

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

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

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса

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

Выпускник _____ Д.Ф. Коростелева
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан, 2023

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка
технологического процесса механической обработки корпуса

Консультанты по
разделам:

Технологическая часть _____ Е.М. Желтобрюхов
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

Конструкторская часть _____ Е.М. Желтобрюхов
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

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

Нормоконтролер _____ М.М. Сагалакова
подпись, дата инициалы, фамилия

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

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

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

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

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

Студенту Коростелевой Дарье Федоровне

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1

номер

Направление 15.03.05

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка технологического
процесса механической обработки корпуса

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

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

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали с заводским номером 2Т-
01000;

2. годовая программа N = 300шт

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

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

Руководитель ВКР
подпись

инициалы и фамилия

Е.М. Желтобрюхов

Задание принял к исполнению
подпись, инициалы и фамилия студента

Д.Ф. Коростелева

Оглавление

Введение	5
1 Технологическая часть.....	7
1.1 Анализ служебного назначения	7
1.2 Анализ технологичности	7
1.3 Анализ технических требований	9
1.4 Обоснование выбора баз и составление маршрута обработки.....	9
1.5 Экономическое обоснование выбора заготовки	11
1.6 Расчет и назначение припусков	12
1.7 Расчет режимов резания	18
1.8 Расчет норм времени.....	26
2 Конструкторская часть.....	36
2.1 Проектирование расточного приспособления	36
2.1.1 Техническое задание	36
2.1.2 Описание приспособления	36
2.1.3 Расчёт приспособления на точность.....	36
2.1.4 Расчёт сил зажима	37
2.3 Проектирование контрольного приспособления	38
2.3.1 Техническое задание	38
2.3.2 Описание конструкции приспособления	39
2.3.3 Расчет на точность.....	39
Литература	40
Приложение	Ошибка! Закладка не определена.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оглавление					
Разраб.		Коростелева						Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов								5
Консульт.		Желтобрюхов						ХТИ – филиал СФУ		
Н. Контр.		Сагалакова						Кафедра ЭМиАТ		
Зав. Каф.		Торопов			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.

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

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

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

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

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Коростелева			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 редуктора служит базовой деталью для установки и взаимной ориентации в пространстве валов и опор. А также удерживают смазку и предохраняют зацепления и опоры от загрязнения и повреждений.

Корпус изготавливают из чугуна марки СЧ28 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:

$$\sigma_b = 280 \text{ МПа}; \quad \sigma_{\text{и}} = 314 \text{ МПа}; \quad \delta = 1 \%; \quad \text{НВ} = 190$$

и имеет следующий химический состав (%):

углерод	кремний	марганец	фосфор	сера
2,8-3,2	1-1,5	0,8-1,2	не более 0,2	не более 0,12

Чугун СЧ28 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 напроход и подвод инструмента к обрабатываемым поверхностям не затруднен.

Проточки в посадочных отверстиях нетехнологичны из-за применения специального врезного инструмента.

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

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

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

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Коростелева			Технологическая часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов						
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
						ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		

$$k_{m1} = 16,5/20,6 = 0,8; \quad k_{m2} = 3,1/3,88 = 0,8$$

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.

$$k_{y1} = 46/65 = 0,71;$$

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

Деталь технологична.

3. Коэффициент использования стандартного инструмента.

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

где $k_{си}$ - количество стандартного инструмента,
 $k_{ои}$ - общее количество инструмента.

$$k_{u1} = 16/29 = 0,55; \quad k_{u1} = 17/30 = 0,57$$

Детали технологичны.

4. Коэффициент обрабатываемости.

$$k_0 = \frac{N_{оп}}{N_{об}} > 0,5 \quad (1.4)$$

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

$$k_{o1} = 38/65 = 0,59;$$

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

Деталь технологична.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

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.

Позиционный допуск крепежных отверстий выдерживаются за счет обработки по кондуктору.

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 $Ra = 2,5$ 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

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, так как от нее назначены большинство конструкторских размеров и на ней имеются отверстия под установочные пальцы.

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.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

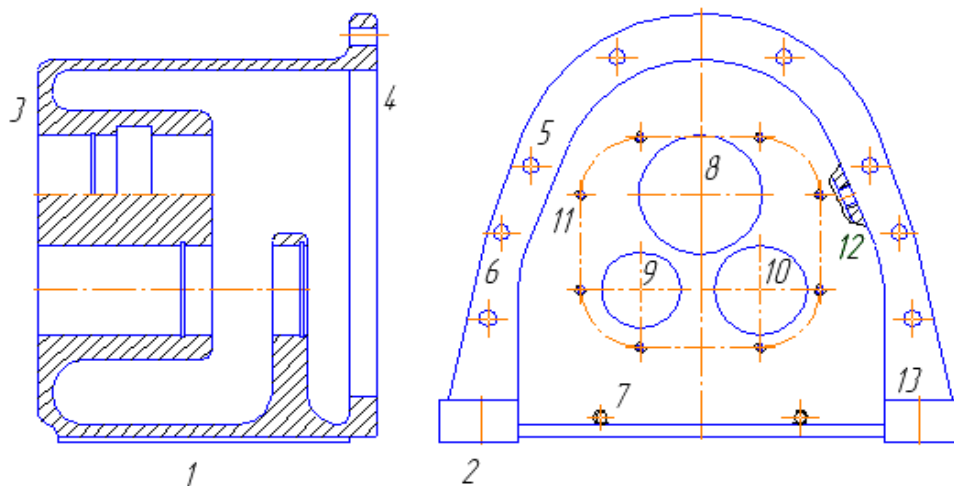


Рис. 1.1. Эскиз корпуса

010 Фрезерная

1. Фрезеровать поверхность 1.

База – поверхность 4.

Станок горизонтально фрезерный 6Р82Г;

Режущий инструмент – фреза торцовая ГОСТ 24359-69 $\varnothing 200$, Z=12, ВК6.

020 Сверлильная

1. Сверлить 2 отверстия 2 предварительно и 2 отверстия 2 окончательно.

2. Развернуть 2 отверстия 2 окончательно.

База – поверхность 13.

Станок радиально-сверлильный 2М55;

Режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-77 $\varnothing 18,5$, $\varnothing 19$, l = 50, P6M5; развертка ГОСТ 1672-80 $\varnothing 19$, l = 50, P6M5.

030 Расточная

1. Расточить отверстия 8, 9, 10.

2. Расточить канавки.

База – поверхность 1 и два отверстия 2 корпуса.

Станок горизонтально расточной 2М615;

Режущий инструмент – резец расточной ГОСТ 9795-73 8x8x25.

040 Фрезерная

1. Фрезеровать поверхности 3, 4 с переустановкой.

База – поверхность 1.

Станок горизонтально-фрезерный мод. 6Р82Г;

режущий инструмент – фреза торцовая ГОСТ 24359-80 $\varnothing 315$, Z=18, ВК6.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

040 Сверлильная

1. Сверлить 6 отверстий 5 окончательно.
2. Сверлить отверстие 12 под резьбу.
3. Нарезать в отверстиях 12 резьбу М10х1-7Н.

База – поверхность 3 и отверстия 8, 10.

Станок радиально-сверлильный мод. 2М55;

Режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-77 Ø9, l = 40, Р6М5; метчик ГОСТ 3266-81 М10х1-7Н, l = 24, Р6М5.

050 Сверлильная

1. Сверлить 6 отверстий 11 под резьбу.
2. Нарезать в 6ти отверстиях 11 резьбу М5-7Н.

База – поверхность 4 и отверстия 9, 10.

Станок радиально-сверлильный мод. 2М55;

Режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-77 Ø4,5, l = 32, Р6М5; метчик ГОСТ 3266-81 М5-7Н, l = 24, Р6М5.

1.5 Экономическое обоснование выбора заготовки

Заготовки для корпусаможно 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

$$S = \frac{C_i}{1000} \cdot m_3 \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - M_{отх} \cdot \frac{C_{отх}}{1000} \quad (1.13)$$

$C_1 = 60000$ руб/т – цена материала при ручной формовке;

$C_2 = 62000$ руб/т – цена материала при машинной формовке;

$C_{отх} = 3000$ руб/т – цена стружки;

Масса детали $m_d = 16,5$ кг;

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 $K=0,85$,

$$m_{31} = m_d / K = 16,5 / 0,8 = 20,6 \text{ кг};$$

$$m_{32} = m_d / K = 16,5 / 0,85 = 19,4 \text{ кг};$$

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

масса образуемой стружки

$$M_{\text{отх1}} = 20,6 - 16,5 = 4,1 \text{ кг};$$

$$M_{\text{отх2}} = 19,4 - 16,5 = 2,9 \text{ кг}.$$

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

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

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

$K_{\text{т}} = 1,05$ – коэффициент, зависящий от класса точности отливок, второй класс точности;

$K_{\text{м}} = 1,04$ – коэффициент, зависящий от марки материала заготовок, серый чугун СЧ28.

$$S = \frac{60000}{1000} \cdot 20,6 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,04 \cdot 0,52 - 4,1 \cdot \frac{3000}{1000}$$

$$S_1 = 695,2 \text{ руб/шт.}$$

При машинной формовке заготовки получаем по первому классу точности, $K_{\text{т}} = 1,1$. Остальные коэффициенты остаются неизменными.

$$S = \frac{62000}{1000} \cdot 19,4 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,04 \cdot 0,52 - 2,9 \cdot \frac{1000}{1000}$$

$$S_2 = 712,4 \text{ руб/шт.}$$

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

Рассчитаем экономическую эффективность на заданную программу выпуска:

$$S = (S_2 - S_1) \cdot N = (712,4 - 695,2) \cdot 300 = 5160 \text{ руб.}$$

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 $\varnothing 47^{+0,025}$.

					БР-15.03.05 00.00.000 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:

$$2 \cdot Zi - 1_{i-1} \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (1.23)$$

min

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.

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (1.24)$$

Коробление следует учитывать в диаметральном и в осевом сечении.

$$\rho = \sqrt{(\Delta_K d)^2 + (\Delta_K l)^2} = \sqrt{(1 \cdot 47)^2 + (1 \cdot 135)^2} = 143 \text{ мкм} \quad (1.25)$$

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

Диаметр отверстия $d = 47$ мм, длина $l = 135$ мм.

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

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} = \sqrt{600^2 + 600^2} = 850 \text{ мкм} \quad (1.26)$$

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

Следовательно, суммарное отклонение

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$\rho_3 = \sqrt{143^2 + 850^2} = 862.$$

Остаточное пространственное отклонение после чернового растачивания:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 862 = 52 \text{ мкм}$$

Остаточное пространственное отклонение после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 862 = 35 \text{ мкм}$$

Находим E – погрешность установки при черновом растачивании:

$$E = \sqrt{E_6^2 + E_3^2} \quad (1.27)$$

E_6 – погрешность базирования;

E_3 – погрешность закрепления;

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

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min} \quad (1.28)$$

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:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,052}{246} = 0,0002 \quad (1.29)$$

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца 106 мм:

$$E_6 = \operatorname{tg}(\alpha) \cdot L_{\text{обр}} = 0,0002 \cdot 106 = 23 \text{ мкм} \quad (1.30)$$

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:

$$E_2 = 0,05E_1 + E_{\text{инд}} = 5 \text{ мкм} \quad (1.31)$$

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

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

Минимальный припуск под растачивание:

Черновое $2Z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{862^2 + 83^2}) = 2 \cdot 1466 \text{ мкм}$

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

Тонкое $2Z_{\min 2} = 2(30 + \sqrt{35^2 + 83^2}) = 2 \cdot 120 \text{ мкм}$

После чистового растачивания $d_{p1} = 47,025 - 0,240 = 46,785 \text{ мм}$

После чернового растачивания $d_{p2} = 46,785 - 0,206 = 46,579 \text{ мм}$

Заготовка $d_{p3} = 46,579 - 2,932 = 43,827 \text{ мм}$

Значения допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии 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 предельных размеров выполняемого и предыдущего переходов, а максимальные – соответственно разности наименьших предельных размеров.

Таблица 1.1 – Припуски на обработку отверстия $\varnothing 47^{+0,025}$

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		43,827	800	43	43,8		
Растачивание:							

Черновое	2·1466	46,579	250	46,33	46,58	2932	3330
Чистовое	2·103	46,785	62	46,723	46,785	206	393
Тонкое	2·120	47,025	25	47	47,025	240	277
Итого						3378	4000

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

2. Торцевые поверхности посадочных отверстий

Конструкторский размер $170 \pm 0,5$. Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой, с переустановкой.

Припуски на параллельную обработку противоположных поверхностей можно рассчитать по формуле:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (1.32)$$

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

$$\rho = \rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L \quad (1.33)$$

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

Длина плоскости $l = 262$ мм; $\rho = 262$ мкм.

Остаточное пространственное отклонение после чернового фрезерования:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 262 = 16 \text{ мкм}$$

Погрешность установки:

$$E = \sqrt{E_0^2 + E_3^2} \quad (1.34)$$

Погрешность базирования при обработке параллельных плоскостей равна нулю.

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

$E_1 = 160$ мкм.

На чистовом переходе схема базирования та же, но база чистая

$\varepsilon_3 = 80$ мкм.

Минимальный припуск под фрезерование:

$$\text{Черновое} \quad 2Z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{262^2 + 160^2}) = 2 \cdot 907 \text{ мкм}$$

$$\text{Чистовое} \quad 2Z_{\min 2} = 2(50 + \sqrt{16^2 + 80^2}) = 2 \cdot 132 \text{ мкм}$$

После чернового фрезерования $d_{p1} = 169,5 + 0,264 = 169,764$ мм

Заготовка $d_{p2} = 169,764 + 1,814 = 171,578$ мм

									Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

Таблица 1.2 – Припуски на обработку торцевых поверхностей

Технологич переходы	Расчет припуск $2Z_{min}$, МКМ	Расчет размер I_p , ММ	Допуск δ , МКМ	Предельный размер, мм		Значения припуска, МКМ	
				I_{min}	I_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка		171,578	1600	171,6	173,2		
Фрезерование:							
Черновое	2·907	169,764	1200	169,8	171	1814	2200
Чистовое	2·132	169,5	1000	169,5	170,5	264	500
Итого						2078	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 $\varnothing 62H7$:

- 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 $\varnothing 40H7$:

- 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 $\varnothing 47^{+0,025}$ 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]

$s = 0,4$ мм/об.

Скорость резания

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_s} s^y} K_v 0,9 \quad (1.35)$$

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

									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 $K_{Пv}$ (табл. 5), материала инструмента K_{Iv} (табл. 6).

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv} = \left(\frac{190}{190}\right)^{1,25} = 1 \quad (1.36)$$

Так как материал режущей части – твердый сплав, а материал детали – серый чугун, $HB=190$.

$K_{Пv} = 0,8$ - 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

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 107}{3,14 \cdot 47} = 725 \text{ об/мин} \quad (1.37)$$

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

Окончательно принятая скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 630}{1000} = 93 \text{ м/мин} \quad (1.38)$$

Рассчитаем тангенциальную составляющую силы резания

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad (1.39)$$

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

						БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			

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

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов

$$K_p = K_{M_p} K_{\phi_p} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p} K_{r_p} \quad (1.40)$$

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]:

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{n_p} \quad (1.41)$$

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

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{n_p} = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,4} = 1$$

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

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

K_{λ_p} - 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] $\lambda = -5^\circ$, для $P_z K_{\lambda_p} = 1,0$.

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

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

Тангенциальная составляющая силы резания

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

Эффективную мощность резания рассчитывают по формуле [27]

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{732 \cdot 93}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт} \quad (1.42)$$

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.

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

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 165}{3,14 \cdot 47} = 1114 \text{ об/мин}$$

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

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 1000}{1000} = 148 \text{ м/мин}$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 0,17^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 148^0 \cdot 0,93 = 44 \text{ Н}$$

Эффективная мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{44 \cdot 148}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}$$

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	
						Лист

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 47} = 1355 \text{об/мин.}$$

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

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 1250}{1000} = 185 \text{м/мин}$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 0,12^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 185^0 \cdot 0,93 = 19 \text{Н}$$

Эффективная мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{19 \cdot 185}{1020 \cdot 60} = 0,06 \text{кВт}$$

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

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \text{м/мин.} \quad (1.43)$$

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 $2Z_{imax}$

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

Ширина фрезерования $B=225 \text{мм.}$

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

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv} \quad (1.44)$$

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

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

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

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

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv} = \left(\frac{190}{190}\right)^{1,25} = 1 \quad (1.45)$$

Так как материал режущей части – твердый сплав, а материал детали – серый чугун, HB=190.

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

$K_{Hv} = 1,0$, 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

$$v = \frac{445 \cdot 315^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 225^{0,2} \cdot 18^0} 0,8 = 116 \text{ м/мин.}$$

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

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

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

Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp} \quad (1.46)$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени приведены в табл.

41.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

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

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^1 = 1 \quad (1.47)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 225^1 \cdot 18}{315^1 \cdot 1} 1,1 = 2130H$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{2130 \cdot 315}{2 \cdot 100} = 3355H \cdot m \quad (1.48)$$

Мощность резания (эффективная)

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2130 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 3,5кH \quad (1.49)$$

Фрезерование чистовое.

Подача при чистовом фрезеровании по таблице 37 для шероховатости $Ra = 2,5 \text{ мкм} = 1 \text{ мм/об}$ 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 $2Z_{imax}$

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

Ширина фрезерования $B= 225 \text{ мм}$.

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

$$v = \frac{445 \cdot 315^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,06^{0,35} \cdot 225^{0,2} \cdot 18^0} 1 = 357 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 357}{3,14 \cdot 315} = 362 \text{ об/мин.}$$

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

Определяем действительную скорость резания

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

Определяем минутную подачу

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

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,06^{0,74} \cdot 225^1 \cdot 18}{315^1 \cdot 1} 1,1 = 105 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{105 \cdot 315}{2 \cdot 100} = 165 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{105 \cdot 315}{1020 \cdot 60} = 0,54 \text{ кВт}$$

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
Сверление Ø18,5	9,25	0,45	16	315	940	0,25
Развертывание до Ø19	0,25	1,7	25	500	320	0,13
Фрезерование черновое	1	375	71	100	2130	3,5
Фрезерование чистовое	0,2	312	222	315	105	0,54
Растачивание черновое	1,7	0,4	91,5	630	732	1,1
Растачивание чистовое	0,17	0,2	147	1000	44	0,1
Растачивание тонкое	0,12	0,1	184	1250	19	0,06
Сверление Ø7	3,5	0,2	10	500	620	0,1
Зенкерование до Ø7,5	0,25	0,8	6,3	315	380	0,04
Развертывание до 8	0,25	1,5	10	500	296	0,05
Сверление Ø9	5,5	0,27	10	500	725	0,12
Сверление Ø5	2,5	0,16	10	630	61	0,04
Нарезание М6	0,5	1	8	315	180	0,11
Нарезание М10	0,5	1	8	250	492	0,06
Сверление Ø4,5	2,25	0,12	10	630	52	0,04
Нарезание М5	0,25	0,5	6,3	315	160	0,11

1.8 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [25]:

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд} \quad (1.50)$$

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;

$t_{тех}$, $t_{орг}$ - время, соответственно, технического и организационного обслуживания рабочего места;

$t_{отд}$ - время на отдых и личные потребности.

Суммарное значение основного и вспомогательного времени составляет оперативное время

$$T_{оп} = t_o + t_b \quad (1.51)$$

$t_{тех}$, $t_{орг}$ и $t_{отд}$ берут укрупненно в процентах от оперативного времени в зависимости от вида оборудования.

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 многоинструментальной обработке.

Пронормируем фрезерную операцию 10 – обработки основной технологической базы.

1. Фрезерование установочной плоскости.

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

Основное время обработки при фрезеровании:

$$t_o = \frac{L}{S_z \cdot Z \cdot n} \quad (1.52)$$

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.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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.

$$t_o = \frac{472}{0,2 \cdot 18 \cdot 100} = 1,31 \text{ мин}$$

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 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 20.

1. Обработка ведется напроход на глубину 22 мм.

Врезание и перебеги составляют по 5 мм. $L = 22 + 5 + 5 = 32$ мм.

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

2. Развертывание до $\varnothing 19$.

Обработка так же ведется напроход на глубину 22.

Врезание и перебеги так же составляют по 5 мм. $L = 22 + 5 + 5 = 32$ 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;
3. время на перемещение стола 0,32 мин;
4. время на управление станком 0,6 мин.

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

						БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			

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

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

Пронормируем технологическую операцию –растачивание отверстий.
Данная операция содержит три технологических перехода.

1. Растачивание черновое.

Основное время обработки рассчитывается по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \quad (1.53)$$

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 в упор 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

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

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ

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

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

Оперативное время

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

Укрупненно для расточных станков [6]:

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

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

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

Штучное время на операции

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

Таблица 1.4 – Нормирование технологического процесса

№ оп.	Наименование операции и переходов	T _о	T _{всп.}		T _{обсл.}		T _{отд.}	T _{шт}
			T _{ус.}	T _{упр.}	T _{тех.}	T _{орг.}		
10	Фрезерная		0,52	0,54	0,06	0,04	0,12	2,91
	Фрезеровать пов. лап	1,63						
20	Сверлильная		0,48	0,75	0,06	0,03	0,11	3,01
	Сверлить 4 отв. Ø18,5	0,23						
	Развертывать 2 отв. Ø19	0,04						
30	Фрезерная		0,48	0,54	0,06	0,04	0,12	8,12
	Фрезеровать торцы предварительно	1,57						
	Фрезеровать торцы окончательно	1,87						

	Фрезеровать торцы предварительно	1,57						
	Фрезеровать торцы окончательно	1,87						
40	Расточная		0,48	0,59	0,09	0,04	0,14	3,1
	Расточить посадочные отв. предварительно	0,78						
	Расточить посадочные отв. предварительно	0,98						
	Расточить посадочные отв. окончательно	1,56						
	Расточить канавок	0,29						
50	Сверлильная		0,48	1,1	0,07	0,03	0,15	4,46
	Сверлить 6 отв. Ø9	1,1						
	Сверлить отв. Ø7	0,5						
	Зенкеровать 2 отв. Ø7,5	0,08						
	Развернуть 2 отв. Ø8	0,15						
	Сверлить 2 отв. Ø5	0,66						
	Нарезать резьбу М5-7Н	0,14						
60	Сверлильная		0,48	0,84	0,07	0,03	0,15	2,95
	Сверлить 6 отв. Ø5	1,98						
	Нарезать резьбу М5-7Н	0,42						

1.9 Разработка технологического процесса для ЧПУ

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

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

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

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

Для обработки корпуса выбираем вертикальный обрабатывающий центр Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ				Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

Н400(рисунок 1.2). Данный станок имеет технические возможности, размеры стола и мощность, оптимально подходящие для обработки нашей детали.



Рисунок 1.2 – Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ VictorVcentr-N400

Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ VictorVcentr-N400 самый компактный из горизонтальных центров Victor. Дисконный инструментальный магазин(рисунок 1.3) на 40 инструментов позволил существенно сократить габариты станка.

Новая конструкция станины с ячеистой структурой, разработанная с помощью компьютерного моделирования, придала станку большую жесткость и снизила его вес.

Подвижная по двум осям стойка обеспечивает необходимую жесткость и высочайшую скорость быстрых перемещений – до 48 м/мин (рисунок 1.4).



Рисунок 1.3 – Дисконный инструментальный магазин

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ



Рисунок 1.4 – Основные элементы станка

Vcentr-N400 оснащен высокоскоростной системой автоматической смены паллет с точностью позиционирования $0,001^\circ$, что значительно сокращает вспомогательное время.

Система ЧПУ Fanuc 21i-MB и монитор LCD10,4” с 2D графической визуализацией обеспечивает качественное и удобное программирование.

Так как оборудование, оснащенное ЧПУ, сложнее универсального, приведем его некоторые характеристики (таблица 1.9).

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

Таблица 1.9 – Основные характеристики горизонтального фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ VictorVcentr-H400

Характеристики	Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ VictorVcentr-H400
Параметры рабочей зоны, мм	размер стола 400x400
Перемещение, мм по оси X по оси Y по оси Z	500 600 500
Время смены паллеты, сек	7
Время поворота паллеты, сек на 90° на 180°	3 5
Шпиндель	конус BBT-40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	14000
Мощность шпинделя, кВт	18,5
Кол-во инструментов	40
Максимальный диаметр инструмента, мм при пустых соседних ячейках, мм	80 125
Время смены инструмента, сек	7,3

1.10 Разработка маршрута механической обработки

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

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

Составляем эскиз с обозначением поверхностей (Рисунок 3 – Поверхности для механической обработки на ЧПУ).

010 Фрезерно-расточная

1. Фрезеровать поверхность лап основания.

База – противоположная поверхность и торец

2. Сверлить 2 отверстия 2 предварительно и 2 отверстия 2 окончательно.

3. Развернуть 2 отверстия 2 окончательно.

Сменить паллету с заготовкой. База 2 отв. и поверхность основания.

4. Фрезеровать торец предварительно

5. Фрезеровать торец окончательно в размер 172,5

6. Расточить 2 отверстия ф47Н7 и ф62Н7 предварительно

7. Расточить 2 отверстия ф47Н7 и ф62Н7 предварительно

8. Расточить 2 отверстия ф47Н7 и ф62Н7 окончательно

9. Точить канавки в отв. ф47 и ф62

10. Сверлить 6 отв. ф9

11. Сверлить 2 отв ф7

12. Зенкеровать 2 отв. ф7,5
 13. Развернуть 2 отв. ф8
 14. Сверлить 2 отв. ф5 под резьбу М6
 15. Нарезать резьбу М6-7Н
- Г. Повернуть паллету на 180 градусов.
16. Фрезеровать противоположный торец в размер 170,8.
 17. Фрезеровать торец окончательно в размер 170.
 18. Сверлить 8 отв. ф4,2 под резьбу М5-7Н
 19. Нарезать резьбу М5-7Н в 8 отверстиях.

Режущий инструмент и режимы резания примем аналогичными техпроцессу на универсальных станках.

1.11 Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ

Основное время по переходам будет аналогичным техпроцессу на универсальных станках. Вспомогательное время будет отличаться, так как обработка практически на всех переходах ведется от одной, станок имеет автоматическую смену инструмента, числовое программное управления. Автоматическая смена паллет станка позволяет значительно сократить время вспомогательное время. Составим таблицу 1.10 – Нормирование технологического процесса на станках с ЧПУ.

Таблица 1.4 – Нормирование технологического процесса

№ оп.	Наименование операции и переходов	T _о	T _{всп.}		T _{обсл.}		T _{отд.}	T _{шт}
			T _{ус.}	T _{упр.}	T _{тех.}	T _{орг.}		
10	Фрезерно-расточная							
А	Установить и закрепить		0,52	0,04	0,38	0,23	0,75	20,1
1	Фрезеровать пов. лап	1,63						
2	Сверлить 4 отв. Ø18,5	0,23						
3	Развертывать 2 отв. Ø19	0,04						
4	Фрезеровать торецпредварительно	1,57						
5	Фрезеровать торец окончательно	1,87						
Б	Сменить паллету. Установить и закрепить деталь		0,6	0,02				
6	Расточить посадочные отв. предварительно	0,78						
7	Расточить посадочные отв. предварительно	0,98						
8	Расточить посадочные отв. окончательно	1,56						

9	Расточить канавок	0,29		
10	Сверлить 6 отв. Ø9	1,1		
11	Сверлить отв. Ø7	0,5		
12	Зенкеровать 2 отв. Ø7,5	0,08		
13	Развернуть 2 отв. Ø8	0,15		
14	Сверлить 2 отв. Ø5	0,66		
15	Нарезать резьбу М5-7Н	0,14		
В	Повернуть паллету		0,1	0,02
16	Фрезеровать торцы предварительно	1,57		
17	Фрезеровать торцы окончательно	1,87		
18	Сверлить 6 отв. Ø5	1,98		
19	Нарезать резьбу М5-7Н	0,42		

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ					

2 Конструкторская часть

2.1 Проектирование расточного приспособления

2.1.1 Техническое задание

Требуется спроектировать зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции –расточка посадочных отверстий. Базирование производится по установочной плоскости. Базовая поверхность предварительно обработана и имеет отверстия под пальцы.

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

2.1.2 Описание приспособления

Приспособление устанавливается по направляющим в пазах стола станка и крепится при помощи четырех крепёжных болтов. Деталь устанавливается на установочные пластины плиты приспособления 3и на два установочных пальца, один из которых срезанный. Закрепление детали осуществляется при помощи двух откидных прихватов 5, которые крепятся болтовым соединением. В разжатом состоянии прихваты 5 под действием пружиненных втулок 10 откидываются, что позволяет без дополнительных действий снимать или устанавливать деталь.

2.1.3 Расчёт приспособления на точность

Данное приспособление может использоваться на операции расточки отверстий ф125; ф47, то расчёт на точность будем вести по наиболее точной поверхности. Необходимо выдержать допуск непараллельности оси отверстия относительно плоскости основания 0,03 мм.

1. Определяем погрешность базирования

$$\varepsilon'_{\text{баз}} = \arctg \frac{S_{\text{max}}}{L},$$

где S_{max} - зазор максимальный;

					БР-15.03.05 000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Коростелева			Конструкторская часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов						
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
						ХТИ – филиал СФУ Кафедра ЭМиАТ группа 29-1		

$$S_{\max} = \delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{уст}} + S_{\text{уст}}$$

L - расстояние между пальцами;

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

$$L = 285 \text{ мм}$$

$$\varepsilon'_{\text{баз}} = \arctg \frac{0,02}{285} = 0,004 \text{ мм}$$

Погрешность базирования на длине фрезерования наибольшего торца

$$\varepsilon''_{\text{баз}} = l * \varepsilon'_{\text{баз}} = 204 * 0,004 = 0,81 \text{ мм}$$

2. Погрешность закрепления;

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

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

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

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

6. Принимаем значения:

$$K_{T1} = 1,2;$$

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

$$K_{T1} = 1;$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пр}} &= 0,002 - 1,2 \sqrt{1 * 0,02^2 + 0^2 + 0^2 + 0,004^2 + 0,001^2 (0,81 * 0,035)^2} \\ &= 0,02 \text{ мм} \end{aligned}$$

Таким образом, погрешность зажимного приспособления составляет $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,02 \text{ мм}$, что меньше допуска непараллельности $\delta = 0,03 \text{ мм}$.

2.1.4 Расчёт сил зажима

Для определения силы зажима W необходимо знать максимальную силу, возникающую при растачивании.

Сила резания при черновом растачивании отверстия $\phi 125 \text{ мм}$ составляет $P_z = 331 \text{ Н}$. Учитывая то, что конструкция данного приспособления позволяет так же производить фрезерование торцевых поверхностей, то проведем расчёт сил зажима по максимально силе резания при фрезеровании.

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

На фрезерной операции сила резания на черновом переходе составляет:
 $P_z=4500$ Н (см. выше.)
Сила зажима:

$$W=K \cdot P_{рез}, \quad (2.1)$$

где: K - коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку.

$$K=K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (2.2)$$

где: $K_0=1,5$ - гарантированный коэффициент запаса;

K_1 - учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей, при фрезеровании $K_1=1,1$;

K_2 - учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента, $K_2=1,4$;

K_3 - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании, $K_3=1,2$;

K_4 - характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом, для механического зажима $K_4=1,2$;

$$W=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 4500=14968 \text{ Н}=149,7 \text{ кг}$$

В качестве зажимов приспособлении используем, 4 прихвата, которые прижимаются гайкой. Усилие на каждой гайке должно быть не менее 38 кг.

2.3 Проектирование контрольного приспособления

Контроль точности линейных размеров в основном производится стандартным мерительным инструментом - штангенциркулем и штангенрейсмасом (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 перекося валов и, как следствие, заклинивание передачи, к корпусу предъявляется требование параллельности осей посадочных отверстий.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Требуется разработать специальное приспособление для контрольной операции проверки параллельности осей посадочных отверстий корпуса.

2.3.2 Описание конструкции приспособления

Для осуществления контроля, оси посадочных отверстий необходимо материализовать. Для этого в деталь по этим отверстиям устанавливаем оправки приспособления, которые центрируются при помощи шести завальцованных подпружиненных шариков, расположенных по образующей в два ряда под углом 120° . Контроль производим индикаторной головкой часового типа, закрепленной посредством хомута на вставке, устанавливаемой в верхнюю оправку. Наконечник индикатора соприкасается с нижней оправкой. В таком положении индикатор выводится на ноль. Показания снимаются при перестановке оправки с индикатором на другую сторону.

Для точности установки вставки с индикатором в оправку, предусмотрен конус. Для преодоления заклинивания конуса, предусмотрена гайка.

Для облегчения оправок делаем их полыми.

2.3.3 Расчет на точность

Погрешность измерения - отклонение полученного значения от его истинной величины.

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

Допуск неперпендикулярности составляет 50 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 15 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле:

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{инд}^2},$$

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

Погрешность установки равна нулю, так как оправки центрируются завальцованными подпружиненными шариками.

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

Δ_t – погрешность, связанная с колебаниями температуры (0,002 мм);

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,006 = 6 \text{ мкм} < 15 \text{ мкм}.$$

						БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			

Из расчета видно, что данное приспособление обладает достаточной точностью.

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

3 Экономическая часть

3.1 Выбор технологического оборудования

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

Таблица 3.1 - Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единица ремонтной сложности R _М	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы оборудования, руб	Суммарная стоимость, руб
Вертикально-фрезерный 6P13	1	7,5	23	3,97	1 590 000	1 590 000
Радиально-сверлильный 2M55	3	5,5	26	2,5	1 470 000	4 410 000
Горизонтально фрезерный 6P82Г	1	7,5	23	4,49	1 850 000	1 850 000
Горизонтально расточной 2M615	1	11	21	24,1	2 850 000	2 850 000
ИТОГО	6	31,5		35		10 700 000

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единица ремонтной сложности R _М	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы оборудования, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-H400	1	44	44	13,7	4 500 000	4 500 000
ИТОГО	1	44		13,7		4 500 000

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

3.2 Определение занимаемой площади

Площадь, занимаемую оборудованием, определим по формуле

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

где f_{Σ} суммарная площадь станков в плане;

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

Для обработки корпуса потребуется 6 универсальных станков общей площадью 35 м².

$$S_{\text{ун}} = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ м}^2;$$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 13,7 \cdot 2,5 = 34,25 \text{ м}^2.$$

3.3 Организация транспортной системы

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

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

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

3.4 Организация технического контроля

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

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

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

3.5 Организация системы инструментообеспечения

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

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

3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания

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

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

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

Структура ремонтного цикла имеет вид [5]

К-О-О-Т-О-О-Т-О-О-С-О-О-Т-О-О-Т-О-О-К

где К - капитальный ремонт,
Т - текущий ремонт;

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

С - средний ремонт;

О - осмотр.

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

3.7 Расчет себестоимости детали

Себестоимость детали включает в себя затраты на материал и последующую механическую обработку. Для обоих вариантов технологического процесса она неизменна 695,2 руб. Под стоимостью механической обработки понимают затраты по операциям, которые необходимо выполнять притом или иным вариантом обработки до получения необходимого размера. Стоимость механической обработки по всем рассматриваемым операциям определяется по формуле [8]

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

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

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

Зарботная плата основных производственных - рабочих определяется по формуле

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

где C^{ri} - часовая тарифная ставка первого разряда, 150 руб./ч.

k_p - коэффициент разряда;

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

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

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

Общее время обработки на универсальном оборудовании 24,54 минуты или 0,409 ч. на станке с ЧПУ – 20,1 мин или 0,335 ч.

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

$$Z_{ун} = 150 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,409 = 192,3 \text{руб/дет};$$

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

$$Z_{чпу} = 150 \cdot 1,36 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 0,335 = 195,8 \text{руб/дет};$$

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

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

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

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим по формуле

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

T_N - время обработки программы деталей, год,

N - годовая программа выпуска, 300 шт.

Время обработки программы деталей определим по формуле:

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{8,12 \cdot 300}{4029 \cdot 60} = 0,01 \text{ года}$$

где $T_{шт.маx}$ - наибольшая продолжительность операции, мин;

F_d - годовой действительный фонд времени работы оборудования, 4029 ч.

При обработке на станках с ЧПУ:

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{20,1 \cdot 300}{4029 \cdot 60} = 0,025 \text{ года.}$$

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 3.3 - Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб	Суммарная стоимость, руб	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, руб	Амортизационные отчисления на деталь, руб
1. Здание	88	75 000	6 562 500	3	112 500	112,5
2. Оборудование	6		10 700 000	12	1 284 000	1284,0
3. Транспорт			321 000	8	25 680	25,7
4. Инструмент			107 000	15	16 050	16,1
5. Инвентарь			53 500	15	8 025	8,0
ИТОГО			14 139 448		1 446 255	1446,3

Таблица 3.4- Основные производственные фонды при использовании оборудования с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб	Суммарная стоимость, руб	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, руб	Амортизационные отчисления на деталь, руб
1. Здание	34	75 000	2 568 750	3	112 500	112,5
2. Оборудование	3		4 500 000	12	540 000	540,0
3. Транспорт			135 000	8	10 800	10,8
4. Инструмент			45 000	15	6 750	6,8
5. Инвентарь			22 500	15	3 375	3,4
ИТОГО			7 271 250		673 425	673,4

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

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

где N – мощность оборудования, кВт;

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

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

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

η – КПД электродвигателей оборудования (0,7);

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

$$\mathcal{E}_{ун} = (31,5 \cdot 0,75 \cdot 0,12 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,409 \cdot 3,4 = 4,2 \text{ руб/дет};$$

$$\mathcal{E}_{ЧПУ} = (44 \cdot 0,75 \cdot 0,07 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,335 \cdot 3,4 = 2,8 \text{ руб/дет}.$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

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

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

R_M - единицы ремонтной сложности;

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

$T_{шт}$ - штучное время на определенном типе оборудования нафрезерных станках - 0,048 ч, на сверлильных - 0,17 ч, на расточных- 0,052 ч.

$$P_{ун} = \frac{12500(23 \cdot 0,048 + 26 \cdot 0,17 + 21 \cdot 0,052)}{24174} = 3,4 \text{ руб/дет}$$

$T_{шт}$ – для расточного станка с ЧПУ - 0,335 ч

$$P_{чпу} = \frac{12500 \cdot 44 \cdot 0,335}{24174} = 7,6 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{ун} = S_{заг} + C_{ун} = 695,4 + 192,3 + 1446,3 + 4,2 + 3,4 = 2341,6 \text{ руб/дет};$$

$$C_{чпу} = S_{заг} + C_{чпу} = 695,4 + 195,8 + 673,4 + 2,8 + 7,6 = 1575 \text{ руб/дет.}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней механической обработки на универсальном оборудовании на 33 %.

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

$$\Delta_r = (C_{ун} - C_{чпу}) \cdot N = (2341,6 - 1575) \cdot 300 = 229980 \text{ руб.}$$

3.8 Техничко-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки — 300 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки составляет 695,2 руб.

3 Основные производственные фонды берем по таблицам 3.3, 3.4.

4 Площади берем по таблицам 3.1, 3.2.

									Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

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

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

При работе на станке с ЧПУ принимаем односменный режим работы с 1 оператором.

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{192,3 \cdot 300}{6 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,01} = 80\,125 \text{ руб} \quad (3.6)$$

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

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

m - число смен;

12 - месяцев в году;

T_N - время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{192,3 \cdot 300}{1 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,025} = 192\,300 \text{ руб} \quad (3.7)$$

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

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

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

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

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

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

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

					БР-15.03.05 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

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

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

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

					БР-15.03.05 000.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Коростелева			Заключение	Лит.	Лист	<i>Листов</i>
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

 А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия


« 20 » 06 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса


Руководитель

 19.06.23
подпись, дата

к.т.н., доцент
должность, ученая степень

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Выпускник

 19.06.23
подпись, дата

Д.Ф. Коростелева
инициалы, фамилия

Абакан 2023

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

Консультанты по
разделам:

Технологическая часть
наименование раздела

 19.06.23
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела

 19.06.23
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть
наименование раздела

 19.06.23
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

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

« 14 » 04 2023 г

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

Студенту Коростелевой Дарье Федоровне
фамилия, имя, отчество

Группа 29-1 _____ Направление 15.03.05 _____
номер код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка технологического
процесса механической обработки корпуса

Утверждена приказом по университету № 229 от 14.04.2023

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, к.т.н., доцент кафедры ЭМиАТ
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали с заводским номером 2Т-
01000;

2. годовая программа N = 300шт

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

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

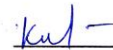
Руководитель ВКР



подпись

Е.М. Желтобрюхов
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



Д.Ф. Коростелева

подпись, инициалы и фамилия студента