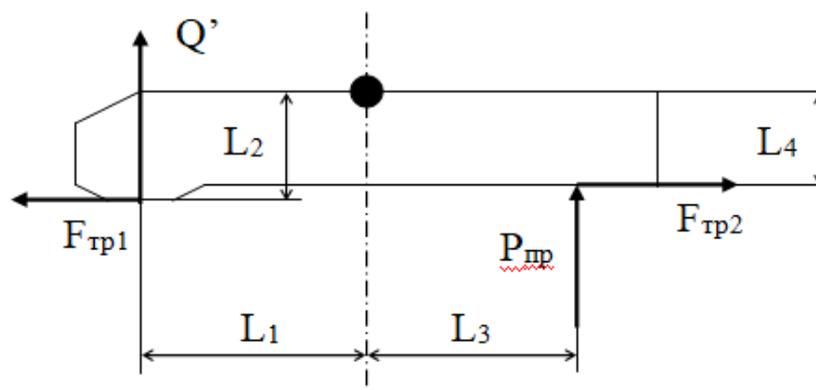


Рисунок 2.1 – Схема действия сил прихвата

$$Q' \cdot L_1 + F_{mp1} \cdot L_2 - 2P_{np} \cdot L_3 - F_{mp2} \cdot L_4 = 0 \quad (2.1)$$

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

$F_{mp1} = Q' \cdot k_{mp}$  - сила трения прихвата о заготовку;

$F_{mp2} = P_{np} \cdot k_{mp}$  - сила трения прихвата о привод.

Произведем следующие преобразования:

$$Q' \cdot (L_1 + k_{mp} \cdot L_2) = P_{np} \cdot (L_3 + k_{mp} \cdot L_4) \quad (2.2)$$

Необходимое усилие закрепления примем равной силе резания при черновом фрезеровании торцов  $P_z = 3155$  Н.

Отсюда можно выразить и определить силу привода [9]:

$$P_{np} = Q' \cdot \frac{L_1 + f \cdot L_2}{L_3 + f \cdot L_4}, \quad (2.3)$$

где  $L_1 = 22$  мм;  $L_2 = 24$  мм;  $L_3 = 50$  мм;  $L_4 = 8$  мм;  $f = 0,16$ .

Подставив данные в формулу, получим:

$$P_{np} = 3155 \cdot \frac{22 + 0,16 \cdot 24}{50 + 0,16 \cdot 8} = 1590 \text{ Н}$$

#### 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  $P_{np}$  не менее 1590 Н. Воздействие осуществляется через клиновую передачу с роликовыми опорами.

Рассчитаем необходимую силу  $P_{шт}$  на штоке и через нее определим диаметр пневмоцилиндра [7]:

$$P_{np} = \frac{1 - \operatorname{tg} \left( \alpha_1 + \frac{d}{D} \cdot f \right) \cdot \operatorname{tg} \phi_3}{\operatorname{tg} \left( \alpha_1 + \frac{d}{D} \cdot f \right) + \frac{d}{D} \cdot f} \cdot P_{шт}, \quad (2.4)$$

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

$\phi_3 = 30^\circ$  - угол трения в направляющей плунжера;

$f = 0,2$  - коэффициент трения в шарнире;

$d = 3$  мм - диаметр оси ролика;

$D = 10$  мм - диаметр ролика.

Преобразуя формулу и подставив данные, получим  $P_{шт} = 1590$  Н.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		44

Сила действия штока преобразуется из силы давления подаваемого воздуха через следующее соотношение [7]:

$$P_{шт} = P_{сж} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta, \quad (2.5)$$

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

$D$  - диаметр штока пневмоцилиндра;

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

Отсюда выразим диаметр пневмоцилиндра [7]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{шт}}{\pi \cdot P_{сж} \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1590}{3,14 \cdot 6 \cdot 0,95}} = 18,9 \text{ мм} = 19 \text{ мм}.$$

Полученное значение округлим до ближайшего большего стандартного и примем цилиндр с диаметром поршня  $D = 25$  мм.

### 2.1.5. Расчет зажимного приспособления на точность

К точности расположения друг относительно друга обрабатываемых отверстий и расположения относительно базовой плоскости предъявлен допуск параллельности 0,08 мм.

Проведем расчет зажимного приспособления на точность. Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции параметра, необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность этого размера. Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [5]:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		45

$$E_{np} = \leq T \cdot K_m \cdot [(K_{m1} \cdot \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + [(K_{m2} \cdot W)^2]^{0,5}, \quad (2.6)$$

где  $T = 80$  мкм – допуск параллельности оси обрабатываемых посадочных отверстий и установочной плоскости;

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

$K_{m1} = 0,6$  - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$K_{m2} = 0,7$  - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независимыми от приспособления;

$W$  - экономическая точность обработки;

$\varepsilon_0$  - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

$\varepsilon_3$  - погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

$\varepsilon_y$  - погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_u$  - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;

$\varepsilon_n$  - погрешность от перекоса инструмента.

Для рассматриваемого случая  $\varepsilon_3 = 0$ , т.к. силы закрепления действуют перпендикулярно осям обрабатываемых отверстий и на выдерживаемый допуск влияния не оказывают.

В приспособлении осуществляется надежный контакт установочной плоскости приспособления с плоскостью стола станка, поэтому  $\varepsilon_y = 0$ .

Погрешность положения имеет вид:

$$\varepsilon_u = B_2 \cdot N, \quad (2.7)$$

где  $B_2 = 0,002$  - постоянная, зависящая от вида установочных элементов и

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		46

условий контакта – установочные пластины;

$N$  - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, то  $N = 100$  раз.

$$\varepsilon_u = 0,002 \cdot 100 = 0,2 \text{ мкм}$$

В связи с тем, что в приспособлении отсутствуют направляющие элементы,  $\varepsilon_n = 0$ .

Экономическая точность  $W = 50$  мкм.

$$E_{np} = 80 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 23)^2 + 0,2^2 + (0,7 \cdot 50)^2]^{0,5} = 80 - 38 = 42 \text{ мкм.}$$

Из расчета следует, что допуск параллельности перекрывает все возникающие погрешности и назначенную точность можно получить в условиях серийного производства.

## 2.2. Проектирование контрольного приспособления

Контроль точности линейных размеров в основном производится стандартным мерительным инструментом – штангенциркулем и штангенрейсмасом ГОСТ 166-90. Контроль посадочных отверстий производят нутромером ГОСТ 868-82.

Контроль установочных отверстий производят двумя калибр-пробками – проходной и непроходной.

Контроль качества обработанной поверхности производится с помощью образцов шероховатости ГОСТ 7398-95 путем их сравнения.

Допуски расположения поверхностей контролируют при помощи специальных приспособлений с применением индикаторных головок.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		47

### **2.2.1. Техническое задание на проектирование контрольного приспособления**

Важное значение для качественной работы редуктора имеет точность расположения деталей относительно друг друга и точность монтажа самого редуктора в механизм. Поэтому на торец посадочного отверстия имеющего горизонтальную ось задан допуск его параллельности к установочной плоскости корпуса.

В соответствии с этим, в данной работе спроектируем специальное приспособление для контроля этого параметра.

Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

### **2.2.2. Описание конструкции приспособления**

Для контроля отклонения параллельности оси отверстия под подшипник червяка к плоскости разъема корпуса редуктора можно использовать приспособление. Оно состоит из основания 1, на котором смонтированы две стойки 2 с планками 3, с помощью винтов 4 и штифтов 5. На планках расположены и закреплены винтами 6 кронштейны 7, в которых установлены ИГ 8. В отверстие контролируемого корпуса вставляться оправка 9. Ориентация корпуса в рассматриваемом приспособлении осуществляется с помощью упоров 10, 11, 12, которые выполнены съемными с целью переналадки для контроля других корпусов.

Настроенные по эталонной детали или мерным плиткам ИГ покажут отклонение от параллельности оси отверстия относительно торцевой плоскости корпуса на длине  $L$ .

### **2.2.3. Расчет приспособления на точность**

Погрешность измерения – это отклонение полученного значения от его истинной величины.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		48

Погрешность измерения, в зависимости от назначения детали, допускают в пределах 8-30% допуска на контролируемое отклонение.

Допуск параллельности составляет 80 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 20 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [5]:

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_m^2 + \Delta_{инд}^2}, \quad (2.8)$$

где  $\Delta_{уст}$  – погрешность установки детали на приспособление, зависит от точности установочной поверхности.

Погрешность установки равна нулю, так как оправки под собственным весом точно ориентируются по осям контролируемых отверстий.

$\Delta_{изн}$  – погрешность, связанная с износом элементов приспособления (0,001мм);

$\Delta_m$  – погрешность, связанная с колебаниями температуры (0,002мм);

$\Delta_{инд}$  – погрешность индикатора (0,005 мм).

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,006 = 6 \text{ мкм} < 20 \text{ мкм}$$

Из расчета видно, что данное приспособление обладает достаточной точностью и с его помощью можно производить контроль параллельности.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		49

### 3. Экономическая часть

#### 3.1. Выбор необходимого оборудования участка

Проанализировать нормирование, примем следующее универсальное оборудования:

Для операции 10 – один станок 6P12 с  $T_{шт-к} = 2,87$  мин;

Для операции 20, – один станок 2M55 с  $T_{шт-к} = 5,61$  мин;

Для операции 30, 40 – один станок 2M614 с  $T_{шт-к} = 20,4$  мин;

Для операции 50, 60 – один станок 2M55 с  $T_{шт-к} = 6,14$  мин.

Время обработки программы деталей определяем по формуле:

$$T_N = \frac{T_{шт.мах} \cdot N}{F_d \cdot 60}, \quad (3.1)$$

где  $T_{шт.мах}$  – наибольшая продолжительность операции, мин;  $N$  – годовая программа выпуска деталей, 100 штук;  $F_d$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования в 1 смену, 1946 ч.

$$T_N = \frac{20,4 \cdot 100}{1946 \cdot 60} = \frac{2040}{116760} = 0,0174 \text{ года.}$$

Для оборудования с ЧПУ примем горизонтально-обрабатывающий цент с ЧПУ ИС-500,  $T_{шт-к} = 19,57$  мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле:

$$T_N = \frac{19,57 \cdot 100}{1946 \cdot 60} = 0,017 \text{ года.}$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.		Никифорова			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Желтобрюхов				50	67
Н. Контр.		Сагалакова			ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
Утв.		Торопов					

### 3.2. Перечень технологического оборудования

Для обработки корпуса редуктора было разработано два технологических процесса. В базовом варианте производим обработку детали на универсальном оборудовании (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Перечень универсального оборудования

Оборудование	Кол-во	Мощность, кВт	Стоимость единицы оборудования, руб.	Суммарная стоимость, руб.
Горизонтально-фрезерный 6P12	1	7,5	1317000	1317000
Радиально-сверлильный 2M55	2	4,5	1100000	2200000
Горизонтально-расточной 2M615	1	6	3072000	3072000
Итого				6589000

Для повышения производительности в проектируемом технологическом процессе применили оборудование, оснащенное числовым программным управлением (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Оборудование	Кол-во	Мощность, кВт	Стоимость единицы оборудования, руб.	Суммарная стоимость, руб.
Фрезерно-горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ ИС-500	1	22	5611891	5611891
Итого				5611891

### 3.3. Определение занимаемой площади цеха и ее стоимости под оборудование

Площадь, занимаемую оборудованием, определим по формуле [7]:

$$S = f \cdot k_f, \quad (3.2)$$

где  $f_{\Sigma}$  – суммарная площадь станков в плане;

$k_f = 2,5$  – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь проходов, проездов, мест складирования заготовок и т.д.

Для обработки корпуса нам потребуется 4 универсальных станка с общей площадью  $21,07 \text{ м}^2$ .

$$S_{\text{унв}} = 21,07 \cdot 2,5 = 52,68 \text{ м}^2.$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 6000 руб. Соответственно стоимость площади под универсальное оборудование составит  $S_{\text{унв}} = 316000 \text{ руб.}$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок площадью  $20,7 \text{ м}^2$ .

$$S_{\text{чпу}} = 20,7 \cdot 2,5 = 51,75 \text{ м}^2.$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 6000 руб. Соответственно стоимость площади под оборудование с ЧПУ составит  $S_{\text{чпу}} = 310500 \text{ руб.}$

### 3.4. Организация транспортной системы

Организация работы транспортной системы предприятия в целом включает в себя расчет грузооборота, грузопотоков и выбор транспортных средств. В

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		52

нашем случае транспортная система не входит в состав участка, и поэтому произведем только выбор межоперационного транспорта по доставке заготовок на участок и отправки с него.

Детали, обрабатываемые на участке, относятся к мелким металлическим твердым деталям с плоской базой транспортируемым поштучно. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять обычные тележки. Установку детали на станок будет осуществлять рабочий вручную (источник).

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.

### **3.5. 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 общего назначения, калибрами, пробками, специальными приспособлениями. Контрольные пункты в любом цехе размещают с обслуживанием по ходу технологического процесса.

При обработке на станках с ЧПУ контроль производится самим станком при помощи встроенной системы контроля.

### **3.6. Организация системы инструментообеспечения**

Система инструментообеспечения предназначена для обслуживания всего технологического оборудования завода заранее подготовленными инструментами,

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		53

а также для контроля над их правильной эксплуатацией.

Используя установленные нормы расхода инструмента, определяют потребность участка в инструменте, и составляет 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 использование.

### **3.7. 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 (ППР) оборудования предусматриваются по назначению, содержанию и объему вины работ.

Структура ремонтного цикла имеет вид [б]:

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.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		54

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

### 3.8. Расчет себестоимости детали

Себестоимость детали включает в себя затраты на материал и последующую механическую обработку. Стоимость заготовки для обоих вариантов технологического процесса она неизменна – 842,83 руб.

Под стоимостью механической обработки понимают затраты по операциям, которые необходимо выполнять при том или ином варианте обработки до получения необходимого размера.

Стоимость механической обработки по всем рассматриваемым операциям определяется по формуле [9]:

$$C_{обр} = \sum C_{обр}^{di}, \quad (3.3)$$

где  $i$  — порядковый номер операции;

$m$  — число рассматриваемых операций;

$C_{обр}^{di}$  — 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  $i$ -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 [5]:

$$З = C^{ri} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{np} \cdot k_n \cdot k_d \cdot k_{соц} \cdot T_{ум}^{di}, \quad (3.4)$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		55

где  $C^{ri}$  – часовая тарифная ставка первого разряда, 52,2 руб./ч;  $k_p$  – коэффициент разряда,  $k_c$ ,  $k_{np}$ ,  $k_n$ ,  $k_d$ ,  $k_{соц}$  – 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;  $T_{ук}^{di}$  – штучное время на операции, ч/ед.

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании 31,79 мин или 0,5298 ч; на станках с ЧПУ – 19,57 мин или 0,3262 ч.

$$Z_{унв} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,5298 = 86,7 \text{ руб/дет.}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке в смене работает только один рабочий третьего разряда. Так как основное время работы станка в 4 раза больше вспомогательного времени, рабочий может обслуживать еще 3 станка, занятые обработкой других деталей коробки. Поэтому, фактическое время, затрачиваемое на корпус, будет 0,0816 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{ЧПУ} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,0816 \cdot 1,15 = 19,19 \text{ руб/дет.}$$

Основные производственные фонды (таблицы 3.3 и 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.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		56

Стоимость транспорта рассчитывается как 3 % от стоимости технологического оборудования для универсальных станков и 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 [5]:

$$A_{дет} = \frac{A_2 \cdot T_N}{N}, \quad (3.5)$$

где  $A_2$  - годовые амортизационные отчисления, руб.;

$T_N$  – время обработки программы, год;

$N$  – годовая программа выпуска, 100 шт.

Таблица 3.3 – Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац. отчисл., руб.	Амортизац. отчисл. на деталь, руб.
1 Здание	52,68 м <sup>2</sup>	75000	3951000	3	118530	20,62
2 Оборудование	4 шт.		6589000	12	790680	137,58
3 Транспорт			205770	8	164612	2,86
4 Инструмент			68590	15	10289	1,79
5 Инвентарь			34295	15	5144	0,89
Итого			10848655		1089255	163,74

Таблица 3.4 – Основные производственные фонды при использовании станков с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизация, руб.	Амортизация отчисл. на деталь, руб.
1 Здание	51,75м <sup>2</sup>	75000	3881250	3	116438	28,9
2Оборудование	1 шт		5611891	12	673427	114,4
3 Транспорт			56119	8	4490	0,76
4 Инструмент			56119	15	8418	1,43
5 Инвентарь			28059	15	4209	0,71
Итого			9633438		856982	145,7

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле [5]:

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_B \cdot k_{од} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{шт.мах} \cdot Ц_э, \quad (3.6)$$

где  $N$  – мощность оборудования, кВт;

$k_N, k_B, k_{од}$  – средние коэффициенты загрузки электродвигателей по мощности, по времени, средний коэффициент одновременности работы всех двигателей,  $k_N = k_B = k_{од} = 0,7$ ;

$k_w$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода  $k_w = 1,06$ ;

$\eta$  – КПД электродвигателей оборудования  $\eta = 0,7$ ;

$Ц_э$  – тариф на электроэнергию  $Ц_э = 3,85$  кВт·ч.

$$\mathcal{E}_{унв} = (22,5 \cdot 0,84 \cdot 0,62 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,58 \cdot 3,85 = 12,21 \text{ руб/дет.}$$

$$\mathcal{E}_{ЧПУ} = (22 \cdot 0,52 \cdot 0,97 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,3045 \cdot 3,85 = 6,03 \text{ руб/дет.}$$

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле [5]:

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		58

$$P = \frac{W_m \cdot R_m \cdot T_{шт}}{T_{р.ц}}, \quad (3.7)$$

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 – на фрезерном – 0,1178 ч, на сверлильном – 0,3273 ч, на расточном – 0,1133 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,3262 ч.

$$P_{унв} = \frac{12500 \cdot (22 \cdot 0,1178 + 42 \cdot 0,3273 + 24 \cdot 0,1133)}{24174} = 9,85 \text{ руб/дет};$$

$$P_{чпу} = \frac{12500 \cdot 41 \cdot 0,3262}{24174} = 6,92 \text{ руб/дет}.$$

Себестоимость механической обработки определим по формуле [7]:

$$C_{унв} = З + A_{дет} + Э + P, \quad (3.8)$$

где  $З$  – заработная плата основных производственных рабочих, руб.;

$A_{дет}$  – амортизация основных производственных фондов, приходящихся на одну деталь, руб.;

$Э$  – затраты на силовую электроэнергию, руб.;

$P$  – затраты на ремонт оборудования.

Себестоимость механической обработки на универсальном оборудовании:

$$C_{унв} = 86,7 + 163,74 + 12,21 + 9,85 = 272,5 \text{ руб./дет}.$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		59

Себестоимость механической обработки на станках с ЧПУ:

$$C_{\text{ЧПУ}} = 19,19 + 145,7 + 6,03 + 6,92 = 177,45 \text{ руб./дет.}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали определим по формуле [7]:

$$C = S_{\text{заг}} + C, \quad (3.9)$$

где  $S_{\text{заг}}$  - стоимость заготовки, руб.;

$C$  – себестоимость механической обработки, руб.

$$C_{\text{унв}} = 842,83 + 272,5 = 1115,33 \text{ руб./дет.};$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = 842,83 + 177,45 = 1020,28 \text{ руб./дет.}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 10,2 %. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_z = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N, \quad (3.10)$$

где  $C_{o1}$  - суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали на станке с ЧПУ, руб.;

$C_{o2}$  - суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали на универсальных станках, руб.;

$N$  – годовая производственная программа выпуска изделия, 100 шт.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		60

$$\mathcal{E}_T = (1115,33 - 1020,28) \cdot 100 = 9505 \text{ руб.}$$

### 3.9. Техничко-экономические показатели

1. Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 100 шт.

2. Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки составляет 415,77 руб.

3. Основные производственные фонды берем по таблицам 4.1, 4.2.

4. Площади участка берем по таблицам 2.1, 2.2.

5. Количество рабочих мест есть количество принятого оборудования – таблицам 2.1, 2.2.

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

При работе на станках с ЧПУ структура штучного времени позволяет применять многостаночное обслуживание, то есть, рабочий во время автоматической работы одного станка, успеет обслужить другой. Таким образом, для обслуживания всего участка в смену достаточно одного рабочего.

7. Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле [7]:

$$Z_{\text{ср.унв}} = \frac{Z_{\text{унв}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N}, \quad (3.11)$$

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;

$T_N$  – время обработки программы, год.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		61

$$Z_{\text{ср.унв}} = \frac{86,7 \cdot 100}{4 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,0174} = \frac{8670}{0,8352} = 20384 \text{ руб.}$$

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле:

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N}, \quad (3.12)$$

где  $Z_{\text{ЧПУ}}$  – заработная плата основных рабочих, приходящаяся на одну деталь, при работе на станках с ЧПУ без учета зарплаты наладчика, руб./дет.

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{19,19 \cdot 100}{0,25 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,017} = 37627 \text{ руб.}$$

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		62

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе представлена технология изготовления корпуса червяного редуктора с годовой программой выпуска 100 шт.

В ходе проектирования отработана рациональная структура технологических процессов механической обработки, рассчитаны оптимальные режимы, выбрано высокопроизводительное оборудование и металлорежущий инструмент, а также спроектированы быстродействующие зажимное (для фрезерной операции) и контрольное приспособления (параллельности оси отверстия под подшипник червяка к плоскости разъема корпуса редуктора).

Разработаны высокоэффективные, за счет перечисленных мероприятий, варианты технологических процессов механической обработки, как для универсального металлорежущего оборудования, так и современного оборудования с ЧПУ.

Проведенный технико-экономический анализ разработанных вариантов технологических процессов показал, что применение оборудования с ЧПУ обеспечивает снижение в 4 раза количества используемого оборудования и рабочих мест, уменьшение в 1,5 раза площадей под оборудование, уменьшение фонда заработной платы за счет снижения количества рабочих. В целом, экономический расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней по сравнению с обработкой на универсальном оборудовании и снизит себестоимость механической обработки на 10,2 %, что подтверждается технико-экономическими показателями процесса. При этом экономический эффект составит 9505 рубля на годовую программу выпуска.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Никифорова				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		Желтобрюхов					<i>Листов</i>
							63 67
<i>Н. Контр.</i>		Сагалакова			ЗАКЛЮЧЕНИЕ		
<i>Утв.</i>		Торопов					
					ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		

## CONCLUSION

The Bachelor's Thesis presents the technology of worm gear housing manufacturing with annual production programme of 100 pcs.

In the course of designing a rational structure of machining processes the optimal modes have been calculated, high-performance equipment and metal cutting tools have been selected, as well as fast clamping (for milling operations) and control fixtures (parallel to the axis of the worm bearing to the plane of separation of the gearbox housing) have been designed.

The options of high capacity for technological processes of machining both for the general-purpose metal-cutting equipment and for the modern equipment with CNC have been developed.

The performed technical and economic analysis of the developed technological processes has showed that the application of CNC equipment provides 4 times reduction in the number of used equipment as well as the number of operating personnel; 1.5 times reduction of equipment areas, and the reduction of the fund of wages at the expense of limiting the number of workers.

On the whole, economic calculation shows that machining on CNC equipment is more economically advantageous in comparison with machining on general-purpose units and reduces the cost of machining by 10.2%, which is proved by technical and economic indices of the process. The cost advantage will be 9,505 roubles per annual production programme.

					БР-15.03.05-2023 ПЗ		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Никифорова				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		Желтобрюхов					<i>Листов</i>
							64
							67
<i>Н. Контр.</i>		Сагалакова			CONCLUSION ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		
<i>Утв.</i>		Торопов					

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Амиров Ю. Д. Технологичность конструкции изделия: справочник / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волков и др. / Ю.Д. - М.: Машиностроение, 2006. - 768 с.
2. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656 с.
3. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
4. Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 518 с.
5. Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2013. – 315 с.
6. Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
7. Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005. – 156 с.
8. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007. – 255 с.
9. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 303 с.
10. Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2003. – 1026 с.
11. Корсаков В.С. Приспособления для металлорежущих станков: справочник/ Горошкин А.К. – М.: Машиностроение, 2003. – 277 с.

БР-15.03.05-2023 ПЗ				
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>		Никифорова		
<i>Провер.</i>		Желтобрюхов		
<i>Н. Контр.</i>		Сагалакова		
<i>Утв.</i>		Торопов		
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ				
		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
		65	67	
ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1				

12. Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
13. Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010. – 511 с.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 2011. – 98 с.
15. Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 2010. – 186 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.
17. Справочник инструментальщика / И.А. Ориднарцев – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987. – 846 с.).

					БР-15.03.05-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		66

# ПРИЛОЖЕНИЯ

БР-15.03.05-2023 ПЗ

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.		Никифорова			ПРИЛОЖЕНИЯ		
Провер.		Желтобрюхов					
Н. Контр.		Сагалакова					
Утв.		Торопов					
					Лит.	Лист	Листов
						67	67
					ХТИ-филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ Группа 29-1		

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.С. Горопов  
подпись      инициалы, фамилия  
« 16 »      06      2023 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки  
корпуса механизма переключения передач

тема

Руководитель

15.06.23  
подпись, дата

к.т.н., доц. каф. ЭМтАТ  
должность, ученая степень

Е.М. Желтобрюхов.  
инициалы, фамилия

Выпускник

15.06.23  
подпись, дата

П.С. Никифорова  
инициалы, фамилия

Абакан, 2023 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: разработка технологического процесса механической обработки корпуса механизма переключения.  
Консультанты по разделам:

Технологическая часть  
наименование раздела

*Е.М.* 15.06.23  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Конструкторская часть  
наименование раздела

*Е.М.* 15.06.23  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть  
наименование раздела

*Е.М.* 15.06.23  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.  
инициалы, фамилия

Заключение на иностранном языке  
наименование раздела

*Н.В.* 15.06.23  
подпись, дата

Н.В. Чезыбаева  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

*М.М.*  
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.С. Торопов

подпись                      инициалы, фамилия

« 22 » 03 2023 г.

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

Студенту Никифоровой Полине Сергеевне

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1 Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка технологического  
процесса механической обработки корпуса механизма переключения передач

Утверждена приказом по институту № 7 от 22.03.2023 г.

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, канд. техн. наук, доцент кафедры  
ЭМиАТ, ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

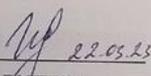
2. Годовая программа выпуска N = 100 шт.

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;  
Организационно – экономическая часть.

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1;

2. Базовый технологический процесс – 2 листа ф. А1; 3. Технологический  
процесс на станке с ЧПУ – 2 листа ф. А1; 4. Приспособление зажимное –  
1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Техничко-  
экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

  
подпись

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись

П.С. Никифорова  
инициалы и фамилия студента

« 22 » 03 2023 г.