

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 ЭМиАТ
_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
«» 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической
обработки корпуса редуктора

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

Выпускник _____ В.А. Крафт
подпись, дата инициалы, фамилия

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
		<u>Бакалавр 2023</u>					
Разраб.		Крафт				Лит.	Лист
Руковод.		Желтобрюхов					Листов
Консульт.		Желтобрюхов					
Н. Контр.		Сагалакова					
Зав. Каф.		Торопов					

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 ЭМиАТ

_____ А.С. Торопов

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2023 г.

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

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Крафт				Лит.	Лист
Руковод.		Желтобрюхов					Листов
Консульт.		Желтобрюхов					
Н. Контр.		Сагалакова					
Зав. Каф.		Торопов					

Студенту Крафт Владлене Алексеевне

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

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 = 500 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

_____ Е.М. Желтобрюхов
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____
подпись

В.А. Крафт
инициалы и фамилия студента

« _____ » _____ 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. Технологическая часть.....	7
1.1 Анализ служебного назначения.....	7
1.2 Анализ технологичности.....	7
1.3 Анализ технических требований.....	10
1.4 Обоснование выбора баз и составление маршрута обработки	10
1.5 Экономическое обоснование выбора заготовки.....	14
1.6 Расчет и назначение припусков.....	15
1.7 Расчет режимов резания.....	22
1.8 Расчет норм времени	33
1.9 Разработка технологического процесса для ЧПУ.....	39
1.9.1 Описание фрезерного обрабатывающего центра IRONMACIMV-10.55 станка	40
1.10 Разработка маршрута механической обработки на станке с ЧПУ	43
1.11 Нормирование технологического процесса на станке с ЧПУ	44
2. Конструкторская часть.....	46
2.1 Проектирование фрезерного приспособления.....	46
2.1.1 Техническое задание	46
2.1.2 Описание приспособления	46
2.1.3 Силовой расчет зажимного устройства	47
2.1.3 Расчёт приспособления на точность	49
2.3 Проектирование контрольного приспособления	51
2.3.1 Техническое задание	51
2.3.2 Описание конструкции приспособления	51
2.3.3 Расчет на точность.....	51
3. Экономическая часть	53
3.1 Выбор необходимого оборудования участка	53
3.2 Перечень технологического оборудования.....	53
3.3 Определение занимаемой площади цеха и ее стоимость под оборудование 55	55
3.4 Расчет себестоимости детали	55
3.5 Техничко-экономические показатели.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
CONCLUSION	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ	69

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Крафт			СОДЕРЖАНИЕ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов						
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
					ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1			

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.

Повышение эффективности машиностроительного производства на современном этапе определяется повышением качества изделий, снижением трудоемкости, себестоимости и металлоемкости их изготовления. Решение этих задач обеспечивается:

Применением средств комплексной механизации и автоматизации проектирования, технологической подготовки производства и изготовления изделий.

Широкого внедрения методов технико-экономического анализа производственных процессов с целью их оптимизации;

Применением ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих защиту жизнедеятельности человека и окружающей среды.

В представленной работе выполнена разработка технологического процесса механической обработки детали корпус редуктора.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Крафт			ВВЕДЕНИЕ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов						
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
						ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		

1. Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

Корпус является опорой деталей узлов редуктора, служит для защиты от загрязнения и создания масляной ванны.

Корпус изготавливают из чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412-85. Это ферритный серый чугун, содержащий в своей структуре, графит пластинчатой формы. Его применяют при литье средней прочности с перлитной основной массой для изготовления неотчетственных отливок с толщиной стенок до 30 мм. Он обладает хорошими механическими и литейными свойствами:

$$\sigma_b = 200 \text{ МПа}; \quad \sigma_{\text{н}} = 314 \text{ МПа}; \quad \delta = 1 \%; \quad \text{НВ} = 230$$

и имеет следующий химический состав (%):

углерод	кремний	марганец	фосфор	сера
3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-не более	0,2	не более 0,15

Чугун СЧ20 применяют для изготовления корпусных деталей.

1.2 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция корпуса является достаточно сложной с наличием криволинейных поверхностей и ребер, что затрудняет изготовление отливок.

Фрезерование поверхностей детали технологично, так как позволяет производить обработку на проход и подвод инструмента к обрабатываемым поверхностям не затруднен.

Расположение отверстия нетехнологичны так как находятся на разном уровне относительно технологических баз.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Крафт			Технологическая часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов						
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
						ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		

Глухие резьбовые отверстия нетехнологичны из-за сложности отвода стружки и тепла из зоны резания.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции деталей по следующим показателям:

1. Коэффициент использования материала

$$k_m = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} > 0,75 \quad (1.1)$$

где $m_{дет}$ - масса готовой детали, $m_{заг}$ - масса заготовки.

$$k_{m1} = 10,2/12,5 = 0,8; \quad k_{m2} = 2,1/2,7 = 0,8$$

Деталь технологична.

2. Коэффициент унификации

$$k_y = \frac{k_{одн}}{k_{об}} > 0,5 \quad (1.2)$$

где $k_{одн}$ - количество однотипных поверхностей,

$k_{об}$ - общее количество поверхностей.

$$k_{y1} = 20/35 = 0,6;$$

$$k_{y2} = 27/44 = 0,61$$

Деталь технологична.

3. Коэффициент использования стандартного инструмента.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$k_u = \frac{k_{cu}}{k_{ou}} > 0,5 \quad (1.3)$$

где k_{cu} - количество стандартного инструмента,
 k_{ou} - общее количество инструмента.

$$k_{н1} = 16/29 = 0,55; \quad k_{н1} = 17/30 = 0,57$$

Деталь технологична.

4. Коэффициент обрабатываемости.

$$k_o = \frac{N_{оп}}{N_{об}} > 0,5 \quad (1.4)$$

где $N_{оп}$ - количество обрабатываемых поверхностей,
 $N_{об}$ - общее количество поверхностей.

$$k_{o1} = 20/35 = 0,57;$$

$$k_{o1} = 24/44 = 0,55$$

Деталь технологична.

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, что деталь в целом является технологичной для изготовления в условиях мелкосерийного производства.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1.3 Анализ технических требований

Главным условием качественной работы редуктора, является точность передачи вращения от ведущего вала к ведомому и точность ориентации выходного вала к механизму.

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

для достижения шероховатости плоскости $Ra = 12,5$ мкм достаточно однократной обработки,

для достижения шероховатости плоскостей $Ra = 1,25$ мкм необходима двукратная обработка,

для достижения 7-го качества посадочных отверстий и шероховатости $Ra = 1,6$ мкм, требуется тонкое растачивание

для получения отверстий по 14-му качеству хватит сверления,

для отверстий 7-го качества с шероховатостью $Ra = 1,6$ мкм применим дополнительно зенкерование и развертывание.

1.4 Обоснование выбора баз и составление маршрута обработки

Схема базирования и закрепления, технологические базы, опорные и зажимные устройства приспособления должны обеспечивать определенное положение заготовки относительно режущих инструментов, надежность ее закрепления и неизменность базирования в течении всего процесса обработки при данной установке. Поверхности заготовки, принятые в качестве баз и их относительное расположение должны быть такими, чтобы можно было использовать наиболее простую и надежную конструкцию приспособления, удобства установки, закрепления, открепления и снятия заготовки, возможность приложения в нужных местах сил зажима и подвода режущих инструментов.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

Наиболее удобной поверхностью под базу, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляются установочная плоскость основания корпуса.

На первой операции обрабатываем торцевые поверхности корпуса, одна из которых будет служить базой при обработке установочной поверхности.

На второй операции обрабатываем основную технологическую базу с выполнением отверстий под пальцы.

Далее, от чистой базы, произведем обработку основных поверхностей.

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

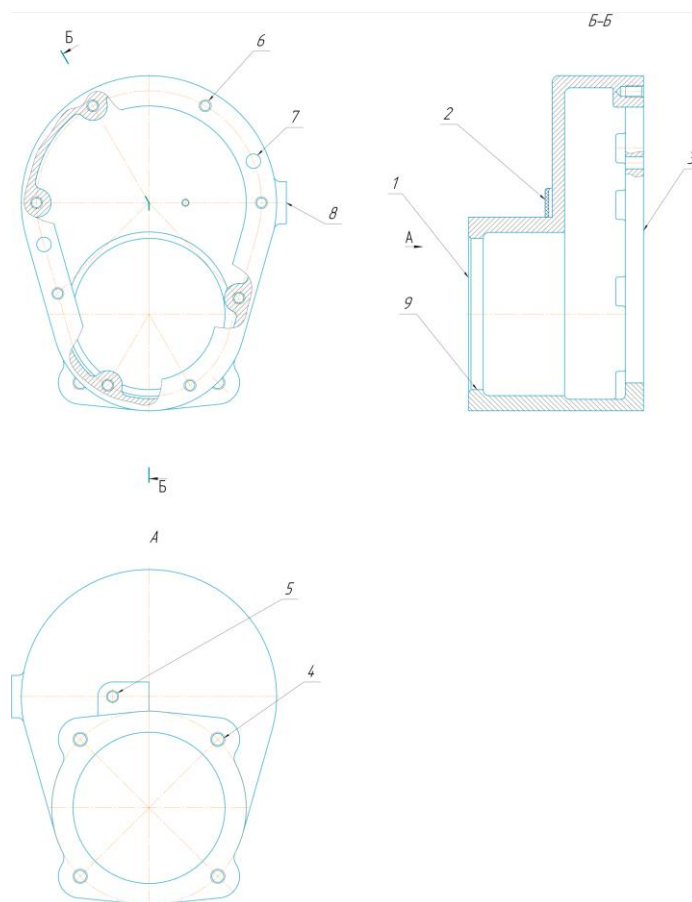


Рис. 1.1. Эскиз корпус

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

010 Фрезерная

1. Фрезеровать поверхность 1 и 2.

База – поверхность 3.

Станок широкоуниверсальный фрезерный 6Т83Ш;

Режущий инструмент – фреза торцовая ГОСТ 24359-69

020 Сверлильная

1. Сверлить 5 отверстия 4 и 5 под резьбу.

2. Нарезать в 4х отверстиях резьбу М12-7НГОСТ 7798-70

База – поверхность 3.

Станок радиально-сверлильный 2К522-03;

Режущий инструмент – сверло к/х $\varnothing 11\text{мм} l=40$ Р6М5 ГОСТ 12121,
метчик гаечный прямой М12х1,5 ГОСТ 1604-71 Р6М5,

030 Фрезерная

1. Фрезеровать поверхность 3.

База – поверхность 1 и отверстия 4.

Станок широкоуниверсальный фрезерный 6Т83Ш;

Режущий инструмент – фреза торцовая ГОСТ 24359-69.

040 Сверлильная

1. Сверлить 8 отверстий 6 под резьбу.

2. Нарезать резьбу М10-7НГОСТ 7798-70.

3. Сверлить 2 отверстия 7 предварительно.

4. Развернуть 2 отверстия 7 окончательно.

База – поверхность 1.

Станок радиально-сверлильный 2К522-03;

Режущий инструмент – сверло $\varnothing 8,5\text{мм}$ Р6М5 к/хв КМ1 ГОСТ 10903-77,
метчик машинно-ручной однопроходный М10х1,5мм HSSP6М5 ГОСТ 3266-

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

81, развертка ИНСТУЛС цилиндрическая Ø10x66x133 Н 7 9ХС 2360-0134
ГОСТ 7722-77

050 Расточная

1. Расточить отверстие 9.
2. Снять фаску

База – поверхность 3.

Станок вертикально расточной 2А78Н;

Режущий инструмент – резец расточной ГОСТ 18882-73, резец проходной отогнутый ГОСТ 18877-73

060Сверлильная

1. Сверлить отверстие 8 под резьбу.
2. Нарезать резьбу К3/4” ГОСТ 611152.
3. Сверлить отверстие 10
4. Нарезать резьбу К1/4”

База – поверхность 3 и 4 отверстия 6.

Станок радиально-сверлильный 2К522-03;

Режущий инструмент – Метчик дюймовый конический К3/4 ГОСТ 6227-80, Р6М5, сверло по металлу Ø14 с коническим хвостовиком ГОСТ 10903-77, сверло к/кв. 17,5 Р6М5 ГОСТ 10903-77, сверло спиральное Ø5мм ГОСТ10903 Р6М5, сверло спиральное Ø3мм ГОСТ10903 Р6М5 метчик конический К1/4 HSSГОСТ 6227-80.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1.5 Экономическое обоснование выбора заготовки

Заготовки для корпуса можно получить литьем обычные земляные формы с ручной формовкой или с машинной формовкой. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов.

Стоимость заготовок, получаемых литьем, можно с достаточной точностью определить по формуле

$$S = \frac{C_i}{1000} \cdot m_3 \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - M_{отх} \cdot \frac{C_{отх}}{1000} \quad (1.5)$$

$C_1 = 16000$ руб/т – цена материала при ручной формовке;

$C_2 = 17000$ руб/т – цена материала при машинной формовке;

$C_{отх} = 1000$ руб/т – цена стружки;

Масса деталей $m_d = 16,5 + 3,1 = 19,6$ кг (взято с чертежа);

Масса заготовок $m_3 = m_d / K$

K – коэффициент использования материала, для литья в песчано-глинистую форму с ручной формовкой $K=0,8$; с машинной формовкой $K=0,85$,

$$m_{31} = m_d / K = 12,5 / 0,8 = 15,6 \text{ кг};$$

$$m_{32} = m_d / K = 12,5 / 0,85 = 14,7 \text{ кг};$$

$$\text{масса образуемой стружки } M_{отх1} = 15,6 - 12,5 = 3,1 \text{ кг};$$

$$M_{отх2} = 14,7 - 12,5 = 2,2 \text{ кг}.$$

$K_c = 1,2$ – коэффициент, зависящий от группы сложности отливок, IV группа;

$K_b = 0,84$ – коэффициент, зависящий от массы отливок;

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$K_{\Pi} = 0,52$ – коэффициент, зависящий от объема производства, первая группа серийности;

$K_T = 1,05$ – коэффициент, зависящий от класса точности отливок, второй класс точности;

$K_M = 1,04$ – коэффициент, зависящий от марки материала заготовок, серый чугун СЧ28.

$$S = \frac{16000}{1000} \cdot 15,6 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,04 \cdot 0,52 - 3,1 \cdot \frac{1000}{1000}$$

$$S_1 = 139,77 \text{руб/шт.}$$

При машинной формовке заготовки получаем по первому классу точности, $K_T = 1,1$. Остальные коэффициенты остаются неизменными.

$$S = \frac{17000}{1000} \cdot 14,7 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,04 \cdot 0,52 - 2,2 \cdot \frac{1000}{1000}$$

$$S_2 = 147,65 \text{руб/шт.}$$

Как видим, литье в песчано-глинистые формы с ручной формовкой экономически выгоднее.

1.6 Расчет и назначение припусков

Припуск - слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

1. Обработка посадочного отверстия $\varnothing 125^{+0,063}$.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Данное отверстие растачивается до шероховатости $Ra = 1,6$ мкм с выдерживанием точности размера по седьмому качеству. Для достижения такой точности выполним три перехода: черновой, чистовой и тонкий.

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

$$2 \cdot Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.6)$$

где Rz – шероховатость, мкм;

T – глубина дефектного слоя, мкм;

ρ - суммарное пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности, мкм;

ε - погрешность установки заготовки при обработке, мкм.

Суммарное значение Rz и T , характеризующее качество поверхности литой заготовки первого класса точности, составляет 600 мкм. После первого технологического перехода T для деталей из чугуна из расчетов исключается, поэтому для чистового и тонкого растачивания находим только значения Rz (соответственно 50 и 30).

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в нашем случае равна величине коробления детали и величине смещения обрабатываемой поверхности.

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (1.7)$$

Коробление следует учитывать в диаметральном и в осевом сечении.

$$\rho = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(1 \cdot 125)^2 + (1 \cdot 12)^2} = 125 \text{ мкм} \quad (1.8)$$

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

Диаметр отверстия $d = 125$ мм, длина $l = 12$ мм.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Величина смещения отверстия в отливке относительно ее наружной поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} = \sqrt{600^2 + 600^2} = 850 \text{ мкм} \quad (1.9)$$

Допуски на размеры по первому классу точности отливки для соответствующих размеров составляют по 1200 мкм.

Следовательно, суммарное отклонение

$$\rho_3 = \sqrt{125^2 + 850^2} = 859.$$

Остаточное пространственное отклонение после черного растачивания:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 859 = 52 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 859 = 34 \text{ мкм}$$

Находим E – погрешность установки при черновом растачивании:

$$E = \sqrt{E_6^2 + E_3^2} \quad (1.10)$$

E_6 – погрешность базирования; E_3 – погрешность закрепления;

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

При обработке рассматриваемого отверстия заготовка устанавливается на плоскость основания, параллельную оси обрабатываемого отверстия, которая лишает ее трех степеней свободы. Направляющую и упорную базы представляют два установочных пальца, лишаящие заготовку оставшихся трех степеней свободы.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления.

Перекас происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев. Наибольший зазор можно определить:

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min} \quad (1.11)$$

где δ_A – допуск на отверстие, 21 мкм;

δ_B – допуск на диаметр пальца, 21 мкм;

S_{\min} – минимальный зазор, 10 мкм.

$S_{\max} = 52$ 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:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,052}{246} = 0,0002 \quad (1.12)$$

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца 136 мм:

$$E_6 = \operatorname{tg}(\alpha) \cdot L_{\text{обр}} = 0,0002 \cdot 136 = 27 \text{ мкм} \quad (1.13)$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

E_3 (по табл. 4.13) принимаем равной 80 мкм

$$E_1 = \sqrt{E_6^2 + E_3^2} = \sqrt{23^2 + 80^2} = 83 \text{ мкм}$$

Остаточная погрешность установки при черновом растачивании:

$$E_2 = 0,05E_1 + E_{инд} = 5 \text{ мкм} \quad (1.14)$$

Так как черновое и чистовое растачивание производится с одной установки, то $E_{инд} = 0$.

Погрешность установки при тонком растачивании равна погрешности установки при черновом растачивании, так как схема установки та же.

Минимальный припуск под растачивание:

$$\text{Черновое } 2Z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{859^2 + 83^2}) = 2 \cdot 1463 \text{ мкм}$$

$$\text{Чистовое } 2Z_{\min 2} = 2(50 + \sqrt{52^2 + 5^2}) = 2 \cdot 103 \text{ мкм}$$

$$\text{Тонкое } 2Z_{\min 2} = 2(30 + \sqrt{37^2 + 83^2}) = 2 \cdot 121 \text{ мкм}$$

$$\text{Послечистового растачивания } d_{p1} = 125,063 - 0,240 = 124,823 \text{ мм}$$

$$\text{После чернового растачивания } d_{p2} = 124,823 - 0,206 = 124,617 \text{ мм}$$

$$\text{Заготовка } d_{p3} = 124,627 - 2,932 = 121,685 \text{ мм}$$

Значения допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии с качеством вида обработки.

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

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 1.1 – Припуски на обработку отверстия $\varnothing 125^{+0,025}$

Технологич переходы	Расчет припуск $2z_{\min}$, МКМ	Расчет размер d_p , мм	Допуск δ , МКМ	Предельный размер, мм		Значения припуска, МКМ	
				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Заготовка		121,685	800	125	125,7		
Растачивание:							
Черновое	2·1463	124,823	250	124,573	124,823	2932	3330
Чистовое	2·103	124,823	62	124,761	124,823	206	393
Тонкое	2·121	125,063	63	125	125,063	240	277
Итого						3378	4000

2. Торцевые поверхности посадочных отверстий

Конструкторский размер $144_{-0,5}$. Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой, с переустановкой.

Припуски на параллельную обработку противоположных поверхностей можно рассчитать по формуле:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (1.15)$$

Суммарное значение Rz и T также составляет 600 мкм. После первого технологического перехода T для деталей из чугуна из расчетов исключается, поэтому для чистового перехода находим только значения $Rz = 50$ мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости

$$\rho = \rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L \quad (1.16)$$

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

Длина плоскости $l = 277$ мм; $\rho = 277$ мкм.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Остаточное пространственное отклонение после чернового фрезерования:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 277 = 17 \text{ мкм}$$

Погрешность установки:

$$E = \sqrt{E_\sigma^2 + E_\varepsilon^2} \quad (1.17)$$

Погрешность базирования при обработке параллельных плоскостей равна нулю.

E_3 (по табл. 4.13) принимаем равной 160 мкм.

$$E_1 = 160 \text{ мкм.}$$

На чистовом переходе схема базирования та же, но база чистая $\varepsilon_3 = 80 \text{ мкм.}$

Минимальный припуск под фрезерование:

$$\text{Черновое } 2Z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{277^2 + 160^2}) = 2 \cdot 920 \text{ мкм}$$

$$\text{Чистовое } 2Z_{\min 2} = 2(50 + \sqrt{17^2 + 80^2}) = 2 \cdot 132 \text{ мкм}$$

$$\text{После чернового фрезерования } d_{p1} = 143,5 + 1,814 = 145,314 \text{ мм}$$

$$\text{Заготовка } d_{p2} = 145,314 + 2,845 = 148,159 \text{ мм}$$

Таблица 1.2 – Припуски на обработку торцевых поверхностей

Технологич переходы	Расчет припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчет размер l_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Значения припуска, мкм	
				l_{\min}	l_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка		148,159	1600	148,2	148,8		
Фрезерование:							
Черновое	2·920	145,314	1200	145,3	145,5	2845	2200
Чистовое	2·132	143,5	1000	143,5	144,5	1814	500
Итого						4659	2700

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначим по справочнику [12].

Для установочной плоскостикорпуса припуск составит:

- на черновое фрезерование – 1 мм, допуск на размер – 1200 мкм;

для посадочного отверстия $\varnothing 11,2H7$:

- на черновое растачивание – 1,7 мм, допуск на размер – 1000 мкм;
- на чистовое растачивание – 0,17 мм, допуск на размер – 300 мкм;
- на тонкое растачивание – 0,12 мм, допуск на размер – 74 мкм;

для посадочного отверстия $\varnothing 10H7$:

- на черновое растачивание – 1,7 мм, допуск на размер – 800 мкм;
- на чистовое растачивание – 0,17 мм, допуск на размер – 250 мкм;
- на тонкое растачивание – 0,12 мм, допуск на размер – 62 мкм.

1.7 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 наиболее характерных поверхностей.

1. Посадочное отверстие $\varnothing 125^{+0,063}$ мм.

Обработка ведется в три перехода – черновой, чистовой, тонкий.

Черновое растачивание.

Припуск на обработку при черновом растачивании $2 \cdot Z = 3,4$ мм.

Глубина резания t равна половине припуска на обработку $t = 1,7$ мм.

Подачу при черновом растачивании определяем по таблице 12, [27]

$s = 0,4 \text{ мм/об.}$

Скорость резания

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v 0,9 \quad (1.18)$$

где $T=50$ мин., при обработке одним инструментом.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Значения коэффициента C_v , и показателей степени x , y , m приведены в табл. 17 [27]. $C_v = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$ (материал режущей части ВК6, характеристика подачи $s \leq 0,4$, обрабатываемый материал – серый чугун).

Коэффициент K_v является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{Mv} (табл. 1-4) состояние поверхности K_{Iv} (табл. 5), материала инструмента K_{Iv} (табл. 6).

$$K_{Mv} = \left(\frac{230}{HB} \right)^{nv} = \left(\frac{230}{230} \right)^{1,25} = 1 \quad (1.19)$$

Так как материал режущей части – твердый сплав, а материал детали – серый чугун, $HB=230$.

$K_{Iv} = 0,8$ - так как деталь обрабатывают по корке.

$K_{Iv} = 1,0$ - так как материал режущей части ВК6, а обрабатываемый материал – серый чугун.

Таким образом:

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8$$

0,9 – поправочный коэффициент на растачивание.

Скорость резания

$$v = \frac{292}{50^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 107 \text{ м/мин.}$$

Определяем расчетную частоту вращения шпинделя станка

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 107}{3,14 \cdot 125} = 273 \text{ об/мин} \quad (1.20)$$

Определяем действительную частоту вращения шпинделя исходя из технической характеристики выбранного станка $n = 630 \text{ об/мин}$.

Окончательно принятая скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 630}{1000} = 247 \text{ м/мин} \quad (1.21)$$

Рассчитаем тангенциальную составляющую силы резания

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad (1.22)$$

Постоянная C_p и показатели степени x , y , n для конкретных условий обработки для каждой из составляющих силы резания приведены в табл. 22[27].

Для P_z : $C_p=92$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0$.

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов

$$K_p = K_{M_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p} K_{r_p} \quad (1.23)$$

Численные значения этих коэффициентов приведены в табл. 9, 10 и 23 [27].

K_{M_p} - поправочный коэффициент. Определяется по формуле из таблицы 9 [стр. 264]:

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{230} \right)^{n_p} \quad (1.24)$$

По таблице 9 [27] определяют показатель степени $n_p = 0,4$. Таким образом, коэффициент K_{Mp} равен:

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{230} \right)^{n_p} = \left(\frac{230}{230} \right)^{0,4} = 1$$

K_{φ} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане на составляющие силы резания при обработке стали или чугуна по таблице 23 [27] для $\varphi = 45^0$, для $P_z K_{\varphi} = 1,0$.

K_{γ} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние переднего угла γ режущей части инструмента, определяется по таблице 23 [27] для $\gamma = 10^0$, для $P_z K_{\gamma} = 1,0$.

K_{λ} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главного лезвия λ режущей части инструмента, на составляющие силы резания при обработке стали или чугуна, и определяется по таблице 23 [27] $\lambda = -5^0$, для $P_z K_{\lambda} = 1,0$.

K_{rp} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине $r = 1,0$ мм режущей части инструмента, определяется по таблице 23 [27] для $P_z K_{rp} = 0,93$.

$$\text{для } P_z: K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,93.$$

Тангенциальная составляющая силы резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 1,7^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 247^0 \cdot 0,93 = 732H$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Эффективную мощность резания рассчитывают по формуле [27]

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{732 \cdot 93}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт} \quad (1.25)$$

Чистовое растачивание.

Припуск на обработку при чистовом растачивании $2 \cdot Z = 0,34$ мм.

Глубина резания t равна половине припуска на обработку $t = 0,17$ мм.

Подачу при чистовом растачивании определяем по таблице 14, [27] в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По табл.14 при $Ra = 2,5$ мкм и $r = 1$ мм $S = 0,2$ мм/об.

$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$, так как заготовка уже без корки.

$$v = \frac{292}{50^{0,2} \cdot 0,17^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 165 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 165}{3,14 \cdot 125} = 420 \text{ об/мин}$$

Определяем действительную частоту вращения шпинделя исходя из технической характеристики выбранного станка $n = 1000$ об/мин.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 1000}{1000} = 393 \text{ м/мин}$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 0,17^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 165^0 \cdot 0,93 = 44 \text{ Н}$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Эффективная мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{44 \cdot 393}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}$$

Тонкое растачивание.

Припуск на обработку при тонком растачивании $2 \cdot Z = 0,24$ мм.

Глубина резания t равна половине припуска на обработку $t = 0,12$ мм.

Подача при тонком растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости. По табл.19[27] $S = 0,1$ мм/об.

Скорость резания по той же таблице $V = 200$ м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 125} = 510 \text{ об/мин.}$$

Определяем действительную частоту вращения шпинделя исходя из технической характеристики выбранного станка $n = 1250$ об/мин.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 1250}{1000} = 490 \text{ м/мин}$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 0,12^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 490^0 \cdot 0,93 = 19 \text{ Н}$$

Эффективная мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{19 \cdot 490}{1020 \cdot 60} = 0,15 \text{ кВт}$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2. Фрезерование торцов.

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой. Режущий инструмент – торцевая фреза $\varnothing 630$ с числом зубьев $z = 52$.

Фрезерование черновое.

Скорость резания – окружная скорость фрезы

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \text{ м/мин.} \quad (1.26)$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в табл. 39[27], а периода стойкости T в табл. 40 [27].

$$C_v = 445; q = 0,2; x = 0,15; y = 0,35; u = 0,2; p = 0; m = 0,32, T = 240 \text{ мин.}$$

Подачу на один зуб s_z - выбираем из таблицы 33. $s_z = 0,2 \text{ мм/зуб}$.

Число зубьев $z = 18$.

Диаметр фрезы $D = 315 \text{ мм}$.

Припуск на черновое фрезерование составляет $2Z_{i\max} = 2000 \text{ мкм}$

Следовательно, глубина фрезерования составит $t = 1 \text{ мм}$.

Ширина фрезерования $B = 210 \text{ мм}$.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv} \quad (1.27)$$

где K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (табл. 1,2);

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (табл. 5);

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента (табл. 6).

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$K_{Mv} = \left(\frac{230}{HB}\right)^{nv} = \left(\frac{230}{230}\right)^{1,25} = 1 \quad (1.28)$$

Так как материал режущей части – твердый сплав, а материал детали – серый чугун, HB=230.

$K_{Iv} = 0,8$, так как деталь обрабатывают по корке.

$K_{IV} = 1,0$, так как материал режущей части ВК6, а обрабатываемый материал – серый чугун.

Таким образом:

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8$$

Скорость резания

$$v = \frac{445 \cdot 315^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 225^{0,2} \cdot 18^0} \cdot 0,8 = 114 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000v}{2\pi R} = \frac{1000 \cdot 116}{3,14 \cdot 315} = 117 \text{ об/мин.}$$

Согласовав расчетную частоту со стандартной ближайшей частотой, принимаем $n = 100 \text{ об/мин.}$

Определяем действительную скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 100}{1000} = 99 \text{ м/мин}$$

Определяем минутную подачу

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$S_m = S_z \cdot n \cdot z = 0,2 \cdot 100 \cdot 18 = 360 \text{ мм/мин}$$

Округляя до стандартного значения, получим $S_m = 315 \text{ мм/мин}$

Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp} \quad (1.29)$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени приведены в табл.

41,

$$C_p = 54,5; x = 0,9; y = 0,74; u = 1,0; q = 1,0; w = 0$$

Поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала K_{Mp} , в табл. 9,

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{230} \right)^n = \left(\frac{230}{230} \right)^1 = 1 \quad (1.30)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 210^1 \cdot 18}{315^1 \cdot 1} 1,1 = 2124 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{2124 \cdot 315}{2 \cdot 100} = 3345 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.31)$$

Мощность резания (эффективная)

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2124 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 3,5 \text{кВт} \quad (1.32)$$

Фрезерование чистовое.

Подача при чистовом фрезеровании по таблице 37 для шероховатости $R_a = 2,5 \text{ мкм}$ $s = 1 \text{ мм/об}$ или $s_z = 1/18 = 0,06 \text{ мм/зуб}$.

Число зубьев $z = 18$.

Диаметр фрезы $D = 315 \text{ мм}$.

Припуск на черновое фрезерование составляет $2Z_{i\max} = 400 \text{ мкм}$

Следовательно, глубина фрезерования составит $t = 0,2 \text{ мм}$.

Ширина фрезерования $B = 210 \text{ мм}$.

$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$, так как обработка без корки

$$v = \frac{445 \cdot 315^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,06^{0,35} \cdot 210^{0,2} \cdot 18^0} = 360 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000v}{2\pi R} = \frac{1000 \cdot 360}{3,14 \cdot 315} = 368 \text{ об/мин.}$$

Согласовав расчетную частоту со стандартной ближайшей частотой, принимаем $n = 315 \text{ об/мин}$.

Определяем действительную скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 315}{1000} = 312 \text{ м/мин}$$

Определяем минутную подачу

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$S_m = S \cdot n = 0,5 \cdot 312 = 156 \text{ мм/мин}$$

Округляя до стандартного значения, получим $S_m = 160 \text{ мм/мин}$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,06^{0,74} \cdot 210^1 \cdot 18}{315^1 \cdot 1} 1,1 = 102 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{102 \cdot 315}{2 \cdot 100} = 161 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{102 \cdot 315}{1020 \cdot 60} = 0,53 \text{ кВт}$$

Таблица 1.3 – Режимы резания

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	P _z , Н	N _e , кВт
Фрезерование черновое	1	315	71	100	2130	3,5
Фрезерование чистовое	0,2	312	223	312	105	0,54
Сверление Ø11	8,36	0,42	14	315	830	0,28
Нарезание M12	0,8	1	10	260	497	0,1
Фрезерование черновое	1	375	71	100	2130	4,5
Фрезерование чистовое	0,2	315	222	312	105	0,54
Сверление Ø9	5,5	0,27	10	500	725	0,12
Нарезание M10	0,5	1	8	250	492	0,06
Зенкеровать до Ø9,5	6,4	0,37	14	520	740	0,17
Развертывание до 10	0,25	1,5	10	500	296	0,05
Растачивание черновое	1,7	0,4	91,5	630	732	1,1
Растачивание чистовое	0,2	312	222	315	105	0,54

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.

Прономеруем фрезерную операцию 010 – обработки основной технологической базы.

1. Фрезерование установочной плоскости.

Обработка ведется на проход торцевой фрезой $\varnothing 200$ мм с числом зубьев $Z = 12$.

Основное время обработки при фрезеровании:

$$t_o = \frac{L}{S_z \cdot Z \cdot n} \quad (1.35)$$

где $L = L_0 + L_1 + L_2$ - длина обработки, состоящая из фактической длины обработки L_0 , длины врезания L_1 и длины перебега L_2 ;

S_z - подача на зуб фрезы;

Z - число зубьев фрезы;

n - частота вращения фрезы.

Фактическая длина обработки равна $L = 262$ мм.

Длина врезания равна длине перебега и составляет по полдиаметра фрезы плюс 5 мм, т.е. $L_1 = L_2 = 100 + 5 = 105$ мм. Отсюда $L = 472$ мм.

S_z , Z и n возьмем из расчетов режимов резания, рассмотренных выше.

$$t_o = \frac{472}{0,2 \cdot 12 \cdot 100} = 1,31 \text{ мин}$$

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

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

По справочнику [6]:

1. время на установку и снятие детали со станка 0,32 мин;
2. время на закрепление и открепление детали 0,16 мин;
3. время на перемещение стола 0,32 мин;
4. время на управление станком 0,43 мин.

Вспомогательное время операции

$$t_b = 0,32 + 0,16 + 0,32 + 0,43 = 1,23 \text{ мин.}$$

Сверлильная операция 020.

1. Обработка ведется напроход на глубину 10 мм.

Врезание и перебег составляют по 5 мм. $L = 10 + 5 + 5 = 20$ мм.

$$t_o = \frac{33}{0,45 \cdot 315} = 0,23 \text{ мин}$$

2. Развертывание до $\varnothing 10$.

Обработка так же ведется напроход на глубину 15.

Врезание и перебег так же составляют по 5 мм. $L = 15 + 5 + 5 = 25$ мм.

$$t_o = \frac{33}{1,7 \cdot 500} = 0,04 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,23 + 0,04 = 0,26 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время

1. время на установку и снятие детали со станка 0,32 мин;
2. время на установку и закрепление кондуктора 0,32 мин;

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3. время на перемещение стола 0,32 мин;

4. время на управление станком 0,6 мин.

$$t_{\text{в}} = 0,32 + 0,32 + 0,32 + 0,6 = 1,56 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{\text{оп}} = 0,26 + 1,56 = 1,82 \text{ мин.}$$

Укрупненно для сверлильных станков [6]:

$$t_{\text{тех}} = 2\% T_{\text{оп}} = 0,02 \cdot 1,82 = 0,06 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{орг}} = 1,2\% T_{\text{оп}} = 0,012 \cdot 1,82 = 0,03 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{отд}} = 4\% T_{\text{оп}} = 0,04 \cdot 1,82 = 0,11 \text{ мин.}$$

Штучное время операции

$$T_{\text{шт}} = 1,82 + 0,06 + 0,03 + 0,11 = 2,06 \text{ мин.}$$

Прономеруем технологическую операцию –растачивание отверстий.

Данная операция содержит три технологических перехода.

1. Растачивание черновое.

Основное время обработки рассчитывается по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \quad (1.36)$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где $L = L_0 + L_1 + L_2$ - длина обработки, состоящая из фактической длины обработки L_0 , длины врезания L_1 и длины перебега L_2 ;

S - подача; n - частота вращения.

Фактическая длина обработки равна длине отверстия $L_0 = 190$ мм.

Длина врезания равна – 5 мм, обработка ведется вупор и перебега нет, т.е. $L = 190+5 = 195$ мм.

S и n возьмем из расчетов режимов резания, рассмотренных выше.

$$t_o = \frac{195}{0,4 \cdot 630} = 0,78 \text{ мин}$$

2. Растачивание чистовое.

Длина обработки та же $L = 195$ мм.

$$t_o = \frac{195}{0,2 \cdot 1000} = 0,98 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,78 + 0,98 = 1,76 \text{ мин.}$$

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

По справочнику [6]:

1. время на установку и снятие детали со станка 0,32 мин;
2. время на закрепление и открепление детали 0,16 мин;
3. время на подвод-отвод оправок 0,08 мин;
4. время на перемещение стола 0,16 мин;
5. время на управление станком 0,35 мин.

Вспомогательное время операции

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$t_B = 0,32+0,16+0,08+0,16+0,35 = 1,07 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 1,76+1,07 = 2,83 \text{ мин.}$$

Укрупненно для расточных станков [6]:

$$t_{тех} = 2\% T_{оп} = 0,03*2,83 = 0,09 \text{ мин.};$$

$$t_{орг} = 1,2\% T_{оп} = 0,015*2,83 = 0,04 \text{ мин.};$$

$$t_{отд} = 4\% T_{оп} = 0,05*2,83 = 0,14 \text{ мин.}$$

Штучное время на операции

$$T_{шт} = 2,83+0,09+0,04+0,14 = 3,1 \text{ мин.}$$

Таблица 1.4 – Нормирование технологического процесс

№ оп.	Наименование операции и переходов	T _о	T _{всп.}		T _{обсл.}		T _{отд.}	T _{шт.}
			T _{ус.}	T _{упр.}	T _{тех.}	T _{орг.}		
010	Фрезерная		0,48	0,54	0,06	0,04	0,12	8,12
	Фрезеровать поверхность предварительно	1,47						
	Фрезеровать торец окончательно	1,67						
020	Сверлильная		0,48	0,75	0,06	0,03	0,11	3,01
	Сверлить 5 отв. Ø11	0,24						
	Нарезать резьбу М12	0,54						
030	Фрезерная		0,58	0,64	0,08	0,03	0,25	4,87
	Фрезеровать поверхность предварительно	1,65						
	Фрезеровать поверхность окончательно	1,67						

040	Сверлильная		0,48	1,1	0,07	0,03	0,15	4,46
	Сверлить отверстие Ø9	1,1						
	Нарезать резьбу М10	0,55						
	Зенкеровать Ø9,5	0,09						
	Развернуть Ø10	0,18						
050	Расточная		0,48	0,59	0,09	0,04	0,14	3,1
	Расточить отв. предварительно	0,78						
	Расточить отв. предварительно	0,98						
	Растворить отв. окончательно	1,56						
	Снять фаски	0,15						
060	Сверлильная		0,48	0,84	0,07	0,03	0,15	2,95
	Сверлить 1 отв. Ø14	0,02						
	Сверлить Ø17,5	0,04						
	Нарезать К3/4"	0,26						
	Сверлить Ø3	0,02						
	Сверлить Ø5	0,1						
	Нарезать К1/4"	0,6						

1.9 Разработка технологического процесса для ЧПУ

При использовании станков с ЧПУ необходимо наиболее полно учитывать технологические возможности этого оборудования. У каждого станка есть определенный комплект инструментов. Следует проверить возможность обработки детали с его применением.

Наибольший эффект достигается при использовании станков с ЧПУ для решение наиболее сложных задач таких как: обработка деталей сложного профиля, в случае высокой концентрации переходов обработки, исключения слесарных работ и сложных приспособлений.

Для обработки корпуса редуктора выбираем станок фрезерный обрабатывающий центры IRONMACIMV-10.55 (рисунок 2).

1.9.1 Описание фрезерного обрабатывающего центра IRONMACIMV-10.55 станка

Компоненты станины отлиты из модифицированного чугуна Meehanite, с последующим старением станины. Y-образная конструкция колонны позволяет обеспечить высокую жесткость. Станина обеспечивает оптимальное гашение вибрации и гарантирует долговременную стабильность при работе станка

В базовой комплектации установлены шпиндели мировых производителей KENTURN (Тайвань). Максимально сбалансированы и обладает высокой статической и динамической жесткостью, с ременным типом привода (стандарт) BT40 / 10 000 об/мин, для тяжелой серии станков.

В базовой комплектации станки оснащаются высокомоощным приводом 15 / 22,5 кВт.

Станок оснащен системой автоматической смены инструмента манипуляторного типа на 24 позиции.

Производители: OKADA / AIMACH / Fangguan.

Диск магазина приводится в движение двойным роликовым механизмом, что обеспечивает точность позиционирования и долгий срок службы. Система обеспечивает более быструю смену (2 - 3 сек.).

Основные параметры:

- 12,1-дюймовый монитор;
- Один канал поддерживает до пяти осей подачи и четырех шпинделей;
- Максимальное количество связанных осей 3 + 2;
- Контроль поломки инструмента;
- Интеллектуальное управление сроком службы инструмента;
- Технология компенсации тепловых ошибок.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Особенности:

- Технология высокоскоростного и высокоточного управления;
- Ускорение до 1,8 G;
- Технология синхронного управления по двум осям;
- Полная функция управления с обратной связью (энкодер, оптическая линейка);
- Функция поддержки двусторонней компенсации ошибки шага винта по 20 000 точкам;
- Функция автоматического измерения;
- Индивидуальная настройка.

Интеллектуальные функции:

- Многочисленные данные для станков с ЧПУ;
- Контроль поломки инструмента;
- Обеспечение исправности станка;
- Интеллектуальная оптимизация параметров процесса;
- Интеллектуальное управление сроком службы инструмента.



Рис. 2 - станок, фрезерно-обрабатывающий центры IRONMAC IMV-10.55.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 1.5 – Технические характеристики станка IRONMACIMV-10.55.

Характеристика	Значение
Шпиндель	
Частота вращения шпинделя	10000 об/мин
Расстояние от центра шпинделя до поверхности рабочего стола	150-700мм
Мощность двигателя шпинделя	15/22,5 кВт
Крутящий момент	71,6/106,4Нм
Мощность серводвигателей по осям X/Y/Z	2,3/2,3/4,7кВт
Общие характеристики	
Размер стола	1000x550
Макс. Нагрузка на стол	500кг
Перемещение по оси X	800мм
Перемещение по оси Y	550мм
Перемещение по оси Z	550мм
Время смены инструмента	1,55-5с
Энергопотребление	35кВА
Габаритные размеры	
Длина	2550мм
Ширина	2300мм
Высота	2700мм
Вес	5000кг

1.10 Разработка маршрута механической обработки на станке с ЧПУ

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 четыре отверстия.

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

Таблица 1.6 – Маршрут обработки на станках с ЧПУ

№ операции	Наименование операций и переходов
05	Фрезерно-сверлильно-расточная
	База пов.3 и две поверхности
1	Фрезеровать пов.1 предварительно
2	Фрезеровать пов.1 окончательно
3	Сверлить 4отв. 4 и 1 отв.5
4	Расточить отв.9 предварительно
5	Расточить отв.9 окончательно
10	Фрезерно-сверлильная
	База пов.1 и 4 отв.
1	Фрезеровать пов.3 предварительно
2	Фрезеровать пов.3 окончательно
3	Сверлить 8отв. 6 под резьбу
4	Нарезать резьбу 8 8 отв. 6 М10-7Н
5	Сверлить 2 отв.7 на проход
6	Зенкеровать 2отв.7на проход
7	Развернуть 2 отв.7 на проход
8	Сверлить отв.8 на проход
9	Сверлить отв.8 на глубину 8мм
10	Нарезать резьбу К 3/4" ГОСТ 6111-52
11	Сверлить отв.9 на проход
12	Сверлить отв.9 на глубину 7мм
13	Нарезать резьбу К1/4" ГОСТ 6111-52

1.11 Нормирование технологического процесса на станке 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 1.7 – Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ.

Таблица 1.7 –Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ

№ операции, И перехода	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-сверлильно-расточная									
	База пов.3 и две поверхности									
1	Фрезеровать пов.1 предварительно	2,3	0,75	0,535	0,2	0,20	1,8	0,18	0,33	5,25
2	Фрезеровать пов.1 окончательно	2,4								
3	Сверлить 4отв. 4 и 1 отв.5	3								
4	Расточить отв.9 предварительно	3								
5	Расточить отв.9 окончательно	1,2								
10	Фрезерно-сверильная									
	База пов.1 и 4 отв.									
1	Фрезеровать пов.3 предварительно	2,3								
2	Фрезеровать пов.3 окончательно	2,5								
3	Сверлить 8отв. 6 под резьбу	0,62								

Продолжение таблицы 1.7

4	Нарезать резьбу 8 8 отв. 6 М10-7Н	0,07	0,75	0,535	0,3	0,33	2	0,2	0,4	42,6
5	Сверлить 2 отв.7 на проход	0,4								
6	Зенкеровать 2отв.7на проход	0,18								
7	Развернуть 2 отв.7 на проход	0,07								
8	Сверлить отв.8 на проход	2,6								
9	Сверлить отв.8 на глубину 8мм	0,4								
10	Нарезать резьбу К 3/4" ГОСТ 6111-52	0,4								
11	Сверлить отв.9 на проход	1,2								
12	Сверлить отв.9 на глубину 7мм	0,62								
13	Нарезать резьбу К1/4" ГОСТ 6111-52	0,4								

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2. Конструкторская часть

2.1 Проектирование фрезерного приспособления

2.1.1 Техническое задание

Требуется спроектировать зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции –фрезерования торца. Базирование производится по установочной плоскости. Базовая поверхность предварительно обработана и имеет отверстия под шпильки.

Приспособление должно обеспечивать надежное закрепление, исключать вибрации и смещение заготовки относительно опор приспособления при обработке.

2.1.2 Описание приспособления

Зажимное устройство устанавливается на рабочее место. Для простоты ориентирования приспособления на рабочем месте предусмотренные две шпонки в основании плиты. Закрепление устройства осуществляется с помощью 6 шпилек М16 предварительно ввинчены в «сухари», далее данная конструкция устанавливается в специальный Т-образный паз. Сам зажим осуществляется с помощью зажима типа «винт-гайка».

Само зажимное устройство состоит из главной плиты. В ней закреплены: один центральный упорный «палец», четыре контрольных упора, четыре Г-образных прихвата ГОСТ 14733-69 установленных по бокам плиты. Г-образные прихвата также обеспечены втулками ГОСТ 9509-69.

Закрепление заготовки обеспечивается зажимом типа «винт-гайка» что обеспечивает необходимую жесткость конструкции зажимного устройства, также с помощью винта с цилиндрической головкой и шестигранным углублением по ключевому классу точности А.ГОСТ 11738-84 предотвращается смещение заготовки.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Крафт				Конструкторская часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Желтобрюхов							
Консульт.	Желтобрюхов							
Н. Контр.	Сагалакова							
Зав. Каф.	Торопов							
						ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		

Заготовка на операции остается неподвижной, а обработка осуществляется с помощью перемещения режущего инструмента по осям стола.

2.1.3 Силовой расчет зажимного устройства

По схеме приспособления изображённого на рисунке 2.1 составим уравнение относительно оси X

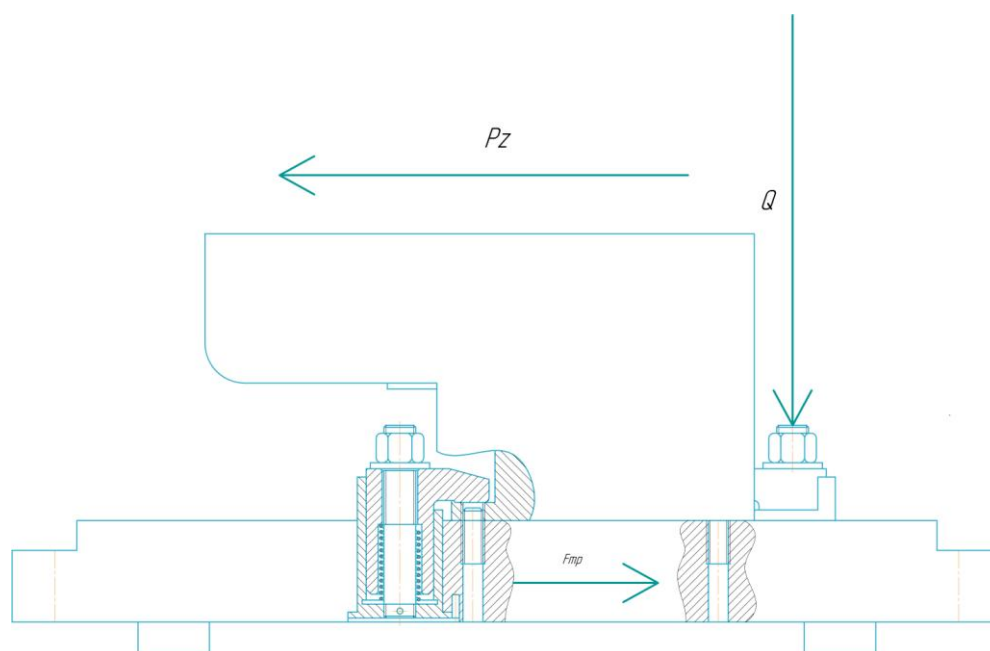


Рисунок-2.1 Схема действующих сил на деталь

$$\sum F_x = 0, \quad P_z - F_{\text{тр}} = 0,$$

где $P_z = 234 \text{ Н}$ – сила резания, при черновом фрезеровании плоскости;

$F_{\text{тр}}$ – сила трения шайбы о заготовку.

$$F_{\text{тр}} = Q k_{\text{тр}},$$

где Q – сила действия шайбы на заготовку;

$k_{\text{тр}} = 0.16$ – коэффициент трения стали.

$$F_{\text{тр}} = Q * 0.16,$$

$$Q = \frac{F_{\text{тр}}}{0.16} = \frac{234}{0.16} = 1462.5 \text{ Н}$$

Расчет силового привода.

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем, болт, который должен развивать соответствующую силу.

Номинальный диаметр болта можно рассчитать по формуле [10]:

$$d = C * \sqrt{\frac{P_6}{\sigma}}, \quad (2.1)$$

где $C = 4.2$ – коэффициент для основной метрической резьбы;

$P_6 = 1462.5 \text{ Н}$ – сила болта, необходимая для закрепления заготовки;

$\sigma = 100 \text{ МПа}$ – напряжение растяжения для винтов из стали 45.

$$d = 4.2 * \sqrt{\frac{1462.5}{100}} = 15.75 \text{ мм}$$

Принимаем болт М16

Рассчитаем момент, который необходимо развить на гайке для получения заданной силы закрепления.

$$M = \tau_{\text{ср}} * P_6 * \text{tg}(\alpha + \beta) + M_{\text{тр}}, \quad (2.2)$$

где $\tau_{\text{ср}} = 0.45d = 0.45 * 16 = 7.2 \text{ мм}$ – средний радиус резьбы;

α – угол подъема резьбы (для М16 $\alpha = 2.3$),

$\beta = 10.30$ – угол трения в резьбе,

$M_{\text{тр}}$ – момент трения на опорном торце гайки;

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} * f * P_6 * \frac{D_H^3 - d_B^3}{D_H^2 - d_B^2}, \quad (2.3)$$

где $D_H = 1.7d = 1.7 * 16 = 27.2$ мм – диаметр гайки ;

$d_B = d = 16$ мм – диаметр болта;

$f = 0.16$ – коэффициент трения стали.

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} * 0.16 * 1462.5 * \frac{27.2^3 - 16^3}{27.2^2 - 16^2} = 2574 \text{ Н * м}$$

После всех преобразований и подстановок формула для момента примет вид:

$$M = 0.2d * P_6 = 0.02 * 16 * 1462.5 = 468 \text{ Н * м}$$

2.1.3 Расчёт приспособления на точность

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

$$E_{\text{пр}} = [T - K * [(K_{T1} \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2} * W)^2]^{0.5}, \quad (2.4)$$

где $T = 50$ мкм – допуск перпендикулярности;

$K_T = 1.2$ коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$K_{T1} = 0.6$ - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках,

$K_{T2} = 0.7$ -коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независимыми от приспособления,

W -экономическая точность обработки;

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ε_6 - погрешность базирования заготовки в приспособлении;
 ε_3 - погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима,
 ε_y - погрешность установки приспособления на станке,
 $\varepsilon_{и}$ - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления, $\varepsilon_{п}$ - погрешность от прекося инструмента.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет установки детали на упорный палец.

Наибольший зазор между пальцем и отверстием:

$$S_{max} = \delta_A + \delta_B + S_{min}, \quad (2.5)$$

где $\delta_A = 43$ мкм – допуск на отверстие;
 $\delta_B = 21$ мкм – допуск на диаметр пальца,
 $S_{min} = 12$ мкм – минимальный зазор.

$$S_{max} = 43 + 21 + 12 = 76 \text{ мкм}$$

Погрешность базирования:

$$\delta_6 = 30 \operatorname{tg}(S_{max} / L),$$

где L – длина детали.

$$\delta_6 = 0,577 * (0,076 / 277) = 2,7 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_{п} = 12$ мкм;

$W = 50$ мкм – экономическая точность.

$$E_{пр} = [50 - 1.2 * [(0.6 * 8,7)^2 + 0.3^2 + (0.7 * 50)^2]^{0.5} = 7.5 \text{ мкм.}$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2.3 Проектирование контрольного приспособления

Контроль точности линейных размеров в основном производится стандартным мерительным инструментом - штангенциркулем и штангереисмасом (ГОСТ 166-80). Контроль резьбовых крепежных отверстий производят двумя калибр-пробками - проходной и непроходной. Контроль качества обработанной поверхности производят с помощью образцов шероховатости (ГОСТ 7398-75) путем их сравнения. Допуски расположения поверхностей контролируют при помощи специальных приспособлений с применением индикаторных головок.

2.3.1 Техническое задание

Важное значение для качественной работы редуктора имеет точность расположения друг относительно друга валов передачи. Чтобы предотвратить перекос валов и, как следствие, заклинивание передачи, к корпусу предъявляется требование параллельности торцов.

Требуется разработать специальное приспособление для контрольной операции проверки параллельности торцов.

2.3.2 Описание конструкции приспособления

Для проверки контроля качества детали (проверяется торец относительно параллельности другому торцу), устанавливаем деталь на контрольную плиту, прикручивается болтами М12-7Н. Потом устанавливается 2 штатива измерительных на плиту. На штангу измерительную одевается индикатор часового типа которая устанавливается на штативы. Контроль производим индикаторной головкой часового типа, закрепленной посредством хомута на штанге. Показания снимаются при перестановке оправки с индикатором.

2.3.3 Расчет на точность

Точность контрольного приспособления рассчитывают по формуле [7]:

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{уст}} + E_{\text{изм}} + E_{\text{изг}} \quad (2.6)$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

где $E_{уст} = 6$ мкм – погрешность установки штатива; [7,
т.2.с.50]

$E_{изм} = 3$ мкм – погрешность, связанная с износом установочного элемента;

$E_{изг} = 4$ мкм – погрешность закрепления детали.

$$E_{пр} = 3 + 6 + 4 = 13 \text{ мкм}$$

Расчет точности контрольного приспособления (определение погрешности измерения) сводится к расчету или выбору по табличным данным первичных составляющих общей погрешности и сопоставлением полученного значения с допуском.

$$E_{пр} \leq [E_{пр}], [E_{пр}] = JT * k, \quad (2.7)$$

где $JT = 0.1$ – допуск измеряемой величины;

$k = 0.2$ – коэффициент зависящий от качества.

$$E_{пр} = 0.1 * 0.2 = 0.02 \text{ мкм} \geq 0.013 \text{ мкм}$$

Из расчета видно, что данное приспособление обладает достаточной точностью.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3. Экономическая часть

3.1 Выбор необходимого оборудования участка

Проанализировав нормирование, примем следующее универсальное оборудование:

Для операции 10 – один станок 6Т83Шс $T_{шт-к} = 15,7$

Для операции 20 – один станок 2К522-03с $T_{шт-к} = 15,2$

Для операции 30 – один станок 6Т83Шс $T_{шт-к} = 15,9$

Для операции 40 – один станок 2К522-03с $T_{шт-к} = 8,3$

Для операции 50 – один станок 2А78Нс $T_{шт-к} = 7,3$

Для операции 60 – один станок 2К522-03с $T_{шт-к} = 4,3$

Время обработки программы деталей определим по формуле [11, с. 228]:

$$T_N = \frac{T_{шт.мах} * N}{F_{\sigma} * 60} = \frac{66,7 * 500}{3892 * 60} = 0,14 \quad \text{года,}$$

(3.1)

Где $T_{шт.-к}$ – наибольшая продолжительность операции, мин;

N – годовая производственная программа выпуска изделия, 500 шт.;

F_{σ} – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 3892

ч.

Для оборудования с ЧПУ примем 1 станок, фрезерно-обрабатывающий центры IRONMAC IMV-10.55.

$T_{шт.-к} = 80,6$ мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле [11, с. 257]:

$$T_N = \frac{T_{шт.мах} * N}{F_{\sigma} * 60} = \frac{80,6 * 500}{3892 * 60} = 0,17 \text{ года}$$

Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Крафт			
Руковод.	Желтобрюхов			
Консульт.	Желтобрюхов			
Н. Контр.	Сагалакова			
Зав. Каф.	Торопов			
Экономическая часть				
			Лит.	Лист
ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1				

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

Тип Оборудования	Кол-во	Мощность кВт	Единицы Ремонтной сложности Rm	Занимаемая площадь, м ²	Стоим. Един. обор., руб.	Сумм. Стоимость, руб.
Широкоуниверсальный Фрезерный 6Т83Ш	2	11	20	2,6x2,3	3263400	3263400
Радиально-Сверлильный 2К522-03	3	1,5	31	1,5x1,1	1614047	1614047
Горизонтально-Расточной 2А78Н	1	7,5	19	1,3x1,5	2300000	2300000
Итого	6	20	70	18,86		13668941

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

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип Оборудования	Кол-во	Мощность кВт	Единицы Ремонтной сложности Rm	Занимаемая площадь, м ²	Стоим. Един. обор., руб.	Сумм. Стоимость, руб.
IRONMAC IMV-10.55	1	22,5 кВт	54	2,6x2,3	4816159	4816159
Итого	1	22,5кВт	54	6		4816159

3.3 Определение занимаемой площади цеха и ее стоимость под оборудование

Площадь, занимаемую оборудованием, определим по формуле [4, с. 107]:

$$S = f_{\Sigma} * k_f, \quad (3.2)$$

Где - f_{Σ} 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 редуктора потребуется 6 универсальных станка с общей площадью $18,86 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{унв}} = 18,86 * 2,5 = 47,2 \text{ м}^2$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 5000 руб. Соответственно стоимость площади под универсальное оборудование составляет $S_{\text{унв}} = 236000$ руб.

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок с площадью 6 м^2 .

$$S_{\text{унв}} = 6 * 2,5 = 15 \text{ м}^2$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 5000 руб. Соответственно стоимость площади под оборудование с ЧПУ составит $S_{\text{чпу}} = 75000$ руб.

3.4 Расчет себестоимости детали

Себестоимость детали включает в себя затраты на материал и последующую механическую обработку. Ранее была рассчитана стоимость

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

заготовки. Для обоих вариантов технологического процесса она неизменна – 139,77руб.

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:

$$C_{\text{обр}} = \sum C_{\text{обр}}^{di} \quad ,$$

(3.3)

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 i -ой операции состоит из затрат на заработанную плату, амортизацию ОПФ, затрат на силовую электроэнергию и ремонт оборудования.

Заработанная плата основных производственных рабочих определяется по формуле:

$$З = C^{ri} * k_p * k_c * k_{np} * k_n * k_\sigma * k_{\text{соц}} * T_{\text{шт}}^{di} \quad ,$$

(3.4)

Где C^{ri} – часовая тарифная ставка первого разряда 52,2 руб./ч;

k_p – коэффициент разряда;

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$k_c, k_{np}, k_n, k_\sigma, k_{соц}$ – 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);

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

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании – 73,1 мин или 1,22 ч; на станках с ЧПУ – 42,6 мин или 0,71 ч.

$$З = 52,2 * 1,21 * 1,3 * 1 * 1,4 * 1,095 * 1,3 * 1,22 = 199,64 \text{ руб./дет.}$$

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 обслужить еще 3 станка, занятые обработкой других деталей редуктора. Поэтому, фактическое время, затрачиваемое на корпус редуктора, будет 0,178 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$З = 52,2 * 1,21 * 1,25 * 1,3 * 1 * 1,4 * 1,095 * 1,3 * 0,178 * 1,15 = 36,41 \text{ руб./дет.}$$

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.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

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

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим:

$$A_{\text{дет}} = \frac{A_{\text{г}} * T_N}{N}$$

(3.5)

Где T_N – время обработки программы, год,

N – годовая производственная программа выпуска изделия, 500шт.

Таблица 3.3 – Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость ед. ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые Амортизационные отчисления, руб.	Амортизационные отчисления на деталь, руб
Здание	69,6 м ²	75000	3951000	3	118530	5,41
Оборудование	6 шт.		13668941	12	16402729	36,47
Транспорт			224610	8	17969	0,82
Инструмент			74870	15	11231	0,52
Инвентарь			57190	15	8579	0,39
Итого			14699511		16440508	43,61

Таблица 3.4 – Основные производственные фонды при использовании станков с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость ед. ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления, руб.	Амортизационные отчисления на деталь, руб
Здание	35,48 м ²	75000	2583750	3	77513	5,87
Оборудование	1 шт.		5816159	12	577990	47,83
Транспорт			52670	8	4214	0,32
Инструмент			54500	15	8175	0,6
Инвентарь			39254	15	5888	0,45
Итого			5962583		596267	55,06

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываем по формуле:

$$\mathcal{E} = \left(N * \frac{k_N * k_B * k_{од} * k_W}{\eta} \right) T_{шт.мах} * Ц_{\mathcal{E}}, \quad (3.6)$$

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 (0,7);

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

η – КПД электродвигателей оборудования (0,7);

$C_{\text{э}}$ – тариф на электроэнергию (3,75).

$$\mathcal{E}_{\text{унв}} = \left(20 * \frac{0,84 * 0,62 * 0,7 * 1,06}{0,7} \right) 1,22 * 3,75 = 50,5 \text{ руб./дет.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{чпу}} = \left(22,2 * \frac{0,52 * 0,97 * 0,7 * 1}{0,7} \right) 0,71 * 3,75 = 30,6 \text{ руб./дет.}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле:

$$P = \frac{W_M * R_M * T_{\text{шт}}}{T_{\text{р.ц}}}$$

(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;

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

$T_{\text{шт}}$ – штучное время на определенном типе оборудования – на токарном – 0,56 ч, на сверлильном – 0,25 ч, на расточном – 0,265, на фрезерном с ЧПУ – 0,71 ч.

$$P_{\text{унв}} = \frac{12500 * (22 * 0,56 + 42 * 0,25 + 24 * 0,265)}{24174} = 15,09 \text{ руб./дет.}$$

$$P_{\text{чпу}} = \frac{12500 * 41 * 0,71}{24174} = 14,05 \text{ руб./дет.}$$

Себестоимость механической обработки определим по формуле:

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$C = Z + A_{\text{дет}} + \text{Э} + P$$

(3.8)

Где Z – заработная плата основных производственных фондов, приходящихся на одну деталь;

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

Э – затраты на силовую электроэнергию;

P – затраты на ремонт оборудования.

Себестоимость механической обработки на универсальном оборудовании:

$$C_{\text{унв}} = 199,64 + 43,61 + 57,84 + 15,09 = 316,18 \text{ руб./дет.}$$

Себестоимость механической обработки на станках с ЧПУ:

$$C_{\text{чпу}} = 36,41 + 55,066 + 37,6 + 14,05 = 143,126 \text{ руб./дет.}$$

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

$$C = S_{\text{заг}} + C$$

(3.9)

Где $S_{\text{заг}}$ – стоимость заготовки, руб.;

C – себестоимость механической обработки, руб.

$$C_{\text{унв}} = 184,62 + 316,18 = 500,8 \text{ руб./дет.}$$

$$C_{\text{чпу}} = 184,62 + 143,126 = 327,746 \text{ руб./дет.}$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

При этом, приведенная годовая экономика (экономический эффект на программу) составим:

$$\text{Э}_r = (C_{02} - C_{01}) * N \quad ,$$

(3.10)

Где C_{02} – суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали на универсальных станках;

C_{01} – суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали на станках с ЧПУ;

N – годовая производственная программа выпуска изделия.

$$\text{Э}_r = (500,8 - 327,746) * 500 = 86527 \text{ руб.}$$

3.5 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 и составляет 139,7 руб.

3. Основные производственные фонды берем по табл. 3.3, 3.4.

4. Площади участка берем по таблицам 3.1, 3.2.

5. Кол-во рабочих мест есть кол-во принятого оборудования табл. 3.1, 3.2.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

6. Численность основных рабочих смен при работе на универсальном оборудовании равна кол-ву обслуживаемого оборудования. Режим работы двухсменный.

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

8. Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле:

$$Z_{\text{ср}} = \frac{Z_{\text{унв}} * N}{n * m * 12 * T_N},$$

(3.11)

N – годовая производственная программа выпуска изделия, шт.;

n – число рабочих в смен, чел;

m – число смен;

12 – месяцев в году;

T_N – время обработки программы, год.

$$Z_{\text{ср.унв}} = \frac{199,64 * 500}{4 * 2 * 12 * 0,072} = 14441 \text{ руб.}$$

Где $Z_{\text{ср.унв}}$ – заработная плата основных рабочих, приходящаяся на одну деталь, при работе на универсальном оборудовании, руб./дет.;

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

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{36,41 * 500}{0,25 * 2 * 12 * 0,091} = 33342 \text{ руб.,}$$

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе представлена технология изготовления корпуса редуктора с годовой программой выпуска 500 шт.

В ходе проектирования отработана рациональная структура технологических процессов механической обработки, рассчитаны оптимальные режимы, выбрано высокопроизводительное оборудование и металлорежущий инструмент, а также спроектированы быстродействующее зажимное (для расточной операции) и контрольное приспособление (для контроля параллельности поверхности к базовой поверхности корпуса).

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

Проведенный технико-экономический анализ разработанных вариантов технологических процессов показал, что применение оборудования с ЧПУ обеспечивает снижение в 4 раза кол-во используемого оборудования и рабочих мест, уменьшение фонда заработной платы за счет снижения кол-ва рабочих. В общем и целом, экономический расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней по сравнению с обработкой на универсальном оборудовании и снизит себестоимость механической обработки.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Крафт			ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов						
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
						ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		

CONCLUSION

The Bachelor's Thesis under consideration deals with the technology of manufacturing a gear-box casing with an annual production program for 500 pieces.

While designing, a rational structure of machining technological processes has been worked out, optimal modes have been calculated, high-performance equipment and metal-cutting tools have been selected, and a high-speed clamping (for boring operation) and control device (for controlling the perpendicularity of the axis to the base of the body) have been developed.

Highly efficient options of technological processes of mechanical processing have been identified, both for multi-purpose metal-cutting equipment and for modern equipment with numerical control.

The conducted technical and economic analysis of the developed options of technological processes has showed that the use of CNC equipment provides the 4-fold decrease in the number of equipment used and personnel, the decrease in the wages fund due to reducing the number of workers. In general, the economic calculation has shown that processing with CNC machines is economically more profitable compared to processing on multi-purpose equipment and will reduce the cost of machining.

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Крафт			CONCLUSION	Лит.	Лист	<i>Листов</i>
Руковод.		Желтобрюхов						
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
						ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		

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. Харламов Г. А., Тарапанов А. С. Припуски на механическую обработку: Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
4. Болотин, Х. Л. Станочное приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2003 – 315 с.
5. Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К.М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 2003 – 256 с.
6. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Минск.: Высшая школа, 2007 – 255 с.
7. Бондаренко, Ю.А. Технология изготовления деталей на станках учеб. пособие / Ю.А. Бондаренко, А.А. Погонин, А.Г. Схиртладзе, М.А. Федоренко - Старый Оскол: «ТНТ», 2016. – 292 с.
8. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2011 – 303 с.
9. Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005 – 156 с.
10. Долматовский, Г. А. Справочник технолога по обработке металлов резанием / Г.А. Долматовский. – М.: Машиностроение, 2014 354 с.
11. Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2013 – 1026 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. Законникова, А.Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010 – 511 с

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Крафт				СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Желтобрюхов							
Консульт.	Желтобрюхов							
Н. Контр.	Сагалакова							
Зав. Каф.	Торопов							
						ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		

- 17.Общемашиностроительный нормативы вспомогательного времени и на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках / М.: Экономика, 2008 – 65 с.
- 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-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Крафт				Список ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Желтобрюхов							
Консульт.	Желтобрюхов							
Н. Контр.	Сагалакова					ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		
Зав. Каф.	Торопов							

ПРИЛОЖЕНИЕ

					Бр-15.03.05.2023.000000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Крафт			Приложение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов						
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
						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 ЭМиАТ


_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия


« 14 » _____ 04 _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
В форме бакалаврской работы

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

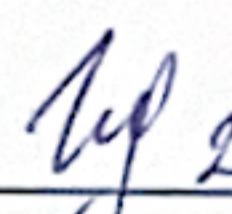
Консультанты по разделам:

Технологическая часть

 21.06.23
подпись, дата

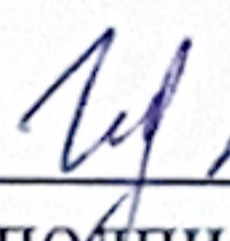
Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть

 21.06.23
подпись, дата


Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть

 21.06.23
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Заключение на иностранном языке

 21.06.23
подпись, дата

Н.В. Чезыбаева
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 21.06.23
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 ЭМиАТ
А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« 21 » 06 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической
обработки корпуса редуктора

Руководитель

А.С. Торопов
подпись, дата

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

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Выпускник

В.А. Крафт
подпись, дата

В.А. Крафт
инициалы, фамилия

Абакан 2023