

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  
\_\_\_\_\_ А.С. Горопов  
подпись инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса  
промежуточного механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573

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

Выпускник \_\_\_\_\_ Москвин Д.С.  
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2023

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка технологического процесса механической корпуса промежуточного механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573

Консультанты по  
разделам:

<u>Технологическая часть</u> наименование раздела	_____	<u>Е.М. Желтобрюхов</u> инициалы, фамилия
--	-------	--

<u>Конструкторская часть</u> наименование раздела	_____	<u>Е.М. Желтобрюхов</u> инициалы, фамилия
--	-------	--

<u>Организационно-экономическая часть</u> наименование раздела	_____	<u>Е.М. Желтобрюхов</u> инициалы, фамилия
---	-------	--

<u>Заключение на английском языке</u> наименование раздела	_____	<u>Н.В. Чезыбаева</u> инициалы, фамилия
---	-------	--

<u>Нормоконтролер</u>	_____	<u>М.Ю. Сагалакова</u> 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. Горопов  
подпись    инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

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

Студенту Москвину Данилу Сергеевичу

фамилия, имя, отчество

Группа 29-1 Направление 15.03.05

номер

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка технологического процесса механической корпуса промежуточного механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573

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;

2. годовая программа N = 150 шт

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

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

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_  
подпись

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы и фамилия

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

Москвин Д.С.  
инициалы и фамилия

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Технологическая часть .....	7
1.1 Анализ служебного назначения .....	7
1.2 Анализ технологичности .....	8
1.3 Анализ технических требований .....	9
1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута обработки .....	10
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки .....	13
1.7 Расчет и назначение припусков .....	14
1.8 Расчет режимов резания .....	18
1.9 Расчет норм времени.....	23
1.10 Выбор оборудования.....	26
2 Конструкторская часть .....	30
2.1 Проектирование сверлильного приспособления.....	30
2.1.1 Техническое задание на проектирование сверлильного приспособления .....	30
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления.....	30
2.1.3 Расчет силового привода.....	31
2.1.4 Расчет приспособления на точность .....	32
2.2 Проектирование контрольного приспособления .....	34
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления.....	34
2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля перпендикулярности .....	34
2.2.3 Расчет приспособления на точность .....	35
3 Экономическая часть .....	37
3.1 Выбор необходимого оборудования участка .....	37
3.2 Определение занимаемой площади .....	38
3.3 Организация транспортной системы.....	38
3.4 Организация технического контроля .....	39
3.5 организация системы инструментообеспечения.....	39
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания.....	39
3.7 Расчет себестоимости детали .....	40
3.8 Технико-экономические показатели .....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	48

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Содержание								
Разраб.		Москвин								Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Желтобрюхов										5	49
Консульт.		Желтобрюхов								ХТИ – филиал СФУ			
Н. Контр.		Сагалакова											
Зав. Каф.		Торопов											

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективность производства, его технический прогресс во многом зависит от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемирного внедрения методов технико-экономического анализа.

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

- применением средств комплексной механизации и автоматизации проектирования, технологической подготовки производства и изготовления изделий;

- применением высокопроизводительного оборудования, работающего на оптимальных режимах и специальной быстродействующей оснастки, обеспечивающей его работу;

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

- применением ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих защиту жизнедеятельности человека и окружающей среды.

Программное управление позволяет: автоматизировать процесс обработки; сократить время наладки станка, сведя всю наладку к установке инструмента, заготовки и программы на станке; организовать многостаночное обслуживание в серийном и мелкосерийном производстве; повысить производительность труда, культуру производства и качество обработанных деталей.

Основной задачей рациональной эксплуатации металлорежущих станков с ЧПУ является обеспечение длительной и безотказной обработки на них деталей с заданной производительностью, точностью и шероховатость. 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 изготовления корпуса промежуточного механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573 с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Москвин			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Желтобрюхов					6	49
Консульт.		Желтобрюхов						
Н. Контр.		Сагалакова						
Зав. Каф.		Торопов						
						ХТИ – филиал СФУ		

# 1 Технологическая часть

## 1.1 Анализ служебного назначения

Деталь - корпус промежуточный механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573.

Деталь корпусная, поэтому она служит в механизме элементом, в котором устанавливаются рабочие органы, а их положение относительно друг друга и корпуса влияет на работоспособность, надежность и долговечность. Корпус также предназначен для защиты механизма от попадания в него грязи, пыли и других посторонних предметов.

Материалом детали является серый чугун СЧ20 ГОСТ 1412-85. Чугуны этой марки имеют среднюю прочность и хорошую обрабатываемость. Из него изготавливают в основном корпусные детали сложной конфигурации при недопустимости большого коробления.

Данные о материале сводим в таблицы (1.1, 1.2) [11].

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

### Механические свойства СЧ 20

- 1 Временное сопротивление при растяжении не менее  $\sigma_B = 120$  МПа;
- 2 Временное сопротивление при изгибе не менее  $\sigma_{и} = 397$  МПа;
- 3 Временное сопротивление при сжатии не менее  $\sigma_{сж} = 500$  МПа;
- 4 Относительное удлинение  $\delta = 1$  %
- 5 Твердость НВ 190.

Таблица 1.2 – Физические свойства СЧ2

Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Литейная усадка $\epsilon$ , %	Модуль упругости при растяжении $E \cdot 10^{-2}$ , МПа	Удельная теплоемкость при t от 20 до 200°С, Дж	Коэффициент литейного расширения $\alpha$ , 1/°С	Теплопро- водность при 20°С $\lambda$ ,
7,2	1,0	700-1100	460	$\cdot 10^{-6}$	59

Считаю, что применение серого чугуна СЧ20 для изготовления корпуса вполне обосновано.

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Москвин				Технологическая часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Желтобрюхов						7	49
Консульт.	Желтобрюхов							
Н. Контр.	Сагалакова							
Зав. Каф.	Торопов							
						ХТИ – филиал СФУ		

## 1.2 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция данной детали является достаточно простой, что облегчает изготовление отливки с применением стержня для получения посадочного отверстия.

С точки зрения обработки нетехнологичным является цекование отверстий  $\varnothing 17$  до  $\varnothing 40$  и  $\varnothing 13$  до  $\varnothing 25$  из-за большого вылета инструмента или применения обратных цековок, что значительно увеличивает штучное время обработки.

Фрезерование площадки нетехнологично из-за невозможности обработки на проход и значительного вылета инструмента, что снижает жесткость.

Также нетехнологична обработка отверстия  $\varnothing 16$  и длиной  $l=84$  мм из-за большого соотношения длины к диаметру и, как следствие, ухудшения условий резания.

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

Все остальные поверхности не составляют затруднений при обработке.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции детали по следующим показателям [6]

### 1 Коэффициент использования материала

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

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

$m_{\text{заг}}$  - масса заготовки.

$$K_M = 23/27,3 = 0,84$$

Деталь технологична.

### 2 Коэффициент унификации

$$K_y = \frac{K_{\text{одн}}}{K_{\text{об}}} > 0,5, (1.2)$$

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

$K_{\text{об}}$  - общее количество поверхностей.

$$K_y = 49/68 = 0,72$$

Деталь нетехнологична.

### 3. Коэффициент использования стандартного инструмента.

$$K_{\text{и}} = \frac{K_{\text{си}}}{K_{\text{об}}} > 0,5, (1.3)$$

где  $K_{\text{си}}$  - количество стандартного инструмента,

$K_{\text{об}}$  - общее количество инструмента.

$$K_{\text{и}} = 14/16 = 0,88$$

Деталь технологична.

4 Коэффициент обрабатываемости.

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

где  $N_{оп}$  - количество обрабатываемых поверхностей,

$N_{об}$  - общее количество поверхностей.

$$K_{об} = 54/68 = 0,79$$

Деталь нетехнологична.

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

### 1.3 Анализ технических требований

К корпусу предъявляются следующие технические требования:

- перпендикулярность посадочного отверстия к нижней плоскости. Выполнение этого технического требования достигается обработкой отверстия с базированием по нижней плоскости на специальное приспособление.
- параллельность торца посадочного отверстия нижней плоскости – выполняется обработкой торца с базированием по нижней плоскости.

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

Для поверхностей с шероховатостью не чище Ra6,3 достаточно однократной обработки. Поверхности с шероховатостью Ra3,2 обрабатываем дважды. Посадочные отверстия с шероховатостью Ra2,5 обрабатываем начерно и начисто.

Также в технических требованиях оговорено допустимое количество и размеры на обрабатываемых и необработанных поверхностях, оговорено покрытие наружной поверхности нитроэмалью НЦ-5123 ГОСТ 7462-93.

### 1.4 Обзор методов обработки детали

Корпус представляет собой комбинированную деталь – тело вращения и плита. Наиболее распространённый способ обработки плоскостей – это фрезерование. Технологический метод формообразования поверхностей фрезерованием, характеризуется главным вращательным движением инструмента и поступательным движением подачи. Особенность процесса фрезерования – прерывистость резания каждым зубом фрезы. Горизонтальные плоскости фрезеруют на вертикально-фрезерных – торцевыми фрезами. Торцевое фрезерование более плавной работы, так как

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	КП-15.03.05.-2023 ПЗ				

число одновременно работающих зубьев торцевой фрезы больше, чем у цилиндрической. К нижней плоскости корпуса предъявлено достаточно высокое требование шероховатости, поэтому применение торцевого фрезерования для ее обработки обосновано.

Посадочное отверстие 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 ос (движение подачи). Прогресс 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 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.

Наиболее удобной поверхностью под базу, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляется нижняя плоскость, так как от нее проставлены основные конструкторские размеры и назначены технические требования. Также на ней имеются отверстия, которые можно использовать под установочные пальцы.

Для фрезерования плоскостей примем вертикально-фрезерный станок модели 6Р13, для расточной операции – горизонтально-расточной станок модели 2М615, а для сверления при диаметре сверления до 25 мм – радиально-сверлильный модели 2М55.

Почти весь инструмент стандартный за исключением обратных цекочков. Для растачивания примем токарный расточной резец с углом в плане  $\varphi = 60^\circ$  пластинами из твердого сплава по ГОСТ 18882-93. Для фрезерования – фрезу торцевую с пластинами из твердого сплава по ГОСТ 9473-90. Для обработки отверстий примем сверло спиральное по ГОСТ 4010-97, для длинного отверстия примем – спиральное по ГОСТ 886-97. Для нарезания резьб – метчик с проходным хвостиком для метрической резьбы по ГОСТ 1672-90.

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

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10



### 15 Расточная

А. Установить заготовку по плоскость 1 и двум отверстиям 3 в вертикальной плоскости.

1 Расточить отверстие 6 окончательно.

2 Расточить отверстие 7 предварительно.

3 Расточить отверстие 7 окончательно.

4 Расточить фаску.

Б. Повернуть стол на 180°.

5 Расточить отверстие 5 предварительно.

6 Расточить отверстие 5 окончательно.

7 Расточить фаску.

Станок горизонтально-расточной 2М615, приспособление – специальное; режущий инструмент – резец расточной ГОСТ 18882-93 ВК6.

### 20 Сверлильная

А. Установить заготовку по плоскость 1 и двум отверстиям 3.

1 Сверлить 4 отверстия 8 под резьбу.

2 Нарезать в 4-х отверстиях 8 под резьбу М12-7Н.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – специальное и плита кондукторная; режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97 Ø11; метчик М12 ГОСТ 32266-91.

### 25 Сверлильная

А. Установить заготовку по плоскость 1 и двум отверстиям 3 в вертикальной плоскости.

1 Сверлить отверстие 9.

2 Рассверлить отверстие 9 на глубину 40.

3 Нарезать в отверстии 9 резьбу М14-7Н.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – специальное; режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97 Ø13, 16; метчик М14 ГОСТ 3266-91.

В настоящее время более 70% изделий в машиностроении изготавливают в условиях мелкосерийного и серийного производства. Эффективным средством автоматизации мелкосерийного и серийного производств 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.

По заданной программе можно управлять: регулированием направления и скорости перемещения исполнительных органов станка, циклом работы станка, сменой инструмента и т.д.

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	КП-15.03.05.-2023 ПЗ					

## Маршрут обработки корпуса с применением станка с ЧПУ

### 05 Токарно-фрезерная

А. Установить заготовку в шпиндель по отверстию 7 с упором в плоскость 1.

1 Точить торец 4 окончательно.

2 Расточить отверстие 5 предварительно.

3 расточить отверстие 5 окончательно.

4 Расточить фаску.

5 Сверлить 4 отверстия 8 под резьбу.

6 Нарезать в 4-х отверстиях 8 резьбу М12-7Н.

7 Фрезеровать площадку окончательно.

Б. Переустановка заготовки в протившпиндель по отверстию 5 с упором в торец 4.

8 Фрезеровать плоскость 1 предварительно.

9 Фрезеровать плоскость 1 окончательно.

10 Расточить отверстие 6 окончательно.

11 Расточить отверстие 7 предварительно.

12 Расточить отверстие 7 окончательно.

13 Расточить фаску.

14 Сверлить 10 отверстий 3 окончательно.

15 Сверлить 2 отверстия 2 окончательно.

16 Сверлить 2 отверстия 2 окончательно.

17 Нарезать в 2-х отверстиях резьбу М20-7Н.

18 Цековать 10 отверстий 3 окончательно.

19 Цековать 2 отверстия 2 отверстия 2 окончательно.

20 Сверлить отверстие 9.

21 Рассверлить отверстие 9 на глубину 40.

22 Нарезать в отверстии 9 резьбу М14-7Н.

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200; планшайба гидравлическая специальная с противовесом; инструмент – резец подрезной ГОСТ 18880-93 ВК6, резец расточной ГОСТ 18882-93 ВК6, сверло спиральное ГОСТ 10902-97 Ø11, 13, 17, 19, метчик М12, М14, М20 ГОСТ 3266-91, цековка насадная Ø25, 40, фреза торцевая ГОСТ 9473-90 Ø200, ВК6.

### 1.6 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.

Различные способы литья отличаются характером технологической оснастки литейного цеха, механизацией процесса сборки и изготовления форм. Отливки в серийном производстве чаще всего получают в земляных

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	КП-15.03.05.-2023 ПЗ					

формах второго и третьего класса точности. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов (таблица 1.3).

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

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

где  $C_i$  - базовая стоимость 1 тонны заготовок,

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{\Pi}$  - коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок,

$Q$  - масса заготовки.

$q$  - масса готовой детали,

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

Наша заготовка II группы сложности, массой 27,3 кг и серого чугуна, 3ей группы серийности.

Таблица 1.3 – Выбор заготовки

Класс точности	$C_i$	$k_T$	$k_C$	$k_B$	$k_M$	$k_{\Pi}$	$Q$	$q$	$S_{\text{отх}}$
Второй	63600	1	1	0,85	1,06	1	27,3	23	2500
Третий	63600	1	1,02	0,85	1,06	1	28,4	23	2500

$$S_{\text{заг1}} = 1553,64 \text{руб.}$$

$$S_{\text{заг2}} = 1646,47 \text{руб.}$$

Расчет показал, что для нашего случая более приемлемо литье в обычные земляные формы. Формовочная смесь при этом состоит из кварцевого песка, глины и специальных добавок.

Литейная форма изготавливается путем уплотнения формовочной смеси по модели при помощи формовочной машины. Металл из печи выпускают в ковши, а затем разливают по формам до тех пор, пока металл не заполнит выпоры и прибыли. После полного затвердевания и достаточного охлаждения отливки выбивают из форм и из них выбивают стержни. Затем отливки необходимо освободить от литников, выпоров и прибылей и удалить с поверхности отливки пригоревшую формовочную смесь.

Годовой экономический эффект при этом составит

$$Э_{\Gamma} = (S_{\text{заг2}} - S_{\text{заг1}}) \cdot N = (1646,47 - 1553,64) \cdot 150 = 13924,5 \text{руб.} \quad (1.6)$$

### 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

Рассчитаем припуски на наиболее ответственные поверхности.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

## 1 Обработка посадочного отверстия $\varnothing 172^{+0,1}$ .

Данное отверстие растачивается до шероховатости  $Ra = 2,5$  мкм с выдерживанием точности размера по девятому качеству. Для достижения такой точности необходимо выполнить черновую и чистовую обработку.

При обработке внутренних цилиндрических поверхностей формула для расчета минимального припуска имеет вид [6]

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

где  $Rz$  – шероховатость, мкм;

$T$  – глубина дефектного слоя, мкм;

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

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

Суммарное значение  $Rz$  и  $T$ , характеризующее качество поверхности литой заготовки второго класса точности, составляет 700 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 смещения обрабатываемой поверхности относительно базовой [6]

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

Коробление учитывается как в радиальном, так и в осевом сечении [6]

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

Удельная кривизна для литых заготовок  $\Delta_k = 1$  мкм. Диаметр отверстия  $d = 172$  мм, длина  $l = 286$  мм.

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(1 \cdot 172)^2 + (1 \cdot 286)^2} = 334 \text{ мкм.}$$

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

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

Допуски на размеры по второму классу точности отливки для соответствующего размера составляют по 2000 мкм.

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{2000}{2}\right)^2 + \left(\frac{2000}{2}\right)^2} = 1414 \text{ мкм}$$

$$\rho_d = \sqrt{334^2 + 1414^2} = 1453 \text{ мкм}$$

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

Погрешность установки определяется по формуле [6]

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (1.11)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления.

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  $\delta_A$  – допуск на отверстие, 18 мкм;

$\delta_B$  – 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]

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,046}{376} = 0,00013, \quad (1.13)$$

где  $l$  – расстояние между базовыми отверстиями под пальцы.

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца 230 мм

$$\varepsilon_6 = 230 \cdot 0,00013 = 30 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления при установке по чистой базе в зажимном приспособлении с механическим зажимом  $\varepsilon_3 = 160$  мкм.

$$\varepsilon_1 = \sqrt{30^2 + 160^2} = 163 \text{ мкм}$$

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.3.

2 Установочная плоскость.

Конструкторский размер  $286_{-0,68}$ .

Данная поверхность фрезеруется до шероховатости  $Ra = 3,2$  мкм.

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		16

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой.  
Припуски на последовательную обработку плоскости можно рассчитать по формуле [6]

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

Суммарное значение Rz и T также составляет 700 мкм. После чернового перехода  $Rz = 50$  мкм.

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

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

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

Длина плоскости  $L = 460$  мм.

$$\rho_{\text{кор}} = 460 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки на черновом переходе в зажимное приспособление с винтовым зажимом при установке по черной базе [6]

$$\varepsilon_{y1} = 300 \text{ мкм.}$$

Тоже на чистовом переходе по чистой базе  $\varepsilon_{y2} = 160$  мкм.

Расчетные размеры получаем прибавлением к размеру по чертежу значение припуска на чистовое фрезерование и т.д.

На остальные обрабатываемые поверхности припуски назначим по справочнику [4].

Таблица 1.4 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический переход	Припуск на сторону, мм		Межопереходный р-р с полем допуска
номер	Размер по чертежу, мм		Расчетный	Принятый	
1 - 4 плоскости	286 <sub>-0,68</sub>	1 черновое фрезерование 2 черновое фрезерование 3 чистовое фрезерование	1,25 0,24	1,5 2 0,5	290 <sup>+3</sup> 288,5 <sub>-2</sub> 286,5 <sub>-1</sub>
5-отверстие	∅154 <sup>+0,1</sup>	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание		2·1,8	∅148 <sub>-2</sub> ∅153,6 <sup>+0,4</sup>
6 - отверстие	∅160 <sup>+1</sup>	1 черновое растачивание		2·2,25	∅154 <sub>-2</sub>
7 - отверстие	∅172 <sup>+0,1</sup>	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание	2·1,85 2·0,12	2·2,25 2·0,15	∅166 <sub>-2</sub> ∅171,6 <sup>+0,4</sup>

## 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  $\varnothing 172^{+0,1}$ .

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой.

1.1 Черновое растачивание.

Глубина резания  $t = 2,8$  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  $S = 0,5$  мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

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

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]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (1.17)$$

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

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

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

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

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

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2,25^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 138 \text{ м/мин}$$

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		18

Частота вращения определяется по формуле [14]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 138}{3,14 \cdot 172} = \frac{256 \text{ об}}{\text{мин}}, \quad (1.18)$$

Примем – 250 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 250}{1000} = \frac{125 \text{ м}}{\text{мин}}, \quad (1.19)$$

Сила резания рассчитывается по формуле

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

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.

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{лр}} \cdot K_{\text{гр}}, \quad (1.21)$$

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

$K_{\text{фр}}$  – учитывает влияние главного угла в плане, при  $\phi = 30^\circ$  -  $K_{\text{фр}} = 1,08$ ;

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

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

$K_{\text{гр}}$  – учитывает влияние радиуса при вершине, при  $r = 0,8 \text{ мм}$  –  $K_{\text{гр}} = 0,9$ .

После подстановки получаем

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

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,8^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 125^0 \cdot 1,07 = 1640 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1640 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 3,4 \text{ кВт}, \quad (1.22)$$

Мощность принятого нами универсального станка 4,5 кВт, станка с ЧПУ – 15кВт.

## 1.2 Чистовое растачивание.

Глубина резания  $t = 0,2 \text{ мм}$ .

Подача при чистовом растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По таблице 14 [14] при  $Ra = 2,2 \text{ мкм}$  и  $r = 0,8 \text{ мм}$ ,  $S = 0,2 \text{ мм/об}$ .

Расчеты производим по тем же формулам.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

Скорость резания (1.16)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,9 = \frac{204\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 204}{3,14 \cdot 172} = \frac{377\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем – 315 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 172 \cdot 315}{1000} = \frac{200\text{м}}{\text{мин}}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 200^0 \cdot 1,07 = 60 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{60 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 0,2\text{кВт}$$

2 Фрезерование установочной плоскости.

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой, торцевой фрезой Ø400 с числом зубьев 36.

Черновое фрезерование.

Глубина резания  $t = 2$  мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 33 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава  $S_z = 0,2$  мм/зуб.

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 40 [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

$$K_V = 0,8;$$

период стойкости  $T = 180$  мин;

ширина фрезерования  $B = 370$  мм.

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

$$V = \frac{445 \cdot 400^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 370^{0,2} \cdot 36^0} 0,8 = \frac{127\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 127}{3,14 \cdot 400} = \frac{101\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем – 100 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 100}{1000} = \frac{125\text{м}}{\text{мин}}$$

Сила резания при фрезеровании – окружная сила

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

Значения  $C_p$  и показателей степени примем по таблице 41, а поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала – по таблице 9 [14]

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 370^1 \cdot 36}{400^1 \cdot 100^0} 1 = 4772\text{Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{4772 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 9,8\text{кВт}$$

Мощность принятого нами универсального станка 11 кВт, станка с ЧПУ – 22кВт.

Чистовое фрезерование.

Глубина резания  $t = 0,5$  мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 37 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава  $S_z = 0,1$  мм/зуб.

Скорость резания (1.23)

$$V = \frac{445 \cdot 400^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,35} \cdot 370^{0,2} \cdot 36^0} 1 = \frac{214\text{м}}{\text{мин}}$$

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	КП-15.03.05.-2023 ПЗ					

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 214}{3,14 \cdot 400} = \frac{170 \text{ об}}{\text{мин}}$$

Принимаем – 160 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 160}{1000} = \frac{200 \text{ м}}{\text{мин}}$$

Сила резания (1.24)

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 360^1 \cdot 1}{400^1 \cdot 160^0} = 503 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{503 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 1,7 \text{ кВт}$$

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику [12] и оформим в виде таблицы 1.5.

Таблица 1.5 – Режимы резания

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, мм/мин	n, об/мин	P <sub>z</sub> , Н	N <sub>e</sub> , кВт
Фрезерование черновое	1,5	7,2	125	100	4772	9,8
Фрезерование чистовое	0,5	3,6	200	160	503	1,7
Растачивание черновое	2,8	0,5	125	250	1640	3,4
Растачивание чистовое	0,2	0,2	200	315	59	0,2
Сверление отверстия Ø11	5,5	0,24	16	500	1208	0,3
Сверление отверстия Ø13	6,5	0,29	20	500	1296	0,4
Рассверливание отв. Ø16	1,5	0,34	25	500	417	0,07
Сверление отв. Ø17	8,5	0,36	20	400	1461	0,5
Сверление отв. Ø19	9,5	0,37	20	400	1507	0,5
Нарезание резьбы М12	0,5	1	8	200	670	0,1
Нарезание резьбы М20	0,5	1,5	12,5	200	830	0,17

## 1.9 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

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

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

$$T_{оп} = t_o + t_b, \quad (1.27)$$

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

Пронормируем первую технологическую операцию.

Данная операция содержит 4 технологических перехода:

Основное время при фрезеровании рассчитывается

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

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

$S_z$  - подача на зуб фрезы;

$z$  - число зубьев фрезы;

$n$  - частота вращения.

1 фрезерование установочной плоскости черновое.

Обработка ведется на проход торцевой фрезой  $\varnothing 400$ .

Фактическая длина обработки равна  $L_o = 460$  мм.

Длина врезания равна длине перебега и составляет по пол диаметра фрезы плюс 5 мм, т.е.  $L_1 = L_2 = 205$  мм.

$L = 870$  мм.

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

Основное время

$$t_o = \frac{870}{0,2 \cdot 36 \cdot 100} = 1,21 \text{ мин}$$

2 фрезерование торца.

Обработка ведется на проход той же фрезой.

Длина обработки  $L = 200 + 205 + 205 = 610$  мм.

$S_z = 0,2$  мм/об;  $z = 36$ ;  $n = 100$  об/мин

$$t_o = \frac{610}{0,2 \cdot 36 \cdot 100} = 0,85 \text{ мин}$$

3 фрезерование площадки.

Обработка ведется в упор торцевой фрезой  $\varnothing 160$  мм.

Длина обработки  $L = 185 + 5 + 160 = 350$  мм.

$S_z = 0,2$  мм/об;  $z = 16$ ;  $n = 250$  об/мин

$$t_o = \frac{350}{0,2 \cdot 16 \cdot 250} = 0,44 \text{ мин}$$

4 фрезерование установочной плоскости чистовое.

Обработка ведется на проход.

Длина обработки  $L = 870$  мм.  $S_z = 0,1$  мм/об;  $n = 160$  об/мин

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

Основное время всей операции

$t_b = 1,02 + 0,43 + 0,76 + 1,42 = 3,63$  мин.

Укрупненно для расточных станков [15]

$t_{\text{тех}} = 3\%$   $T_{\text{оп}} = 0,003 \cdot 7,64 = 0,23$  мин;

$t_{\text{орг}} = 1,5\%$   $T_{\text{оп}} = 0,015 \cdot 7,64 = 0,12$  мин; (1.28)

$t_{\text{отд}} = 6\%$   $T_{\text{оп}} = 0,06 \cdot 7,64 = 0,46$  мин.

Штучное время данной операции

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

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}}, \quad (1.29)$$

где подготовительно-заключительное время при работе на фрезерных станках  $T_{\text{п.з.}} = 28$  мин, на расточных – 23 мин; на сверлильных – 18 мин;  $n$  – количество деталей в настроечной партии – 250 шт.

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{28}{250} + 6,57 = 0,11 + 6,57 = 6,68 \text{ мин}$$

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		24

Таблица 1.6– Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	$t_o$	$t_b$	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$\frac{T_{п.з.}}{n}$	$T_{ш-к}$
05 Фрезерная 1 фрезерование плоскости черновое 2 фрезерование торца 3 фрезерование площадки 4 фрезерование плоскости чистовое	1,21 0,85 0,44 1,51	3,63	7,64	0,23	0,12	0,46	8,45	0,11	8,56
10 Сверлильная 1 сверление 10 отв. 2 сверление 2-х отв. 3 сверление 2-х отв. 4 развертывание 2-х 5 цекование 10 отв. 6 цекование 2-х отв. 7 нарезание М20-7Н	2,42 0,48 0,48 0,14 0,6 0,24 0,32	12,54	17,22	0,52	0,26	1,04	19,04	0,07	19,1
15 Расточная 1 растачивание черновое 2 растачивание черновое 3 растачивание черновое 4 растачивание черновое 5 растачивание чистовое 6 растачивание фасок	1,69 0,36 0,72 0,72 1,43 0,08	3,18	8,18	0,25	0,12	0,49	9,04	0,09	9,13
20 Сверлильная 1 сверление 4-х отв. 2 нарезание М12-7Н	1,32 0,72	3,05	5,09	0,15	0,08	0,31	5,63	0,06	5,69
50 Сверлильная 1 сверление Ø13 2 рассверливание 8 нарезание М14-7Н	0,74 0,27 0,28	2,16	3,45	0,1	0,05	0,21	3,81	0,06	3,87

Таблица 1.7 – Нормы времени на станке с ЧПУ

Операция	$t_o$	$t_b$	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$\frac{T_{п.з.}}{n}$	$T_{ш-к}$
05 Токарно-фрезерная									
1 точение торца	0,32								
2 растачивание черновое	0,72								
3 растачивание чистовое	1,43								
4 растачивание фаски	0,04								
5 сверление 4-х отв.	1,32								
6 нарезание М12-7Н	0,72								
7 фрезерование площадки	0,44								
Переустановка									
8 фрезерование плоскости чистовое	1,12								
9 фрезерование плоскости чистовое	1,42								
10 растачивание черновое	1,69	2,87	18,51	0,13	0,07	0,25	18,96	0,36	19,32
11 растачивание черновое	0,36								
12 растачивание чистовое	0,72								
13 растачивание фаски	0,04								
14 сверление 10 отв.	2,42								
15 сверление 2-х отв.	0,48								
16 сверление 2-х отв.	0,48								
17 цекование 10 отв.	0,6								
18 цекование 2-х отв.	0,24								
19 нарезание М20-7Н	0,32								
20 сверление Ø13	0,74								
21 рассверливание	0,27								
22 нарезание М14-7Н	0,28								

### 1.10 Выбор оборудования

Проанализировав нормирование, примем следующее оборудование для операции 05 – один станок 6Р13 с  $T_{шт-к} = 8,59$  мин; для операций 10,20 и 25 – один станок 2М55 с  $T_{шт-к} = 28,67$  мин; для операции 15 – один станок 2М615 с  $T_{шт-к} = 9,13$  мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.мах} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{28,67 \cdot 150}{2015 \cdot 60} = 0,03557 \text{ года}$$

где  $T_{шт.мах}$  – наибольшая продолжительность операции, мин;

$N$  – годовая программа выпуска деталей, 150 шт;

$F_d$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 2015 ч.

Время обработки программы деталей на ЧПУ определим по формуле:

$$T_N = \frac{T_{шт.мах} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{73,6 \cdot 1000}{4029 \cdot 60} = 0,024 \text{ года}$$

где  $T_{шт.мах}$  – наибольшая продолжительность операции, мин;  
 $N$  – годовая программа выпуска деталей, 1000 шт;  
 $F_d$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 4029 ч.

Так как оборудование, оснащенное ЧПУ, сложнее универсального, приведем его некоторые характеристики (таблица 1.10).

Таблица 1.10 – Характеристики станка с ЧПУ

Характеристики	Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200
Параметры рабочей зоны, мм максимальный $\varnothing$ над станиной максимальный для точения	960 1000
Максимальная частота вращения токарных шпинделей, об/мин	4200
Мощность токарных шпинделей, кВт	15
Максимальная частота вращения фрезерного шпинделя, об/мин	12000
Мощность фрезерного шпинделя, кВт	22
Точность позиционирования, мм	$\pm 0,005$
Система ЧПУ	Fanuc 31i-A5
Порт	RS-323
Тип монитора	LCD 10,4''



Рисунок 1.2 – Токарно-фрезерный  
обрабатывающий центр Victor Vturn-X200

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200 (рисунок 1.2) одна из новейших разработок компании «VICTOR TAICHUNG» (Тайвань). Прежде всего, станок отличается полноценным фрезерным шпинделем на 40 позиций, что позволяет обрабатывать крупные детали со сложной геометрией. Также фрезерный шпиндель позволяет производить токарную обработку при установке в него различных резцов.

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28



Рисунок 1.3 – Структура токарно-фрезерного обрабатывающего центра Victor Vturn-X200

Victor Vturn-X200 оснащен двумя шпинделями с прямыми приводами, что обеспечивает полноценную, равную по техническим возможностям, обработку обеих сторон детали. Также станок оснащен револьверной головкой на 9 инструментов (рисунок 1.3).

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Проектирование сверлильного приспособления

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

#### 2.1.1 Техническое задание на проектирование сверлильного приспособления

Спроектируем зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции – сверление 4-х отверстий на торце посадочного отверстия корпуса. Базирование производится по посадочному отверстию, противоположной плоскости и установочному срезанному пальцу. Базовая поверхность чистая.

#### 2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается плоскостью на опорные пластины приспособления 4, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей базы служит оправка 1, а упорной – установочный палец 5. Силовое замыкание производится плитой 3 с винтовым зажимом.

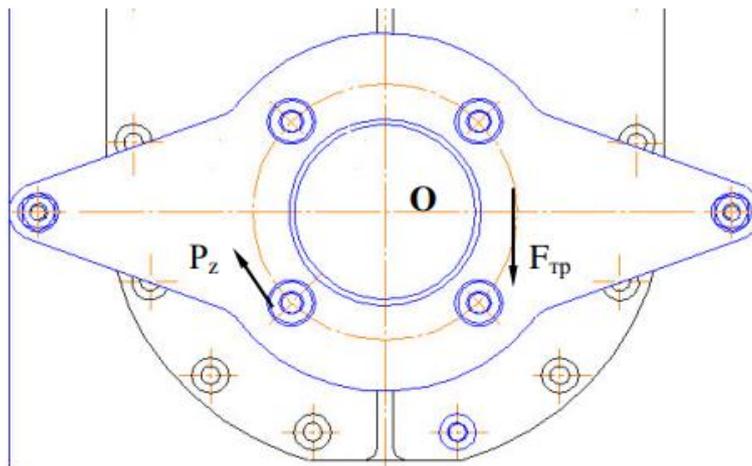


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

При сверлении отверстия, сила резания пытается повернуть заготовку вокруг ее оси. Необходимо обеспечить силу прижима плиты, предотвращающую этот поворот.

Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую поворот заготовки, наличием пальцев пренебрежем.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

По схеме приспособления (рисунок 2.1), составим уравнения равновесия моментов относительно оси заготовки.

$$\sum M_o = P_z \cdot R - F_{тр.} \cdot r = 0 \quad (2.1)$$

где  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания, из расчета режимов резания  $P_z = 1208$  Н (при сверлении, так как это более нагруженная схема);

$R$  – радиус силы резания, состоит из радиуса расположения отверстий и радиуса обрабатываемого отверстия,  $r = 88 + 7 = 95$  мм;

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

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

где  $k_{тр} = 0,16$  – коэффициент трения сталь по чугуны;

$Q$  – сила действия прихвата на заготовку.

$$1208 = Q \cdot 0,16 \cdot 80,$$

$$Q = 8966 \text{ Н.}$$

### 2.1.3 Расчет силового привода

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

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем винтовой зажим действующий напрямую.

Плита должна создавать силу прижима не менее 8966 Н. Так как гаек две, каждая из них должна развивать силу не менее 4483 Н.

Номинальный диаметр гайки можно рассчитать по формуле [22]

$$d = C \sqrt{\frac{P_6}{\sigma}} = 1,4 \sqrt{\frac{4483}{80}} = 10,5 \text{ мм} \quad (2.3)$$

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

$P_6$  – сила болта, необходимая для закрепления заготовки, Н;

$\sigma$  – напряжение растяжения для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы 80 МПа.

Из конструктивных соображений, примем шпильку М24.

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

$$M = r_{ср} \cdot P_6 \cdot \text{tg}(\alpha + \rho) + M_{тр} \quad (2.4)$$

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

$\alpha$  – угол подъема резьбы (для М24  $\alpha = 2^\circ 18'$ );

$\rho = 10^\circ 30'$  – угол трения в резьбе;

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

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

$$M_{тр} = \frac{1}{3} f \cdot P_6 \frac{D_H^3 - d_B^3}{D_H^2 - d_B^2} \quad (2.5)$$

$$D_H = 1,7d; d_B = d; f = 0,16.$$

После всех преобразований и подстановок формула примет вид

$$M = 0,2d \cdot P_6 = 0,2 \cdot 24 \cdot 4483 = 21,5 \text{ Нм.} \quad (2.6)$$

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

$$M' = 0,25d \cdot P_6 = 0,25 \cdot 24 \cdot 4483 = 27 \text{ Нм.} \quad (2.7)$$

Такие усилия может развить гайковерт.

#### 2.1.4 Расчет приспособления на точность

При обработке крепежных отверстий необходимо соблюдать позиционный допуск. В нашем случае он не назначен, поэтому примем его как половину допуска на диаметр расположения – 0,5 мм.

Проведем расчет зажимного приспособления на точность. Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции параметра, необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность этого размера. Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [4]

$$E_{пр} = [ T - K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \epsilon_6)^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_n^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2]^{0,5} ], (2.8)$$

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

$K_T = 1,2$  - 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;

$\epsilon_6$  - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	КП-15.03.05.-2023 ПЗ				

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

$\varepsilon_y$  - погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_{и}$  - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;

$\varepsilon_{п}$  - погрешность от перекоса инструмента.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет сдвига кондукторной плиты в горизонтальной плоскости при установке ее в отверстие приспособления. Сдвиг происходит из-за наличия зазора между наибольшим диаметром посадочного отверстия и наименьшим диаметром оправки. Наибольший зазор можно определить

$$\varepsilon_6 = S_A = \delta_A + \delta_B + S_{min} \quad (2.9)$$

где  $\delta_A$  – допуск на отверстие, 100 мкм;

$\delta_B$  – допуск на диаметр выступа плиты, 100 мкм;

$S_{min}$  – минимальный зазор, 125 мкм.

$$\varepsilon_6 = S_{max} = 325 \text{ мкм.}$$

Для рассматриваемого случая  $\varepsilon_3 = 0$ , т.к. силы закрепления действуют параллельно осям обрабатываемых отверстий и на их положение 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

$$\varepsilon_{и} = B_2 \cdot N, \quad (2.10)$$

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  $N = 2084$  раз

$$\varepsilon_{и} = 0,002 \cdot 2084 = 4 \text{ мкм.}$$

Погрешность от перекоса инструмента возникает из-за зазора между направляющей кондукторной втулкой и сверлом,  $\varepsilon_{п} = 20$  мкм,

Экономическая точность  $W = 120$  мкм.

$$E_{пр} = 500 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 125)^2 + 4^2 + (0,7 \cdot 120)^2]^{0,5} = 500 - 138 = 362 \text{ мкм.}$$

Отсюда видно, что приспособление обладает достаточным запасом по точности.

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

## 2.2 Проектирование контрольного приспособления

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

Контроль установочных отверстий производят двумя калибр-пробками – проходной и непроходной. Контроль качества обработанной поверхности 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 на проектирование контрольного приспособления

Чтобы не было перекоса вала при монтаже корпуса в механизм подъема стрелы, на посадочное отверстие назначен допуск перпендикулярности к установочной плоскости. В соответствии с этим, в данной работе спроектируем специальное приспособление для контроля перпендикулярности.

Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

### 2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля перпендикулярности

Для контроля перпендикулярности ось отверстия необходимо материализовать. Для этого в деталь устанавливаем по посадочному отверстию оправку приспособления 1, опирающуюся на торец тремя упорами 2. Контроль производим индикаторной головкой часового типа 6 закрепленной болтом 5 на оправке 1 таким образом, чтобы ее наконечник соприкасается с контролируемой поверхностью. Показания снимаем при вращении оправки вокруг оси отверстия и перемещении ножки индикатора по тору (рисунок 2.2).

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34



Погрешность установки оправки в корпус определим из условия подобных треугольников – угол наклона оправки в отверстии равен углу наклона индикатора

$$\frac{S}{40} = \frac{\Delta_{уст}}{20}$$

где S – максимально возможный зазор между оправкой и отверстием корпуса, 0,026 мм;

40 – длина оправки; 20 – вылет планки индикатора.

$$\Delta_{уст} = \frac{0,026}{40} \cdot 20 = 0,013 \text{ мм}$$

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

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

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,013^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,014 < 15 \text{ мкм.}$$

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

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		36

### 3 Экономическая часть

#### 3.1 Выбор необходимого оборудования участка

Для обработки корпуса нами было разработано два технологических процесса. В базовом варианте производим обработку детали на универсальном оборудовании (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единица ремонтной сложности R <sub>м</sub>	Размеры оборудования, м	Стоимость единицы оборудования, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтально-фрезерный 6P13	1	11	23	2,6x2,3	1 037000	1037000
Радиально-сверлильный 2M55	1	5,5	26	2,7x2,6	952000	952000
Горизонтально-расточной 2M615	1	4,5	21	4,4x2,6	1 508 000	1508000
ИТОГО	3	21	70	54		3497000

Для повышения производительности в проектируемом технологическом процессе применили оборудование, оснащенное числовым программным управлением (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R <sub>м</sub>	Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200	1	52	46	5,5x3,4	3482500	3482500
Итого	1	52	46	47		3482500

### 3.2 Определение занимаемой площади

Площадь, занимаемую оборудованием, определим по формуле:

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

где  $f_{\Sigma}$  – суммарная площадь станков в плане;  $k_f = 2,5$  – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь проходов, проездов, мест складирования заготовок и т.д.

Для обработки корпуса нам потребуется 3 универсальных станка с общей площадью  $21,5 \text{ м}^2$ .

$$S_{\text{унв}} = 21,5 \cdot 2,5 = 54 \text{ м}^2.$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 6000 руб. Соответственно стоимость площади под универсальное оборудование составит  $S_{\text{унв}} = 324000$  руб.

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок площадью  $18,7 \text{ м}^2$ .

$$S_{\text{ЧПУ}} = 18,7 \cdot 2,5 = 47 \text{ м}^2.$$

Стоимость одного квадратного метра производственного здания составляет 6000 руб. Соответственно стоимость площади под оборудование с ЧПУ составит  $S_{\text{ЧПУ}} = 282000$  руб.

### 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 средним металлическим твердым деталям с плоской базой транспортируемым поштучно. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять поворотные краны. Они устанавливаются около стен и не требуют широких проездов, просты в управлении. Кран-укосина имеет вылет стрелы до 5 м и грузоподъемность до 500 кг.

При обработке на станках с ЧПУ вся обработка производится на одном станке и поэтому межоперационный транспорт не требуется.

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.

									Лист
									38
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

### 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.

### 3.5 организация системы инструментообеспечения

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

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

### 3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания

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

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

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

Структура ремонтного цикла имеет вид

К-О-О-Т-О-О-Т-О-О-С-О-О-Т-О-О-Т-О-О-К

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		39

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.

### 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 – 1553,64 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:

$$C_{обр} = \sum C_{обр}^{di}, \quad (4.1)$$

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:

$$З = C^{pi} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{пр} \cdot k_{п} \cdot k_d \cdot k_{соц} \cdot T_{шт}^{di}, \quad (4.2)$$

где  $C^{pi}$  – часовая тарифная ставка первого разряда, 52,2 руб./ч;

$k_p$  – коэффициент разряда,

$k_c$ ,  $k_{пр}$ ,  $k_{п}$ ,  $k_d$ ,  $k_{соц}$  – 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.

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании 46,36 мин или 0,7727 ч; на станках с ЧПУ – 19,32 мин или 0,322 ч.

$$Z_{\text{унв}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,7727 = 126,44 \text{ руб/дет.}$$

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

$$Z_{\text{ЧПУ}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,161 \cdot 1,15 = 37,87 \text{ руб/дет.}$$

Основные производственные фонды (таблицы 4.1 и 4.2) – 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:

$$A_{\text{дет}} = \frac{A_2 \cdot T_N}{N}, \quad (4.3)$$

где  $A_2$  – годовые амортизационные отчисления, руб.;  $T_N$  – время обработки программы, год;  $N$  – годовая программа выпуска, 100 шт.

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

Таблица 4.1 – 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	54 м <sup>2</sup>	75000	4050000	3	121500	28,81
2 Оборудование	3 шт.		3497000	12	419640	99,51
3 Транспорт			104910	8	8393	1,99
4 Инструмент			34970	15	5246	1,24
5 Инвентарь			37735	15	5660	1,34
Итого			7724615		560439	132,89

Таблица 4.2 – Основные производственные фонды при использовании станков с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизац, %	Годовые амортизац. отчисл., руб.	Амортизац. отчисл. на деталь, руб.
1 Здание	47 м <sup>2</sup>	75000	3525000	3	105750	16,92
2 Оборудование	1 шт		3482500	12	417900	66,86
3 Транспорт			34825	8	2786	0,45
4 Инструмент			34825	15	5224	0,84
5 Инвентарь			35038	15	5256	0,84
Итого			7112188		536916	85,91

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_B \cdot k_{од} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{шт.мах} \cdot Ц_э, \quad (4.4)$$

где  $N$  – мощность оборудования, кВт;  $k_N$ ,  $k_B$ ,  $k_{од}$  – средние коэффициенты загрузки электродвигателей по мощности, по времени, средний коэффициент одновременности работы всех двигателей,  $k_N = k_B = k_{од} = 0,7$ ;  $k_w$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода  $k_w = 1,06$ ;  $\eta$  – КПД электродвигателей оборудования  $\eta = 0,7$ ;  $Ц_э$  – тариф на электроэнергию  $Ц_э = 3,85$  кВт·ч.

$$\mathcal{E}_{унв} = (21 \cdot 0,75 \cdot 0,76 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,4778 \cdot 1,52 = 9,22 \text{ руб/дет.}$$

$$\mathcal{E}_{чпу} = (52 \cdot 0,46 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,322 \cdot 1,52 = 12,41 \text{ руб/дет.}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле:

$$P = \frac{W_M \cdot R_M \cdot T_{шт}}{T_{р.ц}}, \quad (4.5)$$

где  $W_M$  – затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящиеся на единицу ремонтной сложности данного оборудования – 12500 руб;  $R_M$  – единицы ремонтной сложности;  $T_{р.ц}$  – длительность ремонтного цикла 6 лет или 24174 часа;  $T_{шт}$  – штучное время на определенном типе оборудования – на фрезерном – 0,1178 ч, на сверлильном – 0,3273 ч, на расточном – 0,1133 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,3262 ч.

$$P_{унв} = \frac{12500 \cdot (23 \cdot 0,1427 + 26 \cdot 0,4778 + 21 \cdot 0,1522)}{24174} = 9,77 \text{ руб/дет;}$$

$$P_{чпу} = \frac{12500 \cdot 52 \cdot 0,322}{24174} = 8,66 \text{ руб/дет.}$$

Себестоимость механической обработки определим по формуле:

$$C_{унв} = Z + A_{дет} + \mathcal{E} + P, \quad (4.6)$$

где  $Z$  – заработная плата основных производственных рабочих, руб.;  $A_{дет}$  – 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:

$$C_{унв} = 126,44 + 132,89 + 9,22 + 9,77 = 278,32 \text{ руб./дет.}$$

Себестоимость механической обработки на станках с ЧПУ:

$$C_{чпу} = 37,87 + 85,91 + 12,41 + 8,66 = 144,85 \text{ руб./дет.}$$

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

$$C = S_{заг} + C, \quad (4.7)$$

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

$$C_{\text{унв}} = 1553,64 + 278,32 = 1831,96 \text{ руб./дет};$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = 1553,64 + 144,85 = 1698,49 \text{ руб./дет}.$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 48 %. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_z = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N, \quad (4.8)$$

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.

$$\mathcal{E}_r = (1831,96 - 1698,49) \cdot 150 = 20020,5 \text{ руб.}$$

### 3.8 Техничко-экономические показатели

1. Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 150 шт.

2. Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки составляет 1553,64 руб.

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

4. Площади участка берем по таблицам 1.1, 1.2.

5. Количество рабочих мест есть количество принятого оборудования – таблицам 1.1, 1.2.

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:

$$Z_{\text{ср.унв}} = \frac{Z_{\text{унв}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N}, \quad (5.1)$$

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.

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

$$Z_{\text{ср.унв}} = \frac{126,44 \cdot 150}{3 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,03557} = 14811 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N}, \quad (5.2)$$

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

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{32,93 \cdot 150}{0,5 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,024} = 34302 \text{ руб.}$$

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной работе был спроектирован технологический процесс изготовления корпуса промежуточного механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573 весом 23кг.

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 и специальный режущий инструмент.

Для обработки крепежных отверстий на радиально-сверлильном станке, нами было спроектировано специальное зажимное приспособление с кондукторной плитой и винтовым зажимом.

Так как основными элементами корпуса при монтаже являются установочная плоскость и посадочное отверстие, для контроля их перпендикулярности нами было спроектировано специальное контрольное приспособление с индикаторной головкой.

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

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

## CONCLUSION

The graduation thesis deals with the technological process of manufacturing the housing of the intermediate boom lifting mechanism of the jib crane KC-3573 weighing 23 kg.

The engineering part of the project presents 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 used; standard and special cutting tools have been rationally implemented.

To treat mounting holes on a radial drilling machine, there has been designed a special clamping device with a conductor plate and a screw clamp.

Since the basic elements of the housing while being installed are the mounting plane and the landing hole, we have designed a special control device with an indicator head to control their perpendicularity.

The economic calculation proves the effectiveness of the introduction of the developed technological process into production; it is exposed by technical and economic indicators.

					КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		47

## 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.: Вышэйшая 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.

										КП-15.03.05.-2023 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата							48

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

А.С. Торопов  
подпись инициалы, фамилия

« 21 » 06 2023 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса  
промежуточного механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573

Руководитель

А.С. Торопов  
подпись, дата

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

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Выпускник

Москвин Д.С.  
подпись, дата

Москвин Д.С.  
инициалы, фамилия

Абакан 2023

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка технологического процесса механической корпуса промежуточного механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573

Консультанты по  
разделам:

Технологическая часть  
наименование раздела

 21.06.23  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Конструкторская часть  
наименование раздела

 21.06.23  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть  
наименование раздела

 21.06.23  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Заключение на английском языке  
наименование раздела

 21.06.23  
подпись, дата

Н.В. Чезыбаева  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 21.06.23  
подпись, дата

М.М. Сагалакова  
инициалы, фамилия

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

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

Кафедра «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.С. Торопов  
подпись инициалы, фамилия  
« 14 » 04 2023 г.

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

Студенту Москвину Данилу Сергеевичу

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 корпуса промежуточного механизма подъема стрелы крана стрелового КС-3573

Утверждена приказом по университету № 229 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;

2. годовая программа N = 150 шт

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

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

Руководитель ВКР



подпись

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



подпись

Москвин Д.С.  
инициалы и фамилия