

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

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

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.С. Горопов
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

Разработка технологического процесса механической обработки картера
коробки отбора мощности вышки ВС-18

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

Выпускник _____ Топоев М.А.
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан, 2023

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка технологического процесса механической обработки картера коробки отбора мощности вышки ВС-18

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

Заключение на английском языке _____ Н.В. Чезыбаева
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.С. Торопов
Подпись, инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2023 г

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

Студенту Топоеву Максиму Александровичу

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 картера коробки отбора мощности
вышки ВС-18

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 корпус нижнего
редуктора вращения с заводским номером МЛ-78.10.00.001;

2. годовая программа N = 300 шт

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 фрезерное – 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 _____

М.А. Топоев
подпись, инициалы и фамилия студента

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Технологическая часть	7
1.1 Анализ служебного назначения.....	7
1.2 Анализ технологичности.....	8
1.3 Анализ технических требований.....	9
1.4 Обзор методов обработки детали	10
1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки картера.....	10
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки	15
1.7 Расчет и назначение припусков.....	17
1.8 Расчет режимов резания.....	20
1.9 Расчет норм времени	26
1.10 Выбор оборудования	32
2 Конструкторская часть	36
2.1 Проектирование зажимного приспособления	36
2.1.1 Техническое задание	36
2.1.2 Расчет силы закрепления.....	36
2.1.3 Расчет силы привода	38
2.1.4 Расчет силового привода	39
2.1.5 Расчет приспособления на точность	39
2.2 Проектирование контрольного приспособления	41
2.2.1 Техническое задание	41
2.2.2 Описание конструкции приспособления	41
2.2.3 Расчет приспособления на точность	42
3 Экономическая часть	43
3.1 Выбор технологического оборудования	43
3.2 Определение занимаемой площади	44
3.3 Организация транспортной системы	44
3.4 Организация технического контроля	44
3.5 Организация инструментообеспечения.....	45
3.6 Организация ремонтного и технического обслуживания	45
3.7 Расчет себестоимости детали	46
3.8 Техничко-экономические показатели.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	53

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Топоев</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Желтобрюхов</i>				5	5	53
<i>Консульт.</i>	<i>Желтобрюхов</i>				<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">Содержание</div> <div>ХТИ – филиал СФУ</div> </div>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Торопов</i>						

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 вышки ВС-18 с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Топоев</i>			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>					6	53
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>				ХТИ – филиал СФУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>						

1 Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

Основным назначением картера является ориентация деталей и узлов коробки в пространстве и монтаж изделия в сборе в механизм. Картер также предохраняет механизм от загрязнения и повреждений.

Картер изготавливают из чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412-95. Это серый чугун, содержащий в своей структуре, графит пластинчатой формы. Его применяют при литье средней прочности с перлитной основной массой для изготовления ответственных отливок с толщиной стенок до 30 мм. Он обладает хорошими механическими и литейными свойствами.

Данный материал обладает следующими механическими свойствами

- предел прочности при растяжении – наибольшая нагрузка, предшествующая разрушению образца – $\sigma_b = 180$ МПа;
- предел текучести – минимальное напряжение при котором начинается текучесть (пластическая деформация материала без дальнейшего увеличения нагрузки) – $\sigma_T = 320$ МПа;
- относительное удлинение – $\delta = 1$ %;
- твердость по Бринеллю НВ = 190 Н/мм².

Данные о материале сводим в таблицы 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав чугуна СЧ20 (ГОСТ 1412-85), %

Углерод С	Кремний Si	Марганец Mn	Фосфор Р не более	Сера S не более
3,5-3,7	2-2,4	0,5-0,8	0,2	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	Теплопро- водность при 20°C λ ,
$1 \cdot 10^3$	1,1	700-1100	460	$9 \cdot 10^{-6}$	59

1.2

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Экономическая часть			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Топоев									43	53
Руковод.	Желтобрюхов										
Консульт.	Желтобрюхов										
Н. Контр.	Сагалакова										
Зав. Каф.	Торопов				ХТИ – филиал СФУ						

1.3 Анализ технологичности

Деталь – картер коробки отбора мощности, представляет собой литую конструкцию коробчатого сечения со сквозным отверстием, выполненную из чугуна.

С точки зрения технологичности конструкция данной детали является достаточно сложной с наличием различных выступов. Отливка с применением стержней для выполнения сквозных посадочных отверстий.

С точки зрения обработки деталь имеет следующие недостатки

- при обработке отверстий на основной технологической базе необходимо применение сложной схемы базирования;
- обработка торца посадочного отверстия $\varnothing 52$ невозможна на проход из-за наличия выступающих элементов картера;
- отверстие под валик имеет большую длину, что увеличит увод инструмента и усложнит отвод стружки и тепла из зоны резания;
- при обработке глухих резьбовых отверстий так же ухудшается отвод стружки и тепла из зоны резания.

В остальном деталь технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов резания. Деталь имеет развитую базовую поверхность для надежного базирования картера муфты при выполнении точных операций. Обработка посадочных отверстий производится с одной установки, к ним обеспечен свободный доступ инструмента.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции детали по следующим показателям [19]

1 Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{6,5}{7,5} = 0,87 > 0,75, \quad (1.1)$$

где $m_{дет}$ - масса готовой детали,

$m_{заг}$ - масса заготовки.

Деталь технологична.

2 Коэффициент унификации

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}} = \frac{42}{68} = 0,62 > 0,5, \quad (1.2)$$

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

$K_{об}$ - общее количество поверхностей.

Деталь технологична.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

$$K_u = \frac{K_{cu}}{K_{об}} = \frac{19}{21} = 0,91 > 0,5, \quad (1.3)$$

где K_{cu} - количество стандартного инструмента,
 $K_{об}$ - общее количество инструмента.
Деталь технологична.

4 Коэффициент обрабатываемости.

$$K_{об} = \frac{N_{он}}{N_{об}} = \frac{34}{68} = 0,5 > 0,5, \quad (1.4)$$

где $N_{он}$ - количество обрабатываемых поверхностей,
 $N_{об}$ - общее количество поверхностей.
Деталь технологична.

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

1.3 Анализ технических требований

К картеру предъявляется основное техническое требование – параллельность осей посадочных отверстий, для точной установки валов. А так же соосность ступеней отверстий общей оси.

Выполнение этих требований достигается обработкой посадочных отверстий с одной установки.

Чтобы не было перекоса механизма при установке в агрегат задано требование плоскостности установочной поверхности. Это требование можно выдержать подбором соответствующих режимов резания.

Параллельность осей посадочных отверстий установочной плоскости выдерживается их обработкой с базированием по этой плоскости.

Перпендикулярность установочной плоскости и базового торца выдерживается обработкой одного с базированием по-другому.

Перпендикулярность основного посадочного отверстия и базового торца выдерживается обработкой от одной базы – основной технологической.

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

для достижения шероховатости плоскостей Rz40 достаточно однократной обработки;

для достижения шероховатости посадочных отверстий Ra2,5 и точности по 7му качеству требуется трехкратная обработка.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1.4 Обзор методов обработки детали

Картер представляет собой корпусную деталь коробчатого типа.

Плоскости детали обрабатываем на фрезерном станке. Главным движением в этом случае является вращательное движение инструмента вокруг своей оси. Движение подачи – поступательное движение заготовки. Для образования установочной плоскости и торцов применим торцевое фрезерование с продольной подачей.

Посадочные отверстия обрабатываем на горизонтально-расточном станке – деталь неподвижна, а инструменту сообщается главное вращательное движение и продольное движение подачи.

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

1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки картера

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.

Наиболее удобной поверхностью под базу, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляются плоскость основания картера, так как от нее назначены большинство конструкторских размеров, и она имеет отверстия, которые можно использовать под установочные пальцы.

На первых операциях обрабатываем основную технологическую базу. Далее, установив заготовку на плоскость основания картера и два установочных пальца, произведем обработку основных поверхностей детали.

Наша деталь сравнительно небольшая, поэтому для фрезерных операций подойдет горизонтально-фрезерный станок 6Р82 с размером стола 320x1250.

Для операции растачивания посадочного отверстия с горизонтальной осью применим горизонтально-расточной станок 2М615.

Для сверления отверстий при диаметре до 35 мм, применим радиально-сверлильный станок 2М55.

На основе эскиза детали (рисунок 1.1) составим маршрут обработки.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

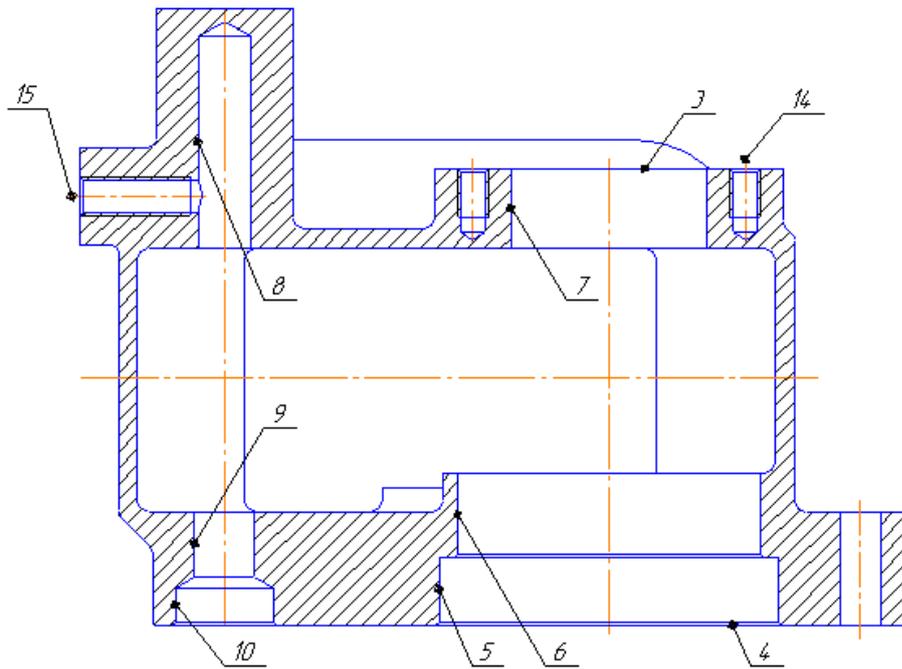
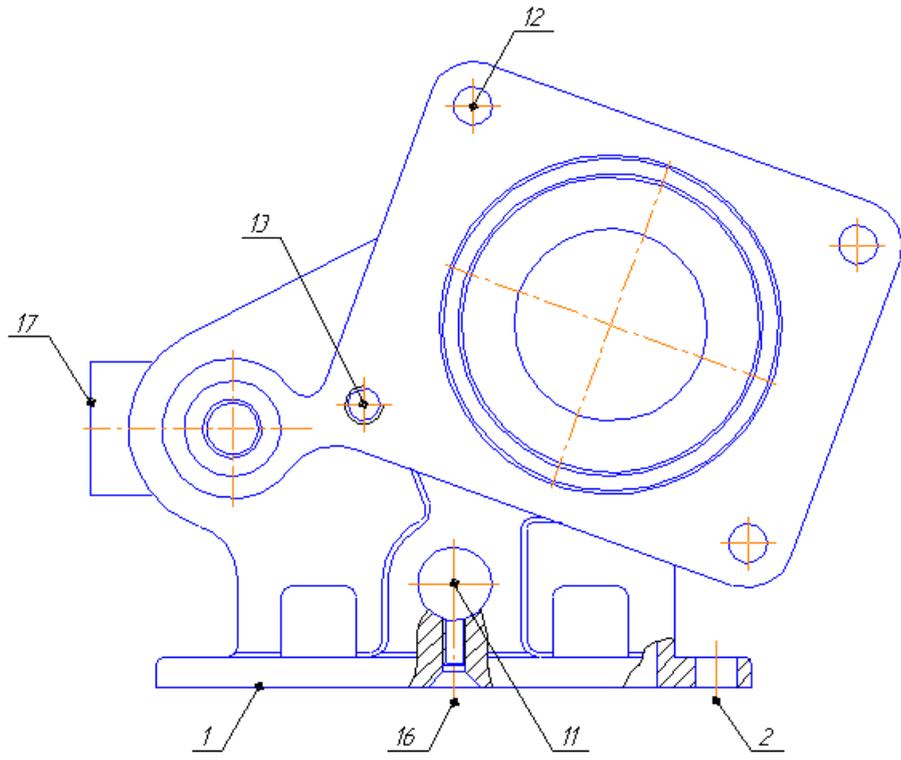


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

Лист

База – плоскость 1 и два отверстия 2.

Станок горизонтально-расточной 2М615, режущий инструмент – резец расточной по ГОСТ 18063-92, приспособление – специальное, борштанги расточные.

50 Сверлильная

А Установить заготовку.

- 1 Сверлить отверстие 8 окончательно.
- 2 Рассверлить отверстие 9 окончательно.
- 3 Зенкеровать отверстие 10 до $\varnothing 25^{+0,1}$ предварительно.
- 4 Развернуть отверстие 10 окончательно.
- 5 Развернуть фаску.
- 6 Сверлить 3 отверстия 12 окончательно.
- 7 Сверлить отверстие 13 под резьбу.
- 8 Нарезать в отверстиях 13 резьбу М10х1,5-6Н.

База – плоскость 3, отверстия 7, 11.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 886-97, сверло спиральное по ГОСТ 10902-97, зенкер по ГОСТ 12489-91, развертка по ГОСТ 1672-90, метчик по ГОСТ 3266-91; приспособление – специальное.

60 Сверлильная

А. Установить заготовку.

- 1 Сверлить 6 отверстий 14 под резьбу.
- 2 Нарезать в 6 отверстиях 14 резьбу М8х1,25-6Н.

База – плоскость 4, отверстия 6, 10.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97, развертка по ГОСТ 1672-90, метчик по ГОСТ 3266-91; приспособление – специальное.

70 Сверлильная

А. Установить заготовку в вертикальной плоскости.

- 1 Сверлить отверстие 15 под резьбу.
- 2 Нарезать в отверстии 15 резьбу М10х1,5-6Н.

База – плоскость 1 и два отверстия 2.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97, метчик по ГОСТ 3266-91; приспособление – специальное.

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

Стоимость заготовок, получаемых литьем, можно с достаточной точностью определить по формуле [6]

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

где C_i - базовая стоимость 1 тонны заготовок,

k_m, k_c, k_g, k_M, k_n - коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок,

Q - масса заготовки,

q - масса готовой детали,

$S_{отх}$ - цена одной тонны отходов.

В песчано-глинистые формы

$C_i = 64500$ руб,

$K_m = 1; K_M = 1,04; K_c = 1,2; K_g = 0,91; K_n = 1,2$

$Q = 7,5$ кг, $q = 6,5$ кг,

$S_{отх} = 2500$ руб.

$$S_{заг1} = \left(\frac{64500}{1000} \cdot 7,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 1,2 \right) - \left(\frac{7,5 - 6,5}{1000} \right) \cdot 2500 = 784,36 \text{ руб}$$

В кокиль

$K_m = 1,05; K_M = 1,04; K_c = 1,4; K_g = 0,91; K_n = 1,2;$

$Q = 7,2$ кг; $q = 6,5$ кг;

$S_{отх} = 2500$ руб.

$$S_{заг2} = \left(\frac{65400}{1000} \cdot 7,2 \cdot 1,05 \cdot 1,4 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 1,2 \right) - \left(\frac{7,2 - 6,5}{1000} \right) \cdot 2500 = 656,76 \text{ руб}$$

$S_{заг1} = 784,36$ руб, $S_{заг2} = 656,76$ руб.

При сравнении этих способов получения заготовки видно, что литьё в песчаные земляные формы экономичнее, чем литьё в кокиль.

Литейные стали имеют плохие литейные свойства: пониженную жидкотекучесть, значительную усадку (до 2,5%), что приводит к образованию усадочных раковин и пористости в отливках, поэтому для предупреждения трещин. Возникающих из-за неравномерной усадки, формы изготавливают из податливых формовочных смесей. Высокая температура заливки (1550-1650 °С) требует применения формовочных и стержневых смесей с высокой огнеупорностью. Литниковые системы для массивных отливок выполняют снизу (сифоном). Из-за низкой жидкотекучести стали площадь сечения питателей литниковой системы выполняют в 1,5-2 раза больше, чем при литье чугуна.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(1.80)^2 + (1.125)^2} = 146 \text{ мкм.}$$

Величина смещения отверстия в отливке относительно установочной поверхности представляет геометрическую сумму допусков на размеры в двух взаимно перпендикулярных плоскостях [6]

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

Допуски на размеры по второму классу точности отливки для соответствующего размера составляют по 1600 мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{1600}{2}\right)^2 + \left(\frac{1600}{2}\right)^2} = 1132 \text{ мкм}$$

$$\rho_d = \sqrt{146^2 + 1132^2} = 1140 \text{ мкм}$$

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

Погрешность установки определяется по формуле [6]

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (1.11)$$

где ε_{δ} – погрешность базирования;

ε_3 – погрешность закрепления.

При обработке рассматриваемого отверстия заготовка устанавливается на плоскость В, что лишает ее трех степеней свободы. Направляющую и упорную базу 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 [6]

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

где δ_A – допуск на отверстие, 18 мкм;

δ_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 [6]

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,046}{140} = 0,00033 \quad , \quad (1.13)$$

где l - расстояние между базовыми отверстиями под пальцы.

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 70 мм:

$$\varepsilon_{\delta} = 70 \cdot 0,00033 = 23 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления при винтовом зажиме и чистой базе

$$\varepsilon_3 = 160 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{23^2 + 160^2} = 162 \text{ мкм}$$

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

Расчетные размеры получаем вычитанием из размера по чертежу значение припуска на тонкое 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 1.3.

2 Обработка установочной плоскости картера.

Конструкторский размер $28 \pm 0,08$. Обработка ведется в один переход до шероховатости Rz40.

Припуски на обработку плоскости можно рассчитать по формуле [6]

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

Суммарное значение Rz и T также составляет 700 мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при установке по перпендикулярной [6]

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

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Длина плоскости $L = 160$ мм.

$$\rho_{кор} = 160 \text{ мкм}$$

Погрешность установки на пластинки приспособления по черной базе
 $\varepsilon_y = 600$ мкм.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.4.

На остальные поверхности припуски назначим [6] и оформим в виде таблицы 1.5.

Таблица 1.5 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический переход	Припуск на сторону, мм		Межопереходный p-p с полем допуска
номер	Размер по чертежу, мм		Расчетный	Принятый	
1 - плоскость	28±0,08	1 черновое фрезерование	1,32	2	30±0,5
3, 4 - торцы	121,4 ^{+0,2}	1 черновое фрезерование		2·1,8	125±1
5 - отверстие	∅90 ^{+0,035}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание		2·2,25 2·0,15 2·0,1	∅85 ₋₂ ∅89,5 ^{+0,22} ∅89,8 ^{+0,087}
6 - отверстие	∅80 ^{+0,03}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание	2·1,85 2·0,12 2·0,08	2·2,25 2·0,15 2·0,1	∅75 _{-1,6} ∅79,5 ^{+0,19} ∅79,8 ^{+0,074}
7 - отверстие	∅52 ^{+0,03}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание		2·2,25 2·0,15 2·0,1	∅47 _{-1,6} ∅51,5 ^{+0,19} ∅51,8 ^{+0,074}
10 - отверстие	∅26 ^{+0,045}	1 рассверливание 2 зенкерование 3 развертывание		2·1 2·4,5 2·0,5	∅14 ^{+0,12} ∅16 ^{+0,12} ∅25 ^{+0,084}
11 - отверстие	∅20 ^{+0,006 -0,04}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание		2·2,25 2·0,15 2·0,1	∅15 _{-1,0} ∅19,5 ^{+0,07 -0,14} ∅19,8 ^{+0,028 -0,056}

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 Растачивание посадочного отверстия ∅80^{+0,03}.

Обработка ведется с точностью по 7му качеству в три перехода – черновой, чистовой и тонкий.

1.1 Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.2 $t = 2,25$ мм.

Подача при черновом растачивании принимается максимально допустимой по мощности оборудования, прочности режущей пластины и т.д. Обработка ведется расточным резцом с пластиной из твердого сплава.

По таблице 12 [14] $S = 0,5$ мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле [14]

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

где значения коэффициента C_V и показателей степени берутся из таблицы 17 [14] $C_V = 243$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен [14]

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (1.17)$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [14] для чугуна с HB=190 - $K_{mv} = 1$;

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, по таблице 5[14] при обработке отливки по корке - $K_{nv} = 0,8$; без корки - $K_{nv} = 1$;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [14] для пластин из твердого сплава ВК6 - $K_{uv} = 1$;

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

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

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2,25^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 90 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле [14]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 80} = 358 \text{ об/мин}, \quad (1.18)$$

Примем – 315 об/мин.

Уточним скорость резания [14]

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 315}{1000} = 80 \text{ м/мин}, \quad (1.19)$$

Сила резания рассчитывается по формуле [14]

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.20)$$

где постоянная C_p и показатели степени возьмем из таблицы 22 [14]

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

K_p – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.21)$$

где K_{mp} – учитывает влияние качества обрабатываемого материала, для серого чугуна с HB = 190 по таблице 9 [14] $K_{mp} = 1$;

$K_{\varphi p}$ – 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 $r = 0,5$ мм - $K_{rp} = 0,93$.

$$K_p = 1 \cdot 1,08 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,15.$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,25^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 80^0 \cdot 1,15 = 1415 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле [14]

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1415 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 2 \text{ кВт}, \quad (1.22)$$

Мощность принятого нами универсального станка 4,5 кВт, станка с ЧПУ – 18,5 кВт.

1.2 Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.2 $t = 0,15$ мм.

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подача при чистовом растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По таблице 14 [14] при Ra3,2 и $r = 0,5$ мм, $S=0,25$ мм/об.

Расчеты производим по формулам (1.16–1.22).

Скорость резания (1.16)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 118 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 80} = 470 \text{ об/мин}$$

Принимаем – 400 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 400}{1000} = 100 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,15^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 1,15 = 80 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{80 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,13 \text{ кВт}$$

1.3 Тонкое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.3 $t = 0,1$ мм.

Подача при тонком растачивании по таблице 19 [14] при Ra2,5, $S=0,1$ мм/об.

Скорость резания находим по той же таблице $V = 125$ м/мин.

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 125}{3,14 \cdot 80} = 507 \text{ об/мин}$$

Принимаем – 500 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 500}{1000} = 125 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 125^0 \cdot 1,15 = 19 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.21)

$$N_e = \frac{19 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт}$$

2 Фрезерование установочной плоскости.

Обработка ведется в один переход – черновой.

Режущий инструмент – торцевая фреза $\varnothing 200$ с числом зубьев $z = 20$.

2.1 Черновое фрезерование.

Глубина резания по табл. 1.4 $t = 2$ мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 33 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава $S_z = 0,15$ мм.

Скорость резания – окружная скорость фрезы [14]

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_V, \quad (1.23)$$

Значение коэффициента C_V и показателей степени возьмем из таблицы 39 [14], $C_V = 445$; $q = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,32$.

K_V – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен $K_V = 0,8$; период стойкости $T = 180$ мин; ширина фрезерования $B = 126$ мм.

$$V = \frac{445 \cdot 200^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,15^{0,35} \cdot 126^{0,2} \cdot 20^0} \cdot 0,8 = 128 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 200} = 203 \text{ об/мин}$$

Принимаем – 200 об/мин.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 200}{1000} = 125 \text{ м/мин}$$

Сила резания при фрезеровании – окружная сила [14]

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP}, \quad (1.24)$$

Значения C_p и показателей степени примем по таблице 41 [14]

$C_p = 54,5$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $u = 1$; $q = 1$; $w = 0$; по табл. 9 $K_{MP} = 1$;

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 126^1 \cdot 20}{200^1 \cdot 200^0} = 3155 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3155 \cdot 200}{200} = 3,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

(1.25)

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{3155 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 6,5 \text{ кВт}$$

Мощность принятого нами универсального станка 7,5 кВт, станка с ЧПУ – 18,5 кВт.

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику [12] и оформим в виде таблицы 1.6.

Таблица 1.6 – Режимы резания

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, мм/мин	n, об/мин	P _z , Н	N _e , кВт
Фрезерование черновое	2	3	125	200	3155	6,5
Растачивание черновое	2,25	0,5	80	315	1415	2

Ø80						
Растачивание чистовое Ø80	0,15	0,25	100	400	80	0,13
Растачивание тонкое Ø80	0,1	0,1	125	500	19	0,05
Растачивание черновое Ø20	2,25	0,5	40	630	1415	2
Растачивание чистовое Ø20	0,15	0,25	50	800	80	0,13
Растачивание тонкое Ø20	0,1	0,1	63	1000	19	0,05
Сверление отв.Ø5	2,5	0,16	10	500	2600	0,4
Сверление отв.Ø6,25	3,125	0,2	10	500	2720	0,4
Сверление отв.Ø8,5	4,25	0,25	12,5	500	2830	0,7
Сверление отв.Ø10	5	0,32	12,5	400	2960	0,9
Сверление отв.Ø14	7	0,35	16	400	3120	1
Рассверливание отв.Ø16	1	0,5	20	400	560	0,2
Зенкерование Ø6	0,5	0,8	20	630	472	0,2
Зенкерование Ø25	4,5	1	25	315	647	0,3
Развертывание Ø10,8	0,4	1,6	20	630	356	0,12
Развертывание Ø26	0,5	2	31,5	400	432	0,22
Нарезание резьбы М6	0,5	1	3,15	200	420	0,02
Нарезание резьбы М8	0,625	1,25	5	200	460	0,04
Нарезание резьбы М10	0,75	1,5	5	160	480	0,04

1.9 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

$$T_{шт} = t_o + t_g + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд}, \quad (1.26)$$

где t_o - основное (технологическое) время, затрачиваемое на достижение цели данной технологической операции;

t_g - 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 [13]

$$T_{оп} = t_o + t_g, \quad (1.27)$$

где $t_{тех}$, $t_{орг}$ и $t_{отд}$ берут укрупнено, в процентах от оперативного 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.

Произведем нормирование третьей операции – Расточная – обработка основных посадочных отверстий.

Эта операция содержит 6 технологических переходов:

1 Растачивание черновое.

Обработка ведется на проход оправкой с тремя расточными резцами.

Основное время при растачивании [13]

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \quad (1.28)$$

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

S - подача;

n - частота вращения.

Фактическая длина обработки равна $L_o = 22$ мм.

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. $L = 32$ мм.

$S = 0,5$ мм/об; $n = 315$ об/мин (из расчетов режимов резания).

Основное время

$$t_o = \frac{32}{0,5 \cdot 315} = 0,21 \text{ мин}$$

2 растачивание чистовое.

Обработка ведется на проход.

Длина обработки та же, 32 мм.

$S = 0,25$ мм/об; $n = 400$ об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{32}{0,25 \cdot 400} = 0,32 \text{ мин}$$

3 растачивание тонкое.

Обработка ведется на проход.

Длина обработки та же, 32 мм.

$S = 0,1$ мм/об; $n = 500$ об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{32}{0,1 \cdot 500} = 0,64 \text{ мин}$$

4 растачивание черновое $\varnothing 20$.

Обработка ведется на проход оправкой с двумя расточными резцами.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Фактическая длина обработки равна $L_o = 22$ мм.

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. $L = 32$ мм.

$S = 0,5$ мм/об; $n = 630$ об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{32}{0,5 \cdot 630} = 0,11 \text{ мин}$$

5 растачивание чистовое $\varnothing 20$.

Обработка ведется на проход.

Длина обработки та же, 32 мм.

$S = 0,25$ мм/об; $n = 800$ об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{32}{0,25 \cdot 800} = 0,16 \text{ мин}$$

6 растачивание тонкое $\varnothing 20$.

Обработка ведется на проход.

Длина обработки та же, 32 мм.

$S = 0,1$ мм/об; $n = 1000$ об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{32}{0,1 \cdot 1000} = 0,32 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,21 + 0,32 + 0,64 + 0,11 + 0,16 + 0,32 = 1,76 \text{ мин.}$$

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

По справочнику [13]

1 время на установку и снятие детали со станка – 0,65 мин;

2 время на смену инструмента – 0,76 мин;

3 время на подвод-отвод инструмента – 1,58 мин;

4 время на управление станком – 1,15 мин.

Вспомогательное время на данной операции будет

$$t_g = 0,65 + 0,76 + 1,58 + 1,15 = 4,14 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{on} = 1,76 + 4,14 = 5,9 \text{ мин.}$$

Укрупненно для расточных станков [10, 13]

$$t_{mex} = 3,5\% T_{on} = 0,035 \cdot 5,9 = 0,21 \text{ мин;}$$

$$t_{opz} = 1,8\% T_{on} = 0,018 \cdot 5,9 = 0,11 \text{ мин;}$$

(1.29)

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

$$t_{отд} = 6\% T_{он} = 0,06 \cdot 5,9 = 0,35 \text{ мин.}$$

$$T_{ум} = 5,9 + 0,21 + 0,11 + 0,35 = 6,57 \text{ мин.}$$

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

$$T_{ш-к} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_{ум} \quad , \quad (1.30)$$

где подготовительно-заключительное время при работе на расточных станках $T_{н.з.} = 24$ мин;

n – количество деталей в настроечной партии – 300 шт.

$$T_{ш-к} = \frac{24}{300} + 6,57 = 0,08 + 6,57 = 6,65 \text{ мин}$$

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

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1.7 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	t _о	t _в	T _{оп}	t _{тех}	t _{орг}	t _{отд}	T _{шт}	T _{ш-к}
10 Фрезерная 1 фрезерование черновое	0,62	1,76	2,38	0,07	0,04	0,15	2,64	2,71
20 Сверлильная 1 сверление 6 отв. Ø10 2 развертывание Ø10,2 3 сверление Ø5 4 зенкерование Ø6 5 развертывание 6 нарезание М6х1-6Н	0,78 0,04 0,38 0,02 0,02 0,15	3,48	4,87	0,15	0,08	0,29	5,39	5,45
30 Фрезерная 1 фрезерование черновое 2 фрезерование черновое 3 фрезерование черновое	0,42 0,72 0,28	2,14	3,56	0,11	0,06	0,24	3,97	4,04
40 Расточная 1 растачивание черновое 2 растачивание чистовое 3 растачивание тонкое 4 растачивание черновое 5 растачивание чистовое 6 растачивание тонкое	0,21 0,32 0,64 0,11 0,16 0,32	4,14	5,9	0,21	0,11	0,36	6,57	6,65
50 Сверлильная 1 сверление Ø14 2 рассверливание Ø16 3 зенкерование Ø25 4 развертывание Ø26 5 развертывание фаски 6 сверление 3 отв. Ø10,5 7 сверление Ø8,5 8 нарезание М10х1,5-6Н	1,22 0,24 0,05 0,03 0,02 0,96 0,32 0,17	3,82	6,83	0,21	0,12	0,41	7,57	7,63
60 Сверлильная 1 сверление 6 отв. Ø6,25 2 нарезание М8х1,25-6Н	1,5 0,48	2,06	3,04	0,09	0,05	0,17	3,35	3,41
70 Сверлильная 1 сверление отв. Ø8,5 2 нарезание М10х1,5-6Н	0,32 0,17	1,72	2,21	0,07	0,04	0,13	2,45	2,51

Таблица 1.8 – 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						
1 фрезерование черновое по контуру	0,91							
2 сверление 6 отв. Ø10	0,78	0,37						
3 развертывание Ø10,2	0,04							
4 сверление Ø5	0,38							
5 зенкерование Ø6	0,02							
6 развертывание	0,02							
7 нарезание M6x1-6H	0,15	0,14						
Смена паллеты								
8 фрезерование черновое	0,38							
9 растачивание черновое	0,21							
10 растачивание чистовое	0,32							
11 растачивание тонкое	0,64							
12 растачивание черновое	0,09	0,48						
13 растачивание чистовое	0,13							
14 растачивание тонкое	0,26							
15 сверление 6 отв.Ø6,25	1,5							
16 нарезание M8x1,25-6H	0,48							
Поворот паллеты на 180°		0,14						
17 фрезерование черновое по контуру	1,02		15,68	0,54	0,28	1,12	17,62	18,27
18 растачивание черновое	0,21							
19 растачивание чистовое	0,32							
20 растачивание тонкое	0,64							
21 растачивание черновое	0,11							
22 растачивание чистовое	0,16	0,73						
23 растачивание тонкое	0,32							
24 сверление Ø14	1,22							
25 рассверливание Ø16	0,24							
26 зенкерование Ø25	0,05							
27 развертывание Ø26	0,03							
28 развертывание фаски	0,02							
29 сверление 3 отв. Ø10,5	0,96							
30 сверление Ø8,5	0,32							
31 нарезание M10x1,5-6H	0,17							
Поворот паллеты на 90°		0,14						
32 фрезерование черновое	0,28							
33 сверление отв. Ø8,5	0,31	0,17						
34 нарезание M10x1,5-6H	0,17							

1.10 Выбор оборудования

Проанализировав нормирование, примем следующее оборудование для операций 10 и 30 – один станок 6P82 с $T_{шт-к} = 6,75$ мин;
для операции 20 и 70 – один станок 2M55 с $T_{шт-к} = 7,96$ мин;
для операции 40 – один станок 2M615 с $T_{шт-к} = 6,65$ мин;
для операции 50 и 60 – один станок 2M55 с $T_{шт-к} = 11,04$ мин;

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_{\partial} \cdot 60} = \frac{11,04 \cdot 300}{4029 \cdot 60} = 0,0137 \text{года}, \quad (1.31)$$

где $T_{шт.маx}$ –наибольшая продолжительность операции, мин,
 N – годовая программа выпуска деталей, 300 шт,
 F_{∂} – годовой фонд времени работы оборудования, 4029 ч.

При обработке на станках с ЧПУ примем 1 станок

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_{\partial} \cdot 60} = \frac{18,27 \cdot 300}{4029 \cdot 60} = 0,0227 \text{года}.$$

Так как оборудование, оснащенное ЧПУ, сложнее универсального, приведем его некоторые характеристики (таблица 1.9) [15].

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1.9 – Характеристики станка с ЧПУ

Характеристики	Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-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



Рисунок 1.2 – Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-H400

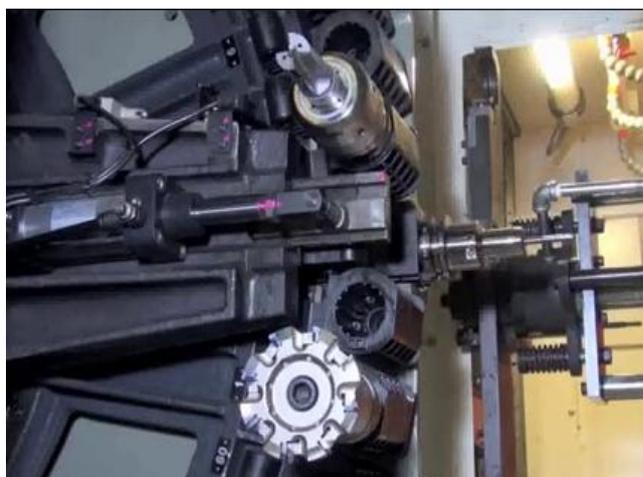


Рисунок 1.3 – Дисковый инструментальный магазин

Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-H400 (рисунок 1.2) самый компактный из горизонтальных центров Victor. Дисковый 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).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

Лист



Рисунок 1.4 – Основные элементы станка

Vcentr-H400 оснащен высокоскоростной системой автоматической смены паллет с точностью позиционирования $0,001^\circ$, что значительно сокращает вспомогательное время.

Система ЧПУ Fanuc 21i-MB и монитор LCD 10,4" с 2D графической визуализацией обеспечивает качественное и удобное программирование.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

Лист

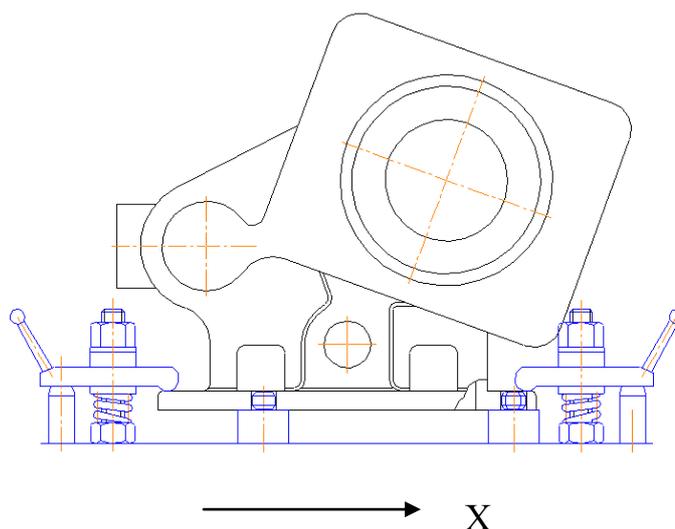


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

По схеме приспособления (рисунок 2.1), составим уравнение равновесия сил на ось X – сдвигу заготовки в продольном направлении, под действием силы резания, препятствуют силы трения от четырех прихватов.

$$\sum F_X = P_Z - F_{mp} \cdot 4 = 0, \quad (2.1)$$

где P_Z – тангенциальная составляющая силы резания, из расчета режимов резания 1415 Н – при черновом растачивании, так как это более нагруженная схема (таблица 1.5);

F_{mp} – сила трения прихвата о заготовку, Н;

$$F_{mp} = Q \cdot k_{mp}, \quad (2.2)$$

где $k_{mp} = 0,16$ – коэффициент трения сталь по чугуну;

Q – сила действия прихвата на заготовку.

$$1415 = 4 \cdot Q \cdot 0,16; Q = 2211 \text{ Н.}$$

2.1.3 Расчет силы привода

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

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

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

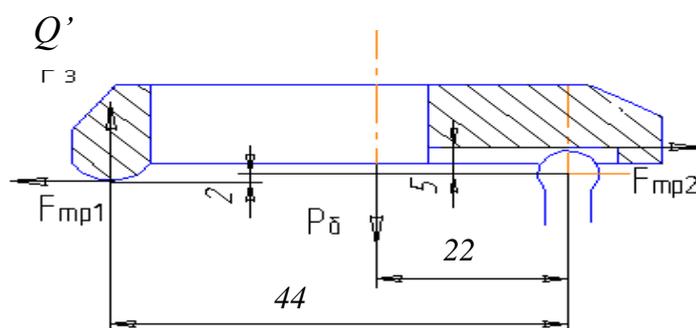


Рисунок 2.2 – Схема равновесия сил

$$Q' \cdot L_1 + F_{mp1} \cdot L_2 - P_{\delta} \cdot L_3 - F_{mp2} \cdot L_4 = 0, \quad (2.3)$$

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

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

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

Произведем следующие преобразования

$$Q' \cdot (L_1 + k_{mp} \cdot L_2) = P_{\delta} \cdot (L_3 + k_{mp} \cdot L_4), \quad (2.4)$$

$$P_{\delta} = Q' \cdot \frac{L_1 + k_{mp} \cdot L_2}{L_3 + k_{mp} \cdot L_4}, \quad (2.5)$$

где $L_1 = 44$ мм; $L_2 = 7$ мм; $L_3 = 22$ мм; $L_4 = 5$ мм; $f = 0,16$.

$$P_{\delta} = P_3 \cdot \frac{44 + 0,16 \cdot 7}{22 - 0,16 \cdot 5} = 4705 H$$

2.1.4 Расчет силового привода

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

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем резьбу, которая должна развивать силу не менее 4,7 кН.

Номинальный диаметр болта можно рассчитать по формуле [10]

$$d = C\sqrt{P_{\sigma} / \sigma} = 1,4\sqrt{4705 / 100} = 9,6\text{мм} \quad (2.6)$$

где $C = 1,4$ – коэффициент для основной метрической резьбы;

P_{σ} – сила болта, необходимая для закрепления заготовки, Н;

σ – напряжение растяжения для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы 100 МПа.

Примем шпильку М10.

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

$$M = r_{cp} \cdot P_{\sigma} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + M_{тр} \quad (2.7)$$

где $r_{cp} = 0,45d$ – средний радиус резьбы;

α – угол подъема резьбы (для М10 $\alpha = 2^{\circ}30'$);

$\rho = 9^{\circ}30'$ – угол трения в резьбе;

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

$$M_{тр} = \frac{1}{3} f \cdot P_{\sigma} \frac{D_n^3 - d_g^3}{D_n^2 - d_g^2} \quad (2.8)$$

$$D_n = 1,7d; d_g = d; f = 0,16.$$

После всех преобразований формула для момента примет вид

$$M = 0,2d \cdot P_{\sigma} = 0,2 \cdot 10 \cdot 4705 = 9,5 \text{ Нм.}$$

При откреплении приходится преодолеть трение покоя, и поэтому значения ρ и f нужно брать на 30-50 % больше, чем при закреплении. После преобразований получим формулу для определения момента открепления

$$M' = 0,25d \cdot P_{\sigma} = 0,25 \cdot 10 \cdot 4705 = 12 \text{ Нм.}$$

2.1.5 Расчет приспособления на точность

К точности расположения друг относительно друга обрабатываемых отверстий и расположения относительно базовой плоскости предъявлен допуск параллельности.

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.05.-2023 ПЗ					

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

Экономическая точность $W = 50$ мкм.

$$E_{np} = 80 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 23)^2 + 1^2 + (0,7 \cdot 50)^2]^{0,5} = 80 - 45 = 35 \text{ мкм.}$$

Отсюда видно, что допуск параллельности перекрывает все возникающие погрешности и назначенную точность можно получить в условиях серийного производства, поэтому спроектированное приспособление остается без изменений.

2.2 Проектирование контрольного приспособления

Контроль точности линейных размеров в основном производится стандартным мерительным инструментом – штангенциркулем и штангенрейсмасом ГОСТ 166-89. Контроль посадочных отверстий производят нутромером ГОСТ 868-82.

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

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

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

2.2.1 Техническое задание

Для точной установки вала коробки и валика переключения друг относительно друга, к картеру предъявлено требование параллельности осей этих отверстий не более 0,08 мм.

Это требование выдерживается обработкой указанных отверстий с одной установки на одной операции 40 Расточная.

Для контроля указанного параметра спроектируем специальное приспособление.

Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

2.2.2 Описание конструкции приспособления

Для контроля параллельности оси отверстий необходимо материализовать. Для этого в деталь устанавливаем по посадочным отверстиям две оправки 1 и 3 типа вал, упирающиеся в торцы картера приливами. Контроль производим индикаторной головкой часового типа 6, установленной на вставке 4 в верхней оправке 3, наконечник которой соприкасается с нижней оправкой 1.

Слегка покачивая индикатор, находим наименьшее расстояние между оправками и выводим индикатор на ноль. Показания снимаем при перемещении вставки 4 с индикатором 6 вдоль оси отверстий.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

Чтобы оправки небыли слишком длинными, перемещение производим только на 40 мм. Так как ширина корпуса 120 мм, полученные показания необходимо домножить на 3. Чтобы перемещение произошло именно на 40 мм, на свободном конце выдвижной вставки 4 предусмотрена ограничительная шайба.

Для облегчения вставка 4 полая.

2.2.3 Расчет приспособления на точность

Погрешность измерения – это 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 80 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 20 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [4]

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

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

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

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

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

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

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

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

3 Экономическая часть

3.1 Выбор 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
Горизонтально-фрезерный 6P82	1	7,5	22	2,3x1,95	1367000	1367000
Радиально-сверлильный 2M55	2	5,5	21	2,7x1,0	1524000	3048000
Горизонтально-расточной 2M615	1	4,5	24	4,3x2,6	3072000	3072000
Итого	4	23	88	21,07		7487000

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

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R _м	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтальный фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vcentr-H400	1	18,5	41	2,6x5,3	5267000	5267000
Итого	1	18,5	41	13,78		5267000

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Топоев				Экономическая часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Желтобрюхов						43	53
Консульт.	Желтобрюхов							
Н. Контр.	Сагалакова							
Зав. Каф.	Торопов					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 и т.д.

Для обработки картера нам потребуется 4 универсальных станка с общей площадью $18,4 \text{ м}^2$.

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

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок площадью $13,78 \text{ м}^2$.

$$S_{ЧПУ} = 13,78 \cdot 2,5 = 34,45 \text{ м}^2$$

3.3 Организация транспортной системы

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

Детали, обрабатываемые на участке, относятся к мелким металлическим твердым деталям с плоской базой, транспортируемым поштучно. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять обычные тележки. Установку детали на станок будет осуществлять рабочий вручную [5].

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

3.4 Организация технического контроля

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

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

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

3.5 Организация 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 ремонтного и технического обслуживания

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

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

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

Структура ремонтного цикла имеет вид [5]

К-О-О-Т-О-О-Т-О-О-С- О-О-Т-О-О-Т-О-О-К

где К - капитальный ремонт; Т - текущий ремонт;

С – средний ремонт; О - осмотр.

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-15.03.05.-2023 ПЗ					

3.7 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 – 656,76 руб.

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

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

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

где i — порядковый номер операции;

m — число рассматриваемых операций;

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

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

Заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

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

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

k_p — коэффициент разряда,

$k_c, k_{np}, k_n, k_d, k_{соц}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно, районную и северную надбавку к заработной плате (1,3), приработок рабочего (1), доплату по премиальной системе (1,4), дополнительную заработную плату (1,095), отчисления на социальные нужды (1,3); $T_{шт}^{di}$ — штучное время на операции, ч/ед.

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании 32,4 мин или 0,54 ч; на станках с ЧПУ – 18,27 мин или 0,3045 ч.

$$З_{ун} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,54 = 88,37 \text{ руб/дет}$$

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 0,0761 ч. Доплата за многостаночное

обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{\text{ЧПУ}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,0761 \cdot 1,15 = 17,91 \text{ руб/дет}$$

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

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

где T_N – время обработки программы, год,

N – годовая программа выпуска, 300 шт.

Таблица 3.3 – Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац отчисл,руб.	Амортизац отчисл. на деталь,руб
1 Здание	52,68м ²	75000	3951000	3	118530	5,41
2Оборудование	4 шт		7487000	12	898400	41,03
3 Транспорт			224610	8	17969	0,82
4 Инструмент			74870	15	11231	0,52
5 Инвентарь			57190	15	8579	0,39
Итого			11794670		1054709	48,17

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	34,45м ²	75000	2583750	3	77513	5,87
2Оборудование	1 шт		5267000	12	632040	47,83
3 Транспорт			52670	8	4214	0,32
4 Инструмент			52670	15	7901	0,6
5 Инвентарь			39254	15	5888	0,45
Итого			7995344		727556	55,06

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_g \cdot k_{od} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{шт.мах} \cdot Ц_{\mathcal{E}}, \quad (3.5)$$

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N, k_g, k_{od} – 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);

$Ц_{\mathcal{E}}$ – тариф на электроэнергию (3,64 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{ун} = (23 \cdot 0,84 \cdot 0,62 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,54 \cdot 3,64 = 24,96 \text{ руб/дет}$$

$$\mathcal{E}_{ЧПУ} = (18,5 \cdot 0,52 \cdot 0,97 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,3045 \cdot 3,64 = 10,96 \text{ руб/дет}$$

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 – на фрезерном – 0,1125 ч, на сверлильном – 0,3167 ч, на расточном – 0,1108 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,1008 ч.

$$P_{ун} = \frac{12500 \cdot (22 \cdot 0,0968 + 42 \cdot 0,064 + 24 \cdot 0,0605)}{24174} = 3,24 \text{ руб/дет}$$

$$P_{ЧПУ} = \frac{12500 \cdot 41 \cdot 0,3045}{24174} = 6,46 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{ун} = 88,37 + 48,17 + 24,96 + 3,24 = 164,74 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = 17,91 + 55,06 + 10,96 + 6,46 = 90,39 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{ун} = S_{заг} + C_{ун} = 656,76 + 164,74 = 821,5 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = S_{заг} + C_{ЧПУ} = 656,76 + 90,39 = 747,15 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 45 %. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_z = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (821,5 - 747,15) \cdot 300 = 22305 \text{ руб.} \quad (3.7)$$

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 и по пункту 1.6 составляет 656,76 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 двухсменный.

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

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{88,37 \cdot 300}{4 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,0137} = 20158 \text{руб} , \quad (3.8)$$

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

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{15,57 \cdot 300}{0,25 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,0227} = 34304 \text{руб} , \quad (3.9)$$

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе был спроектирован технологический процесс изготовления картера коробки отбора мощности вышки ВС-18 весом 6,5 кг.

В технологической части были проведены расчеты припусков на обработку, режимов резания и норм времени на все операции базового технологического процесса и спроектированного.

Для сокращения времени на обработку было применено высокопроизводительное оборудование с ЧПУ, быстродействующая технологическая оснастка, рационально использовался стандартный режущий инструмент.

Для обработки с одной установки посадочного отверстия под вал и отверстия под валик переключения на горизонтально-расточном станке 2М215, нами было спроектировано специальное зажимное приспособление с винтовым зажимом.

Для контроля параллельности осей обработанных на расточной операции отверстий, нами было спроектировано специальное контрольное приспособление с подвижной вставкой и индикаторной головкой.

Экономический расчет позволил судить об эффективности внедрения в производство разработанного технологического процесса, что подтверждается технико-экономическими показателями.

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Топоев</i>			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Желтобрюхов</i>					50	53
<i>Консульт.</i>		<i>Желтобрюхов</i>				ХТИ – филиал СФУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сагалакова</i>						
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Торопов</i>						

CONCLUSION

The Bachelor's Thesis under consideration deals with the technological process of manufacturing the crankcase of BC-18 power take-off tower weighing 6.5 kg.

The engineering part of the project shows calculations of processing allowances, cutting modes and time standards for all operations of the basic technological process and the designed one.

To reduce the processing time, high-performance CNC equipment, high-speed technological equipment have been implemented; a standard cutting tool has been rationally used.

For processing the mounting hole for the shaft and the hole for the switching roller on the horizontal boring machine 2M215, we have designed a special clamping device with a screw clamp.

To control the parallelism of the axes of the holes processed during the boring operation, we designed a special control device with a movable insert and an indicator head.

The calculations provided have shown the effectiveness of the introduction of the developed technological process into production; it is verified by technical and economic indicators.

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656 с.
- 2 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
- 3 Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 518 с.
- 4 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2013. – 315 с.
- 5 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
- 6 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Высшэйшая школа, 2007. – 255 с.
- 7 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 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 Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2003. – 1026 с.
- 10 Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
- 11 Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010. – 511 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 2011. – 98 с.
- 13 Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 2010. – 186 с.
- 14 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.
- 15 Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2009-2016. Режим доступа: [http:// www.abamet.ru](http://www.abamet.ru) Горизонтальные обрабатывающие центр.

					БР-15.03.05.-2023 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Топоев</i>				Список ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Желтобрюхов</i>						52	53
<i>Консульт.</i>	<i>Желтобрюхов</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Сагалакова</i>							
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Торопов</i>					ХТИ – филиал СФУ		

ПРИЛОЖЕНИЯ

БР-15.03.05.-2023 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Гопоев			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Желтобрюхов				53	53
Консульт.		Желтобрюхов			ПРИЛОЖЕНИЯ ХТИ – филиал СФУ		
Н. Контр.		Сагалакова					
Зав. Каф.		Торопов					

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

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

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.С. Торопов

подпись инициалы, фамилия

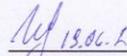
« 20 » 06 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

Разработка технологического процесса механической обработки картера
коробки отбора мощности вышки ВС-18

Руководитель


подпись, дата

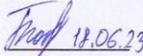
к.т.н., доцент

должность, ученая степень

Е.М. Желтоbruchов

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Топоев М.А.

инициалы, фамилия

Абакан, 2023

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка технологического процесса механической обработки картера коробки отбора мощности вышки ВС-18

Консультанты по
разделам:

Технологическая часть
наименование раздела

 12.06.23
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Конструкторская часть
наименование раздела

 13.06.23
подпись, дата

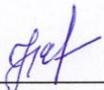
Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть
наименование раздела

 13.06.23
подпись, дата

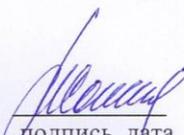
Е.М. Желтобрюхов
инициалы, фамилия

Заключение на английском языке
наименование раздела


подпись, дата

Н.В. Чезыбаева
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

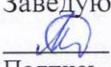

подпись, дата

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
Подпись, инициалы, фамилия
« 14 » 04 2023 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Топоеву Максиму Александровичу

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 картера коробки отбора мощности
вышки ВС-18

Утверждена приказом по университету № 219 от 14.04.2023 г.

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 корпус нижнего
редуктора вращения с заводским номером МЛ-78.10.00.001;

2. годовая программа N = 300 шт

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 фрезерное - 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



М.А. Топоев
подпись, инициалы и фамилия студента

ИТ-15.03.05-2023/173

Содержание