

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.М. Желтобрюхов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

**Проектирование технологического процесса механической обработки
корпуса раздаточной коробки трелевочного трактора.**

тема

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

Выпускник _____
подпись, дата инициалы, фамилия

А.В. Гейдаров

Абакан, 2020 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: Проектирование технологического процесса механической обработки корпуса раздаточной коробки трелевочного трактора.

Консультанты по разделам:

Технологическая часть

наименование раздела

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

Конструкторская часть

наименование раздела

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть

наименование раздела

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

инициалы, фамилия

М.М. Сагалакова

Студенту Гейдарову Александру Валерьевичу

фамилия, имя, отчество

Группа 26-1 Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств

Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование
технологического процесса механической обработки корпуса раздаточной
коробки трелевочного трактора.

Утверждена приказом по институту №224 от 27.04.2020 г.

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

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска N = 100 шт.

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;
Экономическая часть.

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 2 лист ф. А1;

2. Базовый технологический процесс – 3 листа ф. А1; 3. Технологический
процесс на станке с ЧПУ – 3 лист 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

А.В. Гейдаров
подпись инициалы и фамилия студента

« _____ » _____ 2020 г.

РЕФЕРАТ

Данная работа содержит проектирование технологического процесса механической обработки корпуса раздаточной коробки трелевочного трактора.

Для механической обработки вышеуказанной детали разработан технологический процесс с расчетами припусков на обработку, режимов резания и норм времени по всем операциям. Предварительно проведен анализ служебного назначения, технологических требований, технологичности конструкций и обоснование выбора способа получения заготовки и технологического процесса на основании сравнения экономичности применения двух вариантов.

В конструкторской части спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на универсальном горизонтально-фрезерном станке. Так же спроектировано специальное контрольное приспособление для контроля параллельности оси.

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

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

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб.	Гейдаров				Реферат	Литера	Лист	Листов
Рук.	Желтобрюхов					у	3	
Т.контр.	Желтобрюхов					ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		
Н.контр.	Сагалакова							
Зав.каф.	Желтобрюхов							

ВВЕДЕНИЕ	7
1. Технологическая часть	8
1.1 Анализ служебного назначения.....	8
1.2 Анализ технических требований.....	8
1.3 Анализ технологичности	7
1.4. Экономическое обоснование выбора заготовки	8
1.5. Анализ технических требований.....	9
1.6. Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки	10
1.7 Расчет и назначение припусков	14
1.8 Расчет режимов резания	17
1.9 Расчет норм времени	22
2. Конструкторская часть	28
2.1. Проектирование фрезерного приспособления	28
2.1.1. Техническое задание на проектирование фрезерного приспособления	28
2.1.2. Расчет необходимой силы закрепления	28
2.1.3. Расчет силы привода	29
2.1.4. Расчет силового привода	30
2.1.5. Расчет зажимного приспособления на точность	31
2.2. Проектирование контрольного приспособления	32
2.2.1. Техническое задание на проектирование контрольного приспособления	32
2.2.2. Описание конструкции приспособления для контроля параллельности осей	33
2.2.3. Расчет на точность	33
3. Экономическая часть	35
3.1 Перечень технологического оборудования.....	35
3.2 Определение занимаемой площади цеха и ее стоимости под оборудование	36
3.3 Расчет себестоимости детали	37
3.4 Техничко-экономические показатели	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	43
CONCLUSION	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	45
ПРИЛОЖЕНИЯ	48

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Содержание		
Разраб.	Гейдаров						
Рук.	Желтобрюхов						
Т.контр.	Желтобрюхов						
Н.контр.	Сагалакова						
Зав.каф.	Желтобрюхов				Литера	Лист	Листов
					у	4	
					ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		

ВВЕДЕНИЕ

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.

Более 70% изделий в машиностроении изготавливают в условиях мелкосерийного и серийного производства. Эффективным средством автоматизации мелкосерийного и серийного производства является программное управление металлорежущими станками.

Важной особенностью автоматизации процесса обработки на металлорежущих станках с помощью устройств программного управления, является сохранение станками широкой универсальности. Это дает возможность производить на них обработку всей номенклатуры деталей, которая может быть произведена на универсальных станках соответствующих типов.

Основной задачей рациональной эксплуатации металлорежущих станков с ЧПУ является обеспечение длительной и безотказной обработки на них деталей с заданной производительностью, точностью и шероховатостью обработанной поверхности при минимальной стоимости эксплуатации станков. В парке машиностроения страны доля станков с ЧПУ будет непрерывно увеличиваться при одновременном повышении их технического уровня.

В данной работе приведены результаты проектирования технологического процесса механической обработки картера коробки отбора мощности автогидроподъемника ВИПО-3201 с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб.	Гейдаров				Введение	Литера	Лист	Листов
Рук.	Желтобрюхов					у	5	
Т.контр.	Желтобрюхов					ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		
Н.контр.	Сагалакова							
Зав.каф.	Желтобрюхов							

1. Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

Основным назначением корпуса является ориентация валов зубчатых передач в пространстве и монтаж всех деталей механизма. Корпус также удерживает смазку и предохраняет зацепления и опоры от загрязнения и повреждений.

1.2 Анализ технических требований

Материал детали - серый чугун СЧ20 с пределом прочности $\sigma_B = 200$ МПа и твердостью материала $HB = 190$ Н/мм². Этот материал содержит пластинчатый графит. Чугун данной марки используется для изготовления ответственных отливок с толщиной стенок $\delta_{ст} = 10-30$ мм; для изготовления деталей, требующих значительной прочности и работающих при температуре до 300°C.

Химический состав и физические свойства материала по ГОСТ 1412-85 представим в виде таблицы 1.1 и 1.2 соответственно:

Таблица 1.1 – Химический состав чугуна СЧ20

Элемент	Название	Процентное содержание, %
C	Углерод	3,3-3,5
Si	Кремний	1,4-2,4
Mn	Марганец	0,7-1,0
P	Фосфор	до 0,2
S	Сера	до 0,15

Таблица 1.2 – Физические свойства СЧ20

Плотность ρ , кг/м ³	Литейная усадка ϵ , %	Модуль упругости при растяжении $E \cdot 10^{-2}$, МПа	Удельная теплоемкость при t от 20 до 200°C, Дж	Коэффициент литейного расширения α , 1/°C	Теплопроводность при 20°C λ , Вт/(м·°C)
$7 \cdot 10^3$	1,1	850-1100	480	$9,5 \cdot 10^{-6}$	54

Применение серого чугуна СЧ20 вполне приемлемо.

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб.	Гейдаров				Технологическая часть	Литера	Лист	Листов
Рук.	Желтобрюхов					у	6	
Т.контр.	Желтобрюхов					ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		
Н.контр.	Сагалакова							
Зав.каф.	Желтобрюхов							

1.3 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция данной детали является достаточно сложной. Корпус имеет внутренние и наружные криволинейные поверхности, что затрудняет выполнение отливки.

У корпуса нетехнологична обработка двух отверстий под валики из-за их большой длины, длина отверстия более пяти диаметров. Для их обработки необходимо применение люнета.

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

Все плоскости и посадочные отверстия технологичны, так как позволяют производить обработку на проход.

Проведем количественную оценку технологичности конструкций деталей по следующим показателям:

1. Коэффициент использования материала

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

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

$$k_m = 31,8/35,5 = 0,9.$$

2. Коэффициент унификации

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

где $k_{\text{одн}}$ - количество однотипных поверхностей, $k_{\text{об}}$ - общее количество поверхностей.

$$k_y = 38/58 = 0,66.$$

3. Коэффициент использования стандартного инструмента.

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

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

$$k_u = 12/14 = 0,86.$$

4. Коэффициент обрабатываемости.

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

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

$$k_{0,к} = 34/58 = 0,59.$$

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, что данная деталь является технологичной.

1.4. Экономическое обоснование выбора заготовки

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения.

Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные. Окончательное решение можно принять только после экономического комплексного расчета себестоимости заготовки.

Заготовку для корпуса можно получить литьем в обычные земляные формы или в кокиль.

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

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{п}} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (1.5)$$

где C_i - базовая стоимость 1 тонны заготовок.

k_T , k_c , k_B , k_M , $k_{\text{п}}$ - коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок, берутся по справочным таблицам.

Q - масса заготовки.

q - масса готовой детали.

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

Заготовка литьем в земляные формы имеет массу 35,5 кг, I класса точности, III группы сложности, из чугуна СЧ20, 1ой группы серийности.

Масса заготовки при литье в кокиль 34,8 кг.

Необходимые для расчетов данные для удобства сведем в таблицу.

Вид литья	C_i	k_T	k_c	k_B	k_M	k_P	Q	Q	$S_{отх}$
Земл.формы	65000	1	1	0,74	1	1	35,5	31,8	10000
Кокиль	65000	1,1	1	0,74	1	1	34,8	31,8	10000

Подставим исходные данные в формулу и получим результат:

$$S_{заг1} = \left(\frac{65000}{1000} \cdot 35,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,74 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (35,5 - 31,8) \cdot \frac{10000}{1000} = 1337,55 \text{руб};$$

$$S_{заг2} = \left(\frac{65000}{1000} \cdot 34,8 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,74 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (34,8 - 31,8) \cdot \frac{10000}{1000} = 1633,33 \text{руб}.$$

Как видим, литье в обычные земляные формы экономичнее.

Литье в кокиль из-за высокой трудоемкости изготовления кокилей, их ограниченной стойкости, трудности изготовления сложной по конфигурации отливки большой массы в мелкосерийном производстве не используем.

Экономический эффект выбранного вида изготовления заготовки в денежном выражении на годовую производственную программу выпуска изделия составит:

$$\mathcal{E}_3 = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N,$$

где $S_{заг1}$ – стоимость заготовки, полученная при первом методе, руб;

$S_{заг2}$ – стоимость заготовки, полученная при втором методе, руб.

$$\mathcal{E}_3 = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N = (1633,3 - 1337,55) \cdot 100 = 29578 \text{руб}.$$

1.5. Анализ технических требований

Главным условием качественной работы коробки является точность передачи вращения от одного вала к другому. Для этого к корпусу предъявляются следующие технические требования:

- перпендикулярность торцев посадочных отверстий относительно их осей;
- соосность посадочных отверстий общей оси;
- параллельность осей посадочных отверстий.

Эти требования выполняются обработкой указанных поверхностей с одной установки.

Для точной установки всей коробки в механизм к корпусу предъявляются следующие требования:

- допуск плоскостности установочных плоскостей;
- их параллельность друг другу.

Эти требования выдерживаются подбором соответствующих режимов резания и обработкой одной плоскости с базированием по другой.

Позиционный допуск крепежных отверстий достигается обработкой по кондуктору.

Допуски на размеры и шероховатость выдерживаются подбором соответствующего точности метода обработки.

1.6. Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки

Составление технологического процесса механической обработки включает в себя:

- выбор черновых, чистовых и промежуточных баз на операциях;
- установка последовательности операций для достижения заданной точности детали;
- подбор оборудования с соответствующими параметрами;
- выбор соответствующего режущего инструмента.

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

МАРШРУТ ОБРАБОТКИ КОРПУСА.

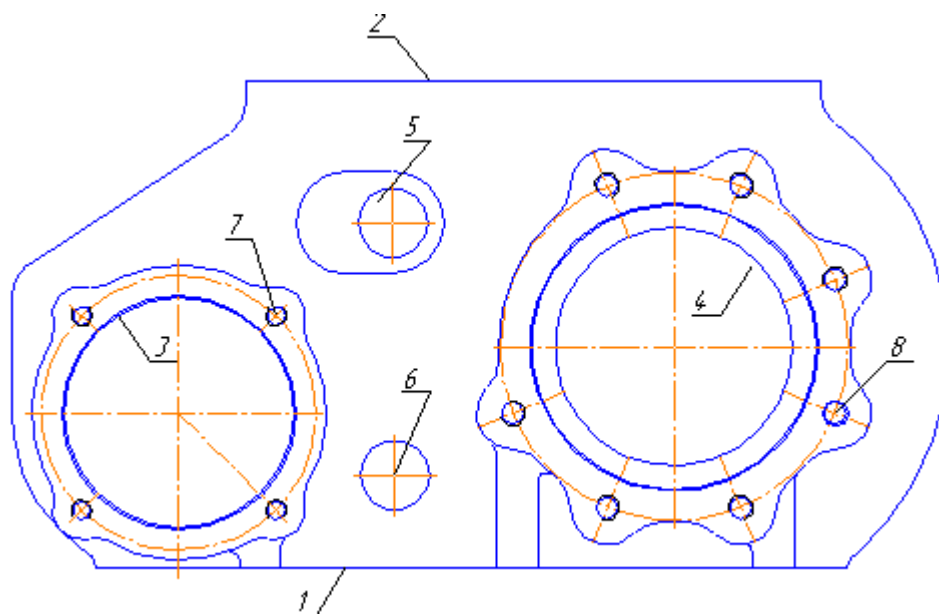


Рис. 1.1. Эскиз детали.

10 фрезерная.

А. установить заготовку по плоскости 1.

1. фрезеровать плоскость 2 предварительно.

2. фрезеровать плоскость 2 окончательно.

Станок вертикально-фрезерный 6Р13, приспособление зажимное специальное, инструмент фреза торцевая $\varnothing 315$ ВК6.

20 фрезерная

А. установить заготовку по плоскости 2.

1. фрезеровать плоскость 1 предварительно.

2. фрезеровать плоскость 1 окончательно.

Станок вертикально-фрезерный 6Р13, приспособление зажимное специальное, инструмент фреза торцевая $\varnothing 315$ ВК6.

30 сверлильная

А. установить заготовку по плоскости 2.

1. сверлить 2 отв. на плоскости 1 $\varnothing 13^{+0,11}$ предварительно.

2. зенкеровать 2 отв. на плоскости 1 $\varnothing 13,8^{+0,043}$ предварительно.

3. развернуть 2 отв. на плоскости 1 $\varnothing 14$ окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление специальное зажимное, инструмент сверло, зенкер и развертка.

40 фрезерная

А. установить заготовку по плоскости 1.

1. фрезеровать внутренний торец заготовки окончательно.

Б. переустановить заготовку по плоскости 2.

2. фрезеровать внутренний торец заготовки окончательно.

Станок вертикально-фрезерный 6Р13, приспособление специальное зажимное, инструмент фреза концевая $\varnothing 25$ ВК6.

50 фрезерная

А. установить заготовку по плоскости 1 и двум пальцам.

1. фрезеровать одновременно торцы заготовки предварительно.

2. фрезеровать одновременно торцы заготовки окончательно.

Станок продольно-фрезерный 6605, приспособление специальное зажимное, инструмент фреза торцевая $\varnothing 315$ ВК6.

60 Фрезерно-расточная

А. установить заготовку по плоскости 1 и двум пальцам.

1. расточить отв. 3, 4, 5, 6 предварительно одновременно с двух сторон с выполнением фасок.

2. расточить отв. 3, 4, 5, 6 предварительно на проход одновременно.

3. расточить отв. 3, 4, 5, 6 окончательно на проход одновременно.

Станок горизонтально-расточном 2М615.

70 сверлильная

А. установить заготовку по плоскости 1 и двум пальцам.

1. сверлить 18 отв. 7, 12 отв. 8 под резьбу и 2 отв. $\varnothing 13^{+0,11}$ предварительно одновременно с двух сторон.

2. зенкеровать 2 отв. $\varnothing 13,8^{+0,043}$ предварительно.

3. нарезать в 18 отв. 7 резьбу М12-6Н, в 12 отв. 8 резьбу М14-6Н и развернуть 2 отв. $\varnothing 14$ окончательно одновременно с двух сторон.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление зажимное специальное, инструмент сверло, метчик

80 сверлильная

А. установить заготовку по плоскости 1 и двум пальцам.

1. сверлить 10 отв. на пов. 2 под резьбу предварительно одновременно.

2. нарезать в 10 отв. на пов. 2 резьбу М10-7Н окончательно одновременно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление зажимное специальное, инструмент сверло, метчик.

90 сверлильная

А. Установить заготовку по плоскости 2.

1. сверлить 10 отв. на пов. 1 под резьбу предварительно одновременно.

2. нарезать в 10 отв. на пов. 1 резьбу М12-6Н окончательно одновременно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление зажимное специальное, инструмент сверло, метчик.

Более 70% изделий в машиностроении изготавливают в условиях мелкосерийного и серийного производства. Эффективным средством автоматизации мелкосерийного и серийного производства является программное управление металлорежущими станками.

В станках с ЧПУ управление рабочими органами в процессе обработки производится автоматически по заранее разработанной программе без непосредственного участия рабочего. Программное управление — это такая система управления, которая обеспечивает автоматическую работу механизмов станка по легко переналаживаемой программе. Станок-автомат работает по программе, задаваемой кулачками или копиями.

Основные преимущества станков с ЧПУ:

- производительность станка повышается в 1,5...2,5 раза по сравнению с производительностью аналогичных станков с ручным управлением;

- сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата;

- снижается потребность в квалифицированных рабочих станочниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;

- детали, изготовленные по одной программе, являются взаимозаменяемыми, что сокращает время пригоночных работ;

- сокращаются сроки подготовки и перехода на изготовление новых деталей благодаря предварительной подготовке программ, более простой и универсальной технологической оснастке.

Составим маршрут обработки картера с применением станков с ЧПУ.

10 Горизонтально-фрезерная с ЧПУ

А Паллета 1. Установить заготовку по плоскости.

1. Фрезеровать плоскость 1 предварительно и окончательно.

2. Развернуть заготовку на 180 градусов.

3. Фрезеровать плоскость 2 предварительно и окончательно.

4. Сверлить 10 отв. на плоскости $2\varnothing 9^{+0,036}$.

5. Нарезать в 10 отв. на плоскости 2 резьбу М10-6Н.

6. Развернуть заготовку на 180 градусов.

7. Сверлить 10 отв. на плоскости 1 $\varnothing 11^{+0,043}$
8. Нарезать в 10 отв. на плоскости 2 резьбу М12-6Н.
9. Фрезеровать внутренний торец заготовки 1 предварительно и окончательно.
10. Фрезеровать внутренний торец заготовки 2 предварительно и окончательно.

Б Смена паллеты. Установить заготовку.

1. Фрезеровать торцы заготовки предварительно и окончательно.
2. Расточить отв. 3, 4, 5, 6 предварительно и окончательно с двух сторон с выполнением фасок.
3. Расточить отв. 3, 4, 5, 6, 7 предварительно на проход.
4. Расточить отв. 3, 4, 5, 6, 7 окончательно на проход.
5. Сверлить 4 отв. 1, 6 отв. 2 $\varnothing 13^{+0,043}$ под резьбу, и отв. 7 $\varnothing 13^{+0,043}$ предварительно.
6. Зенкеровать отв. 7 до $\varnothing 13,8^{+0,043}$ предварительно.
7. Нарезать в 4 отв. 1 резьбу М12-6Н, в 6 отв. 2 резьбу М14-6Н, развернуть отв. 7 окончательно.
8. Развернуть заготовку на 180 градусов.
9. Сверлить 6 отв. 3, 4 отв. 4, 4 отв. 6 $\varnothing 11^{+0,043}$ и 6 отв. 5 $\varnothing 13^{+0,043}$, под резьбу, отв. 8 $\varnothing 13^{+0,043}$ предварительно.
10. Зенкеровать отв. 8 до $13,8^{+0,043}$ предварительно
11. Нарезать в 6 отв. 3, 4 отв. 4, 4 отв. 6 резьбу М12-6Н, в 6 отв. 5 резьбу М14-6Н.
12. Развернуть отв. 8 окончательно.

1.7 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.

Для наиболее важных поверхностей данной детали (посадочное отверстие диаметром 125 мм и торцы) припуски рассчитаем по формулам.

1. Обработка посадочного отверстия $\varnothing 125^{+0,04}$.

Данное отверстие растачивается до шероховатости $Ra = 1,6$ мкм с выдерживанием точности размера по седьмому качеству. Для достижения такой точности необходимо выполнить черновую, чистовую и тонкую обработку.

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

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{D_{i-1}^2 + e_i^2}), \quad (1.22)$$

где Rz – шероховатость, мкм;

h – глубина дефектного слоя, мкм;

Δ – 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 растачивания находим только значения $Rz = 50$ мкм.

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

$$\Delta_d = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} \quad (1.23)$$

Коробление следует учитывать как в диаметральной, так и в осевом сечении.

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} \quad (1.24)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Диаметр отверстия $d = 125$ мм, длина $l = 30$ мм.

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(1 \cdot 125)^2 + (1 \cdot 30)^2} = 130 \text{ мкм.}$$

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

$$\Delta_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{Td_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{Td_2}{2}\right)^2} \quad (1.25)$$

Допуски для точности отливки 11Т-0-0-11 ГОСТ 26645-85 составляют по 1600 мкм.

$$\Delta_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{1600}{2}\right)^2 + \left(\frac{1600}{2}\right)^2} = 1130 \text{ мкм}$$

$$\Delta_d = \sqrt{130^2 + 1130^2} = 1140 \text{ мкм}$$

На последующих переходах Δ определяется через коэффициент уточнения, который равен: после черного растачивания 0,06, после чистового – 0,04.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет поворота заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Поворот происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев. Наибольший зазор можно определить:

$$S_{\max} = TD_A + Td_B + S_{\min} \quad (1.26)$$

где TD_A – допуск на отверстие, 18 мкм;
 Td_B – допуск на диаметр пальца, 18 мкм;
 S_{min} – минимальный зазор, 10 мкм.
 $S_{max} = 46$ 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:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{S_{max}}{l} = \frac{0,046}{390} = 0,0001 \quad (1.27)$$

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 370 мм:

$$\varepsilon_6 = 370 \cdot 0,0001 = 37 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления при пневматическом зажиме $\varepsilon_3 = 100$ мкм.
 Отсюда,

$$\varepsilon_1 = \sqrt{37^2 + 100^2} = 107 \text{ мкм.}$$

Чистовой и тонкий переходы выполняются без переустановки, поэтому погрешность установки будет равна нулю.

Расчетные размеры получаем вычитанием из размера по чертежу значение припуска на чистовое растачивание и т.д.

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.

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.2.

2. Торцы посадочных отверстий.

Конструкторский размер $205 \pm 0,23$. Обработка ведется в два перехода.

Припуски на обработку противоположных плоскостей можно рассчитать по формуле:

$$2Z_{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.28)$$

Суммарное значение Rz и h составляет 600 мкм. После черного фрезерования $Rz = 50$ мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при установке на перпендикулярную:

$$\Delta = \Delta_{кор} \quad (1.29)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Длина плоскости $l = 510$ мм, ширина $b = 290$ мм.

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(1.510)^2 + (1.290)^2} = 587 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.30)$$

Так как схема установки та же, что и при растачивании погрешность установки $\varepsilon_y = 107$ мкм.

Чистовой переход осуществляется по той же схеме базирования.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.3.

Таким образом, на посадочные отверстия примем припуск по 2,5 мм на сторону, на плоскости – 1,5 мм.

1.8 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 и тонкий.

1.1. Черновое растачивание

Глубина резания по табл. 1.2. $t = 2,2$ мм.

Подача при черновом растачивании по табл. 12 $S = 0,6$ мм/об. Обработка ведется расточным резцом с пластиной из твердого сплава.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,9 \quad (1.31)$$

где значения коэффициента C_v и показателей степени берутся из таблицы 17 [27] $C_v = 243$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$;

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} , \quad (1.32)$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [27] для чугуна с HB=190 - $K_{mv} = 1$;

K_{pv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, по таблице 5 [27] при обработке чугунной отливки по корке - $K_{pv} = 0,8$; без корки - $K_{pv} = 1$.

K_{iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [27] для пластин из твердого сплава ВК6 - $K_{iv} = 1$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8;$$

T – среднее значение стойкости, при одноинструментальной обработке $T = 60$ мин;

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

Подставим данные в формулу:

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 102 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 102}{3,14 \cdot 125} = 260 \text{ об/мин} \quad (1.33)$$

Округлим до стандартного значения 250 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 250}{1000} = 98 \text{ м/мин} \quad (1.34)$$

Сила резания рассчитывается по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.35)$$

где постоянная C_p и показатели степени возьмем из таблицы 22[27]
 $C_p=92$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = 0$.

K_p – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.36)$$

где K_{mp} – учитывает влияние качества обрабатываемого материала, для серого чугуна с HB = 190 по табл. 9 $K_{mp} = 1$;

$K_{\varphi p}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при $\varphi = 30^\circ$, $K_{\varphi p} = 1,08$;

$K_{\gamma p}$ – учитывает влияние переднего угла, при $\gamma = 0^\circ$, $K_{\gamma p} = 1,1$;

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

K_{rp} – учитывает влияние радиуса при вершине, при $r = 1$ мм $K_{rp} = 0,93$.

После подстановки получаем $K_p = 1,15$.

Отсюда сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,2^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 98^0 \cdot 1,15 = 1110 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1110 \cdot 98}{1020 \cdot 60} = 1,77 \text{ кВт} \quad (1.37)$$

1.2. Чистовое растачивание

Глубина резания по табл. 1.2. $t = 0,2$ мм.

Подача при чистовом растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По табл.14 при $Ra = 3,2$ мкм и $r = 2$ мм $S = 0,25$ мм/об.

Скорость резания рассчитываем по той же формуле и получаем

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 158 \text{ м/мин}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 158}{3,14 \cdot 125} = 403 \text{ об/мин}$$

Округлим до стандартного 400 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 400}{1000} = 157 \text{ м/мин} \cdot$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,2^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 148^0 \cdot 1,15 = 135 \text{ Н.}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{135 \cdot 157}{1020 \cdot 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

1.3. Тонкое растачивание

Глубина резания по табл. 1.2. $t = 0,1$ мм.

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

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

Частота вращения

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

Округлим до стандартного 500 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 500}{1000} = 196 \text{ м/мин} \cdot$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 196^0 \cdot 1,15 = 28 \text{ Н}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{28 \cdot 196}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

2. Фрезерование торцев

Обработка ведется в два перехода. Режущий инструмент – торцевая фреза $\varnothing 315$ с числом зубьев $z = 18$.

2.1. Черновое фрезерование

Глубина резания $t = 1,3$ мм.

Подача на один зуб фрезы по табл.33 для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава $S_z = 0,2$ мм/зуб.

Скорость резания – окружная скорость фрезы определяется

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (1.38)$$

Значение коэффициента C_V и показателей степени возьмем из табл.39, а период стойкости – в табл.40.

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} \quad (1.39)$$

где $K_{MV} = 1$; $K_{PV} = 0,8$; $K_{IV} = 1$; $K_V = 0,8$;

$C_V = 445$; $q = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,32$; период стойкости $T = 180$ мин; ширина фрезерования $B = 290$ мм.

Подставив данные получим:

$$V = \frac{445 \cdot 315^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,3^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 290^{0,2} \cdot 18^0} \cdot 0,8 = 140 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 315} = 141 \text{ об/мин} \quad (1.40)$$

Принимаем – 100 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 100}{1000} = 99 \text{ м/мин} \quad (1.41)$$

Сила резания – окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (1.42)$$

Значения C_p и показателей степени примем по табл.41, а поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала – по табл.9: $C_p = 54,5$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $u = 1$; $q = 1$; $w = 0$; $K_{MP} = 1$.

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 290^1 \cdot 18}{315^1 \cdot 100^0} \cdot 1 = 5550 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{5550 \cdot 315}{2 \cdot 100} = 8,7 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (1.43)$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{5550 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 9 \text{ кВт} \quad (1.44)$$

2.2. Чистовое фрезерование

Глубина резания $t = 0,2$ мм.

Подача фрезы по табл.37 для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава $S = 1,2$ мм/об или $S_z = 0,07$ мм/зуб.

Скорость резания

$$V = \frac{445 \cdot 315^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,07^{0,35} \cdot 290^{0,2} \cdot 18^0} \cdot 1 = 248 \text{ м/мин}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot 248}{3,14 \cdot 315} = 251 \text{ об/мин}$$

Принимаем – 250 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 250}{1000} = 247 \text{ м/мин}.$$

Сила резания – окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,07^{0,74} \cdot 290^1 \cdot 18}{315^1 \cdot 250^0} \cdot 1 = 693 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{693 \cdot 315}{2 \cdot 100} = 1092 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{693 \cdot 247}{1020 \cdot 60} = 2,8 \text{ кВт}.$$

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику и оформим в виде таблицы.

Режимы резания

Таблица 1.4

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, мм/мин	n, об/мин	P _z , Н	N _e , кВт
Фрезерование торцевое Черновое	1,3	3,6	100	100	5550	9
Фрезерование торцевое Чистовое	0,2	1,2	250	250	693	2,8
Фрезерование концевое черновое	1,3	1,2	12,5	160	1090	0,24
Фрезерование концевое чистовое	0,2	0,8	25	315	348	0,24
Растачивание черновое	2,2	0,6	100	250	1110	1,77
Растачивание чистовое	0,2	0,25	160	400	135	0,35
Растачивание тонкое	0,1	0,1	200	500	28	0,1
Сверление отв. Ø13	6,5	0,4	6,3	80	380	0,1

Зенкерование отв.Ø13,8	0,4	0,8	25	315	254	0,1
Развертывание отв.Ø14	0,1	1	20	400	280	0,09
Сверление отв.Ø11	5,5	0,26	3,15	100	225	0,12
Нарезание М12	0,5	1	3,15	80	247	0,03
Сверление отв.Ø9	4,5	0,22	3,15	100	192	0,12
Нарезание М10	0,5	1	3,15	80	107	0,03
Сверление отв.Ø13	6,5	0,4	6,3	80	380	0,1
Нарезание М14	0,5	1	4	80	232	0,1

1.9 Расчет норм времени

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

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд} \quad (1.45)$$

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

$$T_{оп} = t_o + t_b \quad (1.45)$$

$t_{тех}$, $t_{орг}$ и $t_{отд}$ берут укрупненно в процентах от операционного времени.

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

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

Пронормируем технологическую операцию растачивания.

Данная операция содержит 4 технологических перехода.

1. Фрезерование торцев чистовое.

Обработка ведется на проход.

Основное время обработки при фрезеровании рассчитывается по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S_Z \cdot Z \cdot n} \cdot i \quad (1.46)$$

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 шпинделя; i – количество проходов.

Фактическая длина обработки равна длине плоскости $L_0 = 510$ мм.

Длина врезания равна длине перебега и равна половине диаметра фрезы плюс 5 мм, т.е. $L = 510 + (157,5 + 5) \cdot 2 = 835$ мм.

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

Основное время $t_o = \frac{835}{0,07 \cdot 18 \cdot 250} = 2,65$ мин

2. Растачивание черновое.

Обработка ведется на проход.

Основное время обработки при растачивании рассчитывается по формуле:

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i \quad (1.47)$$

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 шпинделя; i – количество проходов.

Фактическая длина обработки равна длине отверстия $L_0 = 38$ мм.

Длина врезания равна длине перебега – 5 мм, т.е. $L = 38 + 5 + 5 = 48$ мм.

S и n возьмем из расчетов режимов резания рассмотренных выше.

Основное время $t_o = \frac{48}{0,6 \cdot 250} = 0,32$ мин.

3. Растачивание чистовое.

Обработка также ведется на проход. Длина обработки та же $L = 48$ мм.

$$t_o = \frac{48}{0,25 \cdot 400} = 0,48$$
 мин.

4. Растачивание тонкое. $t_o = \frac{48}{0,1 \cdot 500} = 0,96$ мин.

Основное время всей операции

$$t_o = 2,65 + 0,32 + 0,48 + 0,96 = 4,41 \text{ мин}$$

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

По справочнику [12]:

1. время на установку и снятие детали со станка 0,23 мин;
2. время на закрепление и открепление детали 0,18 мин;
3. время на подвод и отвод инструмента 0,36 мин;
4. время на движение стола 0,24 мин;
5. время на управление станком 0,34 мин.

Вспомогательное время

$$t_b = 0,23 + 0,18 + 0,36 + 0,24 + 0,34 = 1,35 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 4,41 + 1,35 = 5,76 \text{ мин}$$

Укрупненно для расточных станков [12]:

$$t_{тех} = 2\% T_{оп} = 0,02 \cdot 5,76 = 0,12 \text{ мин};$$

$$t_{орг} = 1,2\% T_{оп} = 0,012 \cdot 6,09 = 0,07 \text{ мин};$$

$$t_{отд} = 4\% T_{оп} = 0,04 \cdot 6,09 = 0,23 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 5,76 + 0,12 + 0,07 + 0,23 = 6,18 \text{ мин}$$

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

Нормы времени

Таблица 1.5

Операция	t_o	t_b	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$
10 Фрезерная							
1. фрезерование плоскости разъема черновое	0,98	0,76	2,86	0,07	0,04	0,13	3,1
2. фрезерование плоскости разъема чистовое	1,12						
20 Фрезерная							
1. фрезерование установоч- ной плоскости черновое	1,1	0,76	3,13	0,07	0,04	0,13	3,37
2. фрезерование установоч- ной плоскости чистовое	1,27						
30 Сверлильная							
1. сверление 2 отв. $\varnothing 13$	1,02	1,73	3,19	0,06	0,04	0,12	3,39
2. зенкерование 2 отв. $\varnothing 13,8$	0,26						
3. развертывание 2 отв. $\varnothing 14$	0,16						
40 Фрезерная							
1. фрезерование черновое	0,92	1,16	3,14	0,07	0,04	0,13	3,38

2.фрезерование чистовое	1,06						
50 Фрезерная							
1.фрезерование черновое	2,32	0,72	3,04	0,07	0,04	0,13	3,28
60 Фрезерно-расточная							
1. фрезерование чистовое	2,65	1,35	5,76	0,12	0,07	0,23	6,18
2.расточивание черновое	0,32						
3.расточивание чистовое	0,48						
4.расточивание тонкое	0,96						
70 Сверлильная							
1.сверление отв. Ø13	1,46	1,06	3,17	0,06	0,03	0,12	3,38
2.зенкерование отв. Ø13,8	0,13						
3.нарезание М14	0,52						
80 Сверлильная							
1.сверление отв. Ø9	1,36	0,98	3,1	0,06	0,03	0,12	3,31
2.нарезание М10	0,76						
90 Сверлильная							
1.сверление отв. Ø11	1,34	1,03	3,11	0,06	0,03	0,12	3,32
2.нарезание М12	0,74						

Таблица 1.6 – Нормы времени на оборудовании с ЧПУ

Операция	t _о	t _в	T _{оп}	t _{тех}	t _{орг}	t _{отд}	T _{шт}	T _{ш-к}
10 Фрезерная		0,65						
Паллета 1.								
1. фрезерование плоскости 1 предварительно и окончательно	1,33							
2. Поворот паллеты на 180°	1,02							
3.Фрезерование плоскости 2 предварительно и окончательно	1,78							
4.Сверлить 10 отв. на плоскости 2 Ø9 ^{+0,036}	0,94	0,37						
5.Нарезать в 10 отв. на плоскости 2 резьбу М10-6Н	0,48							
6.Поворот паллеты на 180°	1,02							
7.сверлить 10 отв. на плоскости 1 Ø11 ^{+0,043}	0,98							
8.Нарезать в 10 отв. на плоскости 2 резьбу М12-6Н.	0,17							
9.фрезеровать внутренний торец заготовки 1 предварительно и окончательно.	0,20	0,14						
10. фрезеровать внутренний торец заготовки 2 предварительно и окончательно.	0,32							
Смена паллеты								
1.фрезеровать торцы заготовки предварительно и окончательно.								
2.расточить отв. 3, 4, 5, 6 предварительно и окончательно с двух сторон с выполнением фасок.		0,48						
3.расточить отв. 3, 4, 5, 6, 7 предварительно на проход.	1,14							
4.расточить отв. 3, 4, 5, 6, 7 окончательно на проход.	1,69							
5.Сверлить 4 отв. 1, 6 отв. 2 Ø13 ^{+0,043} под резьбу, и отв. 7 Ø13 ^{+0,043} предварительно.	1,43							
6.Зенкеровать отв. 7 до Ø13,8 ^{+0,043} предварительно.	1,26							
7.Нарезать в 4 отв. 1 резьбу М12-6Н, в 6 отв. 2 резьбу М14-6Н, развернуть отв. 7 окончательно.	1,5							
	0,18							
	0,71							
		0,14						
			25,53	0,54	0,28	1,12	27,47	29, 41

8. Поворот паллеты на 180°	1,02							
9. Сверлить 6 отв. 3, 4 отв. 4, 4 отв. 6 $\varnothing 11^{+0,043}$ и 6 отв. 5 $\varnothing 13^{+0,043}$, под резьбу, отв. 8 $\varnothing 13^{+0,043}$ предварительно.	2,21 0,32 0,64	0,17						
10. Зенкеровать отв. 8 до $13,8^{+0,043}$ предварительно.	2,11 0,26							
11. Нарезать в 6 отв. 3, 4 отв. 4, 4 отв. 6 резьбу M12-6H, в 6 отв. 5 резьбу M14-6H.								
12. Развернуть отв. 8 окончательно.								

2. Конструкторская часть.

2.1. Проектирование фрезерного приспособления

2.1.1. Техническое задание на проектирование фрезерного приспособления

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

Спроектируем зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции – одновременное черновое фрезерование торцев корпуса. Их обработку будем производить с одной установки одновременно, поэтому из всего технологического процесса на этой операции наибольшие силы резания и, следовательно, необходимо развить наибольшее усилие прижима.

Базировать деталь будем по нижней плоскости и двум отверстиям. Базовая поверхность чистая.

2.1.2. Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается плоскостью основания на опорные пластины приспособления, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной базы служат два пальца. Силовое замыкание производится планкой с пневмоприводом.

Зажимное приспособление должно предотвратить сдвиг заготовки в продольном направлении под действием силы подачи и отрыв заготовки от пластин под действием тангенциальной составляющей силы резания. Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую сдвиг и отрыв.

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб.	Гейдаров				Конструкторская часть	Литера	Лист	Листов
Рук.	Желтобрюхов					у	28	
Т.контр.	Желтобрюхов					ХТИ – филиал СФУ		
Н.контр.	Сагалакова					гр. 26-1		
Зав.каф.	Желтобрюхов							

Схема приспособления изображена на рис.2.1.

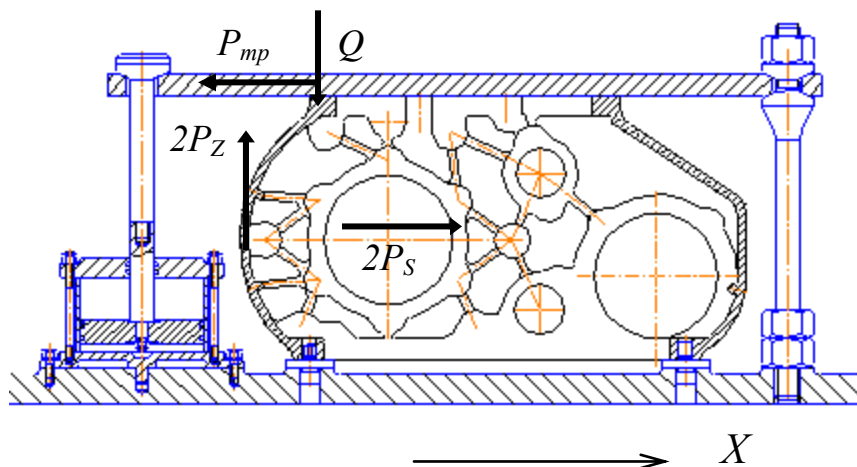


Рис 2.1. Схема приспособления.

По схеме приспособления составим уравнение равновесия относительно оси X.

$$\sum P_x = 0 \quad (2.1)$$

$$2P_s - P_{тр} = 0 \quad (2.2)$$

где P_s – сила подачи, определяется из соотношения к главной составляющей силы резания, по табл. 42 [27] $P_s = 0,3 \cdot P_z = 0,3 \cdot 5550 = 1665$ Н;

$P_{тр}$ – сила трения планки о заготовку $P_{тр} = Q \cdot k_{тр}$,

где Q – сила закрепления;

$k_{тр} = 0,16$ – коэффициент трения сталь по чугуну.

$$2 \cdot 1665 = Q \cdot 0,16, \text{ отсюда } Q = 20813 \text{ Н.}$$

и уравнение моментов относительно угла детали

$$\sum M_0 = 0 \quad (2.3)$$

$$2P_z \cdot L_1 - Q \cdot L_2 = 0 \quad (2.4)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, из расчетов 5550 Н,

Q – сила закрепления,

L_1, L_2 – расстояния от угла детали до мест приложения соответствующих сил.

$$2 \cdot 5550 \cdot 476 = Q \cdot 476, \text{ отсюда } Q = 11100 \text{ Н.}$$

из двух полученных сил действия планки выбираем наибольшую.

2.1.3. Расчет силы привода

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

Планка представляет собой рычаг, на одном конце, которого приложена сила привода, а по углу детали – развивается необходимая сила закрепления.

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

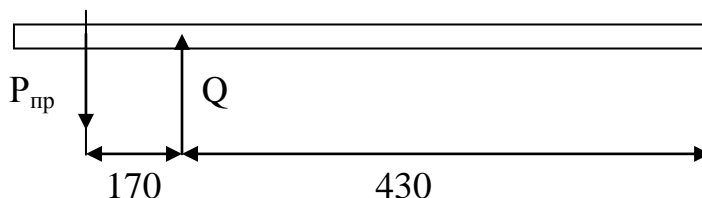


Рис.2.2. Схема действия сил на планку.

$$Q \cdot L_1 - L_2 P_{\text{пр}} = 0 \quad (2.5)$$

где L_1, L_2 – плечи действия соответствующих сил.

Произведем следующие преобразования:

$$P_{\text{пр}} = Q \cdot \frac{L_1}{L_2} \quad (2.6)$$

где $L_1 = 430$ мм; $L_2 = 600$ мм.

Подставив данные в формулу, получим:

$$P_{\text{пр}} = 14916 \text{ Н.}$$

2.1.4. Расчет силового привода

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем пневмопривод, работающий напрямую, который должен действовать на планку с силой $P_{\text{шт}}$ не менее 14920 Н.

Сила действия штока преобразуется из силы давления подаваемого

воздуха через следующее соотношение:

$$P_{\text{шт}} = P_{\text{сж}} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta \quad (2.7)$$

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

D - диаметр штока пневмоцилиндра;

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

Отсюда выразим диаметр пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{шт}}{\pi \cdot P_{сж} \cdot \eta}} \quad (2.8)$$

Подставив данные в формулу, получим:

$$D = 58 \text{ мм.}$$

Полученное значение округлим до большего стандартного и примем пневмоцилиндр с диаметром поршня $D = 63$ мм. Увеличение диаметра также увеличивает надежность приспособления.

2.1.5. Расчет зажимного приспособления на точность

Данное приспособление применяется на продольно-фрезерном станке при одновременной обработке двух параллельных торцев. Данная обработка должна обеспечить параллельность обрабатываемых поверхностей.

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

$$E_{пр} = [T - K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{и}^2 + \varepsilon_{п}^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2]]^{0.5} \quad (2.9)$$

где $T = 100$ мкм - допуск параллельности обрабатываемых поверхностей;

$K_T = 1,2$ - 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;

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 перекоса инструмента.

Погрешность базирования при обработке противоположных плоскостей равна нулю.

Для рассматриваемого случая $\varepsilon_3 = 0$, т.к. силы закрепления действуют в плоскости перпендикулярной обрабатываемым поверхностям и на точность получаемого параметра влияния не оказывают.

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

Погрешность положения в данном случае имеет вид $\varepsilon_{и} = B_2 \cdot N$, где $B_2 = 0,002$ - постоянная, зависящая от вида установочных элементов и условий контакта – установочные пластины;

N - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, а пластинки меняют раз в месяц, то фактически количество контактов равно 5833 раз.

$$\varepsilon_{и} = 0,002 \cdot 5833 = 12 \text{ мкм.}$$

В связи с тем, что в приспособлении отсутствуют направляющие элементы, $\varepsilon_{п} = 0$,

Экономическая точность по 14 качеству $W = 100$ мкм.

$$E_{пр} = 100 - 1,2 \cdot [12^2 + (0,7 \cdot 100)^2]^{0,5} = 100 - 85 = 15 \text{ мкм.}$$

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

2.2. Проектирование контрольного приспособления

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. Соосность и параллельность осей посадочных отверстий и перпендикулярность торцев контролируют при помощи специальных приспособлений с применением индикаторных головок.

Применение специальных приспособлений в массовом производстве экономически обоснованно, в связи с большой программой выпуска.

2.2.1. Техническое задание на проектирование контрольного приспособления

Важное значение, для качественной работы коробки имеет, точность расположения поверхностей посадочных отверстий корпуса друг

относительно друга. В связи с этим конструктором установлен допуск параллельности осей посадочных отверстий. В соответствии с вышеизложенным, в данном дипломном проекте спроектировано специальное приспособление для контроля параллельности осей.

2.2.2. Описание конструкции приспособления для контроля параллельности осей

Для контроля параллельности осей, данные оси необходимо материализовать. Произведем это при помощи двух оправок типа вал.

Контроль производят индикаторной головкой часового типа, установленной на одной оправке, а наконечник ее соприкасается с оправкой соседнего отверстия. Найдя наименьшее расстояние между оправками, индикатор выводят на ноль. Далее оправку с индикатором переустанавливают с другой стороны и по разнице показаний судят о параллельности. Потом оправку переустанавливают во второе отверстие и эту процедуру повторяют.

Для уменьшения длины ножки индикатора его располагают на планке, которая к тому же поможет при переустановке индикатора. Для уменьшения веса оправок их делают полыми. Для более точного центрирования оправок в них завальцованы 6 подпружиненных шариков, в два ряда по три шарика под углом 120° .

2.2.3. 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 параллельности составляет 60 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 18 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\Delta_{\text{уст}}^2 + \Delta_{\text{изн}}^2 + \Delta_{\text{т}}^2 + \Delta_{\text{инд}}^2} \quad (2.11)$$

где $\Delta_{\text{уст}}$ – погрешность установки детали на приспособление, будет равна 0, так как оправки под собственным весом точно поймут оси контролируемых отверстий. Перекос средней вставки под весом индикатора вряд ли возможен из-за несоизмеримо малого его веса по отношению к массе оправки. $\Delta_{\text{изн}}$ – погрешность, связанная с износом элементов приспособления (0,001мм);

$\Delta_{\text{т}}$ – погрешность, связанная с колебаниями температуры (0,002мм);

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

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,006 = 6 \text{ мкм} < 18 \text{ мкм}.$$

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

3. Экономическая часть

3.1 Перечень технологического оборудования

Для обработки картера нами 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 R _м	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Вертикально-фрезерный 6P13	1	7,5	22	2,3x1,95	930000	930000
Радиально-сверлильный 2M55	1	5,5	21	2,7x1,0	1100000	1100000
Горизонтально-расточной 2M615	1	4,5	24	4,3x2,6	800000	800000
продольно-фрезерный 6605	1	11		5,1x3,52	450000	450000
Итого	4	28,5		36,32	3280000	3280000

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

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб.		Гейдаров			Экономическая часть	Литера	Лист	Листов
Рук.		Желтобрюхов				у	35	
Т.контр.		Желтобрюхов				ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		
Н.контр.		Сагалакова						
Зав.каф.		Желтобрюхов						

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип Оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R_m	Занимаемая площадь, m^2	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ VictorVcentr-H400	1	18,5	41	2,6x5,3	5267000	5267000
Итого	1	18,5	41	13,78		5267000

3.2 Определение занимаемой площади цеха и ее стоимости под оборудование

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

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

где f_{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 картера нам потребуется 4 универсальных станка с общей площадью $21,07 m^2$.

$$S_{унв} = 36,32 \cdot 2,5 = 90,8 m^2$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 5000 руб. Соответственно стоимость площади под универсальное оборудование составит $S_{унв} = 454000$ руб.

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок площадью $13,78 m^2$.

$$S_{чпу} = 13,78 \cdot 2,5 = 34,45 m^2$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 5000 руб. Соответственно стоимость площади под оборудование с ЧПУ составит $S_{чпу} = 172250$ руб.

3.3 Расчет себестоимости детали

Себестоимость детали включает в себя затраты на материал и последующую механическую обработку. Ранее нами была рассчитана стоимость заготовки. Для обоих вариантов технологического процесса она неизменна – 1337,55 руб.

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

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

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

где i — порядковый номер операции;

m — число рассматриваемых операций;

$C_{\text{обр}}^{\text{di}}$ — стоимость механической обработки детали при d -ом варианте обработки на i -ой операции, руб./ед.

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

Заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле [5]:

$$З = C^{\text{нi}} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{соц}} \cdot T_{\text{шт}}^{\text{di}}, \quad (3.4)$$

где $C^{\text{нi}}$ — часовая тарифная ставка первого разряда, 52,2 руб./ч;

k_p — коэффициент разряда,

k_c , $k_{\text{пр}}$, $k_{\text{п}}$, $k_{\text{д}}$, $k_{\text{соц}}$ — 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);

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

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании 32,71 мин или 0,5452 ч; на станках с ЧПУ – 29,41 мин или 0,4902 ч.

$$З_{\text{унв}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,55 = 89,20 \text{ руб./дет.}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке в смене работает только один рабочий третьего разряда. Так как основное время работы станка в 4 раза больше вспомогательного времени, рабочий может обслуживать еще 3 станка, занятые обработкой других деталей коробки. Поэтому, фактическое время, затрачиваемое на картер, будет 0,1225 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{\text{ЧПУ}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,1225 \cdot 1,15 = 28,8 \text{ руб./дет.}$$

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

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим [5]:

$$A_{\text{дет}} = \frac{A_{\text{г}} \cdot T_{\text{N}}}{N}, \quad (3.5)$$

где $A_{\text{г}}$ - годовые амортизационные отчисления, руб.,

T_{N} – время обработки программы, год,

N – годовая программа выпуска, 100 шт.

Таблица 3.3 – Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац.о тчисл.,руб.	Амортиз ац.отчисл . на деталь,руб.
1 Здание	90,8 м ²	75000	6810000	3	204300	19,81
2Оборудование	4 шт.		3280000	12	393600	38,19
3 Транспорт			224610	8	17969	1,74
4 Инструмент			74870	15	11231	1,09
5 Инвентарь			57190	15	8579	0,83
Итого			10446670		635670	61,66

Таблица 3.4 – Основные производственные фонды при использовании станков с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац. отчисл.,руб	Амортизац отчисл. на деталь,руб.
1 Здание	34,45 м ²	75000	2583750	3	77513	13,18
2Оборудование	1 шт.		5267000	12	632040	107,45
3 Транспорт			52670	8	4214	0,72
4 Инструмент			52670	15	7901	1,34
5 Инвентарь			39254	15	5888	1,00
Итого			7995344		727556	123,69

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле [5]:

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

где N – мощность оборудования, кВт;
 $k_N, k_B, k_{од}$ – средние коэффициенты загрузки электродвигателей по мощности, по времени, средний коэффициент одновременности работы всех двигателей (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 (3,75 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{\text{унв}} = (28,5 \cdot 0,84 \cdot 0,62 \cdot 0,7 \cdot 1,06/0,7) \cdot 0,5452 \cdot 3,75 = 32,17 \text{ руб./дет.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{чпу}} = (18,5 \cdot 0,52 \cdot 0,97 \cdot 0,7 \cdot 1,06/0,7) \cdot 0,4902 \cdot 3,75 = 18,18 \text{ руб./дет.}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле [5]:

$$P = \frac{W_M \cdot R_M \cdot T_{\text{шт}}}{T_{\text{р.ц}}}, \quad (3.7)$$

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

R_M – единицы ремонтной сложности;

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

$T_{\text{шт}}$ – штучное время на определенном типе оборудования – на фрезерном – 0,2188 ч, на сверлильном – 0,2233 ч, на расточном – 0,1030 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,4902 ч.

$$P_{\text{унв}} = \frac{12500 \cdot (22 \cdot 0,2188 + 42 \cdot 0,2233 + 24 \cdot 0,1030)}{24174} = 8,61 \text{ руб/дет}$$

$$P_{\text{чпу}} = \frac{12500 \cdot 41 \cdot 0,4902}{24174} = 10,39 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки определим по формуле [7]:

$$C_{\text{унв}} = Z + A_{\text{дет.}} + \mathcal{E} + P, \quad (3.8)$$

где Z - заработная плата основных производственных рабочих, руб.,

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

\mathcal{E} - затраты на силовую электроэнергию, руб.,

P - затраты на ремонт оборудования.

Себестоимость механической обработки на универсальном оборудовании:

$$C_{\text{унв}} = 89,20 + 61,66 + 32,17 + 8,61 = 191,64 \text{ руб./дет.}$$

Себестоимость механической обработки на станках с ЧПУ:

$$C_{\text{чпу}} = 19,19 + 123,69 + 11,29 + 6,92 = 161,09 \text{ руб./дет.}$$

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

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

где $S_{\text{заг}}$ - стоимость заготовки, руб.,
 C - Себестоимость механической обработки, руб.

$$C_{\text{унв}} = 415,77 + 191,64 = 607,41 \text{ руб./дет.}$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = 415,77 + 161,09 = 576,86 \text{ руб./дет.}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 5,03 %. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

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

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

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

N – годовая производственная программа выпуска изделия, 100 шт.

$$\mathcal{E}_r = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (607,41 - 576,86) \cdot 100 = 3055 \text{ руб.}$$

3.4 Технико-экономические показатели

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

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.4 составляет 1337,55 руб.

3 Основные производственные фонды берем по таблицам 3.3, 3.4.

4 Площади участка берем по таблицам 3.1, 3.2.

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

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

При работе на станках с ЧПУ структура штучного времени позволяет применять многостаночное обслуживание, то есть, рабочий во время автоматической работы одного станка, успеет обслужить другой. Таким

образом, для обслуживания всего участка в смену достаточно одного рабочего.

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

$$Z_{\text{ср.унв}} = \frac{Z_{\text{унв}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{94,91 \cdot 100}{4 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,0097} = 20384 \text{руб},$$

(3.8)

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 [7]:

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

(3.9)

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе представлена технология изготовления корпуса раздаточной коробкитреловочного трактора с годовой программой выпуска 100 шт.

В ходе проектирования отработана рациональная структура технологических процессов механической обработки, рассчитаны оптимальные режимы, выбрано высокопроизводительное оборудование и металлорежущий инструмент, а также спроектированы быстродействующие зажимное (для фрезерной операции) и контрольное приспособления (для контроля параллельности осей отверстий).

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

Проведенный технико-экономический анализ разработанных вариантов технологических процессов показал, что применение оборудования с ЧПУ обеспечивает снижение в 4 раза количества используемого оборудования и рабочих мест, уменьшение в 2,5 раза площадей под оборудование, уменьшение фонда заработной платы за счет снижения количества рабочих. В целом, экономический расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней по сравнению с обработкой на универсальном оборудовании и снизит себестоимость механической обработки на 5,03 %, что подтверждается технико-экономическими показателями процесса. При этом экономический эффект составит 3055 рубля на годовую программу выпуска.

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб.		Гейдаров			Заключение	Литера	Лист	Листов
Рук.		Желтобрюхов				у	43	
Т.контр.		Желтобрюхов				ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		
Н.контр.		Сагалакова						
Зав.каф.		Желтобрюхов						

CONCLUSION

This graduation qualification work presents the manufacturing technology of the transfer case housing of a skidder with the annual program of 100 pieces.

When designing the rational structure of technological treatment processes has been worked out, the optimal modes have been calculated, the high-performance equipment and metal-cutting tools have been selected, and the high-speed clamping (for milling operation) and control devices (for controlling parallelism of bore axes) have been developed.

High-performance variants of technological treatment processes have been developed both for the universal metal-cutting equipment and the modern equipment with CNC.

The technical and economic analysis of the developed variants of technological processes performed has shown that the use of CNC equipment provides a 4-fold reduction in the number of used equipment and workplaces, a 2.5-fold reduction in the area for equipment, decreasing the payroll due to reducing the number of workers. On the whole, the economic calculation has shown that machining on CNC machines is more cost-effective than machining on universal equipment and will reduce the cost of machining by 5.03 %, which is confirmed by the technical and economic indicators of the process. At the same time, the economic effect will be 3,055 rubles for the annual output program.

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
Разраб.		Гейдаров			CONCLUSION		
Рук.		Желтобрюхов					
Т.контр.		Желтобрюхов					
Н.контр.		Сагалакова					
Зав.каф.		Желтобрюхов					
					Литера	Лист	Листов
					у	44	
					ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Амиров Ю. Д. Технологичность конструкции изделия: справочник / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волков и др. / Ю.Д. – М.: Машиностроение, 2006. – 768 с.
2. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656 с.
3. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
4. Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 518 с.
5. Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2013. – 315 с.
6. Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
7. Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005. – 156 с.
8. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007. – 255 с.
9. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 303 с.
10. Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2003. – 1026 с.
11. Корсаков В.С. Приспособления для металлорежущих станков: справочник/ Горошкин А.К. – М.: Машиностроение, 2003. – 277 с.
12. Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
13. Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010. – 511 с.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 2011. – 98 с.
15. Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 2010. – 186 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.

- 17.17. Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2009-2016. Режим доступа:[http:// www.abamet.ru](http://www.abamet.ru) Горизонтальные обрабатывающие центры с ЧПУ.
- 18.18. Станочный мир (каталог станков). Режим доступа:<https://stanok-kpo.ru>

Стандарты

ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД) ГОСТ-25347-2013 Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов.

ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки – внедрен, Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 сентября 1985 г. N 3009, дата введения установлена 01.01.87-Переиздание. 2004 г.

ГОСТ 26358-84 Отливки из чугуна. Общие технические условия. - Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14 декабря 1984 г. № 4431 срок введения установлен с 01.01.86.-Взамен общетехнических требований к отливкам ГОСТ 1215-79, ГОСТ 1412-79, ГОСТ 1585-79, ГОСТ 7293-79, ГОСТ 7769-82.Настоящий стандарт распространяется на отливки, полученные любым способом из нелегированного и легированного чугуна с пластинчатым, вермикулярным или шаровидным графитом, а также из ковкого чугуна.

ГОСТ 9378-93.Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия. Взамен ГОСТ 9378-75. Разработан Российской Федерацией, внесен Техническим секретариатом Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации; принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 4-93 от 21 октября 1993 г.) и введен в действие Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 7 февраля 1996 г. N 54.

ГОСТ 164-89 Штангенциркули. Технические условия. Взамен ГОСТ 164-80- утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 30.10.89 № 3253.

ГОСТ 868-82.Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм (с Изменениями №1-3). Технические условия. Взамен ГОСТ 868-82- утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 04.06.82 № 2305.

ГОСТ 3.1118-82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и правила оформления маршрутных карт - внедрен, Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1982 г. N 5311 дата введения установлена 01.01.84-Переиздание. Февраль 2012 г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			БР-15.03.05 000.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	БР-15.03.05 000.001	Оправка	1	
		2	БР-15.03.05 000.002	Втулка направляющая	1	
		3	БР-15.03.05 000.003	Оправка контрольная	1	
		4	БР-15.03.05 000.004	Корпус	1	
		5	БР-15.03.05 000.005	Оправка	1	
		6	БР-15.03.05 000.006	Шарик	3	
		7	БР-15.03.05 000.007	Пружина	3	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		8		Болт М5х12.66	3	
				ГОСТ 7798-90		
		9		Индикатор часового типа	1	
				ИЧ-10 ГОСТ 557-98		

БР-15.03.05 000.000				
Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Студент	Гейдаров			
Руковод	Желтобрюхов			
Консульт.	Желтобрюхов			
Н.Контр.				
Зав.каф.	Желтобрюхов			
Приспособление контрольное				Литер у
				Лист 1
				Листов 1
ХТИ – филиал СФУ Кафедра АТиМ гр. 26-1				

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

подпись

« 01 » 07 2020 г.


БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Проектирование технологического процесса механической обработки
корпуса раздаточной коробки трелевочного трактора.

Руководитель

подпись, дата


 01.07.20

к.т.н., доц. каф. АТиМ

Е.М. Желтобрюхов.
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата



А.В. Гейдаров
инициалы, фамилия

Абакан, 2020 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: Проектирование технологического процесса механической обработки корпуса раздаточной коробки трелевочного трактора.

Консультанты по разделам:

Технологическая часть
наименование раздела

Е.М. 01.07.20
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела

Е.М. 01.07.20
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть
наименование раздела

Е.М. 01.07.20
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

М.М.
подпись, дата

М.М. Сагалакова
инициалы, фамилия

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

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

Кафедра «Автомобильный Транспорт и Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

2020 г.

подпись

« 27 »

04

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Гейдарову Александру Валерьевичу

фамилия, имя, отчество

Группа 26-1 Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств

Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование
технологического процесса механической обработки корпуса раздаточной
коробки трелевочного трактора.

Утверждена приказом по институту № 224 от 27.04.2020 г.

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

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

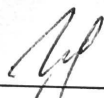
Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;
2. Годовая программа выпуска N = 100 шт.

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;
Экономическая часть.

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

Руководитель ВКР

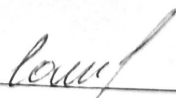


подпись

Е.М. Желтобрюхов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



подпись

А.В. Гейдаров

инициалы и фамилия студента

« 27 » 04 2020 г.